العلاقة بين التلوث البيئي ومستوى الدخل في الدول العربية

صابر عدلي شاكر عبد الرحمن[1]
رحاب أحمد عبد الحي محمد[2]

ملخص

تهدف الدراسة إلى بحث علاقة التلوث البيئي بمستوى الدخل في الدول العربية، وذلك باستخدام بيانات سلاسل زمنية مقطعية (Panel data) خلال الفترة (1980–2022)، وبالاعتماد على منهج الانحدار الخطي المتعدد، وتطبيق طريقة المربعات الصغرى العادية (OLS). تتمثل متغيرات الدراسة في نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي ونصيب الفرد من استهلاك الطاقة. وتُشير نتائج الدراسة إلى وجود علاقة طردية معنوية بين الدخل القومي الاجمالي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ووجود علاقة طردية معنوية بين استهلاك الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. كما توصلت نتائج الدراسة التطبيقية إلى تحقق فرضية كوزنتس للبيئة في الدول العربية مجمعة.

الكلمات المفتاحية: التلوث البيئي، مستوى الدخل، استهلاك الطاقة، منحنى كوزنتس البيئي، الدول العربية.

[1] – أستاذ مساعد الاقتصاد الدولي – كلية التجارة وادارة الأعمال–جامعة حلوان.

[2] – باحثة ماجستير بقسم اقتصاديات التجارة الخارجية – كلية التجارة وإدارة الأعمال– جامعة حلوان.

The Relationship between Environmental Pollution and Income Level in Arab Countries

Abstract

The study aims to investigate the relationship between environmental pollution and income level in Arab countries, using panel data during the period (1980-2022) and depending on multiple linear regression technique and the ordinary least squares (OLS) method. The study variables are per capita carbon dioxide emissions, per capita gross national income and per capita energy consumption. The results of the study indicate the existence of a direct significant relationship between gross national income and carbon dioxide emissions, and a direct significant relationship between energy consumption and carbon dioxide emissions. The applied study also concluded that the Environmental Kuznets hypothesis was proven in the Arab countries collectively.

Keywords: Environmental Pollution, Income Level, Energy Consumption, Environment Kuznets Curve, Arab Countries.

11/ المقدمة:

يُعتبر التلوث البيئي من أخطر القضايا والتحديات التي تواجه العديد من دول العالم؛ ويرجع ذلك إلى زيادة الأنشطة الاقتصادية مثل التصنيع والإنتاج التي تؤدي إلى زيادة استخدام الطاقة وزيادة الانبعاثات السامة الناتجة عنها، وبالتالي تظهر العديد من المشاكل الخطيرة التي تضر بالبيئة، مثل التلوث البيئي الذي يؤثر على توازن البيئة والمخلوقات الحية. يحاول صناع السياسات الاقتصادية حل التناقض بين النمو الاقتصادي وآثاره على البيئة؛ لضمان استقرار البيئة وتوازنها اثناء حدوث النمو الاقتصادي. **(بن ساسي وريمي، 2020)**

تُظهر المؤشرات الدولية الأوضاع البيئة في الدول العربية، حيث تأتي الدول العربية في مكانة متقدمة في مؤشرات الأداء البيئي، بما في ذلك مؤشر التلوث البيئي، حيث تحتل لبنان المركز الأول عربياً والمركز الثالث على مستوى العالم بقيمة 89.4 عام 2023، وتليها مصر في المركز الثاني عربياً والمركز الحادي عشر عالمياً بقيمة 83.2 في عام 2023. **(NUMBEO, 2023)**

ووفقاً لمؤشر البصمة الكربونية، تأتي المملكة العربية السعودية في المركز الأول عربياً، حيث ارتفع نصيب الفرد من انبعاثات الكربون بحوالي 35.98% من عام 2000 حتى عام 2021. وجاءت مصر في المركز الثاني عربياً، حيث ارتفع نصيب الفرد من الانبعاثات الكربونية بحوالي 16.18% منذ عام 2000 إلى عام 2021. **(Ritchie. Roser & Rosado, 2021)**

2/ المشكلة البحثية:

تكمن في الاختلاف بين الدراسات في تفسير العلاقة بين مستوى الدخل والتلوث البيئي، ومدى التعارض بينهما، حيث توصلت بعض الدراسات السابقة إلى أنه مع مزيد من النمو ينخفض مستوى التلوث، بينما هناك دراسات لم تتوصل إلى إمكانية انخفاض التلوث مع النمو في الدخل في الأجل الطويل.

3/ فرضية الدراسة:

تتمثل في أن العلاقة بين التلوث ومستوى الدخل علاقة طردية، تتحول في الأجل الطويل إلى علاقة عكسية مع استمرار ارتفاع الدخل، بالإضافة إلى أن العلاقة بين التلوث ومستوى الدخل تتبع منحنى كوزنتس للبيئة في الدول العربية.

4/ هدف الدراسة وأهميتها:

تهدف الدراسة إلى تسليط الضوء على أثر النمو في الدخل على التلوث البيئي في الدول العربية، واختبار العلاقة بين التلوث متمثلاً في نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وبين الدخل القومي الإجمالي للفرد ونصيب الفرد من استهلاك الطاقة في الأجل الطويل، بالإضافة إلى التأكد من مدى انطباق فرضية منحنى كوزنتس البيئي في الدول العربية. وفيما يتعلق بأهمية هذه الدراسة، يمكن تلخيصها فيما يلي:

تبرز أهمية الدراسة في انها تساهم في تسليط الضوء على تأثير ودور النمو الاقتصادي على البيئة، وبالتالي فأن العلاقة بين التلوث والدخل من الموضوعات التي تستحق الدراسة؛ نظراً للتحديات المستمرة في الدول حول العالم بسبب ارتفاع معدلات للتلوث البيئي وآثاره الخطيرة الناتجة عن ارتفاع معدلات النمو الاقتصادي.

5/ حدود الدراسة:

تنقسم حدود الدراسة إلى ما يلي:

- **حدود زمانية:** يكون النطاق الزمني للبحث خلال الفترة (1980-2022).
- **حدود جغرافية:** وتتعلق بالدول العربية، وتم الاعتماد على تصنيف البنك الدولي في تصنيف دول العالم في مجموعات طبقاً لنصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي GNI (World Bank. 2022). وبالتالي تتمثل عينة الدراسة في الأربع مجموعات التالية:

1- مجموعة الدول ذات دخل منخفض، ويبلغ متوسط نصيب الفرد من الدخل القومي الاجمالي فيها 1.085 دولار أمريكي.
2- مجموعة الدول ذات متوسط منخفض للدخل، يكون متوسط نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي فيها بين 1.086 و4.255 دولار أمريكي.
3- مجموعة الدول ذات متوسط مرتفع للدخل، ويكون متوسط نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي فيها بين 4.256 و13.205دولار أمريكي.
4- مجموعة الدول ذات دخل مرتفع، ويبلغ متوسط نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي فيها 13.205 دولار أمريكي.

6/ منهجية الدراسة:

تنقسم منهجية الدراسة إلى إطارين هما:

- إطار نظري: تحليل علاقة التلوث البيئي بمستوى الدخل، وذلك من خلال دراسة وتحليل الدراسات السابقة التي تناولت العلاقة بين مستوى الدخل والتلوث البيئي، ثم استعراض وتقييم الأوضاع البيئية في الدول العربية في عدد من مؤشرات الأداء البيئي.
- إطار تطبيقي: تم استخدام نموذج قياس مناسب لاختبار فرضية الدراسة، من خلال الاعتماد على بيانات سلاسل زمنية مقطعية.

7/ مراجعة الأدبيات

قامت دراسة **(Khan et al, 2021)** بدراسة صلاحية فرضية منحنى كوزنتس للبيئة في الولايات المتحدة الأمريكية. توصلت إلى أن العلاقة الطردية بين

النمو والتلوث تتحول إلى علاقة عكسية في المدى الطويل، كما توصلت إلى أن استهلاك الطاقة يزيد من انبعاثات الكربون. تحقق فرضية منحنى كوزنتس للبيئة.

تناولت دراسة **(الخطيب، محمود وقابقلي، 2021)** طبيعة العلاقة بين النمو الاقتصادي وتدهور البيئة في إطار فرضية منحنى كوزنتس البيئي. توصلت الدراسة إلى وجود علاقة طردية بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي؛ وذلك لأن السياسات الاقتصادية لا تراعي الجانب البيئي في عمليات التصنيع والإنتاج. كما توصلت الدراسة إلى وجود علاقة طردية بين استهلاك الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتوصلت إلى أن فرضية كوزنتس البيئي لم تتحقق في حالة الاقتصاد السوري.

تناولت دراسة **(زراري ورايس، 2020)** العلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والناتج المحلي الإجمالي في الامارات في إطار فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC). وتوصلت إلى وجود علاقة طردية بين الناتج المحلي الإجمالي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون تتحول إلى علاقة عكسية في الأجل الطويل، أي أن العلاقة بين الناتج المحلي الإجمالي وانبعاثات الكربون تأخذ شكل **U** مقلوب.

وقدمت دراسة **(بدوي وراضي، 2019)** تحليل لمعرفة أثر النمو الاقتصادي على البيئة في مصر، ومعرفة هل تنطبق فرضية (EKC) في حالة الاقتصاد المصري. توصلت الدراسة إلى أن علاقة التلوث البيئي والنمو الاقتصادي كانت علاقة طردية قبل عام 2012، وتحولت إلى علاقة عكسية بعد عام 2012، أي أن فرضية منحنى كوزنتس البيئي تحققت في حالة الاقتصاد المصري.

تناولت دراسة **(سالم، 2018)** العلاقة بين النمو الاقتصادي والتلوث البيئي في مصر وتركيا والصين، كما قامت باختبار فرضية منحنى كوزنتس البيئي في دول العينة. وتوصلت الدراسة إلى ان العلاقة بين التلوث والدخل علاقة طردية في الثلاث دول، وأن العلاقة بين التلوث واستهلاك طاقة الوقود الاحفوري علاقة طردية. كما توصلت إلى أن

فرضية منحنى كوزنتس البيئي تتحقق في الاقتصاد المصري، أي العلاقة بين التلوث والنمو الاقتصادي في مصر تأخذ شكل ***(U)*** مقلوب، وبالنسبة لتركيا والصين أخذت العلاقة شكل ***(N)***، وأن تحقق منحنى كوزنتس البيئي لا يكون دائماً مرتبطاً بعوامل اقتصادية، وأن انخفاض معدل التلوث مع زيادة الدخل قد تكون ناتجة عن عوامل أخرى مثل القوانين والتشريعات الخاصة بالتلوث، والعوامل المؤسسية الأخرى.

ركزت الدراسة **(زيدان وراتول،2015)** على تحليل علاقة النمو الاقتصادي بالتلوث البيئي، بهدف التأكد من مدى تحقق فرضية منحنى كوزنتس البيئي في الاقتصادي الجزائري. وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة طردية في الأجل الطويل بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، ووجود علاقة طردية بين استهلاك الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ حيث أن أغلب مصادر الطاقة المستهلكة ملوثة وتُعتبر مصدر رئيسي للانبعاثات، كما توصلت إلى عدم إمكانية تحقق فرضية منحنى كوزنتس البيئي في الجزائر؛ لأن نصيب الفرد من الدخل القومي لم يصل إلى المستوى الذي يؤدي لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، كما أن الجزائر لم تطبق أي إجراءات صارمة تُساعد في خفض الانبعاثات السامة والحد منها، وانما اكتفت بفرض بعض الرسوم على بعض الصناعات.

ركزت دراسة **(علوان والطراونة، 2014)** في الأردن على اختبار علاقة النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، واختبار مدى انطباق فرضية (EKC)، وتحديد الآثار المتبادلة بين انبعاثات ثاني الكربون والنمو الاقتصادي. وتوصلت إلى تحقق فرضية منحنى كوزنتس البيئي في حالة الأردن، وأن نقطة التحول التي تنخفض عندها الانبعاثات مع زيادة الدخل تكون عندما يبلغ دخل الفرد (1265.2) دينار أردني. كما أن العلاقة بين استهلاك الطاقة وانبعاثات الكربون علاقة طردية؛

حيث أنه مع زيادة استهلاك الطاقة في التصنيع والإنتاج تزداد انبعاثات الكربون السامة.

ركزت دراسة **(Ahmed & Long, 2012)** على تحليل العلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والنمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة، والتحقق من منحنى كوزنتس البيئي في باكستان. توصلت الدراسة إلى وجود علاقة طردية بين النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون تتحول إلى علاقة عكسية مع المزيد من النمو الاقتصادي، أي أن الفرضية تتحقق ويأخذ المنحنى شكل حرف **U** مقلوب.

قامت دراسة **(Jobert et al, 2012)** باختبار تأثير استهلاك الطاقة والنمو الاقتصادي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في 51 دولة تغطي 90% تقريباً من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العالم، والتأكد من تحقق فرضية منحى كوزنتس البيئي في دول العينة. وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة طردية بين ارتفاع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والناتج الإجمالي المحلي الحقيقي واستهلاك الطاقة. كما توصلت إلى رفض فرضية منحنى كوزنتس في 49 دولة من 51، وأن الدول التي نجحت في خفض انبعاثاتها من ثاني أكسيد الكربون وضعت قوانين ومعايير للمحافظة على البيئة، أي لم يحدث ذلك بسبب تحقق فرضية منحنى كوزنتس البيئي على هذه الاقتصادات.

ركزت دراسة **(He & Richard, 2010)** على تحليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في كندا والعلاقة بينها وبين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. تُشير نتائج الدراسة إلى أن العلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والناتج المحلي الإجمالي علاقة طردية، ولكن لا يوجد أي دليل على تحقق فرضية منحنى كوزنتس البيئي في كندا، وأنه لا يُعتبر حلاً عملياً انتظار الوصول تلقائياً لنقطة التحول التي اقترحتها فرضية (EKC) بالنسبة لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

8/ مؤشرات الأداء البيئي في الدول العربية:

من أهم هذه المؤشرات ما يلي:

1/8 مؤشر الأداء البيئي (Environmental Performance Index):

يُساعد في تقييم الوضع البيئي في الدول وفق مجموعتين أساسيتين هما حيوية النظم البيئية والصحة البيئية. ويمنح تقييماً للدول بالدرجات في عشر قضايا، في فئة حيوية النظم البيئية: الغابات، الموائل، التنوع الحيوي، المصائد السمكية، المناخ والطاقة، بينما تشمل فئة الصحة البيئية: مياه الشرب، المعادن الثقيلة، نوعية الهواء، والصرف الصحي **(Wolf et al, 2022)**. وفيما يلي يتم ذكر مؤشر الأداء البيئي للدول العربية:

جدول رقم (1)

مؤشر الأداء البيئي للدول العربية 2022

الدولة	المؤشر البيئي	الترتيب الإقليمي	الترتيب العالمي
الامارات	52.40	1	39
جيبوتي	47.50	2	60
الأردن	43.60	3	81
جزر القمر	42.50	4	85
الكويت	42.40	5	87
البحرين	42.00	6	90
تونس	40.70	7	96
السعودية	37.90	8	109
مصر	35.50	9	127
قطر	33.00	10	137
لبنان	32.20	11	142
عمان	30.70	12	149

الجزائر	29.60	13	155
المغرب	28.40	14	160
موريتانيا	28.10	15	165
العراق	27.80	16	169
السودان	27.60	17	171

Source: Wolf, M. *et al.* (2022). *Environmental Performance Index.* New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. epi.yale.edu

يُلاحظ تباين أداء الدول العربية. بعض الدول حققت تقدم في الجوانب التي يقيسها المؤشر، مثل الأمارات، حيث كانت قيمة المؤشر 52.40 درجة، وجاءت في المركز الأول عربياً؛ لتنفيذها سياسات بيئية قوية، والاستثمار في البحث والتطوير في مجال البيئة. وبعض الدول تُعاني من تحديات بيئية تُعيق أداءها، مثل العراق، حيث حققت 27.8 درجة في المؤشر، وجاءت في المركز السادس عشر عربياً، لأنها تُعاني من عدد من التحديات البيئية التي تؤثر على الهواء والمياه.

2/8 مؤشر التلوث (Pollution Index):

يوضح مستوى التلوث في الدول، من خلال مراقبة مستوى التلوث في المياه، الهواء والتربة. ويهدف إلى تقديم معلومات حول حالة التلوث وتأثيرها على البيئة والصحة. تتراوح قيم المؤشر بين صفر إلى 100 **(NUMBEO, 2023)**. ويوضح الجدول التالي بيانات الدول العربية في مؤشر التلوث:

جدول رقم (2)
مؤشر التلوث للدول العربية 2023

الدولة	قيمة المؤشر	الترتيب الإقليمي	الترتيب العالمي
لبنان	89.4	1	3

مصر	83.2	2	11
الأردن	76.4	3	20
سوريا	74.7	4	25
العراق	74.0	5	26
البحرين	71.4	6	35
تونس	70.2	7	36
المغرب	69.3	8	37
الكويت	67.8	9	39
الجزائر	63.6	10	50
السعودية	63.3	11	52
قطر	60.0	12	60
الامارات	48.2	13	77
عمان	37.2	14	88

Source: NUMBEO. (2023). Pollution Index by Country.
https://www.numbeo.com/pollution/rankings_by_country.jsp

تُظهر بيانات مؤشر التلوث ارتفاع معدلات التلوث في الدول العربية بنسب متفاوتة، خصوصاً في الدول النامية التي تواجه صعوبات في حماية البيئة، وفي الدول الصناعية. جاءت لبنان في المركز الأول في مؤشر التلوث بقيمة 89.4 درجة وفي المركز الثالث عالمياً، تليها مصر بقيمة 83.2 درجة وجاءت في المركز الحادي عشر عالمياً. وحققت عُمان أقل نسبة تلوث في المؤشر في الدول العربية بقيمة 37.2 درجة في المركز الرابع عشر عربياً و88عالمياً.

3/8 مؤشر جودة الهواء (Air Quality Index):

يوضح هذا المؤشر نسبة الملوثات أو الشوائب في الهواء، ويهدف إلى توفير معلومات حول حالة الهواء في الدول؛ لمساعدة الجهات المختصة في تسهيل

اجراءات تحسين جودة الهواء وصحة الأفراد ***(World Air Quality Report, 2022)***.

وفيما يلي بيانات جودة الهواء للدول العربية التي وردت في التقرير:

جدول رقم (3)

الدولة	قيمة المؤشر	الترتيب الإقليمي	الترتيب العالمي
العراق	80.1	1	2
البحرين	66.6	2	4
الكويت	55.8	3	7
مصر	46.5	4	9
الامارات	45.9	5	11
السودان	44.6	6	12
قطر	42.5	7	14
السعودية	41.5	8	15
سوريا	20	9	48
الجزائر	17.8	10	58

Source: IQAir's. (2022*). World Air Quality Report. Region & City PM2.5 Ranking.* https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries

يُلاحظ في مؤشر جودة الهواء(IQA) أن الدول العربية تحتل مراكز متقدمة على مستوى العالم؛ لأنها تُعاني من تدني جودة الهواء. جاءت العراق في المركز الأول بين الدول العربية وبلغت قيمة المؤشر بها 80.1% وكانت في المرتبة الثانية عالمياً. يعتبر تلوث الهواء من أكبر المشكلات البيئية في العراق؛ بسبب الصناعة وحرق النفايات، التي تتسبب في الكثير من الانبعاثات الملوثة. جاءت الكويت في المركز الثالث عربياً والسابع عالمياً وكانت قيمة المؤشر بها 55.8%، حيث تُعاني الكويت من تدهور في جودة الهواء؛ بسبب الحركة المرورية الكثيفة والنشاط الصناعي وما ينتج عنهم من انبعاثات ملوثة تتسبب في تلوث الهواء. وتُعتبر

الجزائر أفضل الدول العربية في مؤشر جودة الهواء، فهي أقل الدول العربية في المؤشر، حيث كانت قيمة مؤشر جودة الهواء بها 17.8%.

9/ الإطار التطبيقي

1/9 منهج الدراسة وطبيعة البيانات وطريقة التحليل:

تعتمد هذه الدراسة على منهج الاستنباط في التحليل، حيث تم التطبيق على عدد من الدول العربية، وبالتالي فقد تصلح النتائج للتطبيق على أي دولة من الدول العربية أخرى. كما اعتمدت الدراسة الحالية على بيانات سلاسل زمنية مقطعية (Panel data)؛ حيث أنها تمتاز بدقة في النتائج، كما تأخذ في الاعتبار الاختلافات بين المتغيرات وتأثير تغير الزمن. وجديراً بالذكر أن البيانات جاءت في صورة غير خطية، كما تم تقدير نموذج القياس من خلال أخذ الفرق الأول للمتغيرات؛ للتغلب على مشاكل القياس، كما تم اختيار فترة القياس منذ عام 1980 حتى عام 2022، وذلك حسب توافر بيانات لجميع المتغيرات.

2/9 شكل النموذج ووصف المتغيرات ومصدر البيانات:

لدراسة علاقة الدخل واستهلاك الطاقة بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والتحقق من فرضية منحنى كوزنتس البيئي تعتمد هذه الدراسة على دراسة كلاً من **(علوان والطراونة،2014)، (زراري ورايس، 2022)**، في تحديد نموذج القياس ويتم تقدير النموذج كما يلي:

$$CO2_t = \beta_0 + \beta_1 GNI_t + \beta_2 GNI^2_t + \beta_3 EC_t + \in_t \qquad (1)$$

حيث:

- يُشير رمز ***(CO2)*** إلى نصيب الفرد من انبعاثات الكربون، تم الحصول على هذه البيانات من (Our World in Data).

- رمز ***(GNI)*** عبارة عن نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي، تم الحصول على بيانات المتغير من البنك الدولي (World Bank). ورمز ***(GNI^2)*** يُعبر عن مربع نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي.
- يدل رمز ***(EC)*** عن نصيب الفرد من استهلاك الطاقة، بالنسبة للبيانات الخاصة بالمتغير، تم الاعتماد على بيانات (Our World in Data).
- وϵ عبارة عن حد الخطأ العشوائي.

3/9 عينة الدراسة:

تضم سبعة دول عربية، مقسمة طبقاً لتصنيف البنك الدولي لعام 2022، حسب متوسط نصيب الفرد من الدخل القومي، إلى أربع مجموعات كما يلي:

1. المجموعة الأولى، دول الدخل المرتفع، ومن هذه المجموعة السعودية وعُمان.
2. المجموعة الثانية، الدول ذات متوسط مرتفع للدخل، ومنها الأردن والعراق.
3. المجموعة الثالثة، الدول ذات متوسط منخفض للدخل، ومنها الجزائر ومصر.
4. المجموعة الرابعة، دول الدخل المنخفض، ومنها السودان.

4/9 نتائج تقدير الدراسة القياسية:

1/4/9 اختبار جذر الوحدة (Unit Root Test):

تُعتبر الخطوة الأولى في تحليل البيانات هي التحقق من سكون واستقرار السلاسل الزمنية، وتحديد درجة تكامل كل سلسلة؛ لتجنب النتائج الزائفة والانحدار الزائف. ويوجد العديد من الطرق للتحقق من استقرار السلاسل الزمنية. تم تطبيق اختبار Lm, Peasaran and Shin test (LPS)؛ لكونه الاختبار الأنسب في حالة استخدام بيانات سلاسل زمنية مقطعية متوازنة، وفي حالة البيانات غير المتجانسة بسبب وجود اختلافات في دول العينة. (Im et al., 1997)

يُلاحظ في جدول رقم (4) نتائج اختبار جذر الوحدة، وتكون فرضية العدم(H_0): السلاسل الزمنية غير مستقرة وتُعاني من مشكلة جذر الوحدة، والفرضية البديلة (H_1): السلاسل الزمنية ساكنة ومستقرة ولا تُعاني من مشكلة جذر الوحدة. كانت قيم P- Value<0.05 عند مستوى معنوية 0.01 بدرجة ثقة 0.99. لذلك يتم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل، أي أن السلاسل الزمنية مستقرة عند الفرق الأول مع اتجاه زمني، ومتكاملة من الدرجة الأولى I(1).

جدول رقم (4)
اختبار جذر الوحدة (Im, Pesaran and Shin Test)

المتغير	المستوى Level				الفرق الأول 1st Difference			
	مع ثابت		مع اتجاه زمني		مع ثابت		مع اتجاه زمني	
	P–Value	S–Stat.	P–Value	S–Stat.	P–Value	S–Stat.	P–Value	S–Stat.
CO2	0.65	0.38	0.27	–0.60	0.00	–10.44	0.00	–9.09
GNI	0.99	2.66	0.26	–0.61	0.00	–5.84	0.00	–4.79
GNI^2	0.99	2.49	0.52	0.05	0.00	–6.36	0.00	–5.40
EC	0.80	0.87	0.16	–0.96	0.00	–9.15	0.00	–7.57

المصدر: تم الاعداد بواسطة الباحثان باستخدام برنامج E-views.12.

2/4/9 تحليل الارتباط (Correlation matrix):

يُوضح المُخرج رقم (1) مصفوفة الارتباط بين المتغيرات، ويُلاحظ وجود ارتباط قوي بين متغير ثاني أكسيد الكربون (CO2) ومتغير الدخل القومي الإجمالي (GNI) ومتغير استهلاك الطاقة (EC)، ويُلاحظ أيضاً وجود ارتباط كبير بين المتغيرات المستقلة في النموذج، وهذا الارتباط يُشير إلى احتمال وجود مشكلة التعدد الخطي بين المتغيرات في النموذج. ويُلاحظ من خلال مُخرج رقم (1) أن متغير نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي هو الذي يتسبب في مشكلة التعدد الخطي.

مُخرج رقم (1)
مصفوفة الارتباط (Correlation matrix)

Covariance Analysis: Ordinary
Date: 12/21/23 Time: 23:39
Sample: 1 301
Included observations: 301

Correlation	CO2	GNI	GNI_2	EC
CO2	1.000000			
GNI	0.919998	1.000000		
GNI^2	0.823075	0.955955	1.000000	
EC	0.977962	0.932717	0.853228	1.000000

يوجد العديد من الطرق لعلاج التعدد الخطي (Multi-collinearity) بين المتغيرات المستقلة، ومن هذه الطرق أخذ الفرق الأول لمتغيرات النموذج، حيث تقلل هذه الطريقة من شدة التعدد الخطي. وهو ما يتناسب مع متغيرات هذه الدراسة التي يُلاحظ أنها ساكنة ومستقرة عند الفرق الأول في اختبار جذر الوحدة. وبوجود مشكلة

التعدد الخطي بين المتغيرات تصبح معاملات المتغيرات في النموذج غير معنوية احصائياً، وقد تكون قيمة R^2 المرتفعة دلالة خاطئة، وبالتالي يكون المتغير المستقل ليس له أثر معنوي على المتغير التابع، وهو ما يعطي قيم ونتائج خاطئة ومضللة. **(Gupta, Retrieved 2023)**

6/5 نتائج تقدير الانحدار

تم تقدير نموذج القياس بطريقة المربعات الصغرى العادية (OLS)، ويتم صياغة معادلة الانحدار كما يلي:

$$\mathbf{CO2} = \boldsymbol{\beta_0} + \boldsymbol{\beta_1}\mathbf{GNI} + \boldsymbol{\beta_2}\boldsymbol{GNI^2} + \boldsymbol{EC} \qquad (2)$$

يُوضح المُخرج رقم (1) نتائج تقدير الانحدار في اجمالي العينة من خلال برنامج E-VIEWS.12، ومن خلال المُخرج رقم (2) يتم صياغة المعادلة التالية:

$$\mathbf{CO2} = -\mathbf{0.01170} + \mathbf{0.00049GNI} - \mathbf{9.539}\boldsymbol{GNI^2} + \mathbf{0.00015}\boldsymbol{EC} \ (3)$$

مُخرج رقم (2)

نتائج تقدير الانحدار

Dependent Variable: D(CO2)
Method: Least Squares
Date: 12/19/23 Time: 23:27
Sample (adjusted): 2 301
Included observations: 300 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.011705	0.050940	-0.229782	0.8184
D(GNI)	0.000492	9.52E-05	5.161388	0.0000
D(GNI^2)	-9.539924	3.16E-09	-3.019048	0.0028
D(EC)	0.000156	1.79E-05	8.717626	0.0000

R-squared	0.710018	Mean dependent var	0.049089
Adjusted R-squared	0.707079	S.D. dependent var	1.627852
S.E. of regression	0.881029	Akaike info criterion	2.597791
Sum squared resid	229.7587	Schwarz criterion	2.647175
Log likelihood	-385.6686	Hannan-Quinn criter.	2.617554
F-statistic	241.5846	Durbin-Watson stat	2.182850
Prob(F-statistic)	0.000000		

ويمكن التعليق على النموذج من خلال النقاط التالية:

1- يوجد علاقة طردية معنوية التأثير بين نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي ونصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

2- يوجد علاقة عكسية معنوية الأثر بين مربع نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي ونصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

3- توجد علاقة طردية معنوية الأثر بين متغير نصيب الفرد من استهلاك الطاقة ومتغير نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

4- تُعتبر جودة النموذج جيدة، وذلك لإن قيمة R^2 متوسطة، وبالتالي تُفسّر المتغيرات المستقلة 71% تقريباً من التغير في المتغير التابع. كما تدل قيمة prob (F- Statistic) إلى معنوية معادلة الانحدار ومعنوية النموذج.

5- يُلاحظ أن قيمة احصائية $DW = 2.182850$، تقع في منطقة القبول، لذلك يتم قبول فرض العدم لا يوجد ارتباط ذاتي بين الأخطاء العشوائية. ويتم اجراء اختبار الارتباط التسلسلي (Serial Correlation LM test)، ويُلاحظ في مُخرج (3) أن قيمة Prob. Chi-Square = 0.09 أكبر من مستوى معنوية 0.05، فيتم قبول فرض العدم عدم وجود ارتباط تسلسلي في النموذج.

مُخرج رقم (3)
اختبار الارتباط التسلسلي

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 1 lag

F-statistic	2.805880	Prob. F(1,295)	0.0950
Obs*R-squared	2.826553	Prob. Chi-Square(1)	0.0927

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 12/22/23 Time: 03:44
Sample: 2 301
Included observations: 300
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.000101	0.050785	-0.001989	0.9984
D(GNI)	1.61E-05	9.54E-05	0.168773	0.8661
D(GNI^2)	-2.99E-10	3.16E-09	-0.094829	0.9245
D(EC)	-1.49E-06	1.79E-05	-0.083103	0.9338
RESID(-1)	-0.097806	0.058389	-1.675076	0.0950

R-squared	0.009422	Mean dependent var	-7.55E-17
Adjusted R-squared	-0.004010	S.D. dependent var	0.876598
S.E. of regression	0.878354	Akaike info criterion	2.594991
Sum squared resid	227.5939	Schwarz criterion	2.656721
Log likelihood	-384.2487	Hannan-Quinn criter.	2.619695
F-statistic	0.701470	Durbin-Watson stat	2.027011
Prob(F-statistic)	0.591477		

6- يبين مُخرج رقم (4) عدم وجود مشكلة تعدد خطي بين المتغيرات المستقلة (Multi-collinearity)، من خلال تحليل معامل تضخم التباين (VIF)، ويتبين أن قيمة المعامل في الحدود المقبولة (أقل من خمس درجات).

مُخرج رقم (4)
مُعامل تضخم التباين (VIF)

Variance Inflation Factors
Date: 12/21/23 Time: 20:00
Sample: 1 301
Included observations: 300

Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	0.002597	1.053021	NA
D(GNI)	3.20E-09	4.689665	4.684930
D(GNI)^2	4.66E-18	3.477593	3.452988
D(EC)	3.88E-10	5.697486	5.685077

7- يَلاحظ في مُخرج رقم (5) عند اجراء اختبار ARCH لتجانس البيانات Heteroscedasticity أن قيمة Prob. Chi-Square = 0.0605 أكبر من مستوى معنوية 0.05؛ اذاً هناك ثبات في تباين حد الخطأ.

مُخرج رقم (5)
اختبار مدى تجانس البيانات

Heteroskedasticity Test: ARCH
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	2.830041	Prob. F(2,295)	0.0606
Obs*R-squared	5.610004	Prob. Chi-Square(2)	0.0605

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 12/19/23 Time: 23:42
Sample (adjusted): 4 301
Included observations: 298 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.620182	0.194002	3.196779	0.0015
RESID^2(-1)	0.083569	0.057925	1.442724	0.1502
RESID^2(-2)	0.101342	0.057909	1.750013	0.0812
R-squared	0.018826	Mean dependent var		0.762095
Adjusted R-squared	0.012173	S.D. dependent var		3.205200

10/ تقدير فرضية منحنى كوزنتس:

يتم التحقق من فرضية منحنى كوزنتس البيئي من خلال تقدير النموذج باستخدام متغيرات الدخل فقط، وتأخذ المعادلة الصيغة التالية:

$$CO2 = 0.001464GNI - 2.780559GNI^2 \quad (5)$$

جدول رقم (5)
نتائج تقدير منحنى كوزنتس في الدول العربية

COUNTRIES	GNI	Prob.	GNI^2	Prob.
EGY	0.001331	0.0000	-2.324594	0.0000
DZA	0.000418	0.2039	-2.398777	0.6231
IRQ	-9.779306	0.9581	3.549637	0.2171
JOR	0.000743	0.0555	-1.519409	0.0288
OMN	0.002001	0.0000	-4.802290	0.0000
SAU	0.000340	0.2790	-1.417806	0.8848
SDN	0.000412	0.0000	-9.217593	0.0166
PANEL EQUATION	0.001464	0.0000	-2.780559	0.0000

المصدر: تم الاعداد بواسطة الباحثان باستخدام برنامج E-views.12.

يُلاحظ من الجدول السابق تحقق فرضية منحنى كوزنتس البيئي في حالة اجمالي العينة، بالإضافة إلى تحققها في أربع دول هي مصر، عُمان، الأردن والسودان، حيث يوضح معامل الدخل العلاقة الطردية المعنوية، وتوضح الإشارة السالبة لمعامل مربع الدخل تحول العلاقة الطردية المعنوية إلى علاقة عكسية

معنوية. ويُلاحظ أن التغير في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2) بمقدار وحدة واحدة يحدث نتيجة تغير الدخل بمقدر 0.001464 وذلك في حالة الدول مجمعة.

ويُلاحظ أن فرضية منحنى كوزنتس البيئي (KEC) لم تتحقق في حالة السعودية، الجزائر والعراق، ففي الجزائر والسعودية على الرغم من أن إشارة معامل مربع الدخل سالبة وتدل على العلاقة العكسية إلا أنها غير معنوية التأثير. وفي العراق يُلاحظ أن إشارة معامل مربع الدخل جاءت موجبة وغير معنوية التأثير تدل على العلاقة الطردية، وهو ما يختلف مع فرضية منحنى كوزنتس البيئي.

النتائج والخلاصة والتوصيات:

أظهرت نتائج الدراسة التطبيقية، وجود علاقة طردية معنوية التأثير بين الدخل القومي الإجمالي والتلوث البيئي في الدول العربية، ووجود علاقة طردية معنوية الأثر بين متغير نصيب الفرد من استهلاك الطاقة ومتغير نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، كما تُشير النتائج أن العلاقة بين التلوث البيئي والدخل تتبع فرضية منحنى كوزنتس البيئي في الدول العربية.

وبصفة عامة، توصلت الدراسة إلى أن العلاقة الطردية بين التلوث البيئي ومستوى الدخل قد ينتج عنها انخفاض انبعاثات ثاني اكسيد الكربون مع زيادة مستوى الدخل، ولكن لا يمكن الاعتماد على الدخل فقط في خفض مستوى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فقد تكون فرضية منحنى كوزنتس البيئي مؤقتة، أي أن العلاقة العكسية بين التلوث والدخل قد تتحول مرة أخرى لعلاقة طردية. لذلك يجب وضع استراتيجيات بيئية صارمة لخفض مستوى التلوث ومعالجة آثاره الخطيرة. وتعتبر هذه الدراسة إطار هام لصياغة سياسات بيئية واقتصادية متوازنة لضمان استمرار

النمو الاقتصادي بدون الآثار الضارة على البيئة الناتجة عنه. ويمكن صياغة أهم توصيات الدراسة كما يلي:

1- توعية أفراد المجتمع للتوجه نحو سلوكيات صديقة للبيئة مثل: إعادة التدوير، استخدام منتجات صديقة للبيئة قابلة للتحلل، توفير الطاقة وتقليل استهلاك الموارد الطبيعية مثل المياه.

2- تشجيع البحث والتطوير والاستثمار في مجالات الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية بهدف جعلها أكثر كفاءة.

3- تضمين الاعتبارات البيئية عند واتخاذ سياسات اقتصادية كلية؛ لضمان تحقيق نمو اقتصادي مستدام، وتقليل الضغط البيئة على الموارد الطبيعية.

قائمة المراجع:

أولاً: المراجع العربية

1. بن زيدان، فاطمة الزهراء. وراتول، محمد. (2017). نموذج النمو الاقتصادي والتلوث البيئي: اختبار منحنى كوزنتس البيئي (EKC) في الجزائر خلال الفترة (1990-2015). *مجلة الاستراتيجية والتنمية. (13)7*. 261-286.
2. بن ساسي، محمد يحي & ريمي رياض. (2020). التلوث البيئي والنمو الاقتصادي في الجزائر دراسة تجريبية للفترة 1980-2018.، *المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية، (1) 7*. 381-394.
3. الخطيب. لمى، محمود، يوسف. وقابقلي، ابتهال. (2021). دراسة العوامل الأساسية لانبعاثات (CO_2) في إطار فرضية كوزنتس البيئي باستخدام نموذج STIRPAT حالة سورية. *مجلة جامعة تشرين. سلسة العلوم الاقتصادية والقانونية. (4) 43*. 435- 452.
4. زراري، سميحة وحدة، رايس، (2020). منحنى كوزنتس البيئي: دراسة حالة الإمارات العربية المتحدة باستخدام منهج الانحدار الذاتي لفترات الإبطاء الموزعة ARDL خلال الفترة 1984 .*مجلة الاستراتيجية والتنمية. (4) 10*. 11-29.

5. سالم، نهلة فتحي محمد أمين. (2018). النمو الاقتصادي والتلوث البيئي: اختبار فرضية منحنى كوزنتس البيئي لكلا من مصر وتركيا والصين .*مجلة التجارة والتمويل. (3)38*. 337-372.

6. السيد، أشرف لطفي وراضي، محمد محمد. (2019). النمو الاقتصادي والبيئة: اختبار منحنى كوزنتس البيئي في الاقتصاد المصري خلال الفترة (1971-2017). *مجلة جامعة الإسكندرية للعلوم الإدارية. (1) 56*. 1-22.

7. علوان، قيس حسن. والطراونة، سعيد محمود. (2014). الآثار المتبادلة بين النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في إطار فرضيات منحنى كوزنتس البيئي: دراسة حالة الأردن .*المجلة الأردنية للعلوم الاقتصادية. (2)1*. 95-108.

ثانياً: المراجع الإنجليزية:

1. Ahmed, K., & Long, W. (2012). Environmental Kuznets curve and Pakistan: an empirical analysis. *Procedia Economics and Finance*, Vol. (*1*), PP 4-13.

2. Gupta, s. (2022. Multicollinearty. Ram lal Anand College. Department of Statistics. https://rlacollege.edu.in/pdf/Statistics/Multicollinearity.pdf

3. He, J., & Richard, P. (2010). Environmental Kuznets curve for CO2 in Canada. *Ecological economics*, *69*(5), 1083-1093.

4. Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1997). Testing for unit roots in heterogeneous panels. Journal of econometrics, 115(1), 53-74

5. IQAir's. (2022*). World Air Quality Report. Region & City PM2.5 Ranking.* https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries

6. Jobert, T., Karanfil, F., & Tykhonenko, A. (2012). Environmental Kuznets Curve for Carbon Dioxide Emissions: Lack of Robustness

to Heterogeneity, Halshs-00721675, *Working Paper*, PP 1-4. Version (1)

7. Khan, M. I., Kamran Khan, M., Dagar, V., Oryani, B., Akbar, S. S., Salem, S., & Dildar, S. M. (2021). Testing environmental Kuznets curve in the USA: what role institutional quality, globalization, energy consumption, financial development, and remittances can play? New evidence from dynamic ARDL simulations approach. *Frontiers in Environmental Science*, 576.

8. NUMBEO. (2023). *Pollution Index by Country.* https://www.numbeo.com/pollution/rankings_by_country.jsp

9. Our World in Data based on BP & Shift Data Portal. (2021). Energy Use per Person. https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy.
10. Our World in Data. (2022). based on the Global Carbon Project; *Gap minder (v6). United Nations*. https://ourworldindata.org/grapher/co2-per-capita-marimekko

11. Ritchie. H., Roser. M. & Rosado. P. (2021). "CO_2 and Greenhouse Gas Emissions". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions

12. Wolf, M. J., Emerson, J. W., Esty, D. C., de Sherbinin, A., Wendling, Z. A., *et al.* (2022). *Environmental Performance Index.* New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. epi.yale.edu

13. World Bank. (2022). *GNI per Capita, Atlas Method (Current US$).* https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD