محددات البصمة البيئية في مصر فى الفترة (١٩٨٠ -٢٠٢٢): دراسة تحليلية قياسية باستخدام نموذج STIRPAT

Determinants of the Environmental Footprint in Egypt (1980–2022): An Analytical and Econometric Study Using the STIRPAT Model

د/ هند مرسى محمد على البربرى

مدرس الاقتصاد

كلية السياسة والاقتصاد – جامعة بنى سويف

hend.mourcy@eps.bsu.edu.eg

المخلص:

إن البصمة البيئية EF التي يسببها الإنسان تتجاوز القدرة الاستيعابية للأرض وتهدد حياة الأجيال القادمة. ومن المهم للغاية تطوير السياسات وخلق الفرص للحد من التأثير السلبي للبصمة البيئية. ونطاق البصمة البيئية أوسع من المتغيرات البيئية الأخرى، وهو مفهوم كان موضوع عدد قليل من الدراسات في الأدبيات. في هذا البحث تم استخدام نموذج STIRPAT الذي يساعد في تفسير العلاقة بين المتغيرات الاقتصادية الكلية والبيئة، أى بين الأنشطة البشرية ومفهوم البصمة البيئية، ومحاولة تحليل الآثار الإيجابية والسلبية للإنسان على الطبيعة في مصر. حيث تمت دراسة العلاقة بين (متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، وعدد السكان، واستخدام الطاقة، وبراءات الاختراع والصادرات) والبصمة البيئية في مصر بين عامي ١٩٨٠- ٢٠٢٢ باستخدام اختبار حدود ARDL . وأظهرت نتائج التحليل أن هناك علاقة طويلة المدى وذات دلالة إحصائية بين المتغيرات. ووفقا للنتائج فإن كلاً من استهلاك الطاقة الاولية للفرد، وبراءات الاختراع ذات تأثير موجب على البصمة البيئية وإن كان التأثير ليس كبيراً على المدى البعيد، فى حين أن كلاً من الصادرات

ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى ذات تأثير سلبى على البصمة البيئية، أما عدد السكان فكان تأثيرها محايد على المدى القريب والبعيد. وبالنظر إلى أن مصر قد حددت مؤخراً هدفًا محايداً للكربون من خلال التوقيع على اتفاقية باريس وبدأت في تنفيذ معايير الصفقة الخضراء الأوروبية، فمن الواضح أن الحاجة إلى سياسات بيئية مناسبة قد زادت. ومع ذلك، فمن الممكن أيضًا أن تساهم سياسات الامتثال للصفقة الخضراء الأوروبية في تقليل العجز البيئي المتزايد باستمرار في مصر. وبحسب نتائج الدراسة يمكن القول أنه من أجل تقليل البصمة البيئية في مصر، هناك حاجة إلى زيادة الوعي البيئي للمستهلك، وضمان كفاءة استخدام الطاقة، والتحول نحو الطاقة النظيفة، واستخدام التكنولوجيا الخضراء في الصادرا، من خلال تطبيق الاستراتيجية الوطنية لمكافحة تغير المناخ التى تم أعتمادها عام ٢٠٢٤.

الكلمات المفتاحية: المحددات الاقتصادية، البصمة البيئية، القدرة البيولوجية، نموذجSTIRPAT.

Abstract:

The ecological footprint (EF) caused by humans exceeds the Earth's carrying capacity and threatens the lives of future generations. It is extremely important to develop policies and create opportunities to reduce the negative impact of the ecological footprint. The scope of the ecological footprint is broader than that of other environmental variables, and it is a concept that has been the subject of few studies in the literature. This research uses the STIRPAT model, which helps explain the relationship between macroeconomic variables and the environment, i.e., between human activities and the concept of the ecological footprint, and attempts to analyze the positive and negative impacts of humans on nature in Egypt. The relationship between (average per capita GDP, population, energy use, patents, and exports) and the ecological footprint in Egypt between 1980 and 2022 was studied using the ARDL limit test. The analysis results showed a long-term, statistically significant relationship between the variables. According to the results, both per capita primary energy consumption and patents have a positive impact on the ecological footprint, albeit a small impact in the long run. Meanwhile, exports and per capita GDP have a negative impact on the ecological footprint, while population size had a neutral impact in both the short and long term. Given that

Egypt has recently set a carbon neutrality goal by signing the Paris Agreement and has begun implementing the European Green Deal standards, the need for appropriate environmental policies has clearly increased. However, compliance policies with the European Green Deal could also contribute to reducing Egypt's ever-growing environmental deficit. Based on the study's findings, it can be argued that in order to reduce Egypt's environmental footprint, there is a need to increase consumer environmental awareness, ensure energy efficiency, shift toward clean energy, and utilize green technologies in exports, all of which can be achieved through the implementation of the National Climate Change Strategy adopted in 2024.

Keywords: Economic determinants, ecological footprint, biocapacity, STIRPAT model.

قائمة بالاختصارات المستخدمة فى البحث

الاختصار	المفهوم
STIRPAT	إطار قياسي يُستخدم في تحليل العوامل البشرية المؤثرة على البيئة.
EF	البصمة البيئية
BIO	القدرة البيلوجية
GDPpc	متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى الاجمالى
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
SDGs	أهداف التنمية المستدامة
POP	عدد السكان
Eni	استهلاك الطاقة الاولية للفرد بالكيلوات ساعة
Etech	عدد طلبات تسجيل براءات الاختراع، للمقيمين
Exp	نسبة الصادرات من الناتج المحلى الالجمالى
G7	مجموعة الدول السبع الصناعية الكبرى(الولايات المتحدة ، كندا، اليابان، انجلترا، فرنسا، ألمنيا، أيطاليا)
E7	الاقتصادات السبع الناشئة(الصين، الهند، تركيا، روسيا، البرازيل، المكسيك، اندونيسيا)
EKC	منحنى كوزنتس البيئى يفترض وجود علاقة على شكل مقلوب U بين النمو الاقتصادى والتدهور البيئة
CBAM	أتفاقية تنظيم الكربون الحدودي الأوروبي

أولاً: مقدمة:

إن عدد سكان العالم، الذي كان 800 مليون نسمة في بداية الثورة الصناعية الأولى، وصل إلى 8 مليارات نسمة فى العقد الثانى من الالفية الثانية؛ ومن المتوقع أن يصل إلى 9 مليارات في عام ٢٠٤٠. وبتأثير السكان والأنشطة البشرية، دخلنا مرحلة تتجاوز حدود موارد العالم وقدرة البيئة على التجدد، مما يؤدي إلى تدهور المناخ. إن تغير المناخ هو أزمة عالمية تؤثر على كل مناطق العالم، تنجم إلى حد كبير عن انبعاثات غازات الدفيئة التي يسببها النشاط البشرى. والسبب الأكثر أهمية لانبعاثات الغازات الدفيئة هو استخدام الوقود الأحفوري. وقد ذكر جيفري ساكس في كتابه عصر التنمية المستدامة أن استهلاك الوقود الأحفوري يقع في قلب أزمة المناخ. وأكد ساكس على أنه من الضروري استبدال القلب الذى ينبض باستخدام طاقة الوقود الأحفوري، ببديل يعتمد على الطاقة منخفضة الكربون، وذلك من خلال ما يشبه تنظيم "زراعة القلب" (Sachs, J. D.2019:361) وفقا للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، التي تجري دراسات علمية حول تغير المناخ، فقد ثبت أن ارتفاع درجة الحرارة العالمية قد بلغ حوالي 1.5 درجة مئوية منذ عام1850، عندما حدثت الثورة الصناعية الأولى، وهذه الزيادة ترجع إلى حد كبير إلى الأنشطة البشرية.

وارتفعت انبعاثات الغازات الدفيئة الناجمة عن الأنشطة البشرية، مثل النمو الاقتصادي والتصنيع واستهلاك الوقود الأحفوري والإسكان واستخدام الأراضي والممارسات الزراعية الخاطئة وإزالة الغابات، بنحو 12 % في عام 2019 مقارنة بعام 2010. وبنسبة 54 % مقارنة بعام 1990. وتحاول الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التنبؤ بارتفاع درجة الحرارة من خلال السيناريوهات المستقبلية التي تأخذ في الاعتبار الانبعاثات العالمية. وبناءً على ذلك، إذا حدثت سيناريوهات انبعاثات غازات الدفيئة المتوسطة والعالية والمرتفعة جداً، فمن المتوقع أن يتجاوز الاحترار العالمي 1.5 درجة مئوية في القرن الحادي والعشرين مقارنة بالفترة 1850– 1900. إذا تم تحقيق سيناريو منخفض للغاية لانبعاثات غازات الدفيئة، فمن المعتقد أنه من الممكن أن تنخفض درجة الحرارة إلى أقل من 1.5 درجة مئوية في القرن الحادي والعشرين (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ٢٠٢٣).

ولتحقيق سيناريو خفض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري العالمي الذي أقرته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ والحد من مشاكل تغير المناخ، فإن الأمر يتطلب سياسات بيئية فعالة تشمل البلدان النامية. وتؤكد الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ على أن مصر من بين الدول التي ستتأثر بالجفاف الناجم عن الارتفاع المحتمل في درجات الحرارة والتي ستضر بأراضيها الزراعية المنتجة .

إذا لم يكن من الممكن تقليل الضغط على الطبيعة الناجم عن انبعاثات الغازات الدفيئة والتلوث البيئي والنفايات والبصمة البيئية، فإن احتمال مواجهة العديد من الكوارث يزداد. فالبصمة البيئية هي مفهوم يوضح التأثير البشري على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ومساحة البناء، والأراضي الصالحة للزراعة، والمراعي، ومناطق الغابات والمياة، وتم حسابها كميًا في السنوات الأخير، وتمثل جانب الطلب على البيئة. وتظهر القدر البيولوجية القدرة على القضاء على الأضرار التي يلحقها الإنسان بالطبيعة، وتمثل جانب عرض الموارد البيئية.

١/١- مشكلة الدراسة:

تشير البيانات التاريخية إلى أن مصر – كجزء من المنطقة العربية – تواجه عجزًا بيئيًا مُزمِنًا (Environmental Deficit) منذ عام ١٩٦١، حيث تجاوزت البصمة البيئية (Ecological Footprint) القدرة البيولوجية (Biocapacity) بنسب متصاعدة، خاصة مع تسارع وتيرة التنمية الاقتصادية والبشرية مطلع الألفية الثالثة. ووفقًا لتقرير "الشبكة العالمية للبصمة البيئية (Global Footprint Network) ، يُعزى هذا التفاقم إلى تضافر عوامل مثل الاستهلاك غير المُستدام للموارد، وارتفاع الانبعاثات الكربونية، وتدهور النظم الإيكولوجية. وفي هذا السياق، يحذِّر (Nordhaus, W.D., 2020) من أن استمرار هذه الممارسات يمثل "مقامرة مناخية (Climate Gamble) تهدد الأمن البيئي العالمي.

وعلى الرغم من التزام مصر مؤخرًا بإطار عمل دولي لمواجهة هذه الأزمة – مثل مبادرة(2024) ENACT –وهى اتفاقية دولية للحد من التدهور البيئى– التي تركِّز على الحلول القائمة على الطبيعة (Nature-Based Solutions) ، تظل السياسات المحلية غير كافية لتحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والحد من العجز البيئي.

ويُثير البحث تساؤل رئيسي وهو ما هى العوامل الرئيسية المُحرِّكة للبصمة البيئية في مصر، وكيف يمكن تصميم سياسات كلية وقطاعية فعَّالة لتعزيز التنافسية البيئية (Environmental Competitiveness) وتحقيق أهداف التنمية المستدامة(SDGs) ؟

١/ ٢- فرضية الدراسة:

تفترض الدراسة وفقاُ للتحليل الكمى والنموذج المستخدم وجود علاقة سببية على المدى البعيد والقريب بين المتغيرات المفسرة (متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى الاجمالى، وعدد السكان، واستهلاك الطاقة، وبراءات الاختراع، الصادرات) والبصمة البيئية EF فى مصر.

١/٣- هدف الدراسة :

"تَهدُف الدراسة إلى تحليل المحددات البشرية للعجز البيئي في مصر، وتقييم تأثير السياسات التنموية المُنفَّذة خلال العقد الماضي على تفاقم الفجوة بين البصمة البيئيةEF والقدرة البيولوجيةBO، مع التركيز على الآليات التشغيلية لتعزيز النمو الاقتصادي الشامل. كما ستستكشف الآثار المُحتمَلة لإطلاق السوق الطوعي للكربون عام ٢٠٢٤، وتطبيق آليات تسعير الكربون (مثل الضرائب الكربونية)، على التكاليف الاقتصادية والبيئية، وذلك عبر نمذجة السيناريوهات المُحتمَلة بناءً على بيانات ميدانية وتجارب دولية رائدة.

,في سياق متصل، ستُقيِّم الدراسة مدى تعرُّض مصر لمخاطر تغير المناخ (كالاحترار العالمي والجفاف)، وفقًا لسيناريوهات تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) ، وتُقدِّم إطارًا استباقيًّا لسياسات بيئية تكيُّفية قابلة للاستمرار، مع ضمان التوازن بين الالتزامات البيئية الدولية والأولويات التنموية المحلية.

أخيرًا، تسعى الدراسة إلى سد الفجوة البحثية الناتجة عن ندرة الدراسات التطبيقية التي تربط بين المحددات البشرية (كالتحضر، وأنماط الاستهلاك، والإدارة غير المستدامة للموارد) والفجوة البيئية في السياق المصري، خاصة بعد تصاعُد الاهتمام الأكاديمي بالبصمة البيئية عالميًّا منذ عام ٢٠٢٠.

١/٤- منهجية وحدود الدراسة:

تمت دراسة العلاقة بين (متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي GDPpc، وعدد السكانPOP، واستخدام الطاقة Eni، وبراءات الاختراع

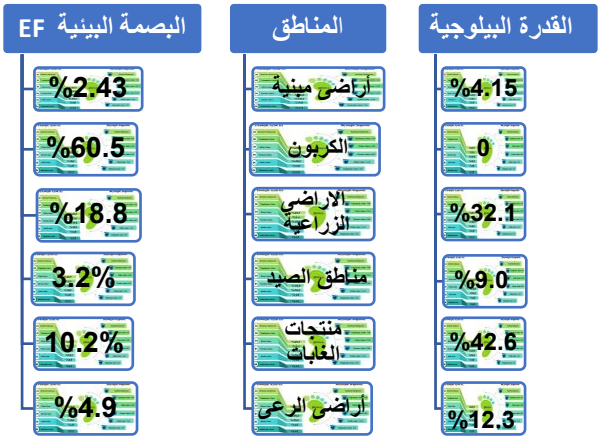
Etech، والصادراتExp) والبصمة البيئية EF في مصر بين عامى ١٩٨٠ – ٢٠٢٢ باستخدام اختبار حدود ARDL. واعتماداً على نموذج STIRPAT .

ثانياً: مفهوم ومحددات البصمة البيئية:

أصبحت أنشطة الإنتاج والاستهلاك التي يقوم بها البشر لتلبية احتياجاتهم الحيوية تشكل تهديدا للحياة البيئية. حيث تجاوزت انبعاثات الغازات الدفيئة واستهلاك الموارد الطبيعية والتلوث البيئي والنفايات الناتجة القدرة الاستيعابية البيولوجية للعالم. وطريقة مناقشة أبعاد هذا التدمير البيئي هي من خلال القياسات التي تتم بالبيانات الكمية. ومن أهم الدراسات حول هذا الموضوع في الأدبيات هي Wackernagel (1999) و Wackernagel and Rees (1996) لقياس البصمة البيئية. حيث يتم إجراء حساب البصمة البيئية والقدرة البيولوجية لكل بلد بواسطة شبكة البصمة العالمية.

ويبين الشكل(1) مكونات البصمة البيئية والقدرة البيولوجية. فالبصمة البيئية EF هي مقياس يتم حسابه بالهكتار العالمي يوضح مقدارالأراضي المنتجة وموارد المياة اللازمة لإعادة إنتاج الموارد الطبيعية المستخدمة في الإنتاج والتخلص من النفايات. فهو قياس الأراضي المنتجة ومساحة المياة اللازمة لتوفير الغذاء والأخشاب، واستيعاب البنية التحتية الحضرية، والقضاء على الانبعاثات الزائدة من ثاني أكسيد الكربون. أما القدرة البيولوجية Bio، فهى القدرة على القضاء على الأضرار البيئية بمرور الوقت، وتقاس أيضًا بالهكتار العالمي. تعتبر هذه القياسات أدوات مفيدة للغاية لقياس وتقييم ومراقبة وتصحيح الأضرار التي يسببها البشر للطبيعة. ووفقاً لقياسات شبكة البصمة العالمية، فإن ٦٠٪ من البصمة البيئية في عام 2022 سوف تنتج عن انبعاثات الكربون و33% سوف تنتج عن الزراعة واستخدام الأراضي الحرجية. ومن ناحية أخرى، يتم توفير ٤ ٧٪ من القدرة البيولوجية عن طريق الزراعة ومساحة الغابات (شكل ١).

الشكل(١) : البصمة البيئية العالمية والقدرة البيولوجية عام 2022

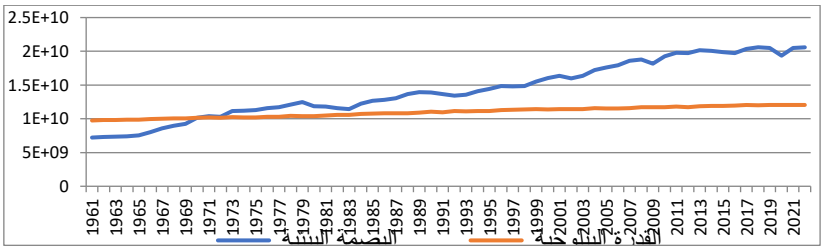


المصدر: تم اعدادة باستخدام شبكة البصمة العالمية https://data.footprintnetwork.org /

١/٢ – البصمة البيئية وقياسات القدرة الحيوية بواسطة شبكة البصمة العالمية.

يتم حساب العجز/الاحتياطي البيئى من خلال ايجاد الفرق بين القدرة البيلوجية Bio للدول والبصمة البيئية EF بها. ويحدث العجز البيئي عندما تتجاوز البصمة البيئية القدرة البيولوجية. وعندما تعاني دولة ما من عجز بيئي، فإنها تستورد القدرة البيولوجية التي تحتاجها من خلال التجارة الخارجية، وتصفية الأصول البيئية للدولة، وإطلاقها في الغلاف الجوي. وهذا يعني أن النظام البيئي يبعث ثاني أكسيد الكربون أكثر مما يمكنه التخلص منه. أما إذا كانت القدرة البيولوجية للدولة أكبر من بصمتها البيئية، ما يعنى وجود احتياطى بيئى بالدولة (شبكة البصمة العالمية ٢٠٢٣). ويبين الشكل (2) البصمة البيئية العالمية و القدرة البيولوجية للفترة 1961–2022 .

الشكل(٢) : تطور البصمة البيئية والقدرة البيولوجية في العالم، 1961 –2022



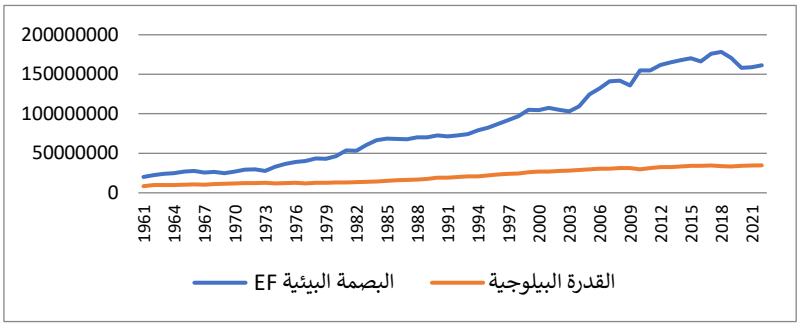
المصدر : شبكة البصمة العالمية https://data.footprintnetwork.org /

ومن الملاحظ أن البصمة البيئية للعالم لم تتجاوز القدرة الاستيعابية للطبيعة حتى عام 1970، لكنها زادت بسرعة منذ عام 1970، باستثناء فترات الأزمات عندما تباطأ النمو الاقتصادي. كما حدث فى الأزمة المالية العالمية عام 2008 ووباء كوفيد–91 عام 2020. ووصل العجز البيئي إلى قيم عالية للغاية في السنوات الأخيرة. ويظهر هذا الوضع أن هناك عبئا كبيرا على الطبيعة، مما ينعكس سلباً على الأجيال القادمة.

٢/٢ – البصمة البيئية والقدرة البيلوجية فى مصر:

ويبين الشكل(3) تطور البصمة البيئية والقدرة البيولوجية في مصر بين عامي ١٩٦١–٢٠٢٢. وتعانى مصر من عجز بيئى مزمن، وبدأ هذا العجز يتزايد منذ عام ١٩٧٣. وتبلغ حصة الانبعاثات الكربونية من مكونات البصمة البيئية لمصر حوالي ٤٩ %، وهو أقل من المتوسط العالمي الذى يبلغ ٦٠ %. ومع ذلك، فإن عدم كفاية القدرة البيولوجية في مصر أعلى بكثير من المتوسط العالمي. ففى عام ٢٠٢٢ يشكل العجز في القدرة الحيوية في العالم 41 % من البصمة البيئية، في حين بلغ المعدل نفسه ٧٨ % فى مصر.

الشكل(٣) البصمة البيئية والقدرة البيلوجية فى مصر ١٩٦١ -٢٠٢٢



المصدر : شبكة البصمة العالمية https://data.footprintnetwork.org /

وبالرغم من أن الدول المتقدمة كانت هى المسؤل الأكبر عن انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية منذ الثورة الصناعية الأولى، إلا انها اتخذت العديد من الاحتياطات والعقوبات التي فرضتها الاتفاقيات البيئية الدولية منذ تسعينيات القرن الماضى للحد من التدهور البيئى. ويتعين على البلدان المتقدمة لحل المشاكل البيئية والحد من انبعاثات غازات الدفيئة، أن توجه استثماراتها إلى الدول النامية التي لا تبدي حساسية تجاه حماية الموارد الطبيعية. ويمكن للبلدان النامية التي تعاني من صعوبات اقتصادية وتحتاج إلى نفقات تنموية، أن تقوم بهذه الاستثمارات من خلال زيادة عائدات صادراتها ومدخراتها من النقد الأجنبي، واستخدام تلك العوائد لسداد ديونها. وإذا لم تتمكن البلدان النامية، ومنها مصر، التي تشكل جزءاً كبيراً من سكان العالم وإنتاجه الصناعي، من التكيف مع سيناريو الانخفاض الشديد في مستويات الغازات المسببة للاحتباس الحراري العالمي الذي أقرته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC ، فإن العجز البيئي العالمي سوف يستمر في الارتفاع بلا هوادة.

ثالثاً: النماذج ومراجعة الأدبيات التي تبحث في العلاقة بين متغيرات الاقتصاد الكلي والبيئة:

إن أحد المصادر الرئيسية لمشكلة البيئة هو أنشطة الإنتاج والاستهلاك، وقد أجريت العديد من الدراسات النظرية والعملية حول هذا الموضوع في الأدبيات الاقتصادية. وتعتمد الاسس النظرية للعلاقة بين الأنشطة البشرية والبيئة، والتي يمكن إثباتها من خلال متغيرات كلية مختلفة، على مناهج النمو الاقتصادي. و يتم تفسير

مناهج النمو الاقتصادي، التي تعتبر فيها إنتاجية عوامل الإنتاج المتغير المحدد، من خلال نموذجين رئيسيين. **الأول نماذج النمو الخارجي،** التي تم إنشاؤها تحت قيادة (Solow, 1956) ،(Swan, 1956) والتى تعتمد على افتراض أن إنتاجية عوامل الإنتاج ثابتة وأن التكنولوجيا خارجية المنشأ. والثانى نماذج النمو الداخلي، والتى تعتمد على أن رأس المال البشري يؤثر في النمو الاقتصادي من خلال زيادة الإنتاجية(1992 ,Arrow, 1962; Romer, 1990; 1986, Rebelo, 1991; Mankiw) وبمرور الوقت، أدت نماذج النمو الداخلي إلى وضع نهج النمو المستدام موضع التساؤل. لقد أدى مفهوم التنمية المستدامة، الذي تم استخدامه لشرح التنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المتزامنة التي ظهرت منذ التسعينيات، إلى تغيير منظور نماذج النمو. وفي هذا السياق، يبدو أن نهج النمو الأخضر قد اكتسب أهمية. حيث أجرى الاقتصادي نوردهاوس (Nordhaus,1974، 1992) الحائز على جائزة نوبل تحليلات من خلال نموذج النمو الداخلي الذي يشمل الموارد الطبيعية المتجددة وغير المتجددة (الوقود الأحفوري)، والسياسات البيئية والتكنولوجيا الخضراء بالإضافة إلى استخدام العمالة ورأس المال والأراضي في وظيفة الإنتاج. واليوم تم وضع بعض الفرضيات التي تسلط الضوء على هدر الموارد الطبيعية الناجم عن النمو الاقتصادي وتبحث في محددات انبعاث الغازات الدفيئة وآثارها. وقد تم اختبار هذه الفرضيات في العديد من الدراسات التطبيقية التي أجريت في السنوات الأخيرة.

ومن الفرضيات البارزة فرضية منحنى كوزنتس البيئي، التي وضعها غروسمان وكروجر (1991)، والتي تشرح العلاقة بين النمو الاقتصادي والمؤشرات البيئية الأخرى. ووفقاً لهذه الفرضية، التي تقول بوجود علاقة على شكل U مقلوبة بين المتغيرين، فإن أنشطة النمو الاقتصادي في البلدان المتقدمة اليوم تؤدي إلى ضغوط بيئية وزيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المرحلة الأولى من التنمية. وتؤكد نفس الفرضية أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الممكن خفضها بعد الوصول إلى مستوى دخل معين . في الدراسات التجريبية التي أجريت منذ التسعينيات، تم إجراء التحليلات ضمن نطاق فرضية كوزنتس البيئية وتم الحصول بشكل عام على نتائج تؤكد وجود علاقة U مقلوبة بين النمو الاقتصادى والمؤشرات البيئية. وهناك طريقة أخرى تستخدم لقياس تأثير الأنشطة البشرية على البيئة تعتمد على ثلاثة نماذج. أول هذه النماذج هو نموذج IPAT

(التأثير البيئى والسكان والثراء والتكنولوجيا) المستخدم في السبعينيات .(1974 (Ehrlich and Holdren, 1971; Commoner, 1971; Holdren and Ehrlich, وهو كما يلي:

$$I = P \times A \times T \quad (1)$$

حيث:

- **I** التأثير البيئي، مثل التلوث أو استنزاف الموارد.
- **P** عدد السكان.
- **A** مستوى الثراء (نصيب الفرد من الناتج المحلى GDP)
- **T** التكنولوجيا المستخدمة وتأثيرها على البيئة

وقد قام كل من Ausubel و Wagoner بتفكيك المتغير T في نموذج IPAT إلى مكونين، نسبة استهلاك الطاقة إلى الناتج المحلي الإجمالي (C) وتأثير استهلاك الطاقة على الانبعاثات (T) ، وبالتالي قاموا بصياغة معادلة ImPACT . ثم قام كل من (Dietz and Rosa.١٩٩٤) بدمج نماذج IPAT وImPACT لتطوير نموذج جديد أطلقوا عليه أسم **STIRPAT** التأثيرات الاحتمالية من خلال الانحدار على السكان، الرفاهية، والتكنولوجيا. ففي نموذج **STIRPAT**، يمكن التعبير عن المتغير T باستخدام مؤشرات مختلفة.

$$I = \alpha_i P^b A^c T^d \varepsilon \quad (2)$$

يُستخدم النموذج في صيغة لوغاريتمية لتتبع تأثير المتغيرات التفسيرية وشدة هذا التأثير (York et al., 2003b:354). وتمثل المعاملات β1، β2، β3 في المعادلة ٣ معاملات المرونة التي تُظهر تأثير متغيرات السكان والرفاهية والتكنولوجيا على البيئة.

$$Lnl_{it} = \alpha_{i+} \beta_1 ln(p_{it}) + \beta_2 ln (A_{it}) + \beta_3 ln (T_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

تم تحليل نموذج STIRPAT في الأدبيات من خلال النظر في متغيرات مختلفة وبلدان مختلفة. وقد ذكر(Dietz and Rosa. ١٩٩٤) التأثير السلبي للضغط السكاني. وذكر(Holdren and Ehrlich,1974)، (Bongaarts,1992)، Shi (2003)، (Albarbry,2025)، و(Salimand Shafiei, 2014) أن النمو السكاني يخلق تهديداً بيئيًا من خلال زيادة استخدام الموارد الطبيعية. ومن المقبول في بعض

الدراسات أن التحضر، والنمو السكاني، يزيد من استهلاك الطاقة واستخدام الموارد وانبعاثات غازات الدفيئة. (Liddle (Parikh and Shukla, 1995), (Shen, 2005), (Liu, 2009) (York 2007), (2004، وأجرى2016 ,Shahbaz) دراسات حول تأثير التحضر على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عند مستويات الدخل والتنمية المختلفة. ومن ناحية أخرى، ذكر (Bongaarts 1992) أن تدمير الغابات يشكل عائقًا أمام الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة وكثافة الكربون ,Shafiei and Salim) ;(Lin, 2009) . 2014); (Salim and Rafiq, 2012); (Apergis and Payne, 2012); (Aguirre and Ibikunle, 2014). وقد خلصت العديد من الدراسات، مثل دراسة (Sadorsky, 2009) إلى أن استهلاك الطاقة غير المتجددة له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، في حين أن استهلاك الطاقة المتجددة له تأثير سلبي. المتغيرات الهامة الأخرى المستخدمة في نموذج STIRPAT هي استثمارات التكنولوجيا الخضراء، والسياسات البيئية التي تنفذها الدولة، ورأس المال البشري وهيكل المنظمات غير الحكومية. كما درس كلاً من (Marques (Stern, 1992), (Payne, 2012) ,(and Fuinhas, 2012، السياسات البيئية التي تنفذها الدول. ودرس ,Shandra) (2004 اثر المنظمات غير الحكومية، و(Apergis, 2013) اثر نفقات البحث والتطوير، واختبر (Xu, 2021) نموذج STIRPA من خلال النظر في الاستثمارات الأجنبية المباشرة ومستوى التعليم إلى جانب الاستثمارات الأجنبية غير المباشرة، وذكر (Ridwan Voumik, 2023) أن هذه المتغيرات لها تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2. في الدراسات الأولى لنموذج STIRPAT، تم استخدام انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 أو غازات الدفيئة بشكل عام كمؤشرات بيئية. ومن الجدير بالذكر أنه في الدراسات التي أجريت في السنوات الأخيرة، تم تفضيل متغير البصمة البيئية، ذو المحتوى الأوسع.

في جزء كبير جداً من الدراسات التي تقيس التأثير البشري على البصمة البيئية باستخدام نموذج STIRPAT، يتم فحص أنشطة الإنتاج والاستهلاك واستخدام الطاقة والسكان والتحضر. وتم التأكيد على أنها تزيد من البصمة البيئية. وقد تم الحصول على نتائج مماثلة في معظم البلدان المتقدمة والنامية في الدراسات التجريبية. على سبيل المثال، (York and Dietz, 2003a) درس متغيرات مثل السكان والنمو الاقتصادي والتحضر

والعوامل الجغرافية في 142 دولة، أحمد وآخرون (2020) ، و(Ma, 2022) في الصين. وأكد (Nathaniel and Khan, 2020) على أن نفقات التحضر والاستهلاك تؤثر بقوة على البصمة البيئية في دول الآسيان. ذكر (Gupta, 2022) أن التحضر والسكان واستهلاك الطاقة في بنغلاديش يزيد من البصمة البيئية. ومن ناحية أخرى، فقد بحثت بعض الدراسات فيما إذا كان تأثير المتغيرات المعنية يتحول من الإيجابي إلى السلبي. (Destek, 2018) دول الاتحاد الأوروبي، (Danish, 2020) دول البريكس، (Oluç, 2023) تركيا، (Wang, 2023) 36 دولة من دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، عثمان وآخرون (2023) في دراستهم على الدول ذات البصمة البيئية الأعلى، (Albrbry, it al, 2025) فى دراسة عن الدول العربية. وجدوا أن هناك علاقة عكسية بين متغيرات مثل الناتج المحلي الإجمالي والموارد الطبيعية واستهلاك الطاقة والتكنولوجيا الخضراء والتحضر والبصمة البيئية، وتوصلوا إلى أن التأثير يزداد وترتفع البصمة البيئية بمرور الزمن، وخلصوا إلى أن البصمة البيئية أصبحت سلبية مع التكنولوجيا. ويعد تقليل استهلاك الوقود الأحفوري واستخدام الطاقة المتجددة من العوامل المهمة في تقليل البصمة البيئية. على سبيل المثال، ذكر (Doğan, 2020) أن كثافة الطاقة هي المتغير الأقوى الذي يزيد من البصمة البيئية في دول البريكست. وفي هذا السياق تم إجراء دراسات تؤكد على استخدام الطاقة المتجددة بدلا من الوقود الأحفورى يقلل من البصمة البيئية. ذكر (Huang, 2022) أن استخدام الطاقة المتجددة في دول E7 وG7 (الدول النامية والمتقدمة) يقلل من البصمة البيئية. ومن ناحية أخرى، عثمان وآخرون (2022) وحسن وآخرون (2023) جادل بأن استثمارات الطاقة النووية في البلدان المتقدمة تساهم في الاستدامة البيئية عن طريق تقليل استهلاك الموارد.

بالإضافة إلى العديد من الدراسات التي تبين الأضرار التي تسببها الأنشطة البشرية على التوازن البيئي، هناك أيضا دراسات في الأدبيات تبين أهمية تعويض الضرر وزيادة الإنتاجية البيولوجية. كشف (York, 2003b) أن البصمة البيئية في البلدان ذات الدخل المرتفع منخفضة نسبيا، في حين أن قدرتها البيولوجية ليست كبيرة بما يكفي للتعويض عن مستوى الإنتاج. وجادل (Kırıkkaleli, 2023) بأن التأثير السلبي للنمو الاقتصادي في الولايات المتحدة الأمريكية على البصمة البيئية يمكن تقليله باستخدام التقنيات الخضراء. وفي هذا السياق، يتزايد عدد الدراسات التي تؤكد التأثير الإيجابي

لمصادر الطاقة المتجددة واستثمارات التكنولوجيا الخضراء على البيئة. وخلص (2020 ,Nathaniel& Khan it al)، إلى أن النمو الاقتصادي المكثف وأنشطة التجارة الخارجية في دول الآسيان تؤدي إلى التدهور البيئي من خلال زيادة استخدام الطاقة الأحفورية. وكشف (Wang, 2021) أن استثمارات الطاقة المتجددة والعولمة في دول البريكس تقلل من البصمة البيئية. وأنشأ (Chu, 2022) نموذج STIRPAT لـ20 دولة من دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وذكر أن التقنيات البيئية واستهلاك الطاقة المتجددة تقلل من البصمة البيئية. وأكد (Danish it al, 2020) على أن الإنتاج كثيف الطاقة في دول البريكست يزيد من المشاكل البيئية وأهمية الطاقة المتجددة. جادل عثمان وآخرون (2023) بأن النمو الأخضر والطاقة المتجددة والابتكار البيئي ورأس المال البشري بدلًا من النمو التقليدي يمنع التدهور البيئي في البلدان ذات البصمة البيئية الأعلى.

ويلاحظ أن الأبحاث الحالية تسفر عن نتائج مختلفة فيما يتعلق بتأثير رأس المال البشري على البصمة البيئية. وفي الدراسة التي أجراها باشوغلو (2018) عن تركيا، تم إنشاء نموذج STIRPAT وتم فحص آثار دخل الفرد والسكان والإنتاج في قطاعى الصناعة والخدمات واستخدام الطاقة ورأس المال البشري على البصمة البيئية في تركيا. وقد تم التوصل إلى أنه في حين أن المتغيرات الأخرى تزيد من البصمة البيئية، فإن رأس المال البشري يقلل منها. وخلص أحمد وآخرون، مرجع سابق (2020)، إلى أن النمو الاقتصادي والتحضر في الصين زادا من البصمة البيئية بينما خفف ورأس المال البشري من التدهور البيئي. في المقابل، بحث (Huang it a,l 2022) في آثار تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ورأس المال البشري والتعقيد الاقتصادي والتنمية المالية على البصمة البيئية في بلدان E7 وG7، وذكروا أن المتغيرات الأخرى باستثناء التطور المالي تزيد من مستوى التلوث. وكشف (Wang it al, 2021) أن رأس المال البشري والتنمية المالية يزيدان من البصمة البيئية في دول البريكس. وبحسب عثمان وآخرون (2022) فإن رأس المال البشري في الدول المتقدمة يقلل من البصمة البيئية، كما تلحق الأنشطة الاقتصادية الضرر بالبيئة من خلال ذوبان احتياطيات المياة والأراضي والغابات. وفقًا لـ(Kassouri and Altıntaş,2020)، من الصعب جداً الموازنة بين زيادة التنمية والبصمة البيئية وتزايد رأس المال البشري. وفى تحليل (York it al, 2003a)، لـ

142دولة، خلصوا إلى أن عوامل مثل الحريات السياسية والمدنية والسياسة البيئية التي تنفذها الدولة لا تؤثر على البصمة البيئية في بلدان منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وخلصت الدراسة إلى أن العولمة والتنمية المالية تساهمان بشكل إيجابي في رأس المال البشري، وأن المأسسة الاجتماعية والاقتصادية تقلل من البصمة البيئية.

وقامت فوزي, و. شيماء (٢٠٢٢) بدراسة البصمة البيئية لمنطقة الشرق الاوسط، وكانت مصر من تلك الدول. واثبتت دراسة (Albrbry it al, 2025) فى تحليلها للبصمة البيئية فى الدول العربية ومنها مصر تفاوت تأثير مؤشرات النمو الاقتصادى والسكان والتكنولوجيا واستهلاك الطاقة بين الدول العربية، وتوصلت إلى تطابق فرضية منحنى كوزنتس البيئى على غالبية اقتصادات الدول العربية. وأثبت (كاراسوى، ٢٠٢٢) عدم تطابق فرضية منحنى كوزنتس البيئي على مصر فى الاجل الطويل، حيث أكد على أن استهلاك الوقود الأحفوري والتنمية المالية يزيدان من البصمة البيئية فى المدى الطويل. في حين أن استخدام الطاقة البديلة غير القابلة للاحتراق لا يؤثر بشكل كبير على البصمة البيئية في مصر، كما أن استخدام الطاقة البديلة القابلة للاحتراق، وعولمة التجارة يقللان من البصمة البيئية في الاجل الطويل. وكشف أن تدفقات التحويلات المالية إلى مصر تزيد من البصمة البيئية في الأجلين القصير والطويل. ودرست مروة، منى (٢٠٢٢) العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة والمؤشرات البيئية والاقتصادية فى مصر، وتوصلت إلى أن هناك علاقة طردية متوسطة بين استهلاك الطاقة المتجددة والناتج المحلي الإجمالي، ومتوسط دخل الفرد السنوي، وارتباط طردي ضعيف بين استهلاك الطاقة المتجددة ومعدل التضخم، وارتباط عكسي ضعيف بين استهلاك الطاقة المتجددة ومعدل البطالة، وبين استهلاك الطاقة المتجددة وكمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتوصلت دليا وشيماء (٢٠٢٠) إلى أن الدخل الحقيقي واستهلاك الوقود الأحفوري مسؤولان عن تدهور البيئة، في حين أن العولمة والسكان يخففان من ذلك فى مصر.

وتشير النتائج المستخلصة من الأدبيات بشكل عام إلى أن السكان والدخل واستخدام الوقود الأحفورى لهم تأثير كبير على البيئة. ويظهر أن الضغط الذى يخلقه التلوث البيئى يمكن تقليله من خلال الابتكار التكنولوجي والتحول نحو مصادر الطاقة المتجددة. ومن ناحية أخرى، فإن التوقعات بأن رأس المال البشري والتنمية المالية والتجارة

الخارجية يمكن أن تقلل من البصمة البيئية لا يمكن التحقق منها دائمًا، خاصة في البلدان النامية. ووفقا لنتائج البحث التجريبي، فإن هذه العوامل تنجح في الحد من البصمة البيئية في البلدان المتقدمة، بينما في البلدان النامية فالنتائج غير مؤكدة، وذلك لعدم كفاية الأنظمة البيئية والابتكارات التكنولوجية بالتوازي مع النمو السريع وأنشطة التصنيع. ومن الواضح أن رأس المال البشري والتنمية المالية والتجارة الخارجية يمكن أن تزيد من البصمة البيئية.

من الملاحظ وجود فجوة بحثية فى تحليل العلاقة بين المتغيرات الاقتصادية الكلية ومدى تأثيرها على البصمة البيئية فى مصر. فى غالبية الدراسات السابقة، وتهدف هذه الدراسة إلى سد تلك الفجوة من خلال البحث فى محددات البصمة البيئية فى مصر، باستخدام نموذج STIRPET الأكثر شمولا لتحليل تلك العلاقة.

رابعاً: محددات البصمة البيئية والعجز البيئى فى مصر ١٩٨٠- ٢٠٢٢:

تتأثر البصمة البيئية لمصر بشكل كبير بالعديد من العوامل، منها السياسات الزراعية، والصناعية، وإدارة النفايات، والإعتماد على الوقود الاحفورى فى توليد الطاقة. وتؤثر تلك العوامل مجتمعة على الاستدامة البيئية. فالنشاط الزراعى فى مصر يسهم بنحو 15%من إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وذلك بسبب أساليب التخلص من النفايات الزراعية الغير متوافقة بيئياً، منها حرق المخلفات الزراعية، والاستخدام المفرط للأسمدة النيتروجينية (عبدالعال، ٢٠٢٢). كما يسهم قطاع الثروة الحيوانية في هذه الانبعاثات، حيث يرتبط عدد رؤوس الماشية بشكل رئيسي بمستوى انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (عبدالعال، مرجع سابق، ٢٠٢٢).

كما أن النمو الصناعي السريع الذى حدث فى مصر خلال النصف قرن الماضى أدى إلى زيادة نسب تلوث الهواء والمياه بالمعادن الثقيلة، مما يشكل مخاطر صحية كبيرة للسكان (شريف وعارف، ٢٠١٥). وازدادت هذه المشكلات حدة بسبب عدم الاهتمام بالبيئة فى مراحل التنمية المختلفة لصالح تحقيق النمو الاقتصادي (شريف وعارف، مرجع سابق، ٢٠١٥). وساهمت السياسات غير الفعالة لإدارة النفايات الزراعية والصناعية في تدهور الخصائص البيئية، مما أثر سلباً على المناطق الحضرية والريفية على حد سواء (سرحان، ٢٠٢٢). وتعد تكاليف التدهور البيئي الناتج عن سوء إدارة النفايات كبيرة، مما يستدعي إصلاحات عاجلة فى نظم إدارة النفايات (سرحان، مرجع سابق، ٢٠٢٢). ويسهم الاعتماد

المتزايد على الوقود الأحفوري والاستخدام المرتفع لمصادر الطاقة القابلة للاحتراق في تزايد البصمة البيئية لمصر (كاراسوي،مرجع سابق، ٢٠٢٢). كما أن تدفقات التحويلات المالية ترتبط بزيادة البصمة البيئية، مما يشير إلى وجود علاقة معقدة بين العوامل الاقتصادية والتأثير البيئي (كاراسوي، مرجع سابق، ٢٠٢٢).

ويمكن من خلال التحول نحو مصادر الطاقة البديلة فى عملية التنمية بمصر أن تخفض من التدهور البيئي. إلا أن اعتماد التنمية الاقتصادية فى الوقت الراهن على الوقود الأحفوري والسياسات غير الفعالة بيئياً يطغى على السايسات الحكومية ويقلل من الفوائد المحتملة من عملية التنمية، مما يؤكد على الحاجة إلى إصلاحات سياسية واقتصادية شاملة لمعالجة التحديات البيئية في مصر. ويمكننا التعرف على تطور الوضع البيئى لمصر من الجدول (٢١) والذى يظهر تطور البصمة البيئية والقدرة البيلوجية والعجز البيئى فى مصر خلال الفترة من ١٩٨٠ – ٢٠٢٢.

جدول (١): البصمة البيئية والقدرة البيلوجية والعجز البيئى فى مصر (بالهكتار) (١٩٨٠ -٢٠٢٢)

السنوات	البصمة البيئية EF	القدرة البيلوجية Bio	العجز البيئى
1980	46300020.47	13181428.1	33118592.38
1985	68593011	15143277.6	53449733.4
1990	72644084.5	19020700.2	53623384.28
1995	82391815.61	22176621	60215194.56
2000	104461974.1	26936861.8	77525112.26
2005	124589678.4	29835697.2	94753981.23
2010	154738013.9	29899121.2	124838892.7
2015	170442239.3	34067113.1	136375126.2
2020	158076295.5	34104065.7	123972229.8
2021	158911504	34428861.7	124482642.2
2022	161271585.4	34749236.7	126522348.7

* **العجز البيئى = البصمة البيئية (الطلب على الموارد البيئة) – القدرة البيولوجية (عرض الموارد البيئية) .القيم بالهكتار العالمى.**

المصدر: تم بواسطة الباحثة استرشاداً ببيانات شبكة البصمة العالمية https://data.footprintnetwork.org /

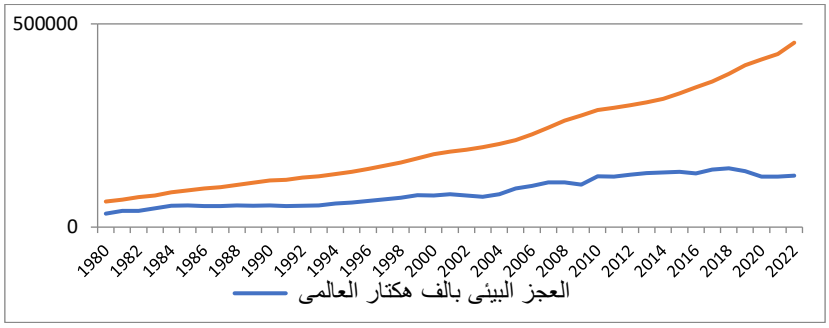
يظهر الجدول (١) اتجاه العجز البيئى للإرتفاع خلال فترة التحليل، بسبب ارتفاع الطلب على الموارد البيئية المتمثل فى البصمة البيئية بمعدلات أكبر من القدرة البيلوجية للموارد البيئية المصرية. وهى أزمة مستمرة ومتزايدة عبر الزمن.

وللوقوف على مدى تأثر العجز البيئى فى مصر بالتغيرات فى مؤشرات الاقتصاد الكلى نقوم بتحليل اتجاهات تلك العلاقة على النحو التالى.

٤/ ١ – الناتج المحلى الاجمالى GDP والعجز البيئى فى مصر:

تتجلى العلاقة بين الناتج المحلي الإجمالي والعجز البيئي في مصر من خلال تأثير الأنشطة الاقتصادية المختلفة على البيئة، مما قد يؤدي إلى تدهور بيئي يؤثر سلباً على النمو الاقتصادي. وتشير الأبحاث إلى أن تدهور البيئة، مثل تدهور الأراضي وتلوث الهواء والماء، له تكاليف اقتصادية كبيرة تؤثر على الناتج المحلي الإجمالي (سرحان، ٢٠٢٢). فقد أظهرت الدراسات أن زيادة الإنتاج الزراعي فى مصر تسهم فى زيادة الناتج المحلي الإجمالي حيث يمثل الانتاج الزراعى نحو ١٥٪ من الناتج المحلى الاجمالى المصرى لعام ٢٠٢٣، ويستوعب هذا القطاع نحو ٢٥٪ من القوى العاملة (الدين والعلا ، ٢٠٢٣) إلا إن تدهور الأراضي الزراعية بسبب الممارسات غير المستدامة يؤثر سلبًا على هذه المساهمة (سرحان، ٢٠٢٢). وتشير العديد من التقديرات إلى أن تكاليف تدهور البيئة في مصر، بما في ذلك تلوث الهواء والماء، تؤثر سلبًا على جودة الحياة والنمو الاقتصادي (سرحان، ٢٠٢٢). مما يبرز الحاجة إلى استراتيجيات تنموية مستدامة (سرحان، ٢٠٢٢). فعلى الرغم من أن النمو الاقتصادي يمكن أن يؤدي إلى تحسينات في بعض المجالات، إلا أن تجاهل العوامل البيئية قد يؤدي إلى تدهور مستدام يؤثر سلبًا على الناتج المحلي الإجمالي في المستقبل. والشكل (٥) يعرض العلاقة بين متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى الاجمالى، والعجز البيئى فى مصر خلال الفترة ١٩٨٠-٢٠٢٢.

شكل (5): تطور الناتج المحلى الاجمالى والعجز البيئى فى مصر (١٩٨٠- ٢٠٢٢)



المصدر: تم بواسطة الباحثة استرشاداً ببيانات الشبكة الدولية للبصمة البيئية https://data.footprintnetwork.org/ ، وقاعدة بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/ .

نلاحظ اتجاه العجز البيئى نحو الارتفاع تزامناً مع الزيادة فى الناتج المحلى الاجمالى بمصر، ولم تتغير تلك العلاقة إلا فى سنوات الازمات حيث انخفض العجز البيئى عام ٢٠٠٨ بسبب الازمة المالية الدولية، وكذلك عام ٢٠٢٠ خلال ازمة وباء كورونا، بالرغم من التأثير الضعيف للأزمات على الناتج المحلى الاجمالى المصرى. إلا أن هناك اتجاه نحو انخفاض معدلات الزيادة فى العجز البيئى منذ ٢٠١٠، ما يعكس توجه السياسات التنموية نحو الاهتمام بالبيئة والذى تكلل بتوقيع الاستراتيجية الوطنية للحفاظ على تغير المناخ ٢٠٢٢.

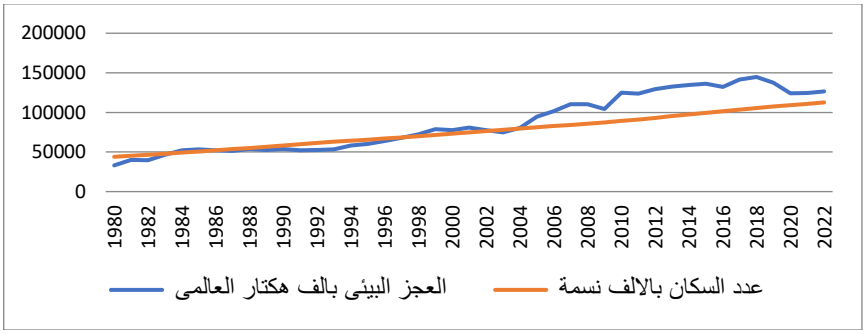
٢/٤- عدد السكان والعجز البيئى:

يسهم النمو السكاني في تدهور البيئة من خلال عوامل متعددة. فمع زيادة عدد السكان عالميًا، خاصة في الدول النامية، يرتفع الطلب على الموارد، مما يؤدي إلى ممارسات غير مستدامة تضر بالبيئة. فزيادة عدد السكان تؤدى إلى زيادة الطلب على الغذاء والمياه والطاقة، ما يحدث استنزافاً للموارد الطبيعية (Moslen & Miebaka, 2024). وغالبًا ما تُعتمد ممارسات زراعية وتصنيعية مكثفة لتلبية هذا الطلب، مما يسبب تدهور الأراضي والتلوث (Moslen & Miebaka,it ak 2024) (Mbella,2019). وغالبًا ما تعطي الهياكل الاقتصادية، خاصة في البلدان النامية، الأولوية للنمو على حساب الاستدامة البيئية، مما يفاقم التدهور البيئى (Mbella et al., 2019). ويؤدي التحضر السريع الناتج عن النمو السكاني إلى زيادة في توليد النفايات مع عدم وجود نظم إدارة جيد للنفايات، مما يزيد

من تلوث الهواء والمياه. وغالبًا ما يؤثر التوزيع غير المتساوي للآثار البيئية على المجتمعات الاكثر فقراً، مما يبرز الأبعاد الاجتماعية للتدهور البيئي.

وتعد مصر من الدول التى تحقق معدلات نمو سكانى مرتفعة، حيث أرتفع عدد السكان من ٤٣.٩ مليون نسمة عام ١٩٨٠ ليصل تعداد السكان إلى ١١٢.٦ مليون نسمة عام ٢٠٢٢. اى أن عدد السكان تضاعف بنحو ٢.٥ مرة خلال ٤٢ عاما، ما يعكس عبئاً على البيئة. ويعكس الشكل (6) العلاقة بين عدد السكان والعجز البيئى فى مصر خلال الفترة ١٩٨٠ إلى ٢٠٢٢.

شكل (6) : تطور عدد السكان والعجز البيئى فى مصر (١٩٨٠-٢٠٢٢)



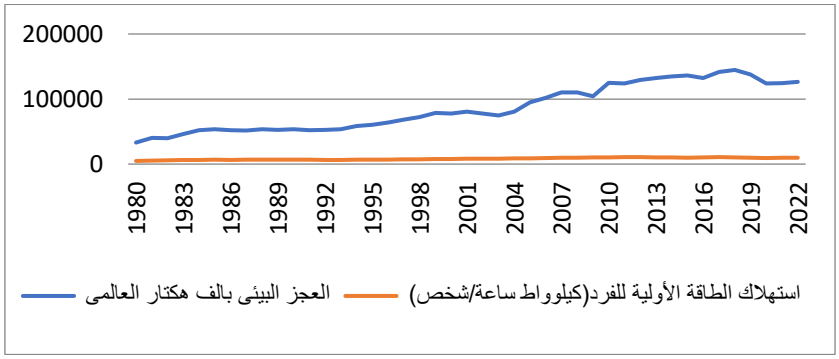
المصدر: تم بواسطة الباحثة استرشاداً ببيانات الشبكة الدولية للبصمة البيئية https://data.footprintnetwork.org/ ، وقاعدة بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/ .

يتضح من الشكل (٦) ارتفاع حجم العجز البيئى فى مصر بمعدلات اكبر من معدلات النمو السكانى وخاصة منذ ٢٠٠٤، حيث انخفضت معدلات نمو السكان منذ بداية الالفية الثانية، مع استمرار تزايد العجز البيئى بمعدلات متزايدة. ما يعكس تزايد الطلب على الموارد الاقتصادية والبيئية، مع تخلف معدلات التنمية الزراعية والتصنيعة وعدم توافقها مع البيئة. حيث أهتمت خطط التنمية بزيادة النمو الاقتصادى مع عدم مراعات البعد البيئى. ويمكننا استنتاج أن النمو السكانى لم يكن مؤثرا بشكل مباشر على العجز البيئى كما هو واضح من الشكل حيث أن زيادة السكان كانت بمعدلات منخفضة جداً مقارنة بالعجز البيئى. وهذا ما سنتحقق منه فى الدارسة القياسية.

٤/ ٣- استهلاك الطاقة وعلاقته بالعجز البيئى فى مصر :

هناك الكثير من الدراسات التى حللت العلاقة بين استهلاك الطاقة والبصمة البيئية ، حيث أن أرتفاع وتيرة استهلاك الطاقة وخاصة من الوقود الأحفوري، تؤدى ألى زيادة التدهور البيئى، في حين أن التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة قد يخفف من التأثيرات السلبية لاستهلاك الطاقة على البيئة. وتتجلى العلاقة بين استهلاك الطاقة والبيئة في مصر فى تأثير استهلاك الطاقة على انبعاثات الكربون والآثار البيئية الناتجة عن ذلك. وتشير الدراسات إلى أن استهلاك الطاقة، وخاصة من مصادر الطاقة غير المتجددة، يرتبط بشكل إيجابي بزيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يؤدي إلى تدهور البيئة. كما أن استخدام الطاقة البديلة له تأثيرات مختلطة على البصمة البيئية، حيث أن استهلاك الطاقة البديلة القابلة للاحتراق يمكن أن يقلل من الأثر البيئي (كاراسوى، مرجع سابق،٢٠٢٢). فالعلاقة بين النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة فى مصر تظهر منحنى N ، مما يعني أن النمو يمكن أن يؤدي إلى زيادة الانبعاثات في البداية. وتعتبر الصناعة فى مصر الأكثر استهلاكًا للطاقة، حيث تعد صناعات مثل الأسمنت، والحديد، والمواد الكيميائية والتى تعتمد على مكثفات الطاقة. من الصناعات كثيفة استخدام الطاقة إلى جانب ذلك، يسهم قطاع النقل في الاستخدام الكثيف من الوقود الأحفوري. كما أن قطاع الكهرباء، الذي يعتمد بشكل أساسى على الوقود الأحفوري أيضاً من المساهمين الرئيسيين فى استهلاك الطاقة. وتسعى مصر فى السنوات الأخيرة إلى توسيع مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وفقاً لخطة التنمية المستدامة ٢٠٢٠-٢٠٥٠ إلا أن هذه الأهمية لا تزال تمثل نسبة ضئيلة. ويعد استهلاك الطاقة خاصة من الوقود التقليدى أحد المصادر الأساسية للتدهور البيئى ما ينعكس فى شكل تزايد العجز البيئيى. والشكل التالى يوضح اتجاه تلك العلاقة.

شكل (٧) : العلاقة بين استهلاك الطاقة والعجز البيئى فى مصر ١٩٨٠ -٢٠٢٢



المصدر: تم بواسطة الباحثة استرشاداً ببيانات الشبكة الدولية للبصمة البيئية https://data.footprintnetwork.org/ ، وقاعدة بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/

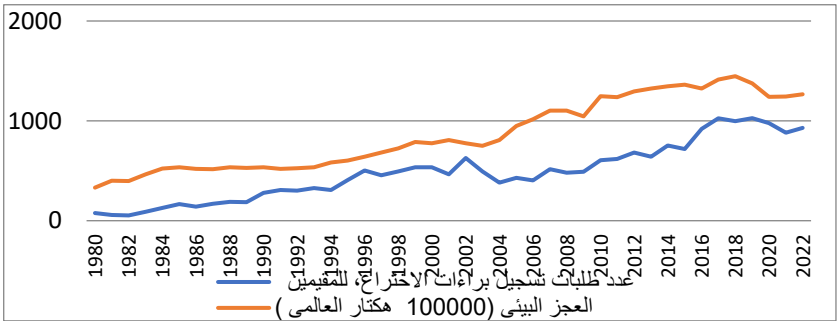
ويتضح من الشكل (٧) مدى الثبات النسبى لمتوسط استهلاك الفرد من الطاقة فى حين يتجه العجز البيئى نحو الارتفاع فى مصر.

٤/٤- التكنولوجيا الخضراء والعجز البيئى فى مصر:

تلعب التكنولوجيا الخضراء دورًا مهمًا في تعزيز جودة البيئة، لا سيما من خلال الطاقة المتجددة وأساليب الإنتاج النظيفة. فالبنية التحتية الخضراء ضرورية للتنمية المستدامة في المجتمعات الريفية المصرية، حيث يقيم أكثر من ٥٧.٨٪ من السكان (عز الدين، ٢٠٢٤). كما يمكن أن يؤدي تنفيذ البنية التحتية الخضراء إلى تحسين الصحة والضمان الاجتماعي والقدرة التنافسية الاقتصادية، وبالتالي معالجة الفقر وتمكين المرأة الريفية (عز الدين، مرجع سابق، ٢٠٢٤). وقد أظهرت الابتكارات التكنولوجية، لا سيما في مجال الطاقة المتجددة، ارتباطًا سلبيًا بالتدهور البيئي، مما يشير إلى أن تكاملها يمكن أن يقلل من انبعاثات الكربون (Ma & Qamruzzaman, 2022). في حين أن التقدم التكنولوجي يمكن أن يحسن جودة البيئة، إلا أنه قد يرتبط أيضًا بالنمو الاقتصادي، مما قد يؤدي إلى زيادة الإجهاد البيئي (أبراهيم، ٢٠٢٠). وتواجه مصر تحديات في تحقيق فوائد التكنولوجيا الخضراء بشكل كامل بسبب النماذج الاقتصادية عالية الكربون وعدم كفاية التعاون بين الأوساط الأكاديمية والصناعة (Abdelkarim, 2023). ويعد الترويج لممارسات الإنتاج الأنظف أمرًا حيويًا لتعزيز صورة العلامة التجارية الخضراء للشركات المصرية، والتي يمكن

أن تؤدي إلى ميزة تنافسية في السوق العالمى والاوربى على وجه الخصوص (عبده ٢٠٢٣). في حين توفر التكنولوجيا الخضراء إمكانات كبيرة لتحسين البيئة، فإن الوتيرة السريعة للتحضر والتنمية الاقتصادية قد تعيق فعاليتها، مما يؤدي إلى زيادة الضغوط البيئية إذا لم تتم إدارتها بشكل صحيح. ونظراً لعدم توافر البيانات عن حجم براءات الاختراع فى مجال التكنولوجيا الخضراء تم أخذ متغير عدد الابتكارات المسجلة بشكل عام كمؤشر على التقدم التكنولوجى. وفى الشكل (٨) يعرض اتجاه العلاقة بين عدد براءات الاختراع (كمؤشر على التكنولوجيا) وعلاقته بحجم العجز البيئى فى مصر.

شكل (٨): تطور براءات الاختراع والعجز البيئى فى مصر ١٩٨٠ -٢٠٢٢



المصدر: تم بواسطة الباحثة استرشاداً ببيانات الشبكة الدولية للبصمة البيئية https://data.footprintnetwork.org/ ،
وقاعدة بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/

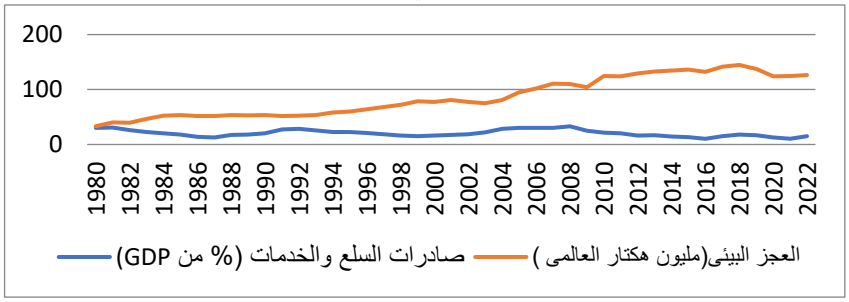
من الشكل يتضح مدى التلازم بين تطور براءات الاختراع والعجز البيئى فى مصر. ما يؤكد فرضية أن التطور التكنولوجى فى مصر غير متوافق مع البيئة حيث يودى التطور التكنولوجى إلى تزايد التدهور البيئى.

٤/٥- الصادرات المصرية والعجز البيئى :

العلاقة بين حجم الصادرات والبصمة البيئية، لا سيما من حيث انبعاثات الكربون، معقدة وتختلف باختلاف المناطق والسياقات. فبعض الأبحاث تشير إلى أن زيادة أنشطة التصدير تؤدي إلى ارتفاع انبعاثات الكربون، على الرغم من أن التأثير يمكن أن يختلف بناءً على سوق الوجهة وطبيعة السلع المتداولة. فزيادة الصادرات أدت إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في كل من البلدان الأفريقية والأوروبية، مع وجود علاقة ملحوظة على شكل حرف U بين التجارة والانبعاثات (Enongene,it, al, 2024). وتتأثر الصادرات

المصرية بالعديد من العوامل مثل النمو الاقتصادي واستهلاك الوقود الأحفوري والعولمة. وتشير ابحاث عدة إلى أنه في حين أن تنويع الصادرات يمكن أن يقلل من الآثار البيئية، فإن الديناميكيات الحالية في مصر تظهر تفاعلًا أكثر تعقيدًا بين هذه العناصر. ويرتبط تخفيض الانعكاسات البيئية بتنويع الصادرات، مما يشير إلى أن اتباع نهج تنويع الصادرات يمكن أن يفيد مصر. وتشير الدراسات التجريبية إلى أن البصمة البيئية لمصر تتأثر بشكل كبير باستهلاك الوقود الأحفوري والنمو الاقتصادي، مما يؤدي إلى تفاقم التدهور البيئي (إبراهيم، وحنفى، مرجع سابق، ٢٠٢٠). كما أن فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC) ، التي تفترض أن النمو الاقتصادي يؤدي في البداية إلى التدهور البيئي ولكنه يؤدي في النهاية إلى تحسن البيئة، لم يتم دعمها في مصر. فالعلاقة بين النمو الاقتصادي والبصمة البيئية فى مصر ثنائية الاتجاه، حيث يساهم النمو في زيادة الضغط البيئي (إبراهيم، وحنفى، مرجع سابق ٢٠٢٠). ويتم تشجيع صانعي السياسات على تعزيز الطاقة النظيفة وممارسات التصدير المستدامة لمواءمة النمو الاقتصادي مع الاستدامة البيئية، على النحو المبين في الرؤية الوطنية لمصر ٢٠٣٠ (إبراهيم، وحنفى، مرجع سابق ٢٠٢٠). على الرغم من أن إمكانية تنويع الصادرات لتعزيز الاستدامة البيئية متاحة فى مصر، إلا أن الاعتماد الحالي على الوقود الأحفوري ونقص الدعم لفرضية منحنى كوزنتس EKC يشير إلى أن التحولات الكبيرة في السياسة ضرورية لتحقيق التوازن بين الأهداف الاقتصادية والبيئية. والشكل التالى يوضح اتجاه العلاقة بين الصادرات المصرية والعجز البيئى فى مصر خلال الفترة ١٩٨٠ – ٢٠٢٢.

شكل (٩) تطور العلاقة بين الصادرات المصرية والعجز البيئى فى مصر ١٩٨٠-٢٠٢٢



المصدر: تم بواسطة الباحثة استرشاداً ببيانات الشبكة الدولية للبصمة البيئية https://data.footprintnetwork.org/ ، وقاعدة بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/

يتضح مما سبق أن العلاقة بين متغيرات الاقتصاد الكلى والعجز البيئى فى مصر متغيرة ولا تتسق مع الكثير من الأبحاث فى العديد من الدول. لذا يجب التحقق أكثر من مدى تطابق تلك العلاقة مع ما توصلت له الابحاث فى سياقات وبلدان أخرى. لذلك سيتم اجراء التحليل القياسى لتحديد اتجاه وقوة تلك العلاقات فى مصر خلال فترة التحليل.

خامساً: النموذج القياسي:

في هذه الدراسة تم اختبار محددات البصمة البيئية في مصر خلال الفترة ١٩٨٠-٢٠٢٢ باستخدام نموذج STIRPAT الذى طوره (Dietz and Rosa 1994, 1997)، ومن الجدير بالذكر أنه في السنوات الأخيرة بدأ إدراج البصمة البيئية بدلًا من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في نموذج STIRPAT الذي يستخدم لدراسة تأثير الأنشطة البشرية على البيئة. وأسفرت الأبحاث التطبيقية في الأدبيات عن نتائج مختلفة اعتمادًا على البلدان المتقدمة والنامية. في هذه الدراسة، بالإضافة إلى أبحاث أخرى، تم إجراء تحليل لبيانات من مصر، حيث يتزايد العجز البيئي باستمرار منذ عام ١٩٨٠.

٥/١- تعريف متغيرات النموذج:

في هذا التحليل، تتم مناقشة المتغيرات التي يعتقد أن لها تأثير على البصمة البيئية وكفاءة القدرة البيولوجية. وتم اختيار المتغيرات بناء على مؤشرات البحث في الأدبيات. في دراسة، Nathaniel and Khan (2020) ، و(2021) Solarin تم استخدام نموذج STIRPAT التالي.

$$EF_t = \beta_0 + \beta_1 GDPpc_t + \beta_2 pop_t + \beta_3 eni_t + \beta_4 etech_t + \beta_5 exp_t + e_t \quad (4)$$

في النموذج الموضح بالمعادلة (٤)، (EF) يمثل البصمة البيئية، (GDPpc) متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، **(pop)** إجمالي عدد السكان، **(Eni)** متوسط استهلاك الطاقة للفرد، (Etech) طلبات تسجيل براءات الاختراع، و**(Exp)** نسبة الصادرات إلى الناتج المحلي الإجمالي. تم التعامل مع السلاسل الزمنية بأخذ اللوغاريتمات لها، باستثناء المتغير(Exp) الذي تم التعبير عنه كنسبة مئوية، وذلك بشكل مشابه للنماذج التي اقترحها كل من سالم وآخرون (٢٠١٩) و(2020) Hotak .

انطلاقًا من نهج STIRPAT والدراسات التجريبية الحالية، تم اختبار الفرضيات التي تشير إلى أن متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، وعدد السكان، واستهلاك الطاقة تؤثر إيجابيًا على البصمة البيئية، في حين تؤثر براءات الاختراع الخضراء والصادرات تأثيرًا سلبيًا. ويتم تعريف المتغيرات ومصادرها في الجدول (٢).

جدول (٢) تعريف متغيرات النموذج ومصادرها

الرمز	التعريف	وحدة القياس	مصدر البيانات
EF	البصمة البيئية للفرد	(بالهكتار العالمى)	شبكة البصمة البيئية الدولية https://data.footprintnetwork.org/
GDPpc	نصيب الفرد من الناتج المحلى الاجمالى	($ بالاسعار الثابتة لعام ٢٠١٠)	البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/
Pop	إجمالى عدد السكان	(نسمة)	البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/
Eni	**استهلاك الطاقة الأولية للفرد**	**(كيلوواط ساعة/شخص)**	U.S. Energy Information Administration (2023);
Etech	طلبات تسجيل براءات الاختراع، للمقيمين	(عدد)	البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/
Exp	صادرات السلع والخدمات	% من GDP	البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/
e_t	المتغير العشوائى		

المصدر: من أعداد الباحث

٢/٥- معامل ارتباط بيرسون:

لقياس قوة واتجاه العلاقة بين متغيرين كميين. يتم التعبير عن هذه العلاقة من خلال معامل ارتباط بيرسون (Correlation Coefficient (Pearso والجدول (٣) يوضح مخرجات برنامج E-viewse لمعامل ارتباط بيرسون

جدول (٣) : معامل ارتباط بيرسون

Covariance Analysis: Ordinary
Date: 01/26/25 Time: 16:07
Sample: 1980 2022
Included observations: 43

Correlation						
Probability	EF	ENI	ETECH	EXP01	GDPPC	POP
EF	1.000000					

ENI	0.931583	1.000000				
	0.0000	-----				
ETECH	0.714670	0.840623	1.000000			
	0.0000	0.0000	-----			
EXP01	-0.258733	-0.300642	-0.503961	1.000000		
	0.0939	0.0501	0.0006	-----		
GDPPC	0.805313	0.938623	0.934213	-0.393353	1.000000	
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0091	-----	
POP	0.795211	0.929806	0.954945	-0.393707	0.992010	1.000000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0000	-----

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى-https://data.albankaldawli.org/about/get started U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣) .

من الجدول (٣) نخرج بالنتائج التالية:

١. معامل الارتباط بين البصمة البيئية EF واستهلاك الطاقة ENi = 0.9316 أى أن العلاقة قوية وإيجابية جدًا، بينهما مما يشير إلى أن أي زيادة في أستهلاك الطاقة تؤدي إلى زيادة في البصمة البيئية EF . كما أن القيمة الاحتمالية (P-value = 0.0000)تعني أن العلاقة معنوية إحصائيًا.

٢. معامل الارتباط بين البصمة البيئية EF وبراءات الاختراعات Etech = 0.7147. وهى علاقة قوية وإيجابية، مما يشير إلى أن زيادة برءات الاختراع تؤدى إلى زيادة البصمة البيئية. والعلاقة معنوية إحصائيًا عند مستوى١% (P-value = 0.0000) .

٣. معامل الارتباط بين البصمة البيئية EF ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى الاجمالى GDPPC = 0.8053، وهى علاقة قوية وإيجابية، مما يعني أن ارتفاع متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى يؤدى إلى ارتفاع البصمة البيئية. والعلاقة معنوية إحصائيًا (P-value = 0.0000) .

٤. معامل الارتباط بين البصمة البيئية EF وعدد السكان 0.7952= POP علاقة قوية وإيجابية، مما يدل على أن زيادة عدد السكان ستؤدى إلى ارتفاع البصمة البيئية POP ، وهى علاقة معنوية إحصائيًا (P-value = 0.0000).

٥. معامل الارتباط بين البصمة البيئية EF والصادرات 0.2587 - = EXPO ، وهى علاقة سلبية ضعيفة. بمستوى دلالة إحصائية (P-value = 0.0939) ما يشير إلى أن العلاقة غير معنوية عند مستوى ٥% .

٦. معامل الارتباط بين استهلاك الطاقة ENI ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى = GDP_{PC} 0.9386. وهى علاقة قوية جدًا، مما يشير إلى أن أي زيادة في دخل الفرد (GDP_{PC})تؤثر إيجابيًا على استهلاك الطاقة للفرد. والعلاقة معنوية عند مستوى ١% (P-value = 0.0000) .

٧. معامل الارتباط بين استهلاك الطاقة ENI وعدد السكان 0.9298= POP علاقة قوية جدًا، ومعنوية عند مستوى ١% (P-value = 0.0000) . ما يعنى أن تزايد عدد السكان لها تأثير قوى ومعنوى على استهلاك الطاقة.

٨. معامل الارتباط بين براءات الاختراع Etech ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى GDP_{PC} = 0.9342 ، علاقة قوية وإيجابية جدًا، مما يعني أن التحسن في التكنولوجيا (Etech) يرتبط بزيادة متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى GDP_{PC} ، وهى معنوية عند مستوى ١ % (P-value = 0.0000) .

٩. معامل الارتباط بين الصادراتEXP ومتوسط نصيب الفرد من الناتج- =GDP_{PC} 0.3934، علاقة سلبية متوسطة، مما يعني أن زيادة الإنفاق على الصادرات قد تقلل من متوسط نصيب الفرد من الناتج . وهى علاقة معنوية عند مستوى ١ % (P- value = 0.0091) .

١٠. معامل الارتباط بين متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى GDP_{PC} وعدد السكان POP= 0.9920، وهى علاقة قوية جدا، مما يشير إلى أن عدد السكان يؤثر بشكل كبير على متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. العلاقة معنوية عند مستوى ١% (P-value = 0.0000) .

٥/٢ – اختبارت جذر الوحدة:

جدول (٤): نتائج اختبارت جذر الوحدة Augmented Dickey-Fuller test statistic

القرار	اختبار الاستقرارية عند الفرق الأول			اختبار الاستقرارية عند المستوى			
الفرق الأول بدون قاطع واتجاه	0.0000	0.0000	0.0001	–	0.2701	0.8960	EF
الفرق الأول بدون قاطع واتجاه	0.0003	0.0018	0.0101	0.9470	0.6529	0.5661	ENI
الفرق الأول بقاطع		0.0000	0.0000	0.9440	0.8442	0.2723	ETECH
المستوى بقاطع					0.0353	0.1334	EXP
الفرق الأول بدون قاطع واتجاه	0.0294	0.3340	0.0890	0.9992	0.9986	0.9031	GDPPC

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started

& U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

المتغير صادرات السلع والخدمات (EXP) مستقر عند المستوى. وباقي المتغيرات البصمة البيئية للفرد (EF)، واستهلاك الطاقة الأولية للفرد (ENi)، وطلبات تسجيل براءات الاختراع (Etech) ، ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (GDP_{PC}) مستقرة عند الفرق الأول. ويتم استبعاد عدد السكان POP.

٥/٣– تقدير نموذج Augmented ARDL :

نموذج Autoregressive Distributed Lag (ARDL) هو أحد النماذج الإحصائية المستخدمة في التحليل القياسي لدراسة العلاقة بين المتغيرات الزمنية في الأجلين القصير والطويل. وهذا النموذج قادر على تحليل العلاقات بين متغيرات النموذج المستخدم، حيث أن المتغير صادرات السلع والخدمات (EXP) مستقرة عند المستوى I(0)، بينما باقى المتغيرات مستقرة عند الفرق الأول I(1).

جدول (٥) : تقدير نموذج Augmented ARDL

Dependent Variable: EF

Method: ARDL

Date: 01/26/25 Time: 15:33

Sample (adjusted): 1984 2022

Included observations: 39 after adjustments

Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)

Model selection method: Akaike info criterion (AIC)

Dynamic regressors (4 lags, automatic): ENI ETECH EXP01 GDPPC

Fixed regressors: C

Number of models evalulated: 2500

Selected Model: ARDL(4, 2, 0, 3, 2)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
EF(-1)	-0.027721	0.204597	-0.135489	0.8934
EF(-2)	-0.232356	0.155767	-1.491686	0.1494
EF(-3)	-0.319671	0.159783	-2.000651	0.0574
EF(-4)	-0.228135	0.148202	-1.539349	0.1374
ENI	0.000108	3.25E-05	3.317812	0.0030
ENI(-1)	4.63E-05	4.68E-05	0.988484	0.3332
ENI(-2)	0.000195	5.68E-05	3.438462	0.0022
ETECH	0.000162	7.50E-05	2.166424	0.0409
EXP01	-0.002941	0.003092	-0.951425	0.3513
EXP01(-1)	-0.009602	0.004137	-2.320943	0.0295
EXP01(-2)	0.003279	0.004380	0.748527	0.4617
EXP01(-3)	0.004596	0.003239	1.419056	0.1693
GDPPC	0.000663	0.000190	3.496916	0.0019
GDPPC(-1)	-0.000767	0.000307	-2.498264	0.0201
GDPPC(-2)	-0.000338	0.000251	-1.348657	0.1906
C	0.850111	0.187667	4.529887	0.0002

R-squared	0.976302	Mean dependent var	1.486601
Adjusted R-squared	0.960847	S.D. dependent var	0.189392

S.E. of regression	0.037475	Akaike info criterion	-3.437814
Sum squared resid	0.032301	Schwarz criterion	-2.755327
Log likelihood	83.03737	Hannan-Quinn criter.	-3.192944
F-statistic	63.16948	Durbin-Watson stat	2.119043
Prob(F-statistic)	0.000000		

*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started
U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من جدول رقم (٥) لنموذج Augmented ARDL يتضح أن النموذج ككل معنوي جداً، ومعامل التحديد ٠.٩٧٦٣٠٢ وهو ما يعني أن 97.6302% من التغيرات التي تحدث في البصمة البيئية للفرد FE ترجع إلى التغيرات التي تحدث في المتغيرات التفسيرية فى النموذج وهى (متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلى الإجمالي GDP_{PC}، واستهلاك الطاقة الأولية للفرد ENI، وطلبات تسجيل براءات الاختراع للمقيمين Etech، ونسبة الصادرات إلى الناتج المحلى الاجمالي EXP).

٥/ ٤- الاختبارات التشخيصية لنموذج Augmented ARDL :

تُجرى الاختبارات التشخيصية بعد تقدير النموذج لتقييم ما إذا كانت البواقي (الفرق بين القيم الفعلية والمتوقعة) تلتزم بافتراضات النموذج الخطي.

٥/ ٤/ ١- اختبار ثبات التباين:

يشير "ثبات التباين" إلى تقييم مدى اتساق النتائج في الاختبارات أو القياسات الإحصائية عند إعادة تطبيقها تحت ظروف متشابهة، مع التركيز على تحليل التباين في البيانات لتحديد مدى تأثير العوامل العشوائية أو الأخطاء على النتائج. يعتمد هذا المفهوم على فكرة أن التباين الكلي في البيانات ينقسم إلى جزأين، التباين الحقيقى (الناتج عن الاختلافات الفعلية بين الأفراد)، وتباين الخطأ (الناتج عن عوامل عشوائية مثل أخطاء القياس أو الظروف الخارجي).

جدول (6) : اختبار ثبات تباين البواقي Breusch-Pagan-Godfrey

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	0.598420	Prob. F(15,23)	0.8466
Obs*R-squared	10.94797	Prob. Chi-Square(15)	0.7563
Scaled explained SS	5.125990	Prob. Chi-Square(15)	0.9910

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started
U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الجدول السابق يتم قبول فرض العدم بوجود ثبات في تباين البواقي.

٥/٤/ ٢- اختبار الارتباط الذاتي:

جدول (٧) : اختبار الارتباط الذاتي:Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test

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

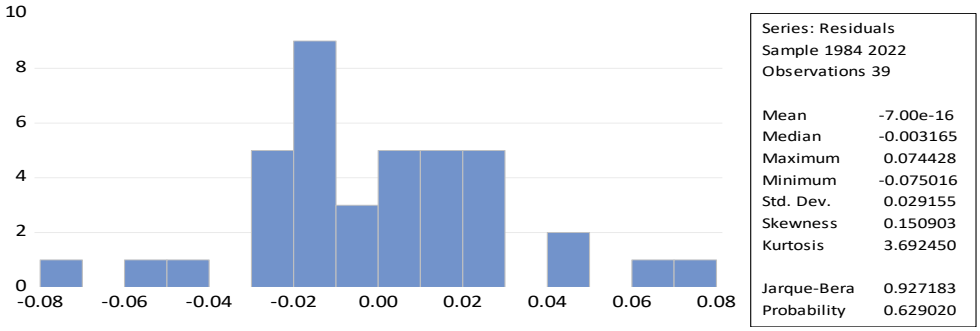
F-statistic	0.408742	Prob. F(1,22)	0.5292
Obs*R-squared	0.711372	Prob. Chi-Square(1)	0.3990

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى
https://data.albankaldawli.org/about/get-started
& U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الجدول السابق يتم قبول فرض العدم بعدم وجود ارتباط ذاتي في سلسلة البواقي

٥/٤/٣-اختبار الفروق تتبع توزيع طبيعي: HISTOGRAM-NORMALITY TEST:

شكل رقم (١٠) : اختبار الفروق تتبع توزيع طبيعي HISTOGRAM-NORMALITY TEST



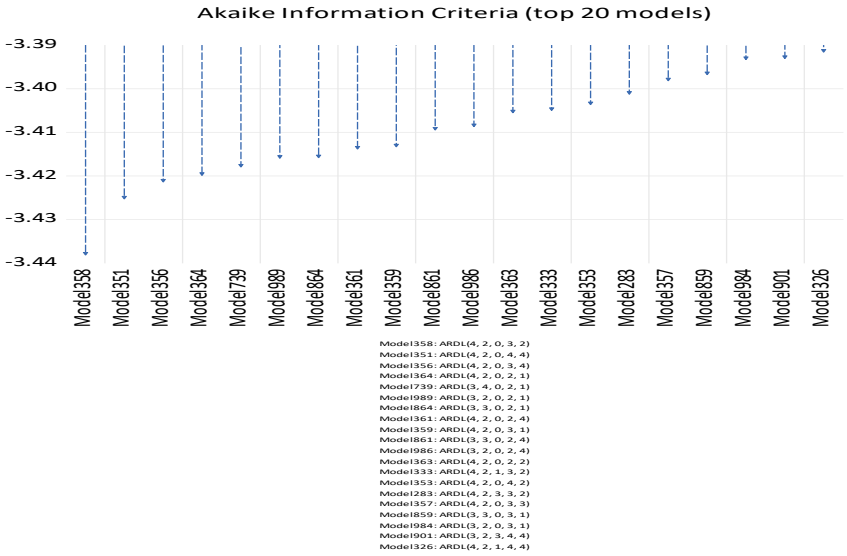
المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started
& U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الشكل وباستخدام اختبار Histogram–Normality Test نقبل فرض العدم بأن البواقي تتبع التوزيع الطبيعي.

مما سبق يتضح أن النموذج اجتاز الاختبارات التشخيصية وفق النظرية الإحصائية.

٥/٥- إختبار فترات الإبطاء المثلى:

شكل رقم (١١) : إختبار فترات الإبطاء المثلى



المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started & U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الشكل السابق فإن فترة الإبطاء المثلى للمتغيراتARDL هى (4, 2, 0, 3, 2)

٥/٦- اختبار الحدود المعزز Augmented ARDL Bound Test:

جدول رقم (٨): اختبار الحدود المعزز Overall F-Bounds Test

Null Hypothesis: No levels relationship Overall F-Bounds Test

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
			Asymptotic: n=1000	
F-statistic	8.497405	10%	2.45	3.52
K	4	5%	2.86	4.01
		2.5%	3.25	4.49
		1%	3.74	5.06
Actual Sample Size	39		Finite Sample: n=40	
		10%	2.66	3.838
		5%	3.202	4.544
		1%	4.428	6.25
			Finite Sample: n=35	
		10%	2.696	3.898
		5%	3.276	4.63
		1%	4.59	6.368

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started & U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

يوضح الجدول السابق أن قيمة F-statistic 8.497405 وهي أكبر من الحد الأعلى للقيم الجدولية بمستوى معنوية 5%، يتم رفض فرض العدم، وقبول الفرض البديل، بوجود تكامل مشترك، (أي توجد علاقة توازنية طويلة الاجل بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة).

٥/٧- تحديد نوع التكامل المشترك:

جدول رقم (٩) : اختبار الحدود المعزز t-Bounds Test

Null Hypothesis: No levels relationship t-Bounds Test

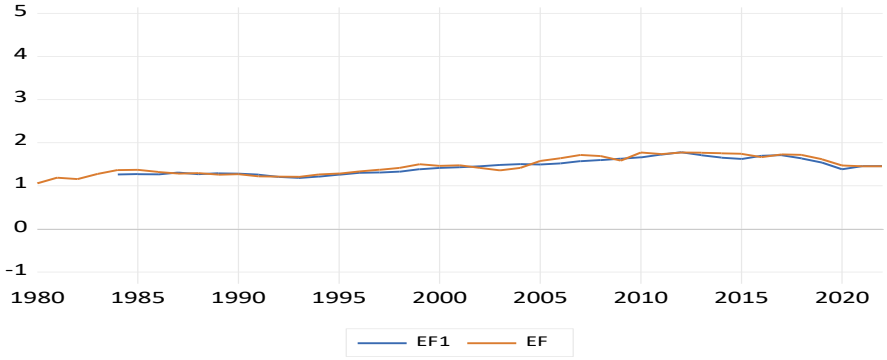
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-5.371027	10%	-2.57	-3.66
		5%	-2.86	-3.99
		2.5%	-3.13	-4.26
		1%	-3.43	-4.6

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started & U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الجدول السابق وحيث أن القيمة المطلقة T –statistic = 5.371027 وهي أكبر من الحد الأعلى للقيم الجدولية المطلقة بمستوى معنوية 5 %، لذا يتم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل بوجود تكامل مشترك، أي أن علاقة التكامل المشترك منطقية.

٥/ ٨- اختبار هل علاقة التكامل المشترك المنطقية عادية أم متدهورة:

شكل رقم (١٢) : اختبار هل علاقة التكامل المشترك المنطقية عادية أم متدهورة



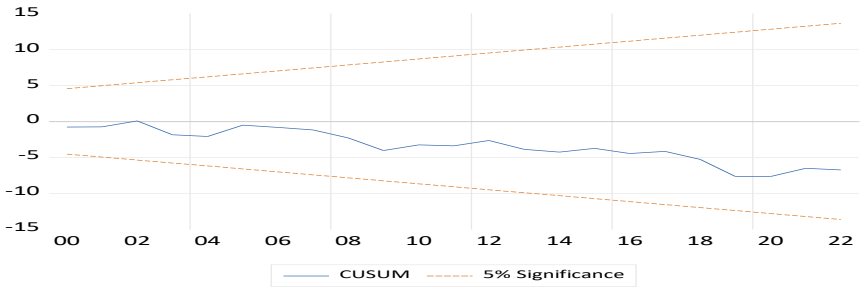
المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started & U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الشكل السابق يتضح أن علاقة التكامل المشترك المنطقية عادية (غير متدهورة).

٥/ ٩- اختبار الاستقرارية الهيكلية لمعلمات النموذج CUSUM Test:

يستخدم هذا الاختبار للتأكد من عدم وجود أى تغير هيكلى فى البيانات تؤدى إلى خطأ فى استقرار وانسجام معلمات النموذج قصيرة الأجل مع معلمات النموذج طويلة الأجل.

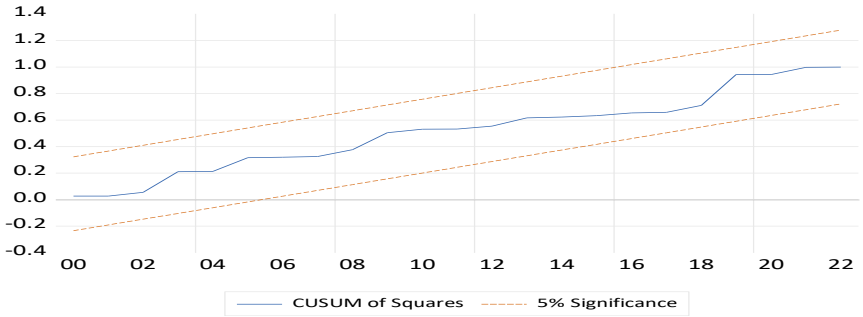
شكل رقم (١٣): اختبار الاستقرارية الهيكلية لمعلمات النموذج CUSUM Test



المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started & U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الشكل السابق نجد ان مسار البواقي المتراكم للتقدير المتتالي لمعالم النموذج تتوسط مسار الحدين (الخط الأحمر الأعلى والاسفل ولم يخرج عن نطاق الحدين (الأعلى والأسفل) وبالتالي هذه تعتبر دلالة ان معالم النموذج مستقرة وهي صفة جيدة ومرغوبة في النموذج، ويعني ذلك وجود استقرار هيكلي لمعلمات النموذج.

شكل رقم (١٤) : اختبار الاستقرارية الهيكلية لمعلمات النموذج اختبار CUSUM of Squares



المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started & U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الشكل السابق نلاحظ ان مسار القيم التراكمية لمربعات الأخطاء للتقدير المتتالي لمعالم النموذج تتوسط مسار الحدين الأعلي والاسفل ولم يخرج عن نطاق الحدين، وبالتالي هذه تعتبر دلالة أن معالم النموذج مستقرة وهي صفة جيدة ومرغوبة في النموذج، ويعني ذلك وجود استقرار هيكلي لمعلمات النموذج.

٥/ ١٠ – تقدير معلمات الأجل الطويل:

جدول رقم (١٥) : نموذج الأجل الطويل

Levels Equation

Case 2: Restricted Constant and No Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ENI	0.000193	1.19E-05	16.27303	0.0000
ETECH	8.98E-05	4.30E-05	2.089758	0.0479
EXP01	-0.002582	0.001225	-2.107186	0.0462
GDPPC	-0.000245	4.04E-05	-6.056262	0.0000
C	0.470225	0.031413	14.96888	0.0000

EC = EF - (0.0002*ENI + 0.0001*ETECH -0.0026*EXP01 -0.0002*GDPPC + 0.4702)

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started & U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

وعلى ذلك تكون معادلة النموذج المقدر على النحو التالى:

$$EF=0.0002\cdot ENI+0.0001\cdot ETECH-0.0026\cdot EXP-0.0002\cdot GDP_{PC}+0.4702$$

وتفسر هذه المعادلة العلاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع على النحو التالى:

- معامل استهلاك الطاقة الأولية للفرد (ENI) إيجابي وصغير جدًا (0.000193)، وذو دلالة عالية (P-Value= 0.0000)، ما يعنى أن زيادة استهلاك الطاقة الأولية للفرد (ENI) بوحدة واحدة (كيلوواط ساعة/شخص) تؤدي إلى زيادة البصمة البيئية للفرد (EF) بقيمة أقل من ٠.٠٠٠٢.
- معامل طلبات تسجيل براءات الاختراع (ETECH) موجب وصغير جدا أيضاً (0.0000898) وذو دلالة إحصائية (P-Value = 0.0479) . مايشير إلى تأثير إيجابي طفيف جدًا للابتكار التكنولوجي (ETECH) على البصمة البيئية للفرد (EF) .
- معامل صادرات السلع والخدمات كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي (EXP) سلبى (-0.002582) ودال إحصائيًا (P-Value = 0.0462) . أى أن زيادة نسبة الصادرات إلى الناتج المحلي الإجمالي (EXP) تقلل من البصمة البيئية للفرد (EF).
- معامل متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (GDP_{PC}) سلبي (-0.000245) ودال بقوة (P-Value = 0.0000) . ما يعنى أن زيادة متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (GDP_{PC}) بوحدة واحدة (دولار أمريكي بأسعار ٢٠١٠) تؤدي إلى تقليل البصمة البيئية للفرد (EF) بمقدار صغير جداً.
- C الثابت في المعادلة قيمته 0.470225 . ويشير إلى قيمة البصمة البيئية للفرد (EF) عندما تكون جميع المتغيرات المستقلة مساوية للصفر.
- تم أهمال عدد السكان (POP).

٥/ ١١- تقدير معلمات الأجل القصر ومعلمة تصحيح الخطأ:

نموذج **تصحيح الخطأ (ECM)** أو **Error Correction Model** يُستخدم بشكل رئيسي في تحليل البيانات الزمنية، وتحديدًا في سياق النماذج التي تشمل متغيرات مترابطة أو متكاملة. و يهدف إلى تصحيح أي انحرافات قصيرة الأجل من التوازن طويل الأجل بين المتغيرات المترابطة. ويستخدم نموذج ECM في التحليل الاقتصادي، المالي، والاقتصاد القياسي بشكل رئيسي لدراسة العلاقات بين المتغيرات الاقتصادية طويلة الأجل مع مراعاة التغيرات قصيرة الأجل التي يمكن أن تحدث نتيجة لتقلبات في العوامل المؤثرة.

جدول رقم (١٤) : نموذج تصحيح الخطأ ECM Regression

ARDL Error Correction Regression
Dependent Variable: D(EF)
Selected Model: ARDL(4, 2, 0, 3, 2)
Case 2: Restricted Constant and No Trend
Date: 01/26/25 Time: 20:28
Sample: 1980 2022
Included observations: 39

ECM Regression
Case 2: Restricted Constant and No Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(EF(-1))	0.780161	0.130522	5.977237	0.0000
D(EF(-2))	0.547805	0.127929	4.282117	0.0003
D(EF(-3))	0.228135	0.104074	2.192047	0.0388
D(ENI)	0.000108	2.54E-05	4.245720	0.0003
D(ENI(-1))	-0.000195	5.01E-05	-3.900634	0.0007
D(EXP01)	-0.002941	0.002278	-1.291187	0.2095
D(EXP01(-1))	-0.007875	0.002261	-3.482391	0.0020
D(EXP01(-2))	-0.004596	0.002611	-1.760253	0.0917
D(GDPPC)	0.000663	0.000141	4.688906	0.0001
D(GDPPC(-1))	0.000338	0.000194	1.747311	0.0939
CointEq(-1)*	-1.807882	0.247023	-7.318675	0.0000

R-squared	0.810573	Mean dependent var	0.004552
Adjusted R-squared	0.742921	S.D. dependent var	0.066988
S.E. of regression	0.033965	Akaike info criterion	-3.694224
Sum squared resid	0.032301	Schwarz criterion	-3.225015
Log likelihood	83.03737	Hannan-Quinn criter.	-3.525876
Durbin-Watson stat	2.119043		

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولى https://data.albankaldawli.org/about/get-started & U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

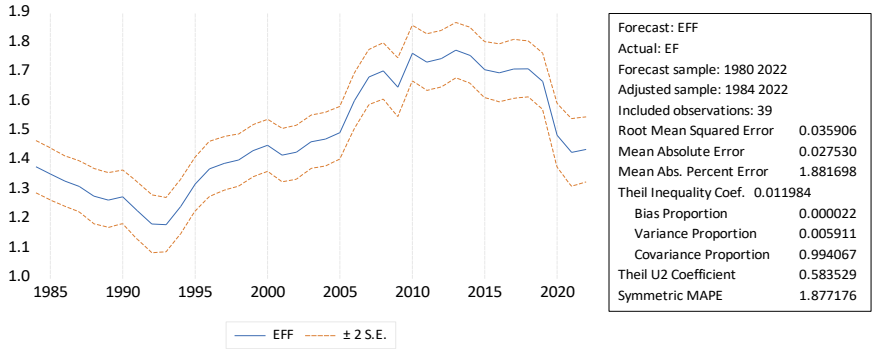
ويعكس النموذج أثر المتغيرات المستقل على المتغير التابع في الأجل القصير، ويتضح أن معامل تصحيح الخطأ بين النموذج قصير الأجل والنموذج طويل الأجل هو CointEq(-)1 وقيمته (1.807882-) وهي قيمة سالبة وجوهرية بمستوى معنويه يقترب من الصفر، وهو ما يتفق مع النظرية الاحصائية، وهو ما يعني أن التوازن في المدى القصير يؤدي إلى التوازن في المدى الطويل، كما يحدد تقدير سرعة تكيف أي اختلالات

في الأجل القصير للوصول إلى التوازن في الأجل الطويل بين تلك المتغيرات، وتمثل سرعة تكييف الاختلالات 180%، وهو ما يعني أنه يستغرق ما يقرب من 7 شهور تقريبا باتجاه قيمته التوازنية بعد حدوث أي صدمة في النظام (النموذج) وهى نتيجة منطقية.

١٢/٥- اختبار القدرة التنبؤية للنموذج:

اختبار القدرة التنبؤية للنموذج القياسي هو عملية تهدف إلى قياس مدى قدرة النموذج القياسي (أو النموذج الإحصائي) على التنبؤ بالقيم المستقبلية أو القيم غير المعروفة باستخدام بيانات جديدة لم يتم استخدامها في النموذج.

جدول رقم (١٥) : اختبار القدرة التنبؤية للنموذج



المصدر: مخرجات EVIEWS13 بالاعتماد على بيانات البنك الدولىhttps://data.albankaldawli.org/about/get-started_& U.S. Energy Information Administration. (٢٠٢٣).

من الجدول السابق وباستخدام اختبار معامل عدم التساوي لثايل يتضح ان قيمة معامل عدم التساوي لثايل تساوي (٠.٠١١٩٨٤) وهي قريبة من الصفر مما يشير الي المقدرة العالية للنموذج على التنبؤ.

١٣/٥- تحليل منطقية النتائج بناءً على النظرية الاقتصادية:

- **استهلاك الطاقة الأولية للفرد ENI:** نتيجة منطقية حيث زيادة استهلاك الطاقة الأولية للفرد تؤدي إلى زيادة البصمة البيئية للفرد (EF). خاصة إذا كانت الطاقة الأولية المستهلكة تعتمد على مصادر غير متجددة (مثل النفط والفحم)، فإن العلاقة الإيجابية تكون متوقعة تمامًا وفقاً للعديد من الابحاث. حيث أن استهلاك الطاقة يعكس مستوى النشاط الاقتصادي، فإذا لم يكن هناك سياسات حكومية للعمل على خفض الانبعاثات، فإن زيادة استهلاك الطاقة تعني زيادة البصمة البيئية. فاستهلاك الطاقة يرتبط بانبعاثات

الكربون والتأثير البيئي الناتج عن إنتاج واستخدام مصادر الطاقة، خاصة إذا كانت السياسات الاقتصادية تعتمد على الوقود التقليدى فى تحقيق أهداف التنمية. وهو ما تشير له العديد من الدراسات التى تؤكد على أن زيادة أستهلاك الموارد (ومنها الطاقة) ترفع من البصمة البيئية. وهو ما يتفق مع النتيجة فى مصر. حيث تعتمد خطط التنمية بشكل أساسى على استهلاك الوقود التقليدى فى توليد الطاقة والأنشطة الانتاجية المختلفة.

- **طلبات تسجيل براءات الاختراع (ETECH) النتيجة معقولة جزئيًا:** فالابتكار التكنولوجي عادة ما يُتوقع أن يقلل التأثير البيئي، لكن النتيجة هنا تشير إلى تأثير إيجابي طفيف جدًا على البصمة البيئية (EF) . فطبقاً للعديد من الأبحاث فإن الابتكارات التكنولوجية قد تزيد من الإنتاج والاستهلاك في المدى القصير، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الموارد والطاقة، وبالتالي زيادة البصمة البيئية. خاصة إذا كان الابتكار مركزًا في صناعات تستهلك طاقة أو تلوث البيئة (مثل الصناعات الثقيلة)، فقد يفسر هذا التأثير الإيجابي. فعلى الرغم من أن الابتكار التكنولوجى يُتوقع أن يقلل من البصمة البيئية في المدى الطويل، إلا أن هناك حالات يعتمد فيها التأثير على نوع الابتكار (صديق للبيئة أو غير ذلك). وحيث أن أن مصر دولة نامية فإن الابتكار التكنولوجي فيها يتوافق مع فرضية منحنى كوزنتس فى مراحل النمو الأولى. وتؤكد العديد من الدراسات على أنه إذا كانت الابتكارات التكنولوجية مرتبطة بصناعات ملوِّثة مثل الصناعات الثقيلة أو استخراج الموارد الطبيعية، فقد تؤدي إلى زيادة التأثير البيئي بدلًا من تقليله، أمثلة ذلك تطوير تقنيات تزيد الإنتاج الصناعي دون معالجة الآثار البيئية. كما أن تأخر أثر الابتكارات البيئية تحتاج وقتًا لتطبيقها على نطاق واسع، لذا قد يظهر الأثر الإيجابي بشكل محدود في الأجل القصير فى مصر.
- **الصادرات كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي EXP وهي نتيجة منطقية:** فزيادة نسبة الصادرات تقلل البصمة البيئية للفرد (EF) . ويفسر ذلك اقتصاديا بأن البلدان التي تعتمد على الصادرات، خاصة ذات الطبيعة غير الملوِّثة (مثل الخدمات أو الصناعات منخفضة الكربون)، قد تخفض من استهلاك الموارد محليًا، وزيادة الصادرات قد تعني زيادة الكفاءة الاقتصادية، مما يؤدي إلى تقليل الهدر والاستهلاك المحلي، وقد أكدت العديد من الأبحاث أن الدول التي تشجع التجارة الدولية قد تتحسن كفاءتها البيئية نتيجة التركيز على التخصص في الأنشطة ذات التأثير البيئي المنخفض. وفي مصر يفسر

ذلك بان التأثير الإيجابي للصادرات لاعتماد الصادرات المصرية على الخدمات بشكل كبير (مثل السياحة أو الخدمات التكنولوجية) أو الصناعات منخفضة الكربون، فقد تكون أقل تأثيرًا على البيئة. خاصة وأن أهم شريك تجارى لمصر وأهم وجهه للصادرات المصرية هو الاتحاد الاوربى والذى يضع معايير بيئية صارمة على وارداته من الدول الاخرى.

- **متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي GDP_{PC} هي نتيجة منطقية جدًا:** فزيادة متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي تقلل البصمة البيئية للفرد (EF). ويفسر ذلك اقتصاديا بأنه مع زيادة دخل الفرد، يمكن أن تتحسن كفاءة استخدام الموارد بسبب تزايد الوعي البيئي واستخدام التكنولوجيا الصديقة للبيئة. خاصة إذا كانت الدولة تميل إلى الاستثمار أكثر في الاستثمارات البيئية والتقنيات النظيفة، ويتفق ذلك مع فرضية "منحنى كوزنتس البيئي(Environmental Kuznets Curve) " فى الاجل الطويل الذي يشير إلى أن البصمة البيئية ترتفع في مراحل التنمية الاقتصادية المبكرة ثم تنخفض في مراحل النمو المتقدمة. وفي الحالة المصرية مع ارتفاع الدخل، تزداد رغبة الدولة والسكان في الحفاظ على البيئة واستخدام تقنيات أكثر كفاءة، للحفاظ على الصحة العامة وتمويل مشاريع الطاقة المتجددة والبنية التحتية الصديقة للبيئة، خاصة إذا كانت الدولة تعتمد أكثر على قطاع الخدمات، الذي يستهلك موارد أقل مقارنة بالصناعة والزراعة.
- **الثابت C : نتيجة منطقية:** الثابت يمثل التأثير الأساسي للبصمة البيئية عند غياب المتغيرات المستقلة. يعكس المستوى الأساسي للتأثير البيئي في النظام الاقتصادي المدروس.

سادساً: النتائج :

١. **العلاقة بين النمو الاقتصادي (متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي) والبصمة البيئية:** أظهرت النتائج انخفاضًا في البصمة البيئية مع زيادة متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مصر، ما يعكس تحسن الكفاءة في استخدام الموارد أو انتقال الاقتصاد نحو قطاعات أقل استهلاكًا للطاقة (كقطاع الخدمات). ويتعارض هذا

مع فرضية "منحنى كوزنتس البيئي" التقليدية، مما يشير إلى خصوصية الحالة المصرية كدولة نامية قد تعتمد على سياسات تنموية متوازنة مع البيئة.

٢. **تأثير الصادرات على البصمة البيئية:** ساهمت الصادرات في تقليل البصمة البيئية، ما يعنى توجه مصر لتصدير سلع أقل كثافة في استخدام الطاقة أو اعتماد معايير بيئية في الإنتاج التصديري. ويُفسر هذا وفقًا لنظرية "تأثير التنظيم البيئي" (Environmental Regulation Effect)، حيث تفرض الأسواق الدولية شروطًا بيئية مشجعة للإنتاج الأنظف. كما يعكس أهمية المعايير الموضوعة من قبل الشركاء التجاريين لمصر وعلى رأسهم الاتحاد الاوربى فى الأهتمام بالمعايير البيئية للصادرات المصرية.

٣. **دور التكنولوجيا والابتكار:** سجل الابتكار التكنولوجي (ممثلًا في عدد براءات الاختراع) تأثيرًا إيجابيًا طفيفًا على زيادة البصمة البيئية، وهو نتاج طبيعي لضعف الاستثمار في التكنولوجيا الخضراء وغلبة الابتكارات التقليدية المكثفة للطاقة. ويتوافق هذا مع نظريات "الفجوة التكنولوجية" في الدول النامية، حيث تُوجه التكنولوجيا نحو تعزيز الإنتاجية دون مراعاة الأبعاد البيئية.

٤. **استخدام الطاقة والضغط البيئي:** ارتبط استخدام الطاقة بزيادة ملموسة في البصمة البيئية، ما يعكس اعتماد مصر على مصادر الطاقة غير المتجددة (مثل الوقود الأحفوري)، وهو ما يتماشى مع نظرية "الاستنزاف البيئي" المرتبط بالنمو الصناعي التقليدي.

٥. **النمو السكاني وعدم الدلالة الإحصائية:** لم يظهر النمو السكاني تأثيرًا ذا دلالة إحصائية على البصمة البيئية، وهو ما قد يُعزى إلى تحسن كفاءة استهلاك الموارد أو ارتفاع معدلات التحضر الذي يقلل من الاستهلاك الفردي للموارد الطبيعية في المناطق الحضرية مقارنة بالريفية.

٦. **العلاقة التكاملية طويلة المدى:** أكد تحليل التكامل المشترك وجود علاقة توازنية طويلة المدى بين المتغيرات الاقتصادية (الناتج المحلي، الصادرات، التكنولوجيا) والبيئية، مما يدعم نظرية "الاستدامة الضعيفة"، التي تسمح بالتعويض بين رأس المال البشري والطبيعي.

٧. **مسؤولية المنتج والمستهلك:** تشير النتائج إلى أن متغيرات النموذج تعكس مسؤولية مزدوجة لكل من المنتج والمستهلك عن البصمة البيئية مصر. من خلال اعتماد المنتج على تكنولوجيا مكثفة للطاقة. وأنماط الاستهلاك المرتبطة بارتفاع الدخل.

سابعاً: التوصيات:

ينبغي لمصر تبني سياسات متكاملة تربط بين الامتثال للمعايير الدولية (خاصةً مع الاتحاد الأوروبي) وتحفيز التحول الداخلي نحو الاقتصاد الأخضر، مع التركيز على القطاعات الأكثر عرضةً للعقوبات الكربونية. وتحقيق هذه الأهداف يتطلب تعزيز التعاون الثنائي والإقليمي، وضمان تمويل مستدام من خلال آليات منها.

١. **تعزيز الوعي البيئي وبناء القدرات:** من خلال تصميم برامج توعية تستهدف المنتجين والمستهلكين حول مبادئ الاقتصاد الدائري، والاستهلاك المستدام، وآثار البصمة البيئية، مع الاستفادة من وسائل الإعلام الرقمية والتقليدية. وإدراج مفاهيم الاستدامة في المناهج التعليمية (من المدرسة إلى الجامعة). وتدريب القطاعات الصناعية، عن طريق ورش عمل لقطاعات الصادرات (الحديد، الأسمدة، الأسمنت) حول متطلبات (تنظيم الكربون الحدودي الأوروبي (CBAM) ، وتقنيات خفض الانبعاثات.

٢. **تحفيز التكنولوجيا الخضراء والابتكار:** من خلال منح الحوافز مالية وقانونية، والإعفاءات الضريبية للشركات التي تستثمر في التكنولوجيا الخضراء أو تحصل على شهادات بيئية (مثل ISO 14001). وتمويل مشاريع الابتكار الأخضر عبر صندوق سيادي مخصص، بدعم من شركاء دوليين (الاتحاد الأوروبي، البنك الدولي). وأنشاء شراكات تكنولوجية، والتعاون مع دول الاتحاد الأوروبي لنقل التكنولوجيا النظيفة في القطاعات المستهدفة بـ CBAM (مثل تقنيات احتجاز الكربون في صناعة الأسمنت).

٣. **انهاج سياسات دمج البعد البيئي في التجارة والاستثمار:** من خلال وضع معايير إلزامية للصادرات، وفرض شروط بيئية على الصادرات المصرية لتتوافق مع معايير السوق الأوروبية، مثل استخدام نسبة محددة من الطاقة المتجددة في الإنتاج. وإنشاء "علامة بيئية مصرية" (Eco-Label) للمنتجات الصديقة للبيئة لتعزيز تنافسيتها دوليًا. والعمل

على جذب استثمارات خضراء، وتخصيص مناطق صناعية خضراء (مثل منطقة قناة السويس) مزودة ببنية تحتية مستدامة (طاقة شمسية، إدارة مخلفات).

٤. **تفعيل مبدأ "الملوث يدفع" وتشريعات الكربون:** من خلال فرض ضريبة كربون محلية، وفرض ضريبة تدريجية على الانبعاثات في القطاعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، مع إعادة توجيه الإيرادات لدعم مشاريع الطاقة المتجددة. وتطبيق نظام تداول الانبعاثات (ETS) محدود (خاص بالقطاعات الصناعية) تمهيدًا لربطه بالنظام الأوروبي بحلول ٢٠٢٦.

٥. **تعزيز الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ ٢٠٢٢:** حيث يتم وضع أهداف قابلة للقياس، كتحديد أهداف سنوية لخفض الانبعاثات في القطاعات المستهدفة (الصناعة، النقل، الزراعة) مع نشر تقارير متابعة علنية. ودعم الاقتصاد الدائري في الزراعة وتحويل النفايات الزراعية إلى طاقة حيوية، وتشجيع الزراعة الذكية مناخيًا لتقليل استهلاك المياه.

٦. **التكيف مع الآليات الدولية والعقوبات الحدودية:** من خلال التأهيل لمواجهة **آلية ضبط الكربون على الحدود Carbon Border Adjustment Mechanism)** (CBAM بإنشاء منصة إلكترونية لتتبع البصمة الكربونية للصادرات المصرية إلى الاتحاد الأوروبي، بالتعاون مع الجهات الأوروبية. والتفاوض للانضمام إلى تحالفات دولية مثل "نادي المناخ" التابع لمجموعة السبع لدعم التمويل والتكنولوجيا الخضراء.

٧. **تعزيز القدرة البيولوجية ومواجهة التحديات المناخية:** بانشاء مشاريع إعادة التأهيل البيئي، وإطلاق مبادرة لزراعة الأشجار في المناطق الحضرية وحماية المناطق الساحلية (مثل دلتا النيل) من التآكل. وتفعيل أليات عمل إدارة الموارد المائية، وتطبيق تقنيات الري الذكي في الزراعة، ومعالجة مياه الصرف الصحي لإعادة استخدامها في الصناعة.

٨. سد الفجوات البحثية والسياسية والعمل على بناء قاعدة بيانات بيئية، و تطوير نظام إحصائي وطني لجمع بيانات عن التكنولوجيا الخضراء، والطاقة المتجددة، وانبعاثات الكربون، بدعم من منظمات دولية (مثل الأمم المتحدة). وإجراء دراسات قطاعية متخصصة، وتحليل تأثير سلاسل القيمة العالمية على البصمة البيئية للصادرات المصرية، ووضع سياسات مبنية على الأدلة.

ثامنا: قائمة المراجع:

المراجع العربية

١. إبراهيم، داليا م. "هل تؤدي الابتكارات التكنولوجية والتطوير المالي إلى تحسين جودة البيئة في مصر؟". مجلة العلوم البيئية وبحوث التلوث ٢٧.١٠ (٢٠٢٠): ١٠٨٦٩-١٠٨٨١.

٢. الدين، إلهام شمس، وهاني أبو العلا. "دراسة اقتصادية لتأثير قيمة الإنتاج الزراعي في مصر على الناتج المحلي الإجمالي". المجلة الدولية لبحوث العلوم الحياتية والزراعة ٢.١٠ (٢٠٢٣): ٣٦٦-٣٧٤.

٣. داليا، م.، إبراهيم، شيماء، أ.، حنفي. الروابط الديناميكية بين البصمات البيئية واستهلاك الطاقة من الوقود الأحفوري والعولمة: تحليل تجريبي. إدارة جودة البيئة: مجلة دولية، doi: 10.1108/MEQ-02-2020-0029

٤. سرحان، علاء. "تدهور الأراضي وإدارة النفايات في مصر: تقييم اقتصادي للأضرار". مجلة العلوم البيئية ٥١.٦ (٢٠٢٢): ٤٣١-٤٥٢.

٥. شريفة، فؤاد، شريف، علياء، عبد الحميد، عارف. إدارة التدهور البيئي: تحليل للحوكمة البيئية وأثرها في مصر. بحوث السياسات العامة والإدارة. (٢٠١٥).

٦. عبده، شيرين علي حسين علي. "من الإنتاج الأنظف إلى الميزة التنافسية الخضراء: أدلة من مصر". قضايا ريادة الأعمال والاستدامة ١١.١ (٢٠٢٣): ٨١.

٧. عبد العال، حسين سعيد. دراسة تحليلية للعوامل الرئيسية المؤثرة على الاستدامة البيئية في الزراعة في مصر. مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الاجتماعية,(٢٠٢٢) , ١٣ (٣)، ٦٥-٦٨.

٨. عزالدين، إسراء محمد، وآخرون. "التحول نحو أنظمة البنية التحتية الخضراء المستدامة في القرى المصرية (دراسة حالة قرى الفيوم)." مجلة علوم الهندسة ٥٢.٦ (٢٠٢٤): ٦٤١-٦٨١.

٩. علاء، أحمد، سرحان. التكاليف الاقتصادية للتدهور البيئي للهواء والماء في مصر. مجلة العلوم البيئية (مطبوعة)، ٥١(٣):١٣٤-١٥١ . doi: 10.21608/jes.2022.269808

١٠. كاراسوي، ألبر. "كيف يؤثر استهلاك مصادر الطاقة البديلة وتدفقات التحويلات على البصمة البيئية لمصر؟ Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi " 15.1 (2022): 8-28.

١١. مزمل، حسين، عمران. (٢٠٢٤). التدهور البيئي. ١٤-٢٧ :doi . 10.2174/978981527482012401000 3

١٢. مروة، أنا، فهمي، منى، غريب. دراسة ارتباط استهلاك الطاقة المتجددة في مصر بمؤشرات اقتصادية وبيئية محددة. المجلة العربية للإدارة, ٠(٠):٠-٠ :doi . 10.21608/aja.2022.142570.1265

المراجع الاجنبية:

1. **AbdelKarim, Mohamed.** "Opening keynote address from the 2023 AFAM Conference: Sustainability and Green Management." *Africa Journal of Management* 9.3 (2023): 223-226.
2. **Aguirre, M. and Ibikunle, G.** "Determinants of renewable energy growth: A global sample analysis." *Energy Policy* 69 (2014): 374-384.
3. **Ahmed, Z., Asghar, M.M., Malik, M.N., Nawaz, K.** "Moving towards a sustainable environment: the dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China." *Resources Policy* 67 (2020): 101677.
4. **Albrbry, Hend Morsy**. "Economic Development Indicators and Their Impact on the Environmental Footprint in Arab Countries An Econometric Study of 13 Arab Nations." *مجلة السياسة والاقتصاد* 26.25 (2025): 565-611
5. **Apergis, N., Eleftheriou, S., Payne, J.E.** "The relationship between international financial reporting standards, carbon emissions, and R&D expenditures: Evidence from European manufacturing firms." *Ecological Economics* 88 (2013): 57-66.
6. **Apergis, N., Payne, J. E.** "Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model." *Energy Economics* 34.3 (2012): 733-738.

7. **Arrow, K.J.** "The economic implications of learning by doing." *The Review of Economic Studies* 29 (1962): 155-73.
8. **Avrupa Komisyonu** (2021). https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3661; 20.12.2023.
9. **Baÿoÿlu, A. (2018).** Ecological footprint in Turkey within the scope of STIRPAT model, (Ed: Erdem, HF and determinants. Selected Articles on EconomicsBaÿoÿlu, A.), 133-155
10. **Bongaarts, J.** "Population growth and global warming." *Population and Development Review* 18 (1992): 299-319.
11. **Brown, R. L., Durbin, J., Evans, J. M.** "Techniques for testing the constancy of regression relationships over time." *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 37.2 (1975): 149–192.
12. **Chu, L.K.** "Determinants of ecological footprint in OECD countries: do environmental-related technologies reduce environmental degradation?" *Environmental Science and Pollution Research* 29 (2022): 23779–23793. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17261-4
13. **Commoner, B.** "Economic growth and ecology—a biologist's view." *Monthly Labor Review* 94.11 (1971): 3-13.
14. **Danish, Ulucak, R., Khan, S.U.** "Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization." *Sustainable Cities and Society* 54 (2020): 101996.
15. **Destek, M.A., Ulucak, R., Dogan, E.** "Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: the role of ecological footprint." *Environmental Science and Pollution Research* 25 (2018): 29387–29396.
16. **Dietz, T., Rosa, E.A.** "Effects of population and affluence on CO2 emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 94 (1997): 175-179.
17. **Dietz, T., Rosa, E.A.** "Rethinking the environmental impacts of population, affluence and technology." *Human Ecology Review* 1.2 (1994): 277-300.
18. **Dogan, E., Ulucak, R., Kocak, E., Isik, C.** "The use of ecological footprint in estimating the Environmental Kuznets Curve hypothesis for BRICST by considering cross-section

dependence and heterogeneity." *Science of The Total Environment* 723 (2020): 138063.

19. **Ehrlich, P.R., Holdren, J.P.** "Impact of population growth." *Science* 171 (1971): 1212–1217.
20. **Engle, R.F., Granger, C. W.** "Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing." *Econometrica* 55.2 (1987): 251-276.
21. **Enongene, K., Awazi, N. P., Avana-Tientcheu, M. L., Alemagi, D., Abanda, F. H., Nfornkah, B. N., & Fobissie, K. (2024). Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Mitigation in Cameroon: Realities and Perspectives. In Handbook of Nature-Based Solutions to Mitigation and Adaptation to Climate Change (pp. 1-44). Cham: Springer International Publishing**
22. **"Exporting and environmental performance: where you export matters."** (2022). doi: 10.18235/0003922.
23. **G7 Germany** (2022). *G7 Statement on Climate Club*. https://www.g7germany.de/resource/blob/974430/2057926/2a7cd9f10213a481924492942dd660a1/2022-06-28-g7-climate-club-data.pdf; 20.12.2023.
24. **Global Footprint Network** (2023). https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.25606709.925223553.1651752002-1174839785.1620499561#/abouttheData; (08.08.2023).
25. **Grossman, G., Krueger, A.B.** "Environmental impacts of a North-American free trade agreement." *NBER Working Paper* 3914 (1991).
26. **Gujarati, D.N., Porter, D.C.** *Temel Ekonometri* (Çev: Ü. Şenesen, G.G. Şenesen). Literatür Yayıncılık, İstanbul (2012).
27. **Gupta, S., Saini, M., Sahoo, M.** "Determinants of ecological footprint and PM2.5: Role of urbanization, natural resources and technological innovation." *Environmental Challenges* 7 (2022): 100467.
28. **Hassan, S.T., Batool, B., Wang, P., Zhu, B., Sadiq, M.** "Impact of economic complexity index, globalization, and nuclear energy consumption on ecological footprint: First insights in OECD context." *Energy* 263(A) (2023): 125628..
29. **Holdren, J.P., Ehrlich, P.R.** "Human population and global environment." *American Scientist* 62 (1974): 282-292.

30. **Hotak, S., Islami, M., Kakinaka, M., Kotani, K.** "Carbon emissions and carbon trade balances: International evidence from panel ARDL analysis." *Environmental Science and Pollution Research* 27 (2020): 24115-24128.

31. **Huang, Y., Hasee, M., Usman, M., Ozturk, İ.** "Dynamic association between ICT, renewable energy, economic complexity and ecological footprint: Is there any difference between E-7 (developing) and G-7 (developed) countries?" *Technology in Society* 68 (2022): 101853.

32. **IPCC** (2023). https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf; (04.09.2023).

33. **Javed, A., Rapposelli, A., Khan, F., Javed, A.** "The impact of green technology innovation, environmental taxes, and renewable energy consumption on ecological footprint in Italy: Fresh evidence from novel dynamic ARDL simulations." *Technological Forecasting and Social Change* 191 (2023): 122534.

34. **Johansen, S.** "Statistical analysis of cointegration vectors." *Journal of Economic Dynamics and Control* 12.2-3 (1988): 231-254.

35. **Johansen, S., Juselius, K.** "Maximum likelihood estimation and inference on cointegration—with applications to the demand for money." *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 52.2 (1990): 169-210.

36. **Kassouri, Y., Altıntaş, H.** "Human well-being versus ecological footprint in MENA countries: A trade-off?" *Journal of Environmental Management* 263 (2020): 110405.

37. **Kirikkaleli, D., Sofuoğlu, E., Ojekemi, O.** "Does patents on environmental technologies matter for the ecological footprint in the USA? Evidence from the novel Fourier ARDL approach." *Geoscience Frontiers* 14.4 (2023): 10156.

38. **Kremers, J.J., Ericsson, N. R., Dolado, J.J.** "The power of cointegration tests." *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 54.3 (1992): 325-348.

39. **Liddle, B.** "Demographic dynamics and per capita environmental impact: Using panel regressions and household decompositions

to examine population and transport." *Population and Environment* 26.1 (2004): 23-39..

40. **Liu, Y.** "Exploring the relationship between urbanization and energy consumption in China using ARDL (autoregressive distributed lag) and FDM (factor decomposition model)." *Energy* 34.11 (2009): 1846-1854.
41. **Ma, Cankun, and Md Qamruzzaman.** "An asymmetric nexus between urbanization and technological innovation and environmental sustainability in Ethiopia and Egypt: what is the role of renewable energy?" *Sustainability* 14.13 (2022): 7639.
42. **Ma, H., Liu, Y., Li, Z, Wangn, Q.** "Influencing factors and multi-scenario prediction of China's ecological footprint based on the STIRPAT model." *Ecological Informatics* 69 (2022): 101664.
43. **Mankiw, N.G., Romer, D., Weil, D.N.** "A contribution to the empirics of economic growth." *Quarterly Journal of Economics* 107 (1992): 407-37.
44. **Marques, A. C., Fuinhas, J. A.** "Is renewable energy effective in promoting growth?" *Energy Policy* 46 (2012): 434-442.
45. **Moslen, M., & Miebaka, C. A. "***Population Growth and Environmental Pollution in the Global South*"**.** (2024). 127–152. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1658-6_4
46. **Nathaniel, S., Khan, S.A.R.** "The nexus between urbanization, renewable energy, trade, and ecological footprint in ASEAN countries." *Journal of Cleaner Production* 272 (2020): 122709.
47. **Ngangnchi, F. H., Aquilas, N. A., & Mbella, M. E.** "Natural resource use, industrialization and climate change in Africa: blueprints for sustainable regional development". *Research in Globalization* (2024): *9*, 100245
48. **Nordhaus, W.D.** "Climate Clubs: Overcoming Free-riding in International Climate Policy." *American Economic Review* 105.4 (2015): 1339–1370.
49. **Nordhaus, W.D.** "İklim Kumarı-Isınan Dünyada Risk, Belirsizlik ve İktisat." Doğan Kitap Yayınevi (2020).
50. **Nordhaus, W.D.** "An optimal transition path for controlling greenhouse gases." *Science* 258 (1992): 1315–1319.
51. **Nordhaus, W.D.** "Resource as a constraint on growth." *The American Economic Review* 64.2 (1974): 22-26.

52. **Oluç, İ.** "İnsani kalkınma ile karbonsuz ekolojik ayak izi ilişkisi: Sürdürülebilir kalkınmaya farklı bir bakış açısı." *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 41.2 (2023): 271-293.

53. **Parikh J., Shukla, V.** "Urbanization, energy use and greenhouse effects in economic development: results from a cross-national study of developing countries." *Global Environmental Change* 5.2 (1995): 87-103.

54. **Payne, J. E.** "The causal dynamics between us renewable energy consumption, output, emissions, and oil prices." *Energy Sources Part B* 7 (2012): 323-330.

55. **Rebelo, S.** "Long-run policy analysis and long-run growth." *Journal of Political Economy* 99 (1991): 500–521.

56. **Romer, P.M.** "Endogenous technological change." *Journal of Political Economy* 98.5 (1990): 71-102.

57. **Romer, P.M.** "Increasing returns and long-run growth." *The Journal of Political Economy* 94 (1986): 1002-37.

58. **Sachs, J.** *Sürdürülebilir Kalkınma Çağı*. Yeditepe Üniversitesi Yayınları (2019).

59. **Sadorsky, P.** "Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies." *Energy Policy* 37.10 (2009): 4021-4028.

60. **Salim, R., Rafiq, S., Shafiei, S., Yao, Y.** "Does urbanization increase pollutant emission and energy intensity? Evidence from some Asian developing economies." *Applied Economics* 51.1 (2019): 1-17.

61. **Salim, R.A., Rafiq, S.** "Why do some emerging economies proactively accelerate the adoption of renewable energy?" *Energy Economics* 34 (2012): 1051-1057.

62. **Salim, R.A., Shafiei, S.** "Urbanization and renewable and nonrenewable energy consumption in OECD countries: An empirical analysis." *Economic Modelling* 38 (2014): 581-591.

63. **Shafiei, S., Salim, R.A.** "Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: A comparative analysis." *Energy Policy* 66 (2014): 547-556.

64. **Shahbaz, M., Loganathan, N., Muzaffar, A.T., Ahmed, K., Jabran, M.A.** "How urbanization affects CO2 emissions in

Malaysia? The application of STIRPAT model." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57C (2016): 83-93.

65. **Shandra, J.M., London, B., Whooley, O.P., Williamson, J.B.** "International nongovernmental organizations and carbon dioxide emissions in the developing world: A quantitative, cross-national analysis." *Sociological Inquiry* 74.4 (2004): 520-545.
66. **Shen, L., Cheng, S., Gunson, A.J., Wan, H.** "Urbanization, sustainability and the utilization of energy and mineral resources in China." *Cities* 22.4 (2005): 287-302.
67. **Shi, A.** "The impact of population pressure on global carbon dioxide emissions, 1975–1996: evidence from pooled cross-country data." *Ecological Economics* 44.1 (2003): 29-42.
68. **Solarin S.A., Nathaniel S.P., Bekun F.V., Okunola A.M., Alhassan A.** "Towards achieving environmental sustainability: environmental quality versus economic growth in a developing economy on ecological footprint via dynamic simulations of ARDL." *Environmental Science and Pollution Research* 28.14 (2021): 17942-17959. doi: 10.1007/s11356-020-11637-8.
69. **Solow, R.** "A contribution to the theory of economic growth." *Quarterly Journal of Economics* 70 (1956): 65–94.
70. **Stern, P.C., Young, O.R., Druckman, D. (Eds.)** *Global environmental change: Understanding the human dimensions*. National Academy Press, Washington, D.C. (1992).
71. **Swan, R.** "Economic growth and capital accumulation." *Economic Record* 32 (1956): 334-61.
72. **Usman, A., Öztürk, İ., Naqvi, S.M., Zafar, S.M., Javed, M.I.** "Green versus conventional growth in the EKC framework of top pollutant footprint countries: Evidence based on advanced panel data techniques." *Geological Journal* (2023). https://doi.org/10.1002/gj.4822
73. **Usman, A., Öztürk, İ., Naqvi, S.M., Zafar, S.M., Javed, M.I.** "Revealing the nexus between nuclear energy and ecological footprint in STIRPAT model of advanced economies: Fresh evidence from novel CS-ARDL model." *Progress in Nuclear Energy* 148 (2022): 104220.
74. **Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A.C., Falfán, I.S.L., García, J.M., Guerrero, A.I.S., Guerrero,**

M.G.S. "National natural capital accounting with the ecological footprint concept." *Ecological Economics* 29.3 (1999): 375-390.

75. **Wackernagel, M., Rees, W.E.** *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers (1996).
76. **Wang, Q., Yang, T., Li, R.** "Economic complexity and ecological footprint: The role of energy structure, industrial structure, and labor force." *Journal of Cleaner Production* 412 (2023): 137389.
77. **Wang, X.G.** "Determinants of ecological and carbon footprints to assess the framework of environmental sustainability in BRICS countries: A panel ARDL and causality estimation model." *Environmental Research* 197 (2021): 111111.
78. **Xu, C., Zha, W., Zhang, M., Cheng, B.** "Pollution haven or halo? The role of the energy transition in the impact of FDI on SO2 emissions." *Science of The Total Environment* 763 (2021): 143002.
79. **York, R.** "Demographic trends and energy consumption in European Union nations, 1960–2025." *Social Science Research* 36.3 (2007): 855-872.
80. **York, R., Rosa, E. A., Dietz, T.** "Footprints on the earth: The environmental consequences of modernity." *American Sociological Review* 68.2 (2003a): 279–300. https://doi.org/10.2307/1519769
81. **York, R., Rosa, E.A., Dietz, T.** "STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts." *Ecological Economics* 46 (2003b): 351-365.