الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي
كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير
قسم العلوم الاقتصادية

اطروحة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة الدكتوراه، الطور الثالث

ميدان العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير

شعبة: العلوم الاقتصادية

التخصص: اقتصاد كمي

بعنـــــــوان

أثر استخدام الطاقات المتجددة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة

دراسة قياسية لمجموعة من الدول

إعداد الطالب: سمير عويني

المشرف الدكتورة: حنان بقاط

المشرف المساعد: الدكتورة زكية محلوس

نوقشت بتاريخ 11 ماي 2024 امام لجنة المناقشة المكونة من السادة

حميداتو محمد الناصر	أستاذ	جامعة الوادي	رئيسا
بقاط حنان	أستاذ	جامعة الوادي	مشرفا ومقررا
محلوس زكية	أستاذ محاضر –أ–	جامعة الوادي	مقررا ثانيا
ريمي رياض	أستاذ	جامعة الوادي	ممتحنا
عبد اللاوي عقبة	أستاذ	جامعة الوادي	ممتحنا
بن الحبيب طه	أستاذ	جامعة ورقلة	ممتحنا
قريشي محمد	أستاذ	جامعة بسكرة	ممتحنا

السنة الجامعية 2023-2024

الإهـــداء

إلى من أورثني الطموح وزرع بقلبي حب العلم...فخري واعتزازي...والدي العزيز

إلى رمز العطاء...نور حياتي... والدتي الغالية

إلى أحبتي...أخوتي وأخواتي

إلى من كانت دوما بجانبي بتشجيعها ودعمها لي...زوجتي الغالية

الى قرة عيني طه ونور

إلى عائلتي الثانية اهل زوجتي الكرام

الى كل الأهل والأصدقاء

اليكم جميعا أهدي هذا العمل

سـمير

شكر

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات وله الشكر على ما أعطى فهو المعطي والموفق والمسهل لما فيه الخير في الدنيا

والآخرة والصلاة والسلام على سيدنا وحبيبنا محمد صل الله عليه وسلم وعلى أله وصحبة

ومن اتبع هداه الى يوم الدين

أحمد وأشكر الله الواحد الأحد الذي انعم علي بنعمة الإسلام ونعمة العلم والعقل، وأمدني بالعزيمة والإرادة لإتمام

هذا العمل

أتوجه بالشكر الجزيل إلى:

الدكتورة المشرفة **حنان بقاط** والمشرفة المساعدة الدكتورة **زكية محلوس** اللذان تفضلا بالإشراف على بحثي هذا، وعلى

نصائحهما وتوجيهاتهما القيمة التي أفادوني بها، كما أحيي فيهما روح التواضع والمعاملة الطيبة

فجزاهما الله عني كل الخير

الأساتذة أعضاء فريق التكوين الذين رافقوني بنصائحهم القيمة خلال سنوات التكوين

الأساتذة أعضاء اللجنة الموقرة الذين وافقوا على مناقشة هذه المذكرة

والداي وزوجتي على مساعدته ودعمه المستمر

اخي موسى وهشام على مساعدتهم وتشجيعهم المستمر

كل من تعلمت على أيديهم طوال مسار الدراسة

سمير

الملخص

الملخص

الملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تقدير تأثير استخدام مصادر الطاقة المتجددة على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة في تسع وعشرين دولة صناعية موزعة عبر مختلف قارات العالم، خلال الفترة من 1990 إلى 2021. تم تحليل هذا التأثير بالاعتماد على حصص استهلاك الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة الكهرومائية، وطاقة الوقود الحيوي بالإضافة إلى الاستهلاك الكلي للطاقة من مصادر متجددة على البصمة الكربونية والبصمة البيئية. باستخدام تقنيات الجيل الثاني لتقدير البانل مع الأخذ في الاعتبار وجود أدلة على التبعية المقطعية وعدم تجانس المنحدرات، تم استخدام اختبارات جذر الوحدة CADF و CIPS لقياس ثبات المتغيرات وللتحقق من وجود علاقة توازن طويلة الأمد بين المتغيرات تم استخدام اختبار Westerlund للتكامل المشترك

وفقًا للنتائج التي تم الوصول إليها من خلال تحليل تقديرات نموذج الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS-ARDL) على البصمة الكربونية وتقديرات نموذج الانحدار الكمي (MMQR) على البصمة البيئية، تبين أن هناك تأثيرًا سلبيًا لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة على الانبعاثات الكربونية والبصمة البيئية. وفقا لنتائج اختبار السببية للبانل غير المتجانسة حسب Dumitrescu & Hurlin (2012) أظهرت النتائج وجود علاقة سببية أحادية الاتجاه تنطلق من استهلاك طاقة الوقود الحيوي نحو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فيما أظهرت مختلف مصادر الطاقة المتجددة الأخرى علاقة سببية ثنائية الاتجاه مع البصمة الكربونية والبصمة البيئية

الكلمات المفتاحية: طاقات متجددة، تنمية مستدامة، بصمة بيئية، ثاني أكسيد الكربون، الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز، انحدار كمي.

تصنيف JEL : C51 ; C32 ; Q56 ; O13; Q01 ; Q42

Abstract:

The study aims to estimate the impact of renewable energy use on the environmental dimensions of sustainable development in twenty-nine industrial countries across different continents during the period from 1990 to 2021. This impact was analyzed based on the shares of solar energy, wind energy, hydroelectric power, and biofuel energy consumption, in addition to the total renewable energy consumption, on the carbon footprint and environmental footprint using second-generation panel estimation techniques, considering evidence of cross-sectional dependence and slope heterogeneity. CADF and CIPS unit root tests were used to measure variable stationarity, and the Westerlund cointegration test was used to verify the long-term equilibrium relationship between variables.

According to the results obtained through the analysis of the Cross-Sectionally Augmented Autoregressive Distributed Lag (CS-ARDL) model estimates on the carbon footprint and the Method of Moments Quantile Regression (MMQR) model estimates on the environmental footprint, it was found that there is a negative impact of renewable energy use on carbon emissions and the environmental footprint. According to the results of the heterogeneous panel causality test by Dumitrescu and Hurlin (2012), the results showed a unidirectional causal relationship from biofuel energy consumption to carbon dioxide emissions, while other renewable energy sources showed a bidirectional causal relationship with the carbon footprint and environmental footprint.**Keywords**: Renewable Energies, Sustainable Development, Environmental Footprint, Carbon Dioxide,CS-ARDL, MMQR.

Jel Classification Codes Q42 ; Q01; O13 ;Q56 ; C32 ; C51

فهرس المحتويات

فهرس المحتويات	الصفحة
الاهداء	
الشكر	
الملخص	
فهرس المحتويات	
قائمة الجداول	
قائمة الأشكال	
قائمة الرموز والاختصارات	
قائمة الملاحق	
المقدمة	أ–هـ
الفصل الأول **أدبيات نظرية حول الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة**	
تمهيد الفصل الأول	2
أولا: الادبيات النظرية حول الطاقة المتجددة	3
1.مفهوم الطاقات المتجددة	3
2.أهمية الطاقات المتجددة	4
1.2. من الناحية الاقتصادية	5
2.2. من الناحية البيئية	5
3.2. من الناحية الاجتماعية	7
3.الاتجاه العالمي للطاقة المتجددة	8
4.السيناريو الحالي للطاقة المتجددة في قطاع الطاقة على المستوى العالمي	13
1.4. طاقة الرياح	13
2.4. طاقة شمسية	15
3.4. الطاقة الكهرومائية	16
4.4 الطاقة الحيوية	17
5.4. الطاقة الحرارية الأرضية	19
6.4 طاقة المحيطات	20
ثانيا: الإطار المفاهيمي للتنمية المستدامة	23
1.مفهوم التنمية المستدامة	23
1.1. تعريف النمو الاقتصادي	23
2.1. تعريف التنمية الاقتصادية	24

3.1. التنمية المستدامة	25
1.3.1. مراحل تطور مفهوم التنمية المستدامة	25
2.3.1. تعريف التنمية المستدامة	26
2.خصائص التنمية المستدامة	28
3.أهداف التنمية المستدامة	29
4.ابعاد التنمية المستدامة	31
1.4. البعد الاقتصادي	31
2.4. البعد الاجتماعي	32
3.4. البعد البيئي	33
ثالثا: الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة	33
1.الطاقة المتجددة نحو مستقبل مستدام للطاقة	35
2.التأثير الإيجابي للطاقة المتجددة على إزالة الكربون من الشبكة	37
3.أثر الطاقات المتجددة على البيئي	39
1.3. أثر طاقة الرياح في البيئة	39
2.3. أثر الطاقة الشمسية على البيئة	42
3.3. أثر الطاقة الكهرومائية على البيئة	44
4.3. أثر طاقة الكتلة الحيوية على البيئة	45
5.3. أثر الطاقة الحرارية الجوفية على البيئة	46
خلاصة الفصل الأول	48
الفصل الثاني **نظرة على بعض الدراسات السابقة**	
تمهيد الفصل الثاني	50
أولا: عرض الدراسات السابقة	51
1. استخدام الطاقة المتجددة وأثرها على البصمة الكربونية (انبعاثات ثاني أكسيد الكربون)	51
2. استهلاك الطاقة المتجددة وأثرها على البصمة البيئية	59
ثانيا: مناقشة وتحليل الدراسات السابقة وما يميز الدراسة الحالية	67
1.مناقشة وتحليل الدراسات السابقة	67
1.1. الدراسات التي تناولت استخدام الطاقات المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون	67
2.1. الدراسات التي تناولت استخدام الطاقات المتجددة والبصمة البيئية	71
2.ما يميز الدراسة الحالية	75
خلاصة الفصل الثاني	77

الفصل الثالث

الدراسة التطبيقية لأثر استخدام الطاقات المتجددة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة

تمهيد الفصل الثالث	79
أولا: متغيرات الدراسة	80
1.مجتمع وعينة الدراسة	80
2.متغيرات الدراسة ومصادر البيانات	80
ثانيا: الطرق والاختبارات القياسية والنتائج	88
1.الطرق والاختبارات القياسية	89
1.1. النموذج الأول: نموذج أثر استهلاك الطاقات المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	89
1.1.1. الطريقة والاختبارات القياسية	90
2.1.1. النتائج	95
2.1. النموذج الثاني: نموذج أثر استهلاك الطاقات المتجددة على مؤشر البصمة البيئية	111
1.2.1 الطريقة والاختبارات القياسية	112
2.2.1 النتائج	113
2.تحليل وتفسير النتائج	131
1.2. تفسير نموذج أثر استخدام الطاقات المتجددة على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	131
2.2. تفسير نموذج أثر استخدام الطاقات المتجددة على البصمة البيئية	151
خلاصة الفصل الثالث	168
الخاتمة	169
المراجع	179
الملاحق	194

قائمة الجداول

قائمة الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
(1–1)	قدرة توليد مصادر الطاقة المتجددة 2013–2022	10
(2–1)	مقارنة البصمة الكربونية بين أنواع الوقود الأحفوري المختلفة والمصادر المتجددة	38
(3–1)	ملخص الإيجابيات والسلبيات المرتبطة بالطاقة الكهرومائية	45
(1–2)	ملخص الدراسات السابقة التي تناولت استخدام الطاقة المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون	70
(2–2)	ملخص الدراسات السابقة التي تناولت استخدام الطاقة المتجددة والبصمة البيئية	74
(1–3)	متغيرات الدراسة ومصادر البيانات	87
(2–3)	الإحصائيات الوصفية لمتغيرات النموذج الأول	95
(3–3)	نتائج اختبار استقلالية المقاطع العرضية لمتغيرات الدراسة لنموذج الأول	96
(4–3)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	96
(5–3)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	97
(6–3)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	97
(7–3)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	97
(8–3)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	98
(9–3)	نتائج اختبار جذر الوحدة للبانل من الجيل الثاني لمتغيرات النموذج الأول	98
(10–3)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	99
(11–3)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	99
(12–3)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	100
(13–3)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	100
(14–3)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	101
(15–3)	نتائج تقدير (CS-ARDL) لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	102
(16–3)	نتائج تقدير (CS-ARDL) لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	103
(17–3)	نتائج تقدير (CS-ARDL) لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	105
(18–3)	نتائج تقدير (CS-ARDL) لنموذج أثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	106

(**19–3**)	نتائج تقدير (CS-ARDL) لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	108
(**20–3**)	نتائج اختبار السببية للبانل الغير متجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012)	110
(**21–3**)	الإحصائيات الوصفية لمتغيرات النموذج الثاني	113
(**22–3**)	نتائج اختبار استقلالية المقاطع العرضية لمتغيرات الدراسة لنموذج الثاني	114
(**23–3**)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية	114
(**24–3**)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية	115
(**25–3**)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية	115
(**26–3**)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية	115
(**27–3**)	نتائج اختبار تجانس الميول لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية	116
(**28–3**)	نتائج اختبار جذر الوحدة للبانل من الجيل الثاني لمتغيرات النموذج الثاني	116
(**29–3**)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية	117
(**30–3**)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية	117
(**31–3**)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية	118
(**32–3**)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية	118
(**33–3**)	نتائج اختبار Westerlund لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية	119
(**34–3**)	نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية	119
(**35–3**)	نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية	121
(**36–3**)	نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية	123
(**37–3**)	نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية	125
(**38–3**)	نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية	127
(**39–3**)	نتائج اختبار السببية للبانل الغير متجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012)	129

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال		
رقم الشكل	العنوان	الصفحة
(1 – 1)	الأنواع الرئيسية للطاقة المتجددة	8
(1 – 2)	القدرة الإجمالية للمصادر المتجددة في جميع أنحاء العالم	9
(1 – 3)	الزيادة العالمية في الطاقة المولدة من المصادر المتجددة سنة 2022	11
(1 – 4)	الدول العشرة الرائدة في الطاقة المتجددة في سنة 2022	12
(1 – 5)	القدرة المركبة لطاقة الرياح في جميع أنحاء العالم	13
(1 – 6)	القدرة المركبة للطاقة الشمسية في جميع أنحاء العالم	15
(1 – 7)	القدرة المركبة للطاقة الكهرومائية في جميع أنحاء العالم	17
(1 – 8)	الطاقة العالمية المولدة من الطاقة الحيوية	19
(1 – 9)	الطاقة المولدة من الطاقة الحرارية الأرضية خلال السنوات الماضية.	20
(1 – 10)	الحصة العالمية من قدرة طاقة المحيطات.	22
(1 – 11)	أهداف التنمية المستدامة.	31
(1 – 12)	الأثر الإيجابي لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة	36
(1 – 13)	التوظيف العالمي للطاقة المتجددة حسب مصدرها 2012-2021	37
(3 – 1)	مخطط يوضح منهجية الدراسة القياسية للنموذج الاول	90
(3 – 2)	العلاقة السببية بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ومتغيرات النموذج الاول	111
(3 – 3)	مخطط يوضح منهجية الدراسة القياسية للنموذج الثاني	112
(3 – 4)	الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية	121
(3 – 5)	الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية	123
(3 – 6)	الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية	125
(3 – 7)	الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية	127
(3 – 8)	الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية	129
(3 – 9)	العلاقة السببية بين البصمة البيئية ومتغيرات النموذج الثاني	130

قائمة الرموز والاختصارات

قائمة الرموز والاختصارات		
الاختصار	**الدلالة باللغة الإنجليزية**	**التسمية باللغة العربية**
IEA	World Energy Agency	وكالة الطاقة العالمية
IRENA	International Renewable Energy Agency	الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
UNEP	United Nations Environment Programme	الأمم المتحدة للبيئة
CO2	Carbon dioxide emissions	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
GHGs	Greenhouse gas emissions	انبعاثات غازات الاحتباس الحراري
PV	Photovoltaic power	الطاقة الكهروضوئية
CSTP	Concentrated Solar Thermal Power	الطاقة الحرارية الشمسية المركزة
SDGs	Sustainable Development Goals	أهداف التنمية المستدامة
PM	Airborne Particulates	الجزيئات العالقة في الهواء
NOx	Nitrogen oxide	أكسيد النتروجين
SO2	Sulfur dioxide	ثاني أكسيد الكبريت
EKC	Kuznets ecological curve	منحنى كوزنتس البيئي
WDI	World Development Indicators Database	قاعدة بيانات مؤشرات التنمية العالمية
G-7	Group of Seven (G7) Countries	دول مجموعة السبعة
G20	Group of Twenty (G20) Countries	دول مجموعة العشرين
GMM	Generalized Moments Model	نموذج اللحظات المعممة
CS-DL	Enhanced sectional distributed latency model	نموذج التأخر الموزع المقطعي المعزز
CS-ARDL	Distributed self-regression model for reinforced cross section	نموذج الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز
CCE-P	Corrected co-effect model for the set of averages	نموذج التأثير المشترك المصحح لمجموعة المتوسطات
AMG	Reinforced group center model	نموذج وسط المجموعة المعززة
CCEMG	Group mean model of associated effects	نموذج وسط المجموعة للآثار المرتبطة المشتركة
MMQR	Quantitative regression model	نموذج الانحدار الكمي
ICT	Information and communication technology	تكنولوجيا المعلومات والاتصالات
PCA	Principal Component Analysis	تحليل المكونات الرئيسي
EFB	Ecological Footprint Index	مؤشر البصمة البيئية
CD	Cross-Sectional Independence	استقلالية المقاطع العرضية

قائمة الملاحق

قائمة الملاحق

رقم الملحق	عنوان الملحق	الصفحة
1	الإحصاءات الوصفية لنموذج الأول	195
2	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	195
3	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	195
4	تقدير CS-ARDL لنموذج أثر الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	196
5	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	196
6	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	197
7	تقدير CS-ARDL لنموذج أثر طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	197
8	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	198
9	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	198
10	تقدير CS-ARDL لنموذج أثر الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	198
11	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر الطاقة الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	199
12	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	199
13	تقدير CS-ARDL لنموذج أثر الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	199
14	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	200
15	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	200
16	تقدير CS-ARDL لنموذج أثر الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون	200
17	الإحصاءات الوصفية لنموذج الثاني	201
18	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر الطاقة الشمسية على البصمة البيئية	201
19	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر الطاقة الشمسية على البصمة البيئية	201
20	تقدير MM-QR لنموذج أثر الطاقة الشمسية على البصمة البيئية	202
21	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر طاقة الرياح على البصمة البيئية	203
22	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر طاقة الرياح على البصمة البيئية	203
23	تقدير MM-QR لنموذج أثر طاقة الرياح على البصمة البيئية	203
24	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية	204
25	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية	204
26	تقدير MM-QR لنموذج أثر الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية	205
27	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر الطاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية	206
28	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر الطاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية	206
29	تقدير MM-QR لنموذج أثر الطاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية	206

30	اختبار تجانس الميول لنموذج أثر الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية	207
31	اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج أثر الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية	207
32	تقدير MM-QR لنموذج أثر الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية	208

المقدمة

1. تمهيد:

في الاقتصاد العالمي المعاصر، دفعت الأزمة البيئية التي تتسم بتغير المناخ، واستنزاف الموارد الطبيعية، ومستويات التلوث غير المسبوقة للمجتمع العالمي إلى البحث عن حلول تحويلية تتبنى مصادر الطاقة المتجددة ـ وهي الاستراتيجية التي يُنظر إليها على نحو متزايد باعتبارها محورا لتعزيز المرونة الاقتصادية مع ضمان الاستدامة البيئية. إن التحول من أنظمة الطاقة المعتمدة على الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة المتجددة لا يمثل ضرورة بيئية فحسب، بل يمثل استراتيجية اقتصادية حاسمة لتحفيز النمو المستدام وتشكيل مستقبل بيئي مستدام

ومن المتوقع أن يؤدي نشر مصادر الطاقة المتجددة، بما في ذلك الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية، إلى تحفيز سلسلة من العوامل الخارجية الاقتصادية الإيجابية. وتتراوح هذه من خلق وظائف خضراء إلى تحفيز الابتكار والتقدم التكنولوجي، مما قد يؤدي إلى تعزيز حقبة جديدة من الرخاء الاقتصادي ترتكز على الإشراف البيئي. ويُنظر إلى استخدام الطاقات المتجددة على أنه آلية لفصل النمو الاقتصادي عن انبعاثات الكربون، وخلق اقتصاد أخضر يتميز بانخفاض إنتاج الكربون والحفاظ على الموارد الطبيعية، وتعزيز التوازن بين الأنشطة البشرية والنظم البيئية. وتنمية مستدامة عالية

وفي الدول الصناعية، يكون السيناريو أكثر أهمية، حيث كانت هذه البلدان تاريخياً مساهماً كبيراً في التدهور البيئي بسبب اعتمادها على مصادر الطاقة كثيفة الكربون. وبالتالي فإن التحول نحو الطاقات المتجددة في هذه الدول ليس مجرد مسألة تحول في السياسات، بل هو ضرورة حيوية للحد من المزيد من التدهور البيئي حيث تكون الممارسات المستدامة في المقدمة.

2. عرض إشكالية الدراسة والتساؤلات الفرعية

مما سبق يمكننا صياغة وطرح إشكالية دراستنا على النحو الآتي:

الى أي مدى تؤثر استخدام الطاقات المتجددة على تحقيق الاهداف البيئية للتنمية المستدامة في الدول الصناعية؟

بهدف معالجة هذه الإشكالية، نقوم بصياغة التساؤلات الفرعية التالية:

- ما هو الأثر الذي أحدثه الاستخدام المتزايد للطاقات المتجددة حسب مصادرها على الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؟
- كيف يؤثر التحول نحو مصفوفة الطاقة التي تعتمد في الغالب على مصادر الطاقة المتجددة على صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وأهداف الاستدامة؟

- كيف تؤثر المستويات المختلف في استخدام كل مصدر من مصادر الطاقة المتجددة على البصمة البيئية للدول؟
- كيف يساهم التحول الشامل نحو هيكل الطاقة الذي تهيمن عليه الطاقة المتجددة في تقليل البصمة البيئية وتعزيز استدامة التطورات البيئية؟

3. فرضيات الدراسة

وكإجابة على الأسئلة السابقة نعتمد الفرضيات الآتية:

- **الفرضية الأولى:** الزيادة في استهلاك كل مصدر من مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية، الرياح، الطاقة الكهرومائية، والطاقة الحيوية التي تتبع مبدأ حياد الكربون، ترتبط ارتباطاً مباشراً بانخفاض ملموس في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الطاقة، مما يعزز بشكل فعال تحقيق الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة ويسهم في تطوير حلقة طاقة مستدامة
- **الفرضية الثانية:** إن التحول نحو إطار الطاقة الذي يعتمد على مصادر الطاقة المتجددة والذي يتضمن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية، يؤدي إلى انخفاض صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يعزز اتباع نهج شامل للاستدامة البيئية.
- **الفرضية الثالثة:** الاستهلاك المتزايد لمصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية، الرياح، والطاقة الكهرومائية، بالإضافة إلى استخدام الطاقة الحيوية التي تعتمد على مبادئ الحياد الكربوني، يرتبط بشكل مباشر بتقليل البصمة البيئية. هذه الديناميكية تدعم التقدم في الجوانب البيئية للتنمية المستدامة وتسهم في تعزيز حلقة الطاقة المستدامة، ويجعل هذه المصادر عناصر حيوية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.
- **الفرضية العاشرة:** إن الانتقال إلى مصفوفة الطاقة التي تهيمن عليها مصادر الطاقة المتجددة – والتي تتضمن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية – يؤدي إلى انخفاض البصمة البيئية، مما يمثل نهجا متكاملا لتحقيق أهداف الاستدامة البيئية.

4. أهمية الدراسة

أولا: يتمتع الموضوع بأهمية كبيرة حيث تسعى الدول في جميع أنحاء العالم إلى إيجاد حلول للحد من انبعاثات الكربون، وتعزيز أمن الطاقة، وتعزيز التنمية الاقتصادية التي لا تؤثر على السلامة البيئية. يمكن أن توفر الأبحاث في هذا المجال رؤى مهمة حول فعالية استراتيجيات الطاقة المتجددة، مما قد يؤدي إلى توجيه أطر السياسات وإرشاد خطط تطوير الطاقة المستقبلية.

ثانيا: يتوافق البحث في استهلاك الطاقة المتجددة مع العديد من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، وخاصة تلك المتعلقة بالطاقة النظيفة وميسورة التكلفة ، والعمل المناخي، والاستهلاك والإنتاج المسؤول. وبالتالي، فإن البحث

حول هذا الموضوع يمكن أن يساهم بشكل كبير في الجهود العالمية الرامية إلى تحقيق هذه الأهداف الطموحة والأساسية.

بالإضافة الى ذلك، فان التقدم السريع في تقنيات الطاقة المتجددة لا تؤدي إلى تحويل أسواق الطاقة فحسب، بل لديها أيضًا القدرة على إعادة تعريف المشهد الاجتماعي والاقتصادي والبيئي للدول. ويمكن للتحليل التفصيلي لهذه التأثيرات أن يمهد الطريق لإبراز جوانب دقيقة، ويعزز السياسات الرامية لتحقيق الاستدامة البيئية من خلال اعتماد الطاقة المتجددة.

وأخيرًا، يعتبر هذا الموضوع متعدد التخصصات، يدمج جوانب الاقتصاد والعلوم البيئية وتطور التقنيات التكنولوجيا. ويمكن لهذا النهج أن يوفر رؤية شاملة لمشهد الطاقة المتجددة، بما في ذلك إمكاناتها وتحدياتها وآثارها على الأهداف الأوسع للتنمية المستدامة.

5. اهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى قياس آثار استخدام الطاقات المتجددة عبر مصادرها المختلفة على التنمية البيئية المستدامة في البلدان الصناعية، وعلى ذلك فإن الأطروحة تسعى إلى تحقيق الأهداف الآتية:

- الإلمام بأهم المفاهيم النظرية المتعلقة بالطاقة المتجددة والتنمية المستدامة؛
- تحليل الوضع الحالي لاستهلاك الطاقة المتجددة: يتضمن ذلك فهم أنواع وتقنيات وحجم توليد الطاقة المتجددة في مختلف البلدان، وتقييم الاثار البيئية لاستخدام الطاقة المتجددة والتحقيق في كيفية مساعدة التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، وتحسين نوعية الهواء والمياه، والحفاظ على الموارد الطبيعية..
- النمذجة القياسية للعلاقة بين استخدام الطاقات المتجددة والاستدامة البيئية وتحديد الى أي مدى تساهم مصادر الطاقة المتجددة في التأثير على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة ومعرفة اتجاه العلاقة السببية بالنسبة للبلدان عينة الدراسة مما قد يتيح لنا تقديم بعض التوصيات تفيد صانعي السياسات وصناع القرار

6. حدود الدراسة

1.6 الحدود الزمنية

يمتد النطاق الزمني للدراسة من سنة 1990 إلى غاية سنة 2021. وتلخص هذه الفترة التطورات والتحولات الهامة في مجال استهلاك الطاقة المتجددة على مستوى العالم. خلال هذا الإطار الزمني، بدأت العديد من البلدان ونفذت سياسات واستراتيجيات مختلفة لتعزيز الطاقة المتجددة، مما يجعلها فترة غنية لتحليل الاتجاهات والآثار والنتائج.

2.6 الحدود المكانية

يغطي النطاق المكاني لهذه الدراسة مجموعة متنوعة من البلدان عبر قارات مختلفة، بما في ذلك:

الأميركتين: الأرجنتين، البرازيل، كندا، الولايات المتحدة. أوروبا من خلال النمسا، بلجيكا، الدنمارك، فنلندا، فرنسا، ألمانيا، المجر، أيرلندا، إيطاليا، هولندا، النرويج، البرتغال، إسبانيا، السويد، سويسرا، المملكة المتحدة. آسيا ممثل بالصين، الهند، إندونيسيا، اليابان، ماليزيا، سنغافورة، تايلاند وأفريقيا بجنوب أفريقيا وأوقيانوسيا بأستراليا

يتيح هذا النطاق الجغرافي الواسع للدراسة الحصول على رؤية شاملة للاتجاهات والتطورات على مستوى العالم، مما يتيح إجراء تحليل دقيق لمختلف الاستراتيجيات والمناهج التي تتبناها البلدان من مختلف الخلفيات الاقتصادية والمواقع الجغرافية.

3.6 الحدود الموضوعية

وتتمحور الحدود الموضوعية لدراسة أثر استخدام الطاقة المتجددة على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة ضمن مجموعة الدول المختارة. كما يلي

- ✓ تحليل اتجاهات استهلاك الطاقة المتجددة في الدول المختارة خلال الفترة المحددة وتحديد الأنماط والانحرافات.
- ✓ تقييم الأثر البيئي لزيادة حصة الطاقة النظيفة مع التركيز بشكل خاص على البصمة الكربونية والبصمة البيئية
- ✓ دراسة دور الابتكارات والتطورات التكنولوجية في دفع التحول إلى الطاقة المتجددة.
- ✓ تقديم توصيات للمسارات المستقبلية لتعزيز اعتماد الطاقة المتجددة وتقليل البصمة البيئية.
- ✓ ستعتمد الدراسة إلى حد كبير على تحليل البيانات الكمية، وذلك باستخدام أدوات ومنهجيات إحصائية مختلفة لتحليل البيانات والنتائج. يمكن أيضًا دمج التحليل لتوفير فهم ديناميكيات العلاقة الموجودة.

7. صعوبات الدراسة

يكمن التحدي الأساسي لهذه الدراسة في الجانب التطبيقي الذي تطلب وقتًا وجهدًا كبيرين لانتقاء النماذج الأكثر ملاءمة وتعبر عن الظاهرة بعناية والتي يمكن أن تصور بدقة العلاقة بين استخدام الطاقة المتجددة وتأثيرها على الجوانب البيئية للتنمية المستدامة. أحد الجوانب الحاسمة في هذه العملية هو إيجاد نماذج لا تمثل الظاهرة بشكل فعال فحسب، بل ترتبط أيضًا بشكل جيد بالبيانات الموجودة حول الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة.

8. المنهج المتبع

في الدراسة الحالية تم الاعتماد على المنهجين الوصفي والتحليلي من خلال الاعتماد على المراجع وكذا الدراسات السابقة التي تناولت مواضيع تخص موضوع الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة وكذا الاعتماد على مختلف البيانات والتقارير التي تنشرها المنظمات العالمية والإقليمية المتخصصة في شؤون البيئة والطاقة، بغية التعرف على مدى الارتباط بين الطاقة المتجددة والابعاد البيئية للتنمية المستدامة. بينما سنتطرق لأهم الأساليب الاحصائية والنماذج القياسية الحديثة التي يمكن أن تستخدم في قياس أثر استخدام الطاقات المتجددة على الاستدامة البيئية، وذلك من خلال التطرق إلى الجوانب النظرية والأطر الرياضية لأهم تلك الأساليب والتقنيات المستخدمة.

بالإضافة الى ذلك تم الاعتماد على المنهج التجريبي بدراسة الحالة من خلال استخدام مجموعة من بيانات الطاقة المتجددة بمختلف مصادرها والبيانات الخاصة التي تعبر عن التنمية البيئية المستدامة بعدد من بلدان من مختلف قارات العالم، بغرض قياس ذلك الأثر المحتمل للطاقة النظيف على البيئة، مع الاعتماد على الحزم الاحصائية للوصول إلى مقدرات النماذج المختلفة

9. هيكل الدراسة:

للإجابة على إشكالية الدراسة واختبار الفرضيات تم هيكلية الأطروحة ضمن ثلاثة فصول، وُسم الفصل الأول بأدبيات نظرية حول الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة ، متضمنا مبحثين يتناول الأول الادبيات النظرية حول الطاقة المتجددة ، في حين تطرق الثاني للإطار المفاهيمي للتنمية المستدامة أما الفصل الثاني فركز على تحليل الأدبيات السابقة في حقل الموضوع من أجل تحديد العلاقة بين إشكالية البحث والتراث العلمي السابق، وقد هُيكل في مبحثين، حوى الأول عرضا للدراسات السابقة، في حين شمل المبحث الثاني على مناقشة الدراسات السابقة وما يميز الدراسة الحالية. أما الفصل الثالث فخصص للدراسة التطبيقية وقد قُسم إلى مبحثين يتناول الأول متغيرات الدراسة، ومبحثا ثانيا للطرق والاختبارات القياسية وتحليل وتفسير النتائج. أما الخاتمة فقد تضمنت أهم النتائج المتوصل إليها، وجملة من التوصيات على ضوء ما توصلنا إليه من نتائج.

الفصل الأول

أدبيات نظرية حول الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة

تمهيد الفصل الاول

لقد وجهت التحديات العالمية المتصاعدة المتمثلة في تغير المناخ واستنزاف الموارد وأمن الطاقة التركيز نحو الحلول التي تلبي المتطلبات الحالية والاعتبارات المستقبلية. ومن الأمور الأساسية في هذا المسعى استكشاف الطاقة المتجددة وصلتها الجوهرية بنموذج التنمية المستدامة.

تستغل الطاقة المتجددة، في جوهرها المصادر التي تتجدد بشكل طبيعي، سواء كانت الطاقة المشعة للشمس، أو الرياح المستمرة، أو المد والجزر المنتظم، أو الطاقة الكامنة للكتلة الحيوية. تتناقض أشكال الطاقة هذه بشكل كبير مع الاحتياطيات المستنفدة للوقود الأحفوري. وبالتوازي فإن مفهوم التنمية المستدامة يخدم كإطار أوسع لا يشمل الاعتبارات البيئية فحسب، بل ينسجم أيضًا مع النمو الاقتصادي والشمول الاجتماعي.

إن التنمية المستدامة، بتركيزها على التوازن البيئي، والجدوى الاقتصادية، والعدالة الاجتماعية، توفر إطارا أوسع يمكن من خلاله فهم أهمية الطاقة المتجددة بشكل كامل.

ففي هذا الفصل، نحدد الأهمية المتعددة الأوجه للطاقة المتجددة، ودورها المحوري في تخفيف الأثر البيئي، من خلال ربط هذين المفهومين، نوضح كيف يدعم اعتماد الطاقة المتجددة مبادئ التنمية المستدامة. إذ ان الجمع بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة يمكن أن يمهد الطريق لعالم نظيف. ويهدف هذا الفصل إلى تسليط الضوء أيضا على هذا الترابط، مع التأكيد على كيف ستؤثر خيارات الطاقة المتجددة على مسار مستقبل مستدام.

أولا: الادبيات النظرية حول الطاقة المتجددة

سنحاول في هذا المبحث تسليط الضوء على أهم الأدبيات النظرية الخاصة بالطاقات المتجددة بداية باستعراض أهم المفاهيم الخاصة بالطاقة المتجددة وابراز أهميتها من الناحية الاقتصادية والبيئية والاجتماعية مرور بالاتجاه العالمي للطاقة المتجددة ونختم المبحث بالسيناريو الحالي للطاقة المتجددة في قطاع الطاقة على المستوى العالمي

1. مفهوم الطاقات المتجددة

هناك عدة مفاهيم للطاقة المتجددة نورد منها ما يلي:

تعريف وكالة الطاقة العالمية (IEA) هي الطاقة المشتقة من مصادر يتم تجديدها بشكل طبيعي وتساهم في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتتجدد في الطبيعة بوتير اعلى من وتيرة استهلاكها، وتشمل هذه المصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الحرارية الأرضية وطاقة المحيطات. بالإضافة الى ذلك، تعتبر الطاقة الحيوية الحديثة أيضا مصدرا للطاقة المتجددة من قبل وكالة الطاقة الدولية. وتساهم هذه التقنيات مجتمعة في إمدادات الطاقة العالمية ولها دورا حيويا في جهود إزالة الكربون[1].

تعرف الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) الطاقة المتجددة بأنها الطاقة المستمدة من الموارد التي يتم تجديدها بشكل طبيعي. وهذا يشمل أشكال الطاقة مثل الطاقة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الكهرومائية والمحيطات والطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وتدعو الوكالة الدولية للطاقة المتجددة إلى اعتماد جميع أشكال الطاقة المتجددة على نطاق واسع واستخدامها المستدام. لكونها تعتبر الطاقة المتجددة جانبا حاسما من جوانب التنمية المستدامة، والوصول إلى الطاقة، وأمن الطاقة ، والمرونة الاقتصادية والاجتماعية والازدهار ، ومستقبل مقاوم لتغير المناخ[2]

تعريف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) الطاقة المتجددة هي كل طاقة يكون مصدرها شمسي او جيوفيزيائي او بيولوجي ويتم جمعها من الموارد التي يتم تجديدها بشكل طبيعي بوتيرة معادلة او أكبر من استعمالها، الطاقة مثل الطاقة الحيوية والطاقة الشمسية المباشرة والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الكهرومائية وطاقة المحيطات وطاقة الرياح. السمة الرئيسية لمصادر الطاقة هذه هي أنها لا تستنفد الموارد الطبيعية أو تضر بالبيئة عند استخدامها، على عكس الوقود الأحفوري الذي يساهم في تغير المناخ والأضرار البيئية. يمكن أن تساهم الطاقة

[1] IEA, "Renewables - Energy System - IEA," accessed August 4, 2023, https://www.iea.org/energy-system/renewables.

[2] "IRENA – International Renewable Energy Agency," accessed August 4, 2023, https://www.irena.org/.

المتجددة في التنمية الاجتماعية والاقتصادية، والوصول إلى الطاقة، وأمن إمدادات الطاقة، والتخفيف من تغير المناخ، فضلا عن الحد من آثار تغير المناخ[1].

وفقا **لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)** ، يتم تعريف الطاقة المتجددة على أنها "الطاقة المستمدة من مصادر لا تعتمد على الوقود الذي لا يوجد منه سوى مخزونات محدودة. فالطاقة المتجددة هي الطاقة التي تجديد بشكل طبيعي ومتسق، على عكس الوقود الأحفوري المحدود ويستغرق وقتا طويلا لتجديده. والمصدر المتجدد الأكثر استخداما هو الطاقة الكهرومائية. وتعتبر المصادر المتجددة الأخرى هي طاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية وطاقة المد والجزر وطاقة الأمواج وطاقة الرياح.[2]

بالإضافة الى ذلك، يلاحظ برنامج الأمم المتحدة للبيئة أنه على الرغم من الابتكار التكنولوجي السريع وخفض التكاليف، فإن تكنولوجيات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة لا تزال تتنافس مع تكنولوجيات الطاقة الكثيفة الكربون المدعومة بدرجة كبيرة. يمكن نشر تقنيات الطاقة المتجددة هذه بسرعة أكبر إذا عالجت سياسات الطاقة كلا من دعم وتأثيرات الوقود الأحفوري مع تسهيل المزيد من التمويل لمشاريع الطاقة المتجددة. وعلى هذا النحو، ينطوي جزء من مهمة برنامج الأمم المتحدة للبيئة على المساعدة في كسر الحواجز التي تحول دون نشر الطاقة المتجددة على نطاق واسع، مثل تقديم المشورة بشأن السياسات لحكومات البلدان النامية، وزيادة الوعي بنهج السياسات الناجحة، والعمل مع القطاع المالي لتشجيع الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة.

يمكن تعريف الطاقات المتجددة على أنها موارد الطاقة التي لا تنضب مع الاستخدام. بمعنى آخر، يمكن تجديدها من مصادرها الخاصة، على سبيل المثال، الطاقة الكهرومائية من الموارد المائية. الكتلة الحيوية من النباتات والنفايات الأخرى، وطاقة الرياح من الرياح، والطاقة الشمسية من الشمس، والطاقة الحرارية الأرضية من الحرارة من داخل الأرض. وتعرف الطاقة المتجددة أيضا باسم الطاقة النظيفة لأنها لا تنتج تلوثا إضافيا أو نفايات مثل طاقات الوقود الأحفوري. وذات بصمة كربونية منخفضة وتنتج غازات دفيئة أقل.

2. أهمية الطاقات المتجددة:

على الرغم من وجود أنواع مختلفة من المصادر المتجددة المتاحة في الدولة، ولكن كيف يمكن استخدامها في الممارسات طويلة المدى بحيث يمكن تلبية الطلب وكيف تساهم في تنمية الأمة.

[1] IPCC, "Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation — IPCC," accessed August 4, 2023, https://www.ipcc.ch/report/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/.

[2] UNEP, "Renewable Energy | UNEP Law and Environment Assistance Platform," accessed August 4, 2023, https://leap.unep.org/knowledge/glossary/renewable-energy.

1.2. من الناحية الاقتصادية:

- ✓ **خلق فرص العمل:** كان قطاع الطاقة المتجددة مصدرا هاما لخلق فرص العمل. على سبيل المثال، يتطلب تركيب وصيانة وخدمة البنية التحتية للطاقة المتجددة مثل توربينات الرياح والألواح الشمسية قوة عاملة كبيرة[1]. بالإضافة الى ذلك تميل هذه الوظائف إلى أن تكون محلية وأقل عرضة للاستعانة بمصادر خارجية. مما سيؤدي إلى زيادة معدل التوظيف
- ✓ **استقرار أسعار الطاقة:** لا تخضع مصادر الطاقة المتجددة لتقلبات الأسعار المرتبطة بالوقود الأحفوري، والتي تتأثر بالتوترات الجيوسياسية واضطرابات سلسلة التوريد ونضوب الاحتياطي. يمكن أن يكون هذا الاستقرار مفيدا اقتصاديا لكل من المستهلكين والصناعات المعتمدة على الطاقة.
- ✓ **المرونة الاقتصادية:** من خلال تقليل الاعتماد على الطاقة المستوردة، يمكن للبلدان تحقيق مستوى أعلى من أمن الطاقة، مما يمكن أن يساعد في عزل اقتصاداتها عن انقطاع الإمدادات وتقلبات الأسعار في أسواق الطاقة العالمية.
- ✓ **الابتكار والتطوير التكنولوجي:** يعد قطاع الطاقة المتجددة مرتعا للابتكار والتقدم التكنولوجي، مما يدفع النمو الاقتصادي في الصناعات ذات الصلة مثل تخزين البطاريات والسيارات الكهربائية وحلول كفاءة الطاقة.
- ✓ **الاستدامة البيئية:** على الرغم من أن الانتقال إلى الطاقة المتجددة ليس فائدة اقتصادية بشكل مباشرة، إلا أنه يساعد على التخفيف من آثار تغير المناخ، والتي تشكل مخاطر اقتصادية كبيرة. وتشمل هذه المخاطر الأضرار التي لحقت بالبنية التحتية من الظواهر الجوية وزيادة تكاليف الرعاية الصحية بسبب تلوث الهواء ، وتعطيل الصناعات مثل الزراعة والسياحة بسبب تغير الظروف المناخية[2].
- ✓ **فرص الاستثمار:** تستقطب مشاريع الطاقة المتجددة حصة متزايدة من الاستثمار العالمي في الطاقة، مما يوفر فرصا للنمو الاقتصادي. ويقود هذا الاتجاه انخفاض تكلفة التكنولوجيات المتجددة، إلى جانب الاهتمام المتزايد بالاستثمار المستدام من القطاعين العام والخاص.

2.2.من الناحية البيئية:

للطاقة المتجددة أهمية كبيرة من منظور بيئي، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل رئيسية[3]:

---

[1] Abdeen Mustafa Omer, "Built Environment: Relating the Benefits of Renewable Energy Technologies," *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering* 5 (2012): 561–75.

[2] فريد بختي . رضا بمياني، صناعة الطاقات المتجددة ودورها في تجسيد التنمية المستدامة في الجزائر مع الإشارة إلى البرنامج الوطني للطاقات المتجددة (2030-2011)، مجلة الاقتصاد والبيئة، جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم، المجلد01، العدد01، 2018، 48

[3] Krishna Kumar Jaiswal et al., "Renewable and Sustainable Clean Energy Development and Impact on Social, Economic, and Environmental Health," *Energy Nexus* 7 (September 1, 2022): 100118, https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100118.

- ✓ **الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري:** على عكس الوقود الأحفوري، فإن مصادر الطاقة المتجددة مثل الرياح والطاقة الشمسية والمائية لا تنبعث منها ثاني أكسيد الكربون (CO2) أو غازات الدفيئة الأخرى (GHGs) عند توليد الكهرباء. وهذا يساعد على التخفيف من تغير المناخ عن طريق الحد من انبعاثات غازات الدفيئة الإجمالية.
- ✓ **تحسين جودة الهواء والماء:** يؤدي حرق الوقود الأحفوري إلى إطلاق الملوثات في الهواء والماء، مما يساهم في سوء نوعية الهواء والأمطار الحمضية وتلوث المياه. لا تنتج مصادر الطاقة المتجددة هذه الانبعاثات الضارة، مما يؤدي إلى بيئات أكثر صحة وتحسين الصحة العامة.
- ✓ **استدامة الموارد:** على عكس الوقود الأحفوري، الذي هو محدود ويزداد صعوبة وضررا في استخراجه، فإن مصادر الطاقة المتجددة لا حدود لها على نطاق زمني بشري. لن تنفد الشمس والرياح والماء والحرارة من الأرض ويمكن تسخيرها دون استنزاف موارد كوكبنا.
- ✓ **تقليل هدر الطاقة:** العديد من أنظمة الطاقة المتجددة أكثر كفاءة من محطات الطاقة التقليدية، مما يعني إهدار طاقة أقل في عملية التوليد والنقل. على سبيل المثال، يمكن للألواح الشمسية اللامركزية في المنازل والشركات توليد الكهرباء حيث تكون هناك حاجة إليها، مما يقلل من خسائر النقل.
- ✓ **الحفاظ على التنوع البيولوجي:** يمكن أن يكون استخراج الوقود الأحفوري ضارا للغاية بالنظم الإيكولوجية المحلية، سواء كان ذلك بإزالة الغابات لتعدين الفحم أو خطر تسرب النفط من الحفر البحري. وعلى النقيض من ذلك، يكون لتكنولوجيات الطاقة المتجددة تأثير أقل بكثير على التنوع البيولوجي عند تحديد موقعها وإدارتها بشكل صحيح[1].
- ✓ **القدرة على الصمود في وجه تأثيرات المناخ:** مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح أقل عرضة للفشل على نطاق واسع لأنها موزعة ومعيارية. على سبيل المثال، خلال الظواهر الجوية القاسية، يمكن استبدال الألواح الشمسية التالفة بسرعة، مما يقلل من احتمال حدوث انقطاعات طويلة الأجل.
- ✓ **تقليل استخدام المياه:** يمكن أن تتطلب طرق توليد الطاقة التقليدية كمية كبيرة من الماء للتبريد وتوليد البخار. معظم أشكال الطاقة المتجددة، ولا سيما طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية، لا تتطلب المياه لإنتاج الكهرباء، مما يجعلها ذات قيمة في المناطق المحدودة المياه.

[1] الأمير محمد علي، المردود البيئي للتقنيات الحديثة للطاقة، مؤتمر الوطن العربي والتقنيات الحديثة للطاقة من أجل ازدهار البيئة، جامعة حلوان، مصر، 2005

3.2.من الناحية الاجتماعية:

للطاقة المتجددة أيضا أهمية اجتماعية كبيرة بسبب العوامل الرئيسية التالية[1]:

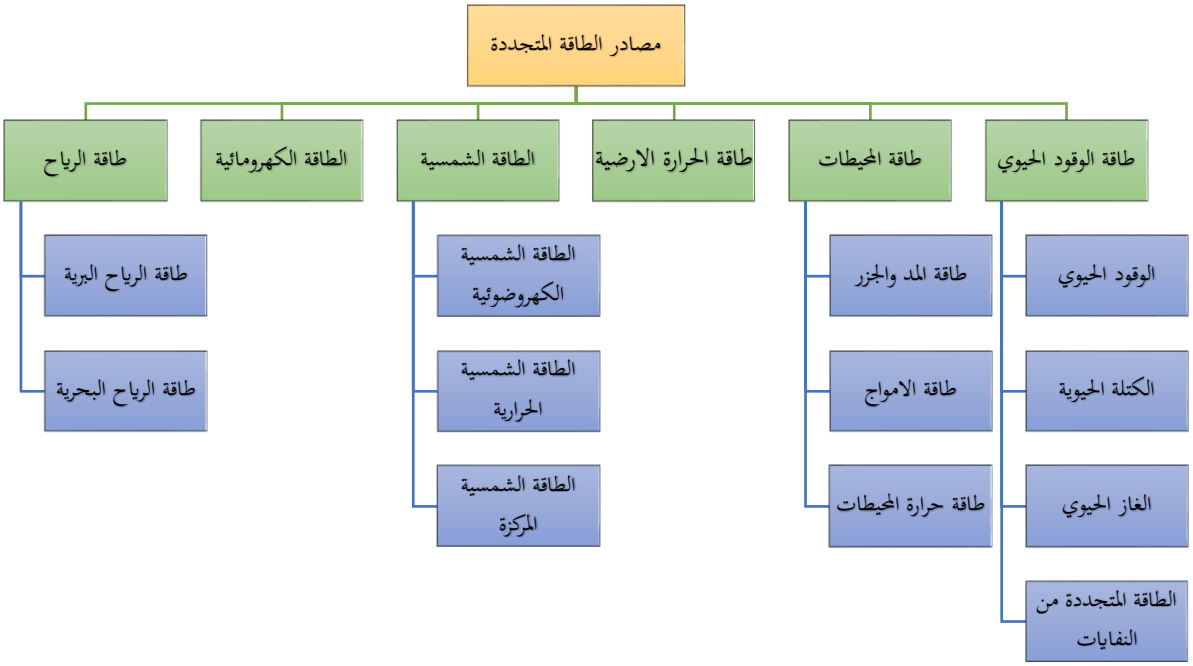
- ✓ **تحسين الصحة العامة:** نظرا لأن مصادر الطاقة المتجددة لا تطلق ملوثات ضارة، فإنها تساهم في تحسين جودة الهواء والماء، مما يؤدي إلى تحسين الصحة العامة. ويساعد انخفاض التلوث على تقليل عدد الوفيات المبكرة ودخول المستشفيات وأمراض الجهاز التنفسي المرتبطة بتلوث الهواء.
- ✓ **استقلال وأمن الطاقة:** من خلال تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري الأجنبي، يمكن للبلدان تحقيق مستوى أعلى من أمن الطاقة. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى خفض التوترات الجيوسياسية، والحد من التعرض لارتفاع الأسعار أو تعطل الإمدادات، وتعزيز المرونة الوطنية.
- ✓ **الحد من فقر الطاقة:** يمكن نشر التكنولوجيات المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية، في حالات خارج الشبكة لجلب الكهرباء إلى المناطق النائية أو الفقيرة، والحد من فقر الطاقة. يمكن أن يكون لهذا العديد من الفوائد الاجتماعية، بما في ذلك تحسين الوصول إلى التعليم والرعاية الصحية وغيرها من الخدمات.
- ✓ **تمكين المجتمع:** يمكن للطاقة المتجددة، خاصة عند تنفيذها بطريقة موزعة، تمكين المجتمعات المحلية. على سبيل المثال، تسمح مزارع الرياح المملوكة للمجتمع أو مشاريع الطاقة الشمسية للسكان المحليين بالمساهمة والاستفادة مباشرة من توليد الطاقة الخاص بهم.
- ✓ **التعليم والابتكار:** يوفر قطاع الطاقة المتجددة فرصا للتعليم والابتكار، مما يحفز الاهتمام بمجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات ودفع التقدم التكنولوجي.
- ✓ **العدالة المناخية:** من خلال الانتقال إلى الطاقة المتجددة والحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، يمكننا المساعدة في التخفيف من أسوأ آثار تغير المناخ، والتي تؤثر بشكل غير متناسب على السكان الضعفاء.
- ✓ **الحفاظ على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة:** مصادر الطاقة المتجددة مستدامة ويمكن الاستفادة منها دون استنزاف موارد الكوكب، مما يسمح لنا بالحفاظ على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة..

[1] M. A. Hannan et al., "Impact of Renewable Energy Utilization and Artificial Intelligence in Achieving Sustainable Development Goals," *Energy Reports* 7 (November 1, 2021): 5359–73, https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.172.

3. الاتجاه العالمي للطاقة المتجددة

تنمو الطاقة المتجددة بمعدل سريع، بفضل التقنيات المتطورة التي تخفض التكاليف وتبدأ في الوفاء بوعد مستقبل الطاقة النظيفة. وعلى الرغم من النمو السريع لجميع أنواع الطاقة المتجددة، فإن معدل النمو هذا يختلف من مصدر إلى آخر [1] المخطط التالي يعرض الأنواع الرئيسية للطاقة المتجددة المستخدمة لتوليد الكهرباء في جميع أنحاء العالم.

الشكل رقم (1 – 1) الأنواع الرئيسية للطاقة المتجددة



المصدر: من اعداد الطالب

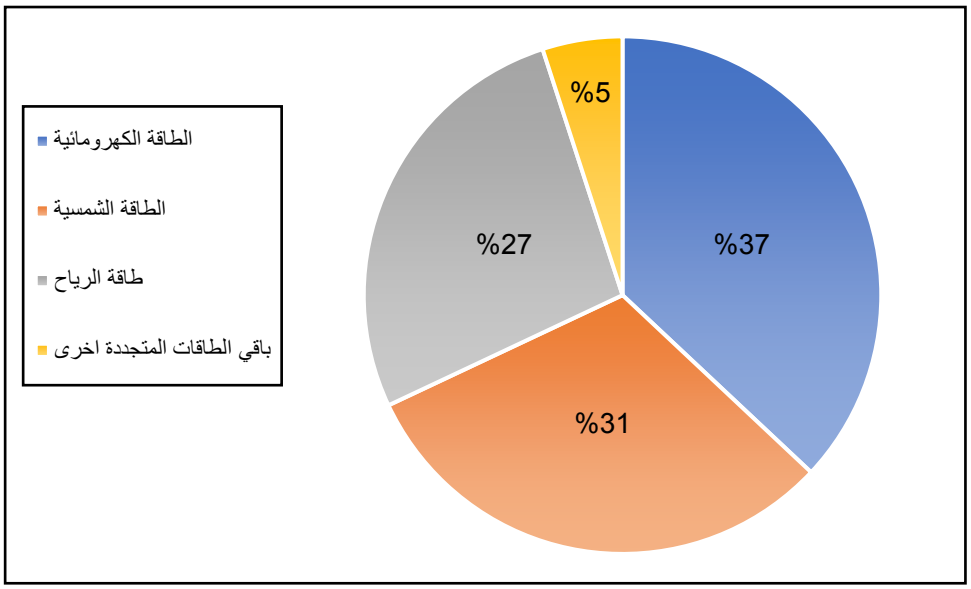
في سنة 2021 نمت قدرة الطاقة المتجددة بأكثر من 130 جيجاوات، وهي أكبر زيادة على الإطلاق. وهذا الاستمرار يعود إلى سنة 2012 حيث تجاوز صافي الإضافات لقدرات توليد الطاقة المتجددة المنشآت الصافية لكل من الوقود الأحفوري وقدرات الطاقة النووية مجتمعة[2] تمثل الطاقة المتجددة الآن نسبة قياسية تبلغ 29%من مزيج توليد الكهرباء في جميع أنحاء العالم. على الرغم من هذه المكاسب، واجهت الكهرباء المتجددة عقبات في الحصول على حصة أكبر من إنتاج الطاقة العالمي بسبب الاستثمار المستمر في إنتاج الكهرباء من الوقود النووي والوقود

[1] Patrick Moriarty and Damon Honnery, "Feasibility of a 100% Global Renewable Energy System," Energies 13, no. 21 (January 2020): 5543, https://doi.org/10.3390/en13215543.
[2] Hannah E. Murdock et al., "Renewables 2021 - Global Status Report" (France, 2021).

الأحفوري[1] بلغ المقدار الإجمالي للطاقة المتجددة العالمية 3064جيجاواط في نهاية سنة 2021 وبلغ إجمالي الطاقة الكهرومائية 1230جيجاوات 40% وهو ما يمثل الجزء الأكبر من إجمالي الحصة العالمية. وساهمت الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بكمية متساوية بسعة 849 جيجاوات 28% و825جيجاوات حوالي 27% على التوالي، أما نسبة 5% المتبقية من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى فتتضمن 130جيجاواط 4.5% من الطاقة الحيوية، و16جيجاواط 0.5% من الطاقة الحرارية الأرضية، بالإضافة إلى 524 ميجاوات من الطاقة البحرية.

في نهاية سنة 2022 بلغت قدرة توليد الطاقة المتجددة العالمية 3372 جيجاوات. واستحوذت الطاقة الكهرومائية المتجددة على الحصة الأكبر من الإجمالي العالمي، بسعة 1256جيجاوات. واستحوذت الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على معظم الباقي بقدرات إجمالية قدرها 1053جيجاواط و899 جيجاوات على التوالي. وشملت الطاقات المتجددة الأخرى 149جيجاواط من الطاقة الحيوية و15 جيجاوات من الطاقة الحرارية الجوفية، بالإضافة إلى 524ميجاوات من الطاقة البحرية [2]كما هو موضح

الشكل رقم (1 – 2) القدرة الإجمالية للمصادر المتجددة في جميع أنحاء العالم



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)

[1] Ali Q. Al-Shetwi et al., "Grid-Connected Renewable Energy Sources: Review of the Recent Integration Requirements and Control Methods," Journal of Cleaner Production 253 (April 20, 2020): 119831, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119831.

[2] "IRENA – International Renewable Energy Agency ,Renewable Capacity Statistics 2023," March 21, 2023, https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023. P 12

في بعض المواقع في العالم زادت حصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية. ويستخدم عدد متزايد من البلدان أكثر من 20% من مصادر الطاقة المتجددة المختلفة في أنظمة توليد الكهرباء الخاصة بهم[1]. الجدول رقم (1- 1) يظُهر الزيادة الهائلة في نسبة موارد الطاقة المتجددة في توليد الطاقة من سنة 2013 إلى سنة 2022

جدول رقم (1– 1) قدرة توليد مصادر الطاقة المتجددة 2013–2022

السنوات	مصدر الطاقة المتجددة – إجمالي القدرة المركبة (ميغاواط)-						
	الطاقة الكهرومائية	طاقة الرياح	الطاقة الشمسية	الطاقة الحيوية	الطاقة الحرارية الأرضية	طاقة المحيطات	اجمالي الطاقة المتجددة
2013	1 137 292	300 027	140 514	84 879	10 983	510	1 566 487
2014	1 175 663	349 466	180 712	90 745	11 424	513	1 699 064
2015	1 210 331	416 347	228 920	96 484	12 085	512	1 852 777
2016	1 245 935	467 028	301 082	105 424	12 405	523	2 018 264
2017	1 270 950	514 423	395 947	111 006	13 025	527	2 186 038
2018	1 293 744	564 513	489 306	118 194	13 471	527	2 359 398
2019	1 312 084	620 841	592 245	124 199	14 089	525	2 543 378
2020	1 334 078	731 656	720 429	133 236	14 417	523	2 813 159
2021	1 362 715	824 171	861 537	141 302	14 696	523	3 077 238
2022	1 392 598	898 824	1 053 115	148 912	14 877	524	3 371 793

المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 –الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)-

على الرغم من حقيقة أن الطاقة الكهرومائية تولد معظم الكهرباء ، فقد نما توليد الطاقة الكهروضوئية بأسرع معدل من سنة 2013 إلى2022 ومع ذلك بحلول نهاية سنة 2022 أدت زيادة مساهمات الموارد المائية الأخرى إلى خفض حصة الطاقة الكهرومائية المتجددة إلى 37 % فقط في قطاع الطاقة، واجهت مصادر الطاقة المتجددة صعوبة في النصف الأول من سنة 2020 بسبب ظهور وباء COVID-19 أدت انقطاعات سلسلة التوريد والقيود المفروضة على العمالة وتنقل المنتجات وإلغاء المزادات أو تأجيلها وأسباب أخرى إلى انخفاض مستويات الاستثمار والإضافات الجديدة مقارنة بالربع نفسه من سنة 2019 ومع ذلك ففي النصف الثاني من سنة 2020 تعافى قطاع الطاقة الشمسية والكهروضوئية وطاقة الرياح وبحلول نهاية السنة، وحقق كل منهم تركيب قدر قياسي من السعة الجديدة ، مما أدى إلى ارتفاع جديد لقطاع الطاقة المتجددة يزيد عن 295 جيجاوات من السعة المضافة.[2]

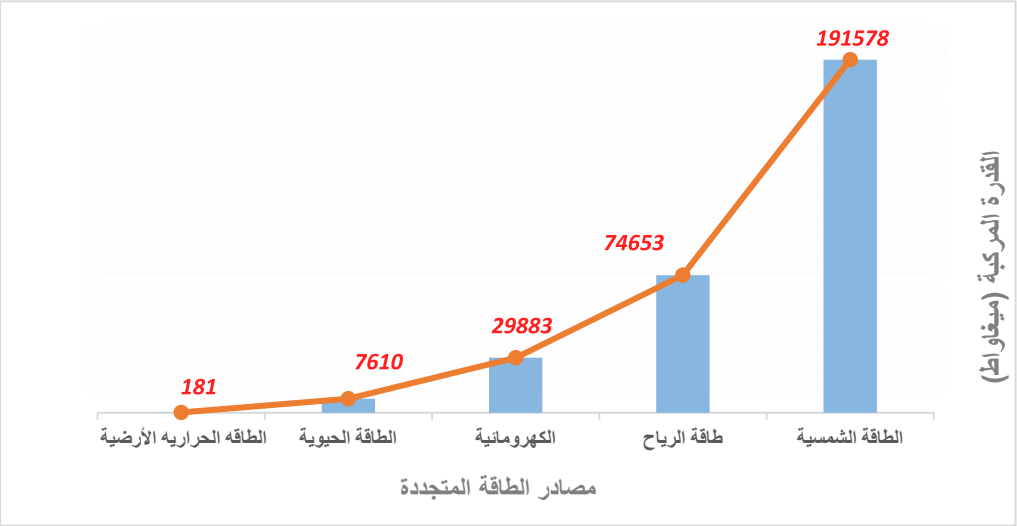
القدرة على توليد الطاقة من مصادر متجددة في 2022 موضح في الشكل رقم (1-2) ويمكن تفسير ذلك على النحو التالي: تقود الطاقة الشمسية الطريق بحوالي 192جيجاوات أي بزيادة تقدر بـ(+22%)، تليها طاقة

[1] Asad Ullah et al., "Renewable Energy: Is It a Global Challenge or Opportunity? Focusing on Different Income Level Countries through Panel Smooth Transition Regression Model," Renewable Energy 177 (November 1, 2021): 689–99, https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.132.

[2] Seyed Ehsan Hosseini, "An Outlook on the Global Development of Renewable and Sustainable Energy at the Time of COVID-19," Energy Research & Social Science 68 (October 2020): 101633, https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101633.

الرياح بمقدار 75جيجاوات (+9%)، وزادت سعة الطاقة الكهرومائية المتجددة بمقدار21 جيجاوات (+2%) والطاقة الحيوية بمقدار 8جيجاوات (+5%) وزادت الطاقة الحرارية الأرضية بمقدار متواضع للغاية قدره 181ميغاواط[1]

الشكل رقم (1 – 3) الزيادة العالمية في الطاقة المولدة من المصادر المتجددة سنة 2022



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 –الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)–

كما هو الحال في السنوات الأخيرة، استحوذت آسيا مرة أخرى على حوالي 60% من السعة الجديدة، مما أدى الى زيادة مساهمة آسيا في توليد الطاقة المتجددة العالمية بشكل أكبر في سنة 2022 بزيادة قدرها 174.9 جيجاوات لتصل إلى 1.63 تيراوات اي 48 % من القدرة العالمية الإجمالية. ويعزى معظم هذا النمو إلى دولة الصين بزيادة قدرها 141 جيجاوات.[2]

وفي أوروبا وأمريكا الشمالية زاد إجمالي السعة المركبة بنسبة 8.8% بقدرة 57.3جيجاوات و6.3 % أي 29.1جيجاوات على التوالي، حيث شهدت الولايات المتحدة بشكل خاص زيادة كبيرة.

كان هناك ارتفاع بنسبة 4.8 % أي 2.7جيجاوات في إفريقيا، أعلى بقليل مما كان عليه في سنة 2021. واصلت أوقيانوسيا نموها مع توسع قدره 5.2 جيجاوات بزيادة قدرها 10.6% ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى التوسع في أستراليا، واستمرت أمريكا الجنوبية في اتجاه تصاعدي، مع توسع في السعة قدره 18.2جيجاوات بزيادة

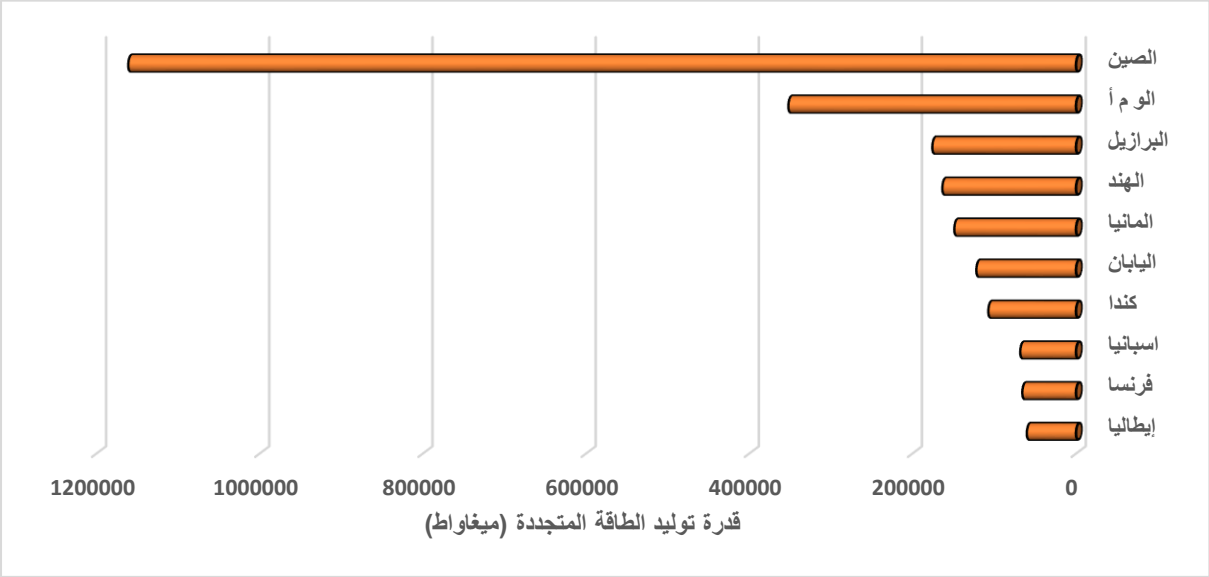
[1] "IRENA – International Renewable Energy Agency Op.Cit p 13
[2] IRENA – International Renewable Energy Agency, Ibid, p16.

قدرها 7.4% كما سجلت منطقة الشرق الأوسط أعلى توسع لها على الإطلاق [1]، حيث تم تشغيل 3.2جيجاوات من السعة الجديدة في سنة 2022 بزيادة قدرها 12.8% [2] .

أما بالنسبة للبلدان تحتل الصين المرتبة الأولى عالمياً في كمية الطاقة المتجددة المضافة مع ما يقرب من نصف إجمالي الطاقة المتجددة في سنة 2022 وذلك لأن الصين تقود السوق العالمية للطاقة الشمسية الكهروضوئية، والطاقة الكهرومائية، وطاقة الرياح. وبلغ إجمالي إضافات الطاقة المتجددة الصينية حوالي 117جيجاواط، مما أدى إلى زيادة الطاقة المتجددة سنة 2022 مقارنة بالعالم بأسره في سنة 2013 [3] . كان لدى ما لا يقل عن 19 دولة أكثر من 10جيجاوات من الطاقة المتجددة غير الكهرومائية في نهاية 2022 ارتفاعاً بـ 5 دول عن 2010.

في هذا السياق فإن الدول العشر الأولى التي تمتلك أعلى قدرة مثبتة لتوليد الطاقة القائمة على الطاقة الكهرومائية في سنة2022 هي تظهر في الشكل رقم (1-4) وتتصدر الصين الحصة الأكبر من قدرة الطاقة المتجددة ، تليها الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل والهند وألمانيا.

الشكل رقم (1 – 4) الدول العشرة الرائدة في الطاقة المتجددة في سنة 2022



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 –الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)–

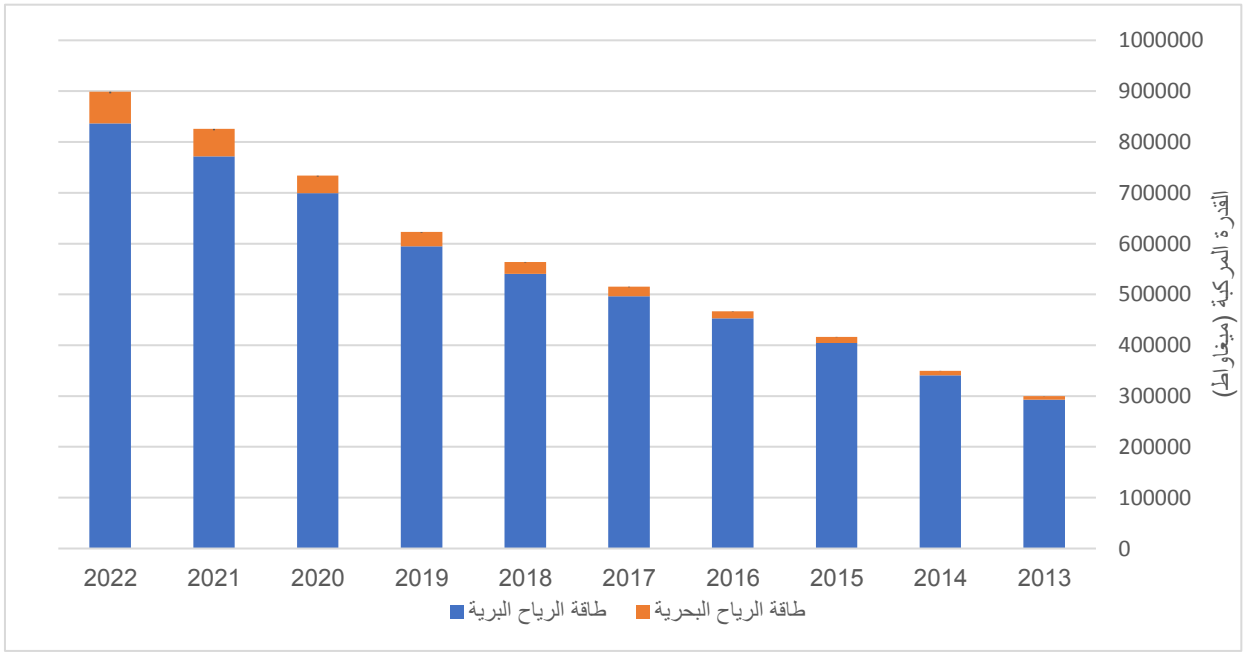
[1] Xiaofeng Xu et al., "Global Renewable Energy Development: Influencing Factors, Trend Predictions and Countermeasures," *Resources Policy* 63 (October 1, 2019): 101470, https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101470.
[2] Murdock et al., "Renewables 2021 - Global Status Report." Op.Cit
[3] Murdock et al. Ibid

4. السيناريو الحالي للطاقة المتجددة في قطاع الطاقة على المستوى العالمي

1.4. طاقة الرياح

على مدار السنوات الأخيرة، كانت طاقة الرياح من أسرع تقنيات الطاقة المتجددة توسعا ويتزايد الاستخدام العالمي لها، ويرجع ذلك إلى انخفاض التكاليف [1] وفقاً بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لسنة 2023 [2]توسعت قدرة طاقة الرياح العالمية (البحرية والبرية) بشكل كبير في العقدين الماضيين، حيث ارتفعت من 7.5جيجاوات في سنة 1997 إلى733جيجاوات بحلول سنة 2022. واستمر توسع طاقة الرياح بمعدل متباطئة مقارنة بسنتين الماضيتين بزيادة قدرها 75جيجاوات في سنة 2022. الشكل رقم (1-5) يصور الاتجاه الأخير ونمو طاقة الرياح للسنوات العشر الماضية من 2013 إلى 2022

الشكل رقم (1 – 5) القدرة المركبة لطاقة الرياح في جميع أنحاء العالم



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 –الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)–

كان النمو في سنة 2022 باستحواذ الصين على ما يقرب من نصف هذا التوسع بمساهمة 37 جيجاوات وزادت السعة في الولايات المتحدة بنسبة 7.8جيجاوات؛ حدث معظم التوسع المتبقي في السعة في البرازيل وعدد

[1] Soraida Aguilar Vargas et al., "Wind Power Generation: A Review and a Research Agenda," *Journal of Cleaner Production* 218 (May 1, 2019): 850–70, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.015.
[2]IRENA – International Renewable Energy Agency , Op.Cit , p26

قليل من الدول الأوروبية سنة 2022، بينما تظل طاقة الرياح البحرية تمثل جزءاً صغيراً، إلا أنها تستمر في الزيادة في أهميتها كل عام ووصلت إلى حوالي 7 % من إجمالي طاقة الرياح في سنة 2022.[1]

و أضافت بقية دول العالم نفس المقدار من السعة الإضافية (الصافية) التي اضافتها في سنة 2021 وبحلول نهاية سنة 2022 كان لدى أكثر من 100دولة مستوى معين من قدرة طاقة الرياح التجارية، و 37دولة كان لديها أكثر من 1جيجاواط قيد التشغيل [2]. تمثل طاقة الرياح جزءاً كبيراً من توليد الكهرباء في عدد متزايد من البلدان.

شهد الاتحاد الأوروبي على الرغم من النمو شبه القياسي في السعة في سنتي 2021 و2022 انخفاضًا في توليد طاقة الرياح بنسبة 3% في سنة 2022 بسبب فترات طويلة تتسم بانخفاض سرعة الرياح. على سبيل المثال، في أوروبا، أنتجت طاقة الرياح طاقة كافية في سنة 2021 لتزويد ما يقرب من 15% من متطلبات الطاقة في دول الاتحاد الأوروبي السبع والعشرين [3]، و لبت طاقة الرياح ما يقدر بـ 48% من الطلب على الكهرباء في الدنمارك في سنة 2021 وشكلت ما يقرب من58.6% من إجمالي توليد البلاد[4]. في حين الدول الأوروبية الأخرى التي لديها حصص توليد طاقة الرياح لا تقل عن 20% شملت أيرلندا 38% والمملكة المتحدة 24.2% والبرتغال 24% وألمانيا 21.9 % وإسبانيا23.2% [5]

في سنة 2022، من إجمالي 830 جيجاوات من طاقة الرياح المركبة، كان 93٪ أنظمة برية، مع 7٪ المتبقية مزارع الرياح البحرية. طاقة الرياح البرية هي تقنية متطورة، موجودة في 115 دولة حول العالم، بينما طاقة الرياح البحرية في المرحلة الأولى من التوسع، مع وجود طاقتها في 19 دولة فقط. ومع ذلك، من المتوقع أن يزداد الوصول إلى الخارج في السنوات القادمة حيث يقوم المزيد من البلدان بتطوير أو التخطيط لتطوير أول مزارع الرياح البحرية. [6]

[1] IRENA – International Renewable Energy Agency, Ibid, p28.

[2] Kwangtae Ha et al., "Recent Control Technologies for Floating Offshore Wind Energy System: A Review," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology* 8, no. 1 (January 1, 2021): 281–301, https://doi.org/10.1007/s40684-020-00269-5.

[3] Like Wang et al., "Virtual Water and CO2 Emission Footprints Embodied in Power Trade: EU-27," *Energy Policy* 155 (August 1, 2021): 112348, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112348.

[4] Merethe Dotterud Leiren et al., "Community Acceptance of Wind Energy Developments: Experience from Wind Energy Scarce Regions in Europe," *Sustainability* 12, no. 5 (January 2020): 1754, https://doi.org/10.3390/su12051754.

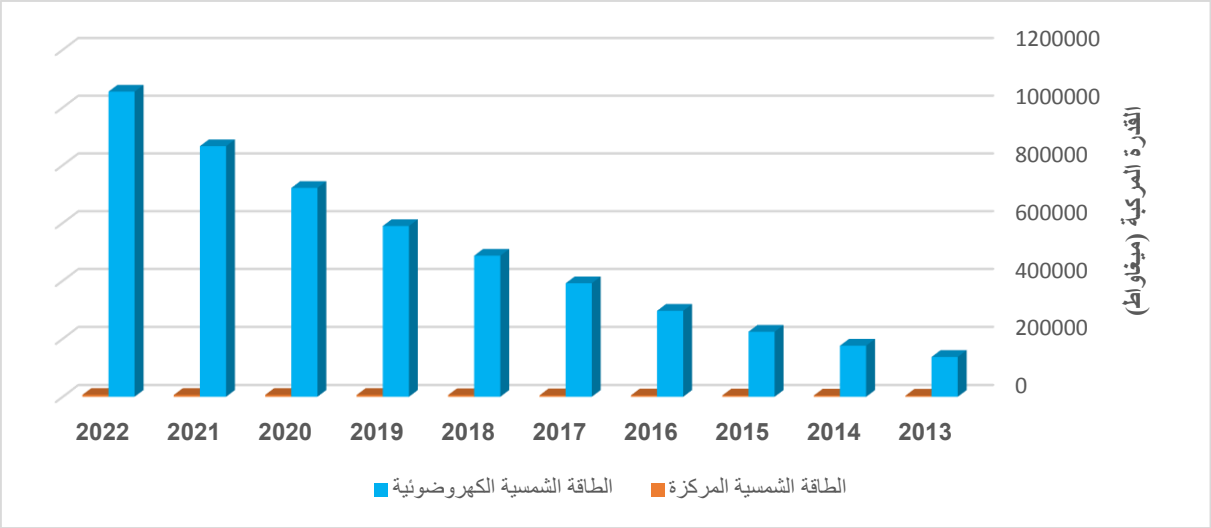
[5] Margarita Ortega-Izquierdo and Pablo del Río, "An Analysis of the Socioeconomic and Environmental Benefits of Wind Energy Deployment in Europe," *Renewable Energy* 160 (November 1, 2020): 1067–80, https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.06.133.

[6] "Wind Electricity – Analysis," IEA, accessed January 27, 2023, https://www.iea.org/reports/wind-electricity.

2.4. طاقة شمسية

كانت الطاقة الشمسية أكثر أنواع الطاقة الكهربائية إنتاجاً للطاقة المتجددة منذ سنة 2013حتى الآن. فالطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الحرارية الشمسية المركزة (CSTP) هما الشكلان الأساسيان لتكنولوجيا الطاقة الشمسية[1] حيث شهد توليد الكهرباء من كلا النوعين من الطاقة الشمسية زيادة كبيرة مقارنة بأي مصدر متجدد آخر ، وبلغ إجمالي التركيبات الجديدة ما يقدر بنحو 192جيجاوات بنهاية سنة 2022 .يتضح من الشكل رقم (1-6) النمو الملحوظ في الطاقة الشمسية المولدة خلال السنوات الأخيرة

الشكل رقم (1 – 6) القدرة المركبة للطاقة الشمسية في جميع أنحاء العالم



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 –الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)–

أصبحت الطاقة الشمسية الكهروضوئية شائعة ومطلوبة بشكل متزايد لأنها أصبحت أكثر قدرة على المنافسة من الخيارات الأخرى لتوليد الكهرباء. حيث إنها تجذب الاهتمام في مجموعة واسعة للأغراض التجارية والسكنية وكذلك للمشاريع على نطاق واسع[2]. وارتفع عدد الدول التي لديها ما لا يقل عن 1 جيجاوات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية المضافة حديثاً من 18دولة في سنة 2019 إلى22 دولة في سنة 2022 وساهمت جميع المناطق بشكل كبير في التوسع العالمي. بشكل عام، وصل ما لا يقل عن 42 دولة إلى قدرة تراكمية تبلغ 1 جيجاوات في نهاية سنة 2022. تؤدي الطاقة الشمسية الكهروضوئية دوراً مهماً في توليد الكهرباء في عدد متزايد من البلدان. وفي سنة 2022 كان لدى 15دولة على الأقل قدرة تشغيلية كافية لتلبية ما لا يقل عن 5% من طلبها على الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية. حيث شكلت الطاقة الشمسية الكهروضوئية حوالي 11.2% من التوليد

[1] Bahareh Oryani et al., "Barriers to Renewable Energy Technologies Penetration: Perspective in Iran," *Renewable Energy* 174 (August 1, 2021): 971–83, https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.052.

[2] Piyush Choudhary and Rakesh Kumar Srivastava, "Sustainability Perspectives- a Review for Solar Photovoltaic Trends and Growth Opportunities," *Journal of Cleaner Production* 227 (August 1, 2019): 589–612, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.107.

السنوي في هندوراس وللأسهم البارزة أيضاً في ألمانيا واليونان وأستراليا وتشيلي وإيطاليا واليابان بنسبة 10.5%و 10.4% و 9.9%و 9.8%و 9.4%و 8.5%على التوالي من التوليد السنوي

3.4. الطاقة الكهرومائية:

الطاقة المائية هي شكل من أشكال الطاقة التي يتم الحصول عليها من تدفق المياه. فالطاقة المائية هي واحدة من أكثر الطرق فعالية من حيث التكلفة لتوليد الطاقة الكهربائية وغالباً ما تكون التقنية المفضلة عند توفرها [1] ففي النرويج تمثل الطاقة الكهرومائية 99% من إجمالي الكهرباء المولدة [2] وفي الصين يعتبر سد الخوانق الثلاثة، بسعة 22.5 جيجاوات، أكبر مشروع لتوليد الطاقة الكهرومائية في العالم.[3] يولد ما بين 80 و 100 تيراواط / ساعة من الكهرباء سنوياً، وهو ما يكفي لتشغيل ما بين 70و 80 مليون منزل[4]. وأدى استخدام الطاقة الكهرومائية في كمبوديا إلى تعزيز الوصول إلى الطاقة بشكل كبير، حيث زادت الطاقة المولدة من الطاقة الكهرومائية من 32 إلى 4370 جيجاوات ساعة بين سنتي 2010 و2019 [5]. ومن الضروري الإشارة إلى أن مشاريع الطاقة الكهرومائية الصغيرة على نطاق صغير يمكن أن تحدث فرقاً هائلاً في المناطق الريفية [6]. على الرغم من حقيقة أن الطاقة الكهرومائية استحوذت على الحصة الأكبر من قدرة الطاقة المتجددة العالمية، بقدرة تراكمية قدرها 1392جيجاوات في سنة 2022. وزاد النمو في قطاع الطاقة المائية بشكل كبير 2022 حيث أضافت الصين 14.6جيجاواط من القدرة ، تليها كندا 1.3جيجاواط[7]. فإن الزيادة السنوية في كهرباء الطاقة الكهرومائية أقل بكثير من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في السنوات الأخيرة. بشكل عام تظهر القدرة المركبة للطاقة الكهرومائية في جميع أنحاء العالم في الشكل التالي

[1] M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra, "The Water Footprint of Electricity from Hydropower," preprint (Water Resources Management/Modelling approaches, September 8, 2011), https://doi.org/10.5194/hessd-8-8355-2011.

[2] Tor Haakon Bakken et al., "Development of Small Versus Large Hydropower in Norway– Comparison of Environmental Impacts," *Energy Procedia* 20 (2012): 185–99, https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.03.019.

[3] Li Heming, Paul Waley, and Phil Rees, "Reservoir Resettlement in China: Past Experience and the Three Gorges Dam," *The Geographical Journal* 167, no. 3 (September 2001): 195–212, https://doi.org/10.1111/1475-4959.00018.

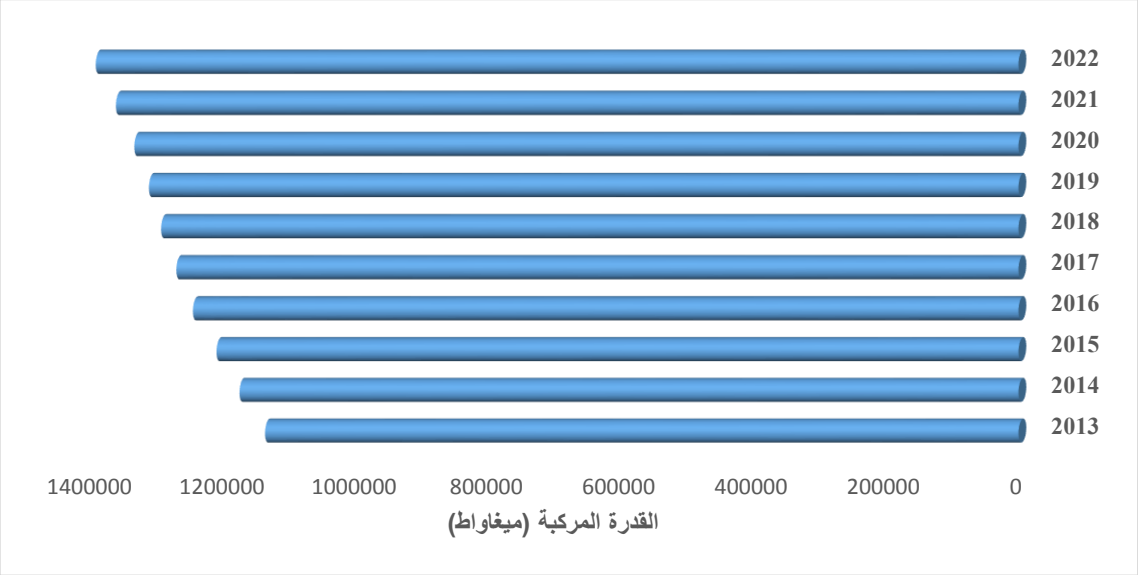
[4] Christiane Zarfl et al., "A Global Boom in Hydropower Dam Construction," *Aquatic Sciences* 77, no. 1 (January 1, 2015): 161–70, https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0.

[5] Ian G. Baird and W. Nathan Green, "The Clean Development Mechanism and Large Dam Development: Contradictions Associated with Climate Financing in Cambodia," *Climatic Change* 161, No. 2 (July 1, 2020): 365–83, https://doi.org/10.1007/s10584-019-02621-4.

[6] Masahiko Fujii et al., "Assessment of the Potential for Developing Mini/Micro Hydropower: A Case Study in Beppu City, Japan," *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Water, energy, and food nexus in the Asia-Pacific region, 11 (June 1, 2017): 107–16, https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.10.007.

[7]IRENA – International Renewable Energy Agency , Op.Cit , p42

الشكل رقم (1 – 7) القدرة المركبة للطاقة الكهرومائية في جميع أنحاء العالم



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 -الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)-

4.4 الطاقة الحيوية:

يمكن تصنيف استخدام الطاقة الحيوية إلى فئتين واسعتين: "حديث" و "تقليدي". فالوقود الحيوي السائل المصنوع من تفل قصب السكر والنباتات الأخرى؛ أنظمة تسخين الحبيبات الخشبية. الغاز الحيوي الناتج عن الهضم اللاهوائي للمخلفات؛ وغيرها من التقنيات كلها أمثلة على تكنولوجيا الطاقة الحيوية الحديثة. يشار إلى احتراق الكتلة الحيوية والذي يشمل الخشب والفحم التقليدي وروث الحيوانات باسم الطاقة الحيوية التقليدية [1]. تمثل الطاقة الحيوية أكثر من ثلاثة أرباع الاستهلاك العالمي للطاقة المتجددة، حيث تمثل الكتلة الحيوية التقليدية أكثر من النصف [2].شكلت الطاقة الحيوية ما يقرب من 10% من إجمالي استهلاك الطاقة و1.9% من إجمالي توليد الكهرباء في العالم في سنة 2015 [3]

تحويل النفايات إلى طاقة هو شكل مهم آخر من أشكال الطاقة الحيوية. حيث تعتبر طريقة جيدة لاستخدام النفايات كمصدر للطاقة المتجددة لأنها ستعالج صعوبات التخلص من النفايات وأزمة الطاقة الوشيكة[4]. إن استخدام النفايات كمصدر للطاقة لا يولد الطاقة فحسب، بل يساعد أيضاً في تقليل الآثار البيئية السلبية المرتبطة بالنفايات.

[1] H. Chum et al., "Bioenergy," accessed February 7, 2023, https://policycommons.net/artifacts/459617/bioenergy/1432529/.

[2] A. Bauen et al., "Bioenergy: A Sustainable and Reliable Energy Source. A Review of Status and Prospects.," *Bioenergy: A Sustainable and Reliable Energy Source. A Review of Status and Prospects.*, 2009, https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113044518.

[3] Walter V. Reid, Mariam K. Ali, and Christopher B. Field, "The Future of Bioenergy," *Global Change Biology* 26, No. 1 (2020): 274–86, https://doi.org/10.1111/gcb.14883.

[4] Atul Kumar and S.R. Samadder, "A Review on Technological Options of Waste to Energy for Effective Management of Municipal Solid Waste," *Waste Management* 69 (November 2017): 407–22, https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.046.

فعند معالجة 1 طن من النفايات باستخدام طرق تحويل النفايات إلى طاقة من النفايات بدلاً من التخلص منها في مكب النفايات، يتم تقليص 1.3طن من ثاني أكسيد الكربون من البيئة مقارنة بنفس كمية الكهرباء المولدة باستخدام الوقود الأحفوري التقليدي.[1] ومع ذلك، فإن الإمكانات الفعلية لتقنيات طرق تحويل النفايات إلى طاقة، لم تعترف بها البلدان النامية، التي تحتاج إلى مزيد من الاهتمام. في سنة 2019 بلغت القيمة السوقية العالمية لاستهلاك الطاقة 35.1مليار دولار أمريكي، بقيادة الدول النامية. من المتوقع أن يزداد سوق الطاقة المولدة من النفايات بنسبة 4.6% سنوياً من 2021 إلى 2027 لتصل إلى 50.1% مليار دولار بحلول سنة 2027 [2]

وتتمتع الكتلة الحيوية بإمكانيات كبيرة لتعزيز إمدادات الطاقة في البلدان كثيفة السكان مع زيادة الطلب مثل الصين، والهند، والولايات المتحدة، والبرازيل. حيث يمكن حرقها مباشرة للتدفئة أو لتوليد الطاقة [3] توفر الطاقة الحيوية الحديثة بنهاية سنة 2019. 9.5% من الحرارة المطلوبة في الزراعة والصناعة و5% في المباني. يمثل الوقود الحيوي وخاصة الديزل الحيوي والإيثانول حوالي 3%من إجمالي طاقة النقل. ولكن في سنة 2020ت قلص إنتاج الإيثانول بنسبة 8% لأن المنتج الرئيسي–الولايات المتحدة الأمريكية، شهد انخفاضاً في الإنتاج بنسبة 11%[4].زادت مساهمة الطاقة الحيوية في صناعة الطاقة بنسبة 6% في سنة 2020 لتصل إلى 602 تيراوات ساعة. لا تزال الصين أكبر منتج للطاقة الحيوية في العالم، تليها الولايات المتحدة والبرازيل. وتقدر زيادة صافي القدرة الاستيعابية في سنة 2021بـ +10.3جيجاواط مقارنة بـ +9.1جيجاواط في سنة 2020. حيث ان قدرة الطاقة الحيوية توسعت في الصين بمقدار 6.2جيجاوات، مما أدى إلى التوسع الصافي في آسيا والعالم، وكانت أمريكا الشمالية هي المنطقة الأخرى الوحيدة التي شهدت توسعاً كبيراً في سنة 2022 حيث أضافت 1.3جيجاوات من الطاقة الحيوية. وقد زادت الطاقة المولدة من الطاقة الحيوية في جميع أنحاء العالم من 68.85جيجاواط إلى 127.2جيجاواط بين سنتي 2013 و 2022كما هو موضح في الشكل التالي

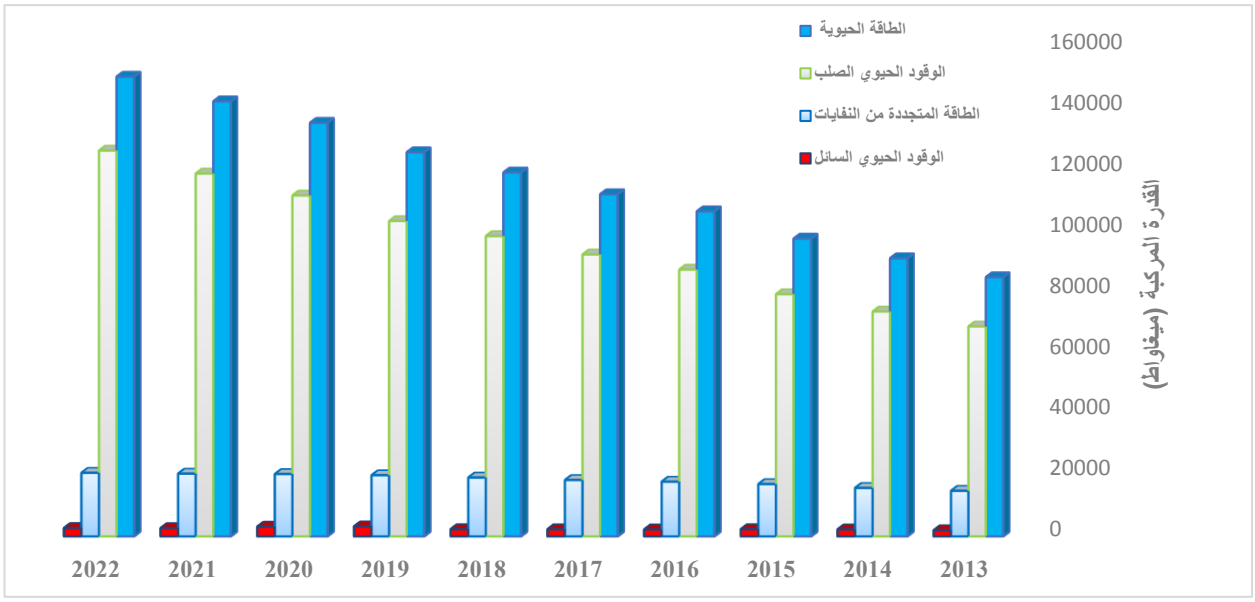
[1] Hongting Ma et al., "Review of Typical Municipal Solid Waste Disposal Status and Energy Technology," *Energy Procedia*, CUE 2015 - Applied Energy Symposium and Summit 2015: Low carbon cities and urban energy systems, 88 (June 1, 2016): 589–94, https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.083.

[2] نزار عوني اللبدي، التنمية المستدامة استغلال الموارد الطبيعية والطاقة المتجددة، دار دجلة للنشر والتوزيع، الأردن ، 2015، ص 284

[3] Jicheng Liu et al., "Present Situation, Problems and Solutions of China's Biomass Power Generation Industry," *Energy Policy* 70 (July 1, 2014): 144–51, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.03.028.

[4] S. J. Mandley et al., "EU Bioenergy Development to 2050," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 127 (July 1, 2020): 109858, https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109858.

الشكل رقم (1 – 8) الطاقة العالمية المولدة من الطاقة الحيوية



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 –الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)–

5.4. الطاقة الحرارية الأرضية

تعُرف الحرارة التي تأتي من أعماق القشرة الأرضية بالطاقة الحرارية الأرضية. تنقل المياه أو البخار الطاقة الحرارية الأرضية إلى سطح الأرض. كان أول استخدام تجاري لتكنولوجيا الطاقة الحرارية الأرضية لتوليد الكهرباء في سنة 1913عندما تم بناء محطة لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية بسعة 250كيلو وات في إيطاليا[1]. وفي الآونة الأخيرة، تلبي الطاقة الحرارية الأرضية جزءاً كبيراً من احتياجات الكهرباء في بلدان مثل أيسلندا ونيوزيلندا والسلفادور والفلبين وكينيا، فضلاً عن أنها تلبي أكثر من 90%من احتياجات التدفئة في آيسلندا. مقارنة بالسنوات الأخيرة، كان توسع السعة بطيئاً نوعاً ما في سنة 2020 (ويرجع ذلك جزئياً إلى الاضطرابات الناجمة عن الوباء)

تم تشغيل ما يقرب من 0.15جيجاوات من السعة الجديدة لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية في سنة 2020 مما أدى إلى زيادة الإجمالي العالمي إلى ما يقرب من 14.1جيجاوات. تم رفع قدرة تركيا بمقدار 99ميجاوات، بينما شهدت الولايات المتحدة ونيوزيلندا وإيطاليا زيادات أقل.

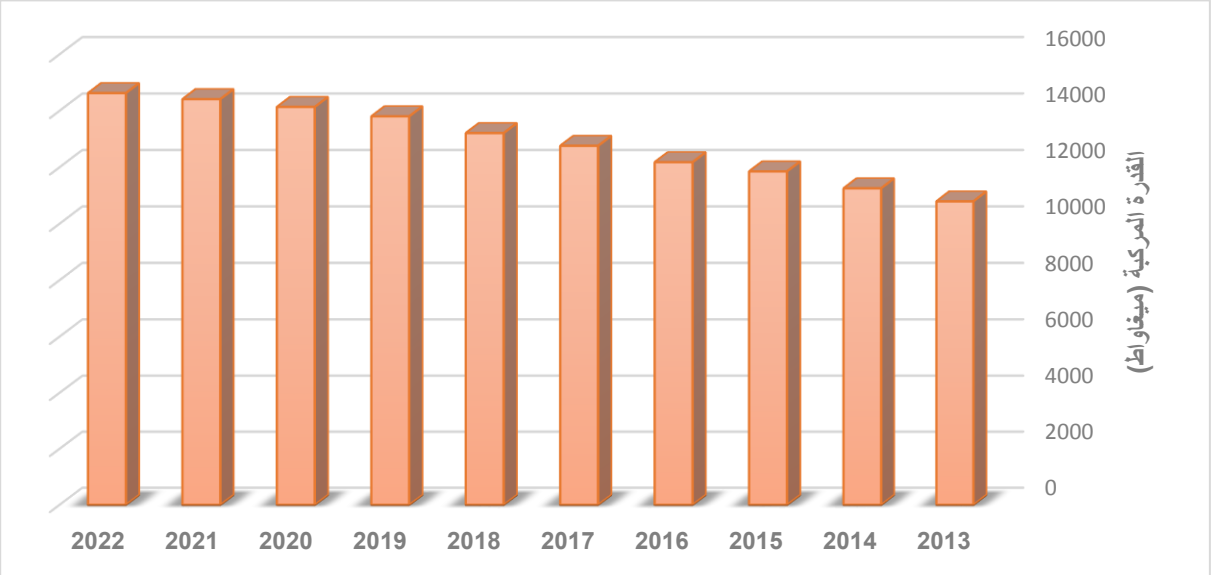
شهدت السعة للحرارية الجوفية نمواً استثنائياً في سنة 2021 بإضافة 1.6جيجاوات. وزادت الولايات المتحدة بقدرة 1.3جيجاواط، وحدثت توسعات أخرى في إندونيسيا (+)146ميجاواط وتركيا (+) 63 ميجاواط وإيطاليا (+)30 ميجاواط والمكسيك (+)25 ميجاواط[2]

[1] Ingrid Stober and Kurt Bucher, "History of Geothermal Energy Use," in *Geothermal Energy: From Theoretical Models to Exploration and Development*, ed. Ingrid Stober and Kurt Bucher (Berlin, Heidelberg: Springer, 2013), 15–24, https://doi.org/10.1007/978-3-642-13352-7_2.

[2]IRENA – International Renewable Energy Agency , Op.Cit , p 48

وزادت الطاقة الحرارية الأرضية بشكل طفيف للغاية في سنة 2022 مع حدوث معظم هذا التوسع في كينيا (+) 86ميجاوات، إندونيسيا (+) 57 ميجاوات والولايات المتحدة (+) 56 ميجاوات. وبشكل عام، زادت الطاقة المولدة باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية من 1جيجاوات في سنة 2010 إلى 15جيجاوات في سنة 2022.[1] الشكل رقم (1-9) يصور التوسع العالمي الأخير في قدرة الطاقة الحرارية الأرضية. حيث ان أكبر عشرة منتجين للطاقة الحرارية الأرضية سنة 2022 هم الولايات المتحدة وإندونيسيا والفلبين وتركيا ونيوزيلندا والمكسيك وكينيا وإيطاليا وأيسلندا واليابان.[2]

الشكل رقم (1 – 9) الطاقة المولدة من الطاقة الحرارية الأرضية خلال السنوات الماضية.



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 -الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)-

6.4 طاقة المحيطات

يمكن استخراج الطاقات المتجددة للمحيطات من خلال مجموعة كبيرة ومتنوعة من التقنيات التي تستغل المياه أو الطاقة التي يتم الحصول عليها من الطاقة الحركية للأجسام الكبيرة للمياه المتحركة. هناك خصائص للطاقة المتجددة للمحيطات تجعلها أكثر جاذبية كمصادر طاقة مستدامة عند مقارنتها بالمصادر الأرضية للطاقة المتجددة. يتم نشر معظم الطاقة المتجددة للمحيطات مثل الأمواج والمد والجزر والطاقة الحرارية للمحيطات في الخارج وبالتالي لا تشغل مساحة محدودة من الأرض. على عكس معظم مزارع الرياح البرية، التي تجاوزت تخطيط استخدام الأراضي في العديد

[1] "IRENA – International Renewable Energy Agency ,lbid, p25
[2] Muhammad Umar et al., "Geothermal Energy and Carbon Emissions Nexus in Leading Geothermal-Consuming Nations: Evidence from Nonparametric Analysis," *Energy & Environment*, February 13, 2023, 0958305X231153972, https://doi.org/10.1177/0958305X231153972.

من البلدان لا سيما في أوروبا. تميل الطاقة المتجددة للمحيطات إلى أن تكون بعيدة عن الشاطئ، وغالباً لا يمكن رؤيتها من قبل المراقب العادي ولا تشغل مساحة محدودة من الأرض.[1]

كما توفر الطاقة المتجددة للمحيطات فرصاً لإرضاء الأسواق المتخصصة، مثل توفير الكهرباء للجزر النائية وغيرها من المجتمعات الساحلية النائية، ولتلبية احتياجات الطاقة للصناعات البحرية مثل تربية الأحياء المائية.[2]

- **طاقة الأمواج**

تعتمد طاقة الأمواج على تدفق الرياح فوق المحيط وتستفيد من موجات المحيط الناتجة لتوليد الكهرباء من خلال أجهزة تحويل طاقة الأمواج. التقديرات العالمية لإمكانات طاقة الأمواج لا تزال غير مؤكدة نسبياً. لم يتم نشر تقنيات طاقة الأمواج إلا في 2 % من الخط الساحلي في العالم الذي يبلغ 800 ألف كيلومتر. وهناك العديد من المواقع في جميع أنحاء العالم ذات إمكانات كبيرة للموجات. تشمل هذه المواقع الساحل الغربي لأوروبا، والساحل الشمالي للمملكة المتحدة، وسواحل المحيط الهادئ لأمريكا الشمالية والجنوبية، وجنوب إفريقيا ، وأستراليا ، ونيوزيلندا ، بسبب الامتدادات الطويلة للمحيط مع التعرض للرياح السائدة التي توفر موجات قوية لهذه السواحل.

- **طاقة المد والجزر**

تعد طاقة المد والجزر واحدة من أكثر أشكال تكنولوجيا طاقة المحيطات تقدماً. ينتج عن حركة الماء في تيار أو حركة الماء في صعود وهبوط مياه البحر. يتم استخراج الطاقة من المد والجزر أو التيارات باستخدام محولات طاقة المد والجزر في التيار أو قناطر المد والجزر أو البحيرات التي تستفيد من الطاقة الكامنة في الفرق في الارتفاع بين صعود وهبوط المد والجزر. على الصعيد العالمي، تشير التقديرات إلى أن مورد طاقة المد والجزر القابل للحصاد تقنياً يبلغ حوالي 1 تيرا واط. تتواصل أبحاث طاقة المد والجزر في جميع أنحاء العالم ومع إمكانية توليد الطاقة ليلاً ونهاراً إلى جانب التنفيذ والتطوير المتزايد في التكنولوجيا، ستصبح طاقة المد والجزر مصدراً للطاقة منخفض التكلفة.

- **الطاقة الحرارية للمحيطات**

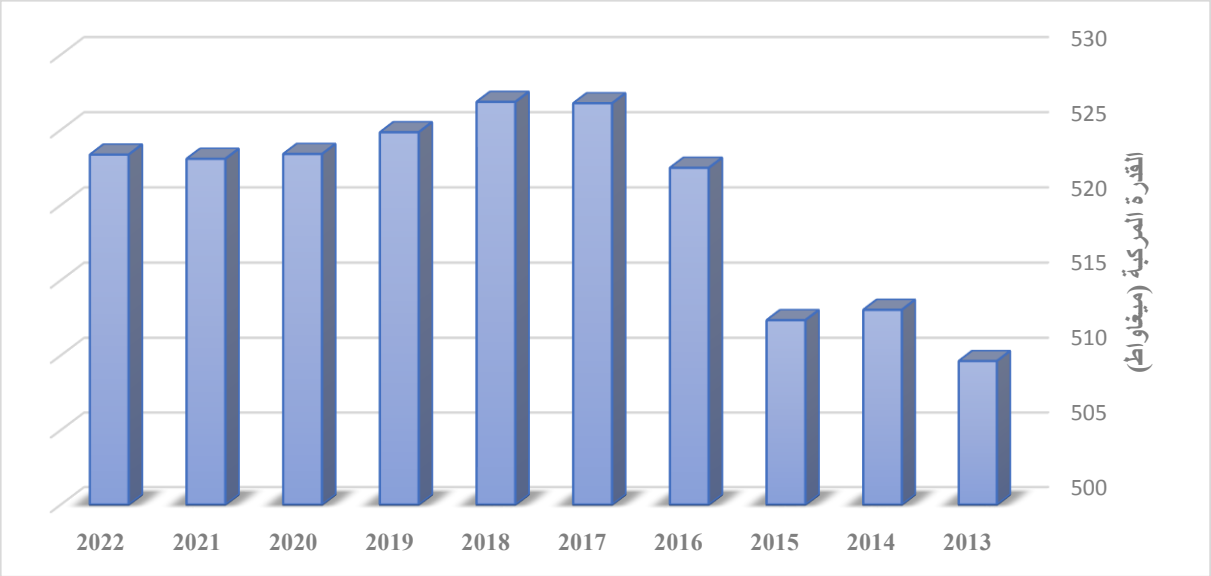
تستخدم تقنيات تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات فرق درجات الحرارة بين مياه البحر الدافئة على سطح المحيط ومياه البحر الباردة في المياه العميقة لإنتاج الكهرباء. يعتبر إنتاج الطاقة من الفرق بين المياه المالحة والمياه العذبة أكثر ملاءمة بالقرب من المحيط. وتمتلك العديد من البلدان حول العالم موارد للطاقة الحرارية للمحيطات قابلة للتطبيق، ولا سيما الدول الجزرية في المحيط الهادئ والمحيط الكاريبي. على الرغم من أن الطاقة الحرارية للمحيطات قد يكون لديها

[1] Mark A. Hemer et al., "Perspectives on a Way Forward for Ocean Renewable Energy in Australia," *Renewable Energy* 127 (November 1, 2018): 733–45, https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.036.
[2] Gordon Dalton et al., "Economic and Socio-Economic Assessment Methods for Ocean Renewable Energy: Public and Private Perspectives," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45 (May 1, 2015): 850–78, https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.068.

أعلى إمكانات عند مقارنتها بتقنيات المحيطات الأخرى، إلا أن الخبرة قليلة في بناء مصانع للطاقة الحرارية للمحيطات على نطاق واسع بخلاف المشاريع التجريبية.

شكلت الطاقة البحرية أقل نسبة مئوية من إجمالي الطاقة المتجددة على مستوى العالم، بقدرة تراكمية بلغت 526.8ميجاوات. وكانت الزيادة السنوية هي الأدنى في السنة الماضي بحوالي 1.1ميغاواط[1]

الشكل رقم (1 – 10) الحصة العالمية من قدرة طاقة المحيطات.



المصدر: من اعداد الطالب باعتماد على إحصائيات قدرة توليد الطاقة المتجددة 2023 –الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)–

[1]IRENA – International Renewable Energy Agency, Op.Cit , p 48

ثانيا: الإطار المفاهيمي للتنمية المستدامة

لا يمكن إنكار أن مفهوم التنمية المستدامة قد تطور بشكل كبير واكتسب مكانة بارزة في الفكر والأدبيات التنموي المعاصر على مدى العقود القليلة الماضية. ويمكن أن يعزى هذا التطور إلى التحديات المتصاعدة واتساع الفجوة بين المطالب الاقتصادية والاحتياجات الاجتماعية – البيئية. علاوة على ذلك، هناك وعي متزايد حول متابعة شكل متوازن من التنمية بأبعاد مترابطة تؤثر بعمق على الحياة، سواء في الحاضر أو في المستقبل. ومن ثم، برزت التنمية المستدامة كقضية مستقبلية حاسمة، تستحوذ على اهتمام الأفراد والمؤسسات والحكومات اليوم.

1. مفهوم التنمية المستدامة

قبل التطرق لأبرز التعاريف التي وردت في شأن التنمية المستدامة، نستعرض أهم المفاهيم التي سادت قبل ظهورها والتي ارتبطت بداية بالأبعاد الاقتصادية ثم الاجتماعية فالبيئية.

1.1. تعريف النمو الاقتصادي

يشير النمو الاقتصادي إلى الزيادة المستمرة في الناتج الاقتصادي أو القيمة الإجمالية للسلع والخدمات التي ينتجها بلد ما، ويتم قياسه عادةً بالناتج المحلي الإجمالي (GDP) خلال فترة محددة. يعد هذا المفهوم أساسيًا للاقتصاد الكلي وغالبًا ما يُعتبر مؤشرًا أساسيًا للصحة والتقدم الاقتصادي للبلد.

ويمكن إرجاع أحد المراجع الأصلية حول النمو الاقتصادي إلى أعمال سيمون كوزنتس، وهو خبير اقتصادي ساهم بشكل كبير في فهم أنماط النمو الاقتصادي. في عمله الأساسي، "النمو الاقتصادي وعدم المساواة في الدخل"[1] (1955)، يناقش كوزنتس كيفية قياس النمو الاقتصادي وآثاره على توزيع الدخل. ويقدم مفهوم الناتج المحلي الإجمالي كمقياس للدخل القومي والإنتاج، والذي أصبح أساسيا في التحليل الاقتصادي.

ويعتبر روبرت سولو مرجع تأسيسي آخر، والذي يعد نموذجه للنمو الاقتصادي، المقدم في "مساهمة في نظرية النمو الاقتصادي" (1956)، أحد الركائز الأساسية لنظرية النمو الاقتصادي الحديثة. يشرح نموذج النمو سولو النمو الاقتصادي طويل الأجل القائم على تراكم رأس المال، أو نمو العمالة أو السكان، والزيادات في الإنتاجية، الناشئة عن التقدم التكنولوجي[2].

وأكد جوزيف شومبيتر على التأثير التحويلي للابتكار التكنولوجي وريادة الأعمال، وصياغة مصطلح "التدمير الخلاق" لوصف كيف تعطل التكنولوجيات الجديدة القديمة، مما يدفع الطبيعة الدورية للنمو الاقتصادي "نظرية

[1] Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. The American Economic Review, 45(1), 1-28.
[2] Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. The Quarterly Journal of Economics, 70(1), 65-94. doi:10.2307/1884513

الاقتصاد الاقتصادي" التنمية ". وتوضح هذه المنظورات التأسيسية بشكل جماعي كيف أن النمو الاقتصادي هو عملية ديناميكية ومتعددة الأوجه، مدفوعة بمزيج من العوامل الاقتصادية والتكنولوجية والاجتماعية.

2.1. تعريف التنمية الاقتصادية:

وتعرف التنمية الاقتصادية على أنها "تعزيز مستمر في الدخل القومي الحقيقي وزيادة في متوسط دخل الفرد، مصحوبا بتغييرات كبيرة في هيكل الإنتاج ونوعية السلع والخدمات. كما يشمل السعي إلى توزيع أكثر إنصافا للدخل القومي، والدعوة إلى توزيع الدخل لصالح الأقل حظا "[1]. ويشمل هذا التعريف النمو الاقتصادي، ولكنه يضيف تركيزا على الجوانب النوعية (النوعية) للإنتاج، وليس فقط الجوانب الكمية (زيادة نصيب الفرد من الدخل).

ويؤكد التعريف أيضا على البعد الاجتماعي من خلال التشديد على أهمية التوزيع العادل للدخل القومي، الذي ينبغي أن يفيد غالبية أفراد المجتمع، إن لم يكن جميعهم. يمكن أن يكون هذا مباشرا أو غير مباشر، مثل توجيه جهود ريادة الأعمال نحو شرائح المجتمع مثل العاطلين عن العمل أو الأفراد الذين يقيمون في المنزل أو الأسر الفقيرة. وهذا يتوافق مع التعريف الذي أقره معظم علماء التنمية، كما تمثله الأمم المتحدة، والذي يرى التنمية على أنها "عملية يمكن للمواطنين والحكومة التعاون فيها لتحسين الظروف الاجتماعية والاقتصادية في المجتمعات المحلية، وتسهيل اندماجهم في تقدم الأمة إلى أقصى حد ممكن"[2].

إضافة الى ذلك، تتميز التنمية الاقتصادية بأنها "عملية تحويلية في الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والفكرية والتنظيمية للمجتمع، تهدف إلى ضمان حياة كريمة لجميع أفراد المجتمع". وهذا يؤكد أن الأفراد أو الموارد البشرية يظلون محوريين في عملية التنمية وأنهم وسيلة حاسمة لتحقيق غايتها.[3]

وبالتالي، يمكن للمرء أن يميز بين النمو الاقتصادي والتنمية الاقتصادية، والتي كان ينظر إليها سابقا على أنها مرادفة في الأدبيات الاقتصادية الاولى. وكلاهما يشير إلى البعد الاقتصادي الذي يمثله معدل نمو الدخل القومي الحقيقي وزيادة دخل الفرد. ومع ذلك، فإن التنمية الاقتصادية توسع نطاقها لتشمل البعد الاجتماعي، مع التركيز على توسيع فوائد النمو والدعوة إلى تحسين الظروف الاجتماعية لأفراد المجتمع.

---

[1] ميشيل تودارو، التنمية الاقتصادية، تعريب محمود حسن حسني و محمود حامد محمود عبد الرزاق، دار المريخ للنشر، الرياض، السعودية،2006، ص 50

[2] العربي حجام ، سميحة طري, لتنمية المستدامة في الجزائر قراءة تحليلية في المفهوم والمعوقات, مجلة أبحاث ودراسات التنمية، ، المجلد6 ،العدد2، ديسمبر 2019 ص 123.

[3] مصطفى يوسف كافي، التنمية المستدامة، دار الاكاديميون للنشر والتوزيع، القاهرة ،2017، ص16.

3.1. التنمية المستدامة

1.3.1. مراحل تطور مفهوم التنمية المستدامة

في أربعينيات وخمسينيات القرن العشرين، كان ينظر إلى التنمية في المقام الأول على أنها عملية زيادة الدخل القومي ومتوسط دخل الفرد. ومع ذلك، من أواخر ستينيات القرن العشرين إلى منتصف سبعينيات القرن العشرين[1]، بدأ تعريف التنمية لتشمل العوامل الاجتماعية، مثل مكافحة الفقر، والحد من البطالة ، ومعالجة عدم المساواة. وفي السابق، كان يقتصر فقط على الجوانب الاقتصادية. على الرغم من فعالية هذا النموذج الذي يدمج العناصر الاقتصادية والاجتماعية، أدى إهمال الاعتبارات البيئية إلى قضايا بيئية حادة، مما استلزم تحولا جديدا.

وقد أدى ذلك إلى ظهور المتغير البيئي، مما دفع الباحثين والاقتصاديين والمجتمع العالمي إلى دمجه في استراتيجيات وخطط التنمية. ونتيجة لذلك ظهرت فلسفة إنمائية جديدة، تهدف إلى الحد الأدنى من التدهور البيئي مع تعزيز العدالة الاجتماعية والنمو الاقتصادي المتوازن. توج هذا الجهد بمفهوم "التنمية المستدامة"[2]، الذي تم تقديمه رسميا في "تقرير برونتلاند" من قبل لجنة الأمم المتحدة للبيئة والتنمية في سنة 1987. سعى هذا المفهوم إلى تلبية احتياجات الأجيال الحالية دون تعريض قدرة الأجيال القادمة للخطر، ومواءمة التنمية الاقتصادية مع الحفاظ على البيئة، مع مراعاة المتطلبات الاجتماعية البشرية[3].

بعد ذلك عقدت العديد من المؤتمرات الدولية لاستكشاف التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة دون ضرر بيئي. وأبرزها قمة الأرض سنة 1992 في ريو دي جانيرو بالبرازيل، مما أدى إلى خطة استراتيجية للبيئة والتنمية في القرن 21، وإنشاء لجنة للتنمية المستدامة للمتابعة الفعالة[4]. وفي سنة 1997، عقد اجتماع ثاني في نيويورك (مؤتمر قمة الأرض +5)، تلاه اعتماد بروتوكول كيوتو في شهر ديسمبر من نفس السنة في اليابان للحد من انبعاثات الغازات وتعزيز كفاءة الطاقة[5].

وفي سنة 2002، قيم مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة المعقود في جوهانسبرغ التقدم المحرز والتحديات في تحقيق أهداف الاستدامة. ومن المعالم البارزة الأخرى في التنمية المستدامة مؤتمر الأمم المتحدة للتنمية المستدامة سنة 2012 (ريو + 20)، الذي ركز على الاقتصاد الأخضر والبنية التحتية للتنمية المستدامة. سلط هذا المؤتمر الضوء على سبع مجالات رئيسية، توجت بوثيقة "المستقبل الذي نصبو إليه"، والتأكيد على الالتزام الدولي ببناء مستقبل

[1] Hossein Komasi, Sarfaraz Hashemkhani Zolfani, and Alireza Nemati, "Evaluation of the Social-Cultural Competitiveness of Cities Based on Sustainable Development Approach," *Decision Making: Applications in Management and Engineering* 6, no. 1 (April 8, 2023): 583–602, https://doi.org/10.31181/dmame06012023k.

[2] Tomáš Hák, Svatava Janoušková, and Bedřich Moldan, "Sustainable Development Goals: A Need for Relevant Indicators," *Ecological Indicators* 60 (January 1, 2016): p:05, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003.

[3] عبد الرزاق مقري، مشكلات التنمية والبيئة والعلاقات الدولية، دار الخلدونية للنشر والتوزيع، الجزائر، 2008 ،ص 265.

[4] بوزاهر نسرين، ترقية العرض السياحي الوطني في ظل مشاريع التنمية المستدامة للسياحة منطقة الزيبان، أطروحة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية، جامعة بسكرة ،2017 ، ص7

[5] نوال زربيطة و ياسمينة بغريش، الأهداف الايكولوجية للتنمية الحضرية المستدامة، مجلة الفكر المتوسطي، المجلد 11، العدد 01، 2022، ص 182.

مستدام اقتصاديا واجتماعيا وبيئيا، وتحديد استراتيجيات للتخفيف من حدة الفقر، وتعزيز العدالة الاجتماعية، وضمان حماية البيئة[1].

في سنة 2015، اتفقت جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة البالغ عددها 193 دولة على أهداف وغايات عالمية جديدة للتنمية المستدامة، لإفادة الأجيال الحالية والمقبلة على مدى السنوات الـ 15 المقبلة، أي حتى سنة 2030. وكانت هذه الأهداف والغايات متكاملة وغير قابلة للتجزئة، وشكلت خطة جديدة ملخصة في الوثيقة الختامية للمؤتمر المعنونة "تحويل عالمنا"[2].

2.3.1. تعريف التنمية المستدامة

تشير التنمية المستدامة إلى نموذج للنمو يضمن توازنا متناغما وترابطا بين الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، دون إغفال أي منها. يؤكد هذا النموذج على الاستمرارية والاستغلال الواعي للموارد الطبيعية.[3]

المصطلح نفسه مشتق من فعلين: "نمت"، يرمز إلى الزيادة والتعددية، و "الاستدامة" ، مما يدل على المثابرة والاستمرارية. كما أنها تترجم من المصطلح الإنجليزي "Sustainable Development " مع التأكيد على مبدأ النمو المستمر وقوى الاكتفاء الذاتي التي تضمن الاستمرارية.

فيما يلي بعض التعاريف الرئيسية للتنمية المستدامة:

تعرفه اللجنة العالمية للبيئة والتنمية على أنه تلبية الاحتياجات الأساسية مثل الأمن والصحة والغذاء للجميع دون استثناء. يؤكد هذا التعريف على الاستخدام الرشيد للموارد وانتشار القيم التي تشجع الاستهلاك ضمن الحدود البيئية. ويسلط الضوء على التنمية الاجتماعية أو البشرية، مع الاعتراف بأن التنمية المستدامة تشمل جميع الأنواع، بما في ذلك الاقتصادية والثقافية والبيئية، ومراعاة احتياجات الوقت والأجيال القادمة[4].

وهناك تعريف آخر ينظر إلى التنمية المستدامة على أنها نمو متوازن يشمل جميع الأنشطة المجتمعية. إنه ينطوي على الاستثمار الأمثل للموارد المادية والبشرية، وتبني العدالة في الإنتاج والاستهلاك والتوزيع لتعزيز رفاهية الجميع دون

[1] Jeffrey D. Sachs et al., "Six Transformations to Achieve the Sustainable Development Goals," *Nature Sustainability* 2, no. 9 (September 2019): 805–14, https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9.

[2] Longyu Shi et al., "The Evolution of Sustainable Development Theory: Types, Goals, and Research Prospects," *Sustainability* 11, no. 24 (January 2019): 7158, https://doi.org/10.3390/su11247158.

[3] Rachel Emas, "The Concept of Sustainable Development: Definition and Defining Principles," *Brief for GSDR* 2015 (2015): 10–13140.

[4] Alejandro Alvarado-Herrera et al., "A Scale for Measuring Consumer Perceptions of Corporate Social Responsibility Following the Sustainable Development Paradigm," *Journal of Business Ethics* 140 (2017): 243–62.

الإضرار بالبيئة أو الأجيال القادمة. يعكس هذا الرأي مفهوم التنمية الشاملة من سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي، ومعالجة الجوانب الثلاثة للتنمية ولكن التعامل معها بشكل مستقل[1].

في مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية (قمة الأرض)، كانت التنمية المستدامة يوصف بأنه الحق في التنمية للأجيال الحالية والمقبلة على قدم المساواة. وتم التركيز على التضامن، وربط الحفاظ على البيئة بالتنمية، ومعالجة القضايا الاجتماعية مثل الفقر والبطالة[2].

ومن التعاريف البديلة التنمية المستدامة على أنها تلبي الاحتياجات الحالية دون إعاقة قدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها. ويهدف إلى التوافق والتكامل بين نظم الموارد والنظم الاقتصادية والنظم الاجتماعية. يرى هذا المنظور التنمية المستدامة كعملية مجتمعية حيث يجب على جميع المجموعات المساهمة بانسجام.[3]

يصف التعريف الإجرائي التنمية المستدامة بأنها عملية مجتمعية مدروسة ومستمرة تسترشد بإرادة وطنية مستقلة لخلق تحولات تسمح بالتحسين المستمر لنوعية الحياة. ويتطلب إعادة تنظيم الهياكل السياسية والإدارية والاقتصادية والاجتماعية لتحسين موارد المجتمع وتحسين نوعية الحياة عبر الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بطريقة متوازنة ومتكاملة. ويركز على ريادة الأعمال على استهداف العاطلين عن العمل والفئات الفقيرة، وبالتالي توسيع المشاركة، وتعزيز التضامن الاجتماعي، وإيجاد حلول للمشاكل الاجتماعية والبيئية[4].

من هذه التعريفات المختلفة، يمكن فهم التنمية المستدامة على أنها عملية جيدة التخطيط تسترشد برؤية استراتيجية متعددة الأبعاد. وهو ينطوي على التعاون بين القطاعين العام والخاص ومنظمات المجتمع المدني وجميع مستويات المجتمع المحلي، مما يتطلب إعادة التنظيم للسماح بالاستخدام الأمثل للموارد الحالية والمستقبلية. الهدف هو التحسين المستمر لنوعية الحياة عبر الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بطريقة متوازنة ومتكاملة.

[1] Adesuwa Vanessa Agbedahin, "Sustainable Development, Education for Sustainable Development, and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Emergence, Efficacy, Eminence, and Future," *Sustainable Development* 27, no. 4 (2019): 669–80, https://doi.org/10.1002/sd.1931.

[2] Thompson Koy, "The Rio Declaration on Environment and Development," in *The'Earth Summit'Agreements: A Guide and Assessment* (Routledge, 2019), 85–96.

[3] حرفوش سهام ، صحراوي ايمان و بوباية ذهبية ريمة ، الإطار النظري للتنمية المستدامة ومؤشرات استخدامها ، مداخلة مقدمة للمؤتمر الموسوم بـ التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة ، جامعة فرحات عباس سطيف ، يومي 07و2008/04/08

[4] مدحت أبو النصر، ياسمين مدحت محمد، التنمية المستدامة مفهومها – ابعادها – مؤشرتها، المجموعة العربية للتدريب والنشر، القاهرة، 2017، ص64

2. خصائص التنمية المستدامة

تتصف التنمية المستدامة بسمات، نذكر منها

- خلافا للتنمية العادية، فإن التنمية المستدامة أكثر ترابطا وتعقيدا، لا سيما من حيث التفاعل بين العناصر الطبيعية والاجتماعية[1].
- نظرا لارتفاع درجة التداخل ومزيج العناصر النوعية والكمية، فإن عناصر التنمية المستدامة لا يمكن الفصل بينها.
- التنمية المستدامة هي عملية مجتمعية تتطلب مشاركة جميع القطاعات والمجموعات، بدلا من الاعتماد فقط على قلة مختارة أو مورد واحد.[2]
- التنمية المستدامة هي ليست عملية عشوائية، ولكنها عملية واعية ذات أهداف محددة، واستراتيجية طويلة الأجل، وأهداف مؤقتة ، وخطط وبرامج شاملة.
- تمتلك التنمية المستدامة بطبيعتها منظورا طويل الأجل، متجذرا في التقديرات المحتملة الحالية ومصمما لإطار زمني ممتد في المستقبل، عادة ما تقدر بـ 15 سنة كما هو موضح في الأهداف الإنمائية للألفية وخطة سنة 2030.[3]
- هي نهج متكامل ينسق استخدام الموارد واتجاهات الاستثمار والخيارات التكنولوجية، ومواءمتها داخل النظام البيئي لضمان الحفاظ عليه وتحقيق التنمية المستمرة[4].
- يهدف إلى تحقيق العدالة بين الأجيال والإقليمية، والحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية المتاحة للأجيال القادمة وتحقيق التوازن بين الموارد بين المناطق المختلفة[5] (على سبيل المثال، الشمال والجنوب).
- وهو ينطوي على بناء قدرة إنتاجية قوية ومكتفية ذاتيا تعتمد على موارد محلية ومتنوعة ومترابطة ومتكاملة، وقادرة على التكيف مع التغيرات، مع هيكل اجتماعي جيد التنظيم، وموارد بشرية مدربة، وقدرة فنية، وتراكم كاف لرأس المال.[6]
- التنمية المستدامة هي مشروع عالمي يعزز الامتثال للاتفاقيات الدولية لحماية البيئة، ويستلزم تغييرات هيكلية في أنماط الإنتاج والاستهلاك[1] ، ويهدف إلى تحقيق أهداف التنمية المستدامة على النحو المبين في برنامج الأمم المتحدة لسنة 2030.

---

[1] كاميلية سايغي، دور التمويل الأصغر في تحقيق التنمية المستدامة، الفا للوثائق، عمان ، الأردن ، 2021، ص45

[2] محمد زيدان و فرج شعبان، حماية البيئة كمدخل للتنمية المستدامة، الملتقى الوطني حول البيئة والتنمية المستدامة، جامعة الشلف، 2008، ص11.

[3] فريد بختي . رضا بهياني،مرجع سابق، ص 47.

[4] لخضر بن علية، دور الاستثمار السياحي في تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، أطروحة دكتوراه علوم في علوم التسيير تخصص الإدارة البيئية والسياحية، جامعة الجزائر، 2017/2018 ، ص 19

[5] شارلس كولستاد (ترجمة أحمد يوسف عبد الخير)، الاقتصاد البيئي، النشر العلمي والمطابع، السعودية، الجزء الأول، 2005، ص13.

[6] مدحت أبو النصر، ياسمين مدحت محمد، مرجع سابق، ص83

3. أهداف التنمية المستدامة

أهداف التنمية المستدامة ال 17 (SDGs) لخطة الأمم المتحدة لسنة2030[2]:

- ✓ **الهدف 1: القضاء على الفقر**: القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان. ويشمل ذلك تنفيذ تدابير الحماية الاجتماعية، وضمان تمتع الجميع بحقوق متساوية في الموارد الاقتصادية، وتعبئة الموارد للاستثمار في استراتيجيات الحد من الفقر.
- ✓ **الهدف 2: القضاء على الجوع**: القضاء على الجوع، وتحقيق الأمن الغذائي والتغذية المحسنة، وتعزيز الزراعة المستدامة. ويشمل ذلك تعزيز الإنتاجية الزراعية، وتحسين الإنتاج المستدام للأغذية، وتلبية الاحتياجات التغذوية للأطفال والمراهقات والحوامل والمرضعات وكبار السن.
- ✓ **الهدف 3: الصحة الجيدة والرفاهية**: ضمان حياة صحية وتعزيز الرفاهية للجميع في جميع الأعمار. ويشمل ذلك الحد من وفيات الأمهات على الصعيد العالمي، وإنهاء وفيات المواليد والأطفال التي يمكن الوقاية منها، ومكافحة الأمراض، وتعزيز الصحة العقلية والرفاه.
- ✓ **الهدف 4: التعليم الجيد**: ضمان التعليم الجيد المنصف والشامل للجميع وتعزيز فرص التعلم مدى الحياة للجميع. ويشمل ذلك ضمان الوصول إلى النماء الجيد في مرحلة الطفولة المبكرة والرعاية والتعليم قبل الابتدائي، وتوفير التعليم الابتدائي والثانوي المجاني والعادل، وزيادة عدد الأشخاص ذوي المهارات ذات الصلة للنجاح المالي.
- ✓ **الهدف 5: المساواة بين الجنسين**: تحقيق المساواة بين الجنسين وتمكين جميع النساء والفتيات. ويشمل ذلك إنهاء جميع أشكال التمييز والعنف ضد المرأة، والقضاء على الممارسات الضارة مثل زواج الأطفال والزواج المبكر والقسري وتشويه الأعضاء التناسلية للإناث، وضمان المشاركة الكاملة للمرأة وتكافؤ الفرص في القيادة.
- ✓ **الهدف 6: المياه النظيفة والصرف الصحي**: ضمان توافر المياه والصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة. ويشمل ذلك تحقيق حصول الجميع وعلى قدم المساواة على مياه الشرب المأمونة والميسورة التكلفة، وتحسين نوعية المياه عن طريق الحد من التلوث، وحماية النظم الإيكولوجية المتصلة بالمياه واستعادتها.

[1] أحمد أبو اليزيد الرسول ، التنمية المتواصلة : الأبعاد والمنهج ، مكتبة بستان المعرفة ، القاهرة ، ، 2007ص 86.

[2] UN Statistics, "Global Indicator Framework for the Sustainable Development Goals and Targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development," *Developmental Science and Sustainable Development Goals for Children and Youth*, 2019, 439.

- ✓ **الهدف 7: طاقة نظيفة** وبأسعار معقولة: ضمان حصول الجميع على طاقة حديثة وموثوقة ومستدامة وبأسعار معقولة. ويشمل ذلك زيادة حصة الطاقة المتجددة، وتحسين كفاءة الطاقة، وتوسيع البنية التحتية والتكنولوجيا للطاقة النظيفة.
- ✓ **الهدف 8: العمل اللائق والنمو الاقتصادي:** تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع. ويشمل ذلك تحقيق مستويات أعلى من الإنتاجية الاقتصادية، والحد من البطالة، وتعزيز بيئات عمل آمنة ومأمونة.
- ✓ **الهدف 9: الصناعة والابتكار والبنية التحتية:** بناء بنية تحتية قادرة على الصمود، وتعزيز التصنيع الشامل والمستدام، وتشجيع الابتكار. وهذا ينطوي على تطوير بنية تحتية عالية الجودة وموثوقة ومستدامة، وتعزيز التصنيع الشامل والمستدام، وزيادة البحث والتطوير.
- ✓ **الهدف 10: الحد من أوجه عدم المساواة:** الحد من عدم المساواة داخل البلدان وفيما بينها. وهذا ينطوي على تحقيق نمو الدخل لأفقر 40٪ من السكان بمعدل أعلى من المتوسط الوطني وتمكين وتعزيز الإدماج الاجتماعي والاقتصادي والسياسي لجميع الناس.
- ✓ **الهدف 11: المدن والمجتمعات المستدامة:** جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع، وآمنة، ومرنة ومستدامة. ويشمل ذلك ضمان الوصول إلى مساكن آمنة وبأسعار معقولة، والحد من التأثير البيئي للمدن، وتوفير الوصول إلى المساحات الخضراء والعامة.
- ✓ **الهدف 12: الاستهلاك والإنتاج المسؤولان:** ضمان أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة. ويشمل ذلك تنفيذ إطار برامج مدته 10 سنوات بشأن أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة، وتحقيق الإدارة المستدامة والاستخدام الفعال للموارد الطبيعية، والحد من توليد النفايات.
- ✓ **الهدف 13: العمل المناخي:** اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره. ويشمل ذلك دمج تدابير تغير المناخ في السياسات والتخطيط، وتحسين الوعي بشأن تغير المناخ، وتنفيذ الالتزام الذي تم التعهد به لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.
- ✓ **الهدف 14: الحياة تحت الماء:** الحفاظ على المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام من أجل التنمية المستدامة. ويشمل ذلك منع التلوث البحري والحد منه، وحماية النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية، وحظر أشكال معينة من إعانات مصائد الأسماك التي تسهم في الإفراط في القدرة والإفراط في الصيد.
- ✓ **الهدف 15: الحياة على الأرض:** حماية واستعادة وتعزيز الاستخدام المستدام للنظم الإيكولوجية الأرضي، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر ، ووقف تدهور الأراضي وعكس

مساره ووقف فقدان التنوع البيولوجي. ويشمل ذلك تعزيز تنفيذ الإدارة المستدامة لجميع أنواع الغابات، ومكافحة التصحر، وحماية التنوع البيولوجي والموائل الطبيعية.

- ✓ **الهدف 16: السلام والعدالة والمؤسسات القوية:** تعزيز المجتمعات السلمية والشاملة من أجل التنمية المستدامة، وتوفير الوصول إلى العدالة للجميع، وبناء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة وشاملة على جميع المستويات. وهذا ينطوي على الحد من جميع أشكال العنف، وتعزيز سيادة القانون، وتطوير مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة وشفافة.
- ✓ **الهدف 17: الشراكات من أجل تحقيق الأهداف:** تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل التنمية المستدامة. ويشمل ذلك تعزيز استقرار الاقتصاد الكلي العالمي، وتعزيز اتساق السياسات من أجل التنمية المستدامة، وتشجيع الشراكات الفعالة التي تحشد وتتبادل المعارف والخبرات والموارد لدعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

الشكل رقم (1 – 11) أهداف التنمية المستدامة.

المصدر: تقرير أهداف التنمية المستدامة 2023

4. ابعاد التنمية المستدامة:

1.4. البعد الاقتصادي

وتشمل التنمية المستدامة أبعادا متعددة الأوجه، من بينها البعد الاقتصادي.

ومن الأمور المحورية في هذا البعد حاجة الاقتصادات إلى ابتكار نماذج يتردد صداها مع هياكلها المجتمعية وهوياتها الثقافية الفريدة، بدلا من الاعتماد على النماذج الإنمائية المفروضة من الخارج. وينطوي هذا الاعتماد على الذات من خلال سياسة نشطة للتقييم الذاتي، لأنه يعزز المواءمة مع قيم الشعوب الأصلية وسياقاتها.

في الدول الأكثر ثراء، لا تتميز التنمية الاقتصادية المستدامة بالتوسع غير المقيد، ولكن بالتقليص الواعي لاستهلاك الطاقة والموارد. ويمكن تحقيق ذلك من خلال تعزيز تدابير كفاءة الطاقة والتحول التحويلي في أنماط الاستهلاك، مما يضمن ألا يتجاوز استخدام الموارد تجديد الموارد. وعلى النقيض من ذلك، بالنسبة للبلدان الأقل نموا، يدور الهدف الأساسي للتنمية المستدامة حول الاستفادة من مواردها بحكمة لتحسين الظروف المعيشية والتخفيف من حدة الفقر – وهو سيناريو غالبا ما يتشابك مع المخاوف البيئية والضغوط السكانية المتزايدة[1]. يتوقف جوهر التنمية في جوهره على رفع مستوى الرفاه المجتمعي من خلال تضخيم الوصول إلى السلع والخدمات الأساسية. يمكن تحقيق هذا الهدف بشكل مثمر عندما يكون هناك جهد واع للقضاء على هدر الموارد، وضمان التوزيع العادل ، وتقليل الاعتماد المفرط على الدول النامية. وعلاوة على ذلك، يجب على البلدان المتقدمة النمو أن تعترف بدورها الأكبر في التدهور البيئي وأن تعالجه، وأن تقبل عبء التخفيف من التلوث الذي تسببت فيه وأن تقدم علاجات لآثاره[2].

2.4. البعد الاجتماعي

البعد الاجتماعي للتنمية المستدامة من خلال التنوع المعقد للنسيج المجتمعي والدور الحاسم لرأس المال البشري والعدالة الاجتماعية والشمولية. يؤكد هذا الجانب الفكرة القائلة بأنه لكي تكون هناك التنمية مستدامة حقا، يجب أن تلبي بشكل كلي رفاه وتطلعات جميع قطاعات السكان. ويشمل ذلك حماية حقوق الإنسان، وضمان المساواة في الوصول إلى الفرص بغض النظر عن الجنس أو العرق أو الوضع الاجتماعي والاقتصادي، وتعزيز البيئات التي يمكن لكل فرد أن يزدهر فيها على الصعيدين الشخصي والمهني. وعلاوة على ذلك، يعالج البعد الاجتماعي تحديات رئيسية مثل التفاوتات الصحية، وعدم المساواة في التعليم، وقضايا العدالة الاجتماعية، مع الاعتراف بأن التنمية الخالية من التقدم الاجتماعي هي قصيرة النظر وغير مستدامة بطبيعتها[3].

وفي هذا المجال، تكتسب أولويات مثل الرعاية الصحية الشاملة، والتعليم الشامل، وآليات الحماية الاجتماعية مكانة بارزة، وتعمل كحجر أساس يمكن أن تبنى عليه مجتمعات مرنة ومتناغمة. ويمتد البعد الاجتماعي أيضا ليشمل الحفاظ على المعارف الثقافية ومعارف الشعوب الأصلية، وتعزيز المساواة بين الأجيال، وضمان أن المجتمعات تفعل ذلك مع تطورها دون تهميش الفئات المهمشة أو تمييع نسيجها الغني من التقاليد والتراث. في جوهرها، في حين أن الجوانب الاقتصادية والبيئية للتنمية المستدامة محورية بلا شك ، فإن البعد الاجتماعي هو الذي يعمل كحلقة وصل

[1] Liza Rani Satapathy, Bateshwar Singh, and KB Singh, "A Study on The Dimensions and Criteria For Sustainable Development of Clean Development Mechanism (CDM) Projects" (2023 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE), IEEE, 2023), 386–91.

[2] Teresa Berglund and Niklas Gericke, "Separated and Integrated Perspectives on Environmental, Economic, and Social Dimensions–an Investigation of Student Views on Sustainable Development," *Environmental Education Research* 22, no. 8 (2016): 1115–38.

[3] David Cook and Brynhildur Davíðsdóttir, "An Appraisal of Interlinkages between Macro-Economic Indicators of Economic Well-Being and the Sustainable Development Goals," *Ecological Economics* 184 (2021): 106996.

يربط هذه العناصر معا ويضمن أن التقدم لا يقاس فقط بمقاييس ملموسة ولكن أيضا بنوعية غير ملموسة من تحسينات الحياة وزراعة مجتمع عادل وشامل ومتماسك[1].

3.4. البعد البيئي

يبرز البعد البيئي للتنمية المستدامة كركيزة أساسية، حيث يبرز حتمية الإشراف على الموارد الطبيعية التي لا تقدر بثمن للأرض، مع الاعتراف بأن مستقبلنا المترابطة مع البيئة يتطلب نهجا تكافليا لا يأتي فيه التقدم البشري على حساب التدهور البيئي. ويتجاوز هذا المنظور مجرد حفظ الموارد؛ بل يتعمق في فهم شامل للنظم البيئية والتنوع البيولوجي وتوازن محيطنا الحيوي. في هذا البعد يتم الاهتمام التأثيرات البشرية مثل التصنيع، وإزالة الغابات، والتحضر وتأثيراتها المتتالية العميقة على أنماط المناخ، وصحة المحيطات، ومعدلات انقراض الأنواع[2].

والتنمية المستدامة في هذا السياق البيئي، هي دعوة واضحة ملحة لمواءمة تطلعات الإنسان مع الحدود الإيكولوجية للكوكب. وهو يفرض التحول من النماذج الاقتصادية الخطية والاستخراجية إلى النماذج الدائرية المتجددة، والدفاع عن ممارسات مثل الزراعة المستدامة والبنية التحتية الخضراء والتقنيات منخفضة الكربون. يستدعي البعد البيئي أيضا خوضا أعمق في عاداتنا الاستهلاكية، وممارسات إدارة النفايات، ومصادر الطاقة، ويحث على الانتقال نحو الطاقات المتجددة، والحد الأدنى من النفايات[3]، وتقليل البصمة البيئية. بالإضافة الى ذلك فإنه يؤكد على الالتزام الأخلاقي للأجيال الحالية تجاه الأجيال المقبلة، مؤكدا أن أعمالنا اليوم تشكل الإرث الذي نتركه وراءنا[4].

في حين أن التقدم الاقتصادي والشمولية الاجتماعية يشكلان الركيزتين التوأمين للتنمية المستدامة، فإن البعد البيئي هو الذي يعمل كحجر الأساس.

ثالثا: الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة:

يتزايد استهلاك الوقود الأحفوري بشكل كبير بسبب الأنشطة البشرية المفرطة والتوسع الصناعي لتلبية متطلبات الطاقة. وكتنت الزيادة في استهلاك الوقود الأحفوري[5] بنسبة 96% منذ سنة 1965، مما يؤدي إلى آثار بيئية ضارة ويؤثر الوقود الأحفوري سلبًا على جودة الهواء والبيئة والصحة وموارد المياه. وتشمل الانبعاثات الغازية التي يمكن

[1] Emilio Galdeano-Gómez, Juan Carlos Pérez-Mesa, and Ángeles Godoy-Durán, "The Social Dimension as a Driver of Sustainable Development: The Case of Family Farms in Southeast Spain," *Sustainability Science* 11 (2016): 349–62.

[2] Anabela Botelho et al., "Assessment of the Environmental Impacts Associated with Hydropower," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70 (April 1, 2017): 896–904, https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.271.

[3] عبد القادر رزيق المخادمي، التلوث البيئي مخاطر الحاضر وتحديات المستقبل، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر،2006، ص 28.

[4] Mirjana Golusin and Olja Munitlak Ivanović, "Definition, Characteristics and State of the Indicators of Sustainable Development in Countries of Southeastern Europe," *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130, no. 1 (March 1, 2009): 67–74, https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.11.018.

[5] Abdullah Emre Caglar, Bulent Guloglu, and Ayfer Gedikli, "Moving towards Sustainable Environmental Development for BRICS: Investigating the Asymmetric Effect of Natural Resources on CO2," *Sustainable Development* 30, no. 5 (2022): 1313–25, https://doi.org/10.1002/sd.2318.

إطلاقها في الهواء بسبب استهلاك الوقود الأحفوري غازات الاحتباس الحراري مثل أكاسيد الكربون (أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون) وأكاسيد الكبريت (ثاني أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت) وأكاسيد النيتروجين (أكسيد النيتروز وثاني أكسيد النيتروجين)، والمركبات العضوية المتطايرة في الهواء الجوي مثل الجسيمات[1]. وبلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمي حوالي 72.5 % من استهلاك الفحم[2] ، مما تسبب في ظاهرة الاحتباس الحراري. مما تسبب في ظاهرة الاحتباس الحراري

واحدة من كل خمس وفيات في جميع أنحاء العالم ناتجة عن التلوث الناجم عن استهلاك الوقود الأحفوري نتيجة للتلوث، توفي 350.000 شخص في الولايات المتحدة الأمريكية في سنة 2018. تم الإبلاغ عن التكلفة السنوية للتأثيرات الصحية الناجمة عن استهلاك الوقود الأحفوري في الولايات المتحدة الأمريكية بمبلغ 886.5 مليار دولار[3]. للتخفيف من الآثار السلبية المرتبطة باستهلاك الوقود الأحفوري وتحقيق الاستدامة، وضعت منظمة الأمم المتحدة 17 هدفًا للتنمية المستدامة (SDGs).

ومع ذلك، فإن التلوث البيئي المتزايد من استهلاك الوقود الأحفوري يؤثر على أهداف التنمية المستدامة، وخاصة الهدف رقم 13 المتعلق بتغير المناخي. ومن ثم أصبحت معظم البلدان تحت الضغط لتقليل استهلاك الوقود الأحفوري بعد اتفاقية باريس ومؤتمر الأطراف التابع للأمم المتحدة بالإضافة إلى ذلك، لا يزال حوالي 1.1 مليار شخص محرومين من الكهرباء في البلدان النامية[4]. ويتعبر أمن الطاقة أمر بالغ الأهمية لتعزيز الوضع الاجتماعي والاقتصادي لأولئك الذين يقيمون في المناطق الريفية. غالبًا ما يعاني سكان هذه المناطق من نقص في الطاقة بسبب مواقعهم البعيدة عن الشبكة الوطنية والفقر.

على الصعيد العالمي، تعتبر مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية الحل الأكثر فعالية لتقليل المشكلات الاجتماعية والبيئية المرتبطة بمصادر الطاقة غير المتجددة[5] . يخلق الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة وظائف جديدة ويقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. بحلول نهاية سنة 2018، كان من المتوقع أن يتم تشغيل أكثر من 100 مدينة بنسبة 70 ٪ من الكهرباء المتجددة على مستوى العالم، وسيتم تشغيل 40 مدينة على الأقل بالكامل من خلال الطاقة المتجددة نظرًا لأن مصادر الطاقة المتجددة

[1] عبد القادر رزيق المخادمي، مرجع سابق، ص 31.

[2] Enas Taha Sayed et al., "A Critical Review on Environmental Impacts of Renewable Energy Systems and Mitigation Strategies: Wind, Hydro, Biomass and Geothermal," *Science of The Total Environment* 766 (April 20, 2021): p: 03, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144505.

[3] Abbas Azarpour et al., "Current Status and Future Prospects of Renewable and Sustainable Energy in North America: Progress and Challenges," *Energy Conversion and Management* 269 (October 1, 2022): 115945, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115945.

[4] Enas R. Shouman, "International and National Renewable Energy for Electricity with Optimal Cost Effective for Electricity in Egypt," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 77 (September 1, 2017): 916–23, https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.107.

[5] Ahmed I. Osman et al., "Cost, Environmental Impact, and Resilience of Renewable Energy under a Changing Climate: A Review," *Environmental Chemistry Letters* 21, no. 2 (April 1, 2023): 741–64, https://doi.org/10.1007/s10311-022-01532-8.

تنتج وقودًا مشتقًا بشكل طبيعي، فيمكنها توفير مصدر طاقة مستدام بأقل تكاليف تشغيل وإمدادات طاقة منتظمة. نظرًا لأنه يمكن إنتاج القليل من النفايات، فإن مصادر الطاقة المتجددة ليس لها تأثير ضار على البيئة. بالإضافة الى ذلك، تحتاج الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر إلى قدر ضئيل من المياه لتوليد الطاقة وبالتالي يمكنها المشاركة في توفير موارد المياه[1].

ومع ذلك فإن التوافر غير المستقر لمصادر الطاقة المتجددة التي تعتمد على الظروف الجوية، مثل توافر الرياح والإشعاع الشمسي، هو قيد رئيسي. يمكن لأنظمة تخزين الطاقة التغلب جزئيًا على هذه الفجوة، لكن التكلفة الإجمالية وكفاءة تحويل الطاقة منخفضة. تم اعتماد أنظمة الطاقة المتجددة الهجينة كبديل وتقنية فعالة من حيث التكلفة لمعالجة القضايا المذكورة أعلاه. تدمج أنظمة الطاقة المتجددة الهجينة اثنين أو أكثر من مصادر الطاقة المتجددة مع أو بدون مصادر الطاقة التقليدية (مثل الديزل) والتخزين. وبشكل عام اكتسبت مصادر الطاقة المتجددة وأنظمة الطاقة المتجددة الهجينة مزيدًا من الاهتمام مؤخرًا بسبب انخفاض تكاليفها باستمرار وزيادة الفوائد الاجتماعية، والبيئية والتقنية والاقتصادية. بناءً على استراتيجية الوكالة الدولية للطاقة المتجددة للطاقة المتجددة، يوصى بزيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة إلى 85٪ بحلول عام 2050[2] . منذ سنة 2010 حققت الخلايا الكهروضوئية الشمسية انخفاضًا ملحوظًا في التكلفة بأكثر من 90٪. انخفضت تكلفة طاقة الرياح أيضًا، حيث انخفضت أسعار التوربينات بنسبة 10٪ إلى 20٪ منذ عام 2017

1. الطاقة المتجددة نحو مستقبل مستدام للطاقة:

يشكل الوقود الأحفوري حجر الأساس لنظام الطاقة العالمي اليوم، حيث يمثل حوالي 65% من إجمالي الطاقة المولدة. تمشيا مع هذا الوضع يهيمن الوقود الأحفوري على مزيج الطاقة في معظم البلدان، توليد الطاقة المعتمد على الوقود الأحفوري له العديد من العواقب الوخيمة المرتبطة بتغير المناخ، ونضوب طبقة الأوزون وتلوث الهواء والأمطار الحمضية، وتدمير الغابات، والغازات الدفيئة وفقدان الحياة البرية، وتلوث المياه والأراضي[3]، بالإضافة إلى ذلك تسبب إمدادات الطاقة الحالية في عدد كبير من القضايا الاجتماعية والاقتصادية

من ناحية أخرى، لا يزال 13% من سكان العالم لا يستطيع الوصول إلى الطاقة الحديثة من نفس المنظور بحسب تقرير الأمم المتحدة[4] والبنك الدولي[1] (تقرير الحصول على الطاقة) لا يزال واحد من كل سبعة أشخاص يفتقر إلى

[1] Kentaro Tanaka et al., "Renewable Energy Nexus: Interlinkages with Biodiversity and Social Issues in Japan," *Energy Nexus* 6 (June 16, 2022): 100069, https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100069.

[2] Shifeng Wang, Sicong Wang, and Jinxiang Liu, "Life-Cycle Green-House Gas Emissions of Onshore and Offshore Wind Turbines," *Journal of Cleaner Production* 210 (February 10, 2019): 804–10, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.031.

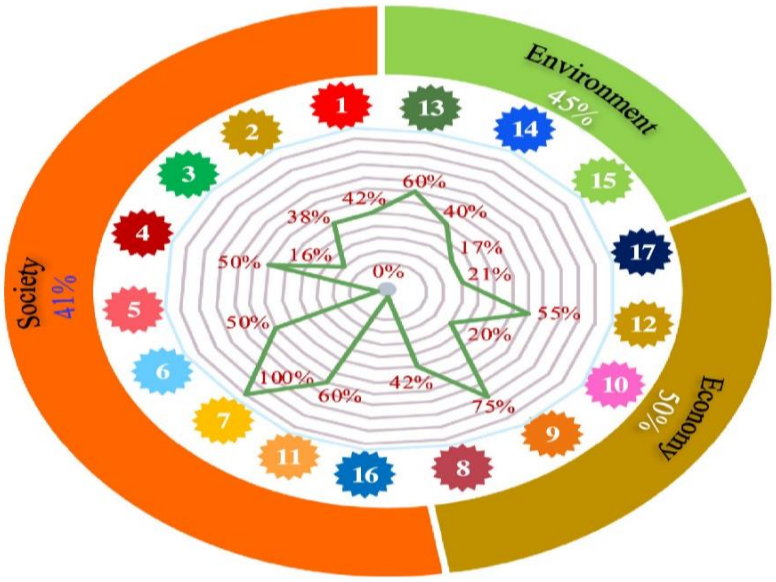
[3] Atika Qazi et al., "Towards Sustainable Energy: A Systematic Review of Renewable Energy Sources, Technologies, and Public Opinions," *IEEE Access* 7 (2019): 63837–51, https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2906402.

[4] SDG UN, "Sustainable Development Goal 7| SDG7 Affordable and Clean Energy," 2019.

الكهرباء، ويعيش غالبيتهم في المناطق الريفية النامية حول العالم. نتيجة لذلك يجب أن يكون تطوير مصادر الطاقة المتجددة كافياً من الناحية النظرية لتوليد الكهرباء وسد فجوة الطاقة الحالية. بالإضافة الى ذلك يمكن أن يساعد استخدام موارد الطاقة المتجددة في قطاع الطاقة في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة وتوفير مجموعة متنوعة من الفوائد طويلة الأجل مثل الطاقة النظيفة والميسورة التكلفة، وتحسين أمن الطاقة ، وخلق فرص العمل والتنمية البيئية ، والاستدامة الاقتصادية ، والعالمية. تخفيف الاحترار.

ففي دراسة حديثة لتأثير استخدام الطاقة المتجددة على تحقيق 169هدفاً ضمن 17هدفاً من أهداف التنمية المستدامة[2]، أظهرت نتائج هذه الدراسة أن استخدام الطاقة المتجددة يمكن أن يساعد في 41% و45% و 50% من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة 2030 المتعلقة بالمجتمع والبيئة والاقتصاد، على التوالي

الشكل رقم (1 – 12) الأثر الإيجابي لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة



Source: M. A. Hannan et al., "Impact Assessment of Battery Energy Storage Systems towards Achieving Sustainable Development Goals," *Journal of Energy Storage* 42 (October 1, 2021): 103040

في حين أن توليد الطاقة المتجددة له تأثير كبير على التنمية المستدامة في كل من البلدان النامية والمتقدمة. بالإضافة الى ذلك فإن الطاقة المتجددة لها تأثير أكبر على التنمية المستدامة من الطاقة الغير المتجددة. في هذا الصدد فانه مع زيادة كمية الطاقة المتجددة، يزداد مستوى التنمية المستدامة مما يؤثر تطوير الكهرباء المتجددة أيضاً وبشكل إيجابي على المجتمع و سيؤدي توليد الطاقة من المصادر المتاحة والمجانية في المناطق الريفية إلى تحسين نوعية الحياة في هذه المناطق وتوفير الطاقة للمراكز الصحية.

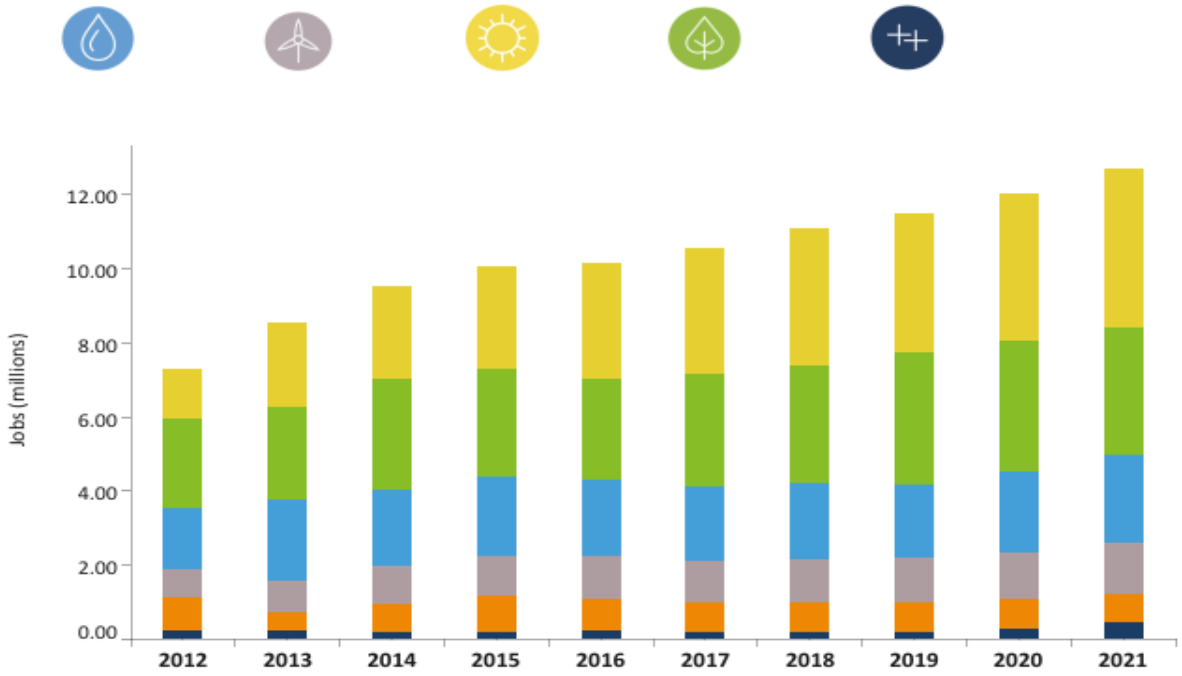
[1] W Bank, "Access to Electricity (% of Population)," *World Bank Global Electrification Database Portal. Available Online at: Https://Data. Worldbank. Org/Indicator/EG. ELC. ACCS. ZS*, 2019.

[2] M. A. Hannan et al., "Impact Assessment of Battery Energy Storage Systems towards Achieving Sustainable Development Goals," *Journal of Energy Storage* 42 (October 1, 2021): 103040, https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103040.

إنتاج الطاقة المتجددة لديه القدرة على أن يكون له تأثير إيجابي وعملي على خلق فرص العمل ولديه القدرة على تحفيز التنمية الاجتماعية والاقتصادية المستدامة وفقاً لقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة [1] كانت مصادر الطاقة المتجددة مسؤولة عن 12.7مليون وظيفة ومثلت الطاقة الشمسية الكهروضوئية 33% من فرص العمل في الطاقة المتجددة العالمية. حيث تم تسجيل من جميع وظائف الطاقة المتجددة في آسيا.

في حين شهدت صناعة الطاقة المتجددة مؤخراً تعاوناً عالمياً في البحث والدعم المالي والتقني الذي من شأنه تحسين الشراكة العالمية من أجل التنمية المستدامة. الشكل التالي يوضح التأثيرات للموارد المتجددة على التوظيف في العالم من 2012-2021 حسب الطاقات المتجددة.

الشكل رقم (1 – 13) التوظيف العالمي للطاقة المتجددة حسب مصدرها 2012–2021



Source: IRENA and ILO (2022), Renewable energy and jobs: Annual review 2022, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi and International Labour Organization, Geneva.

2. التأثير الإيجابي للطاقة المتجددة على إزالة الكربون من الشبكة

على الصعيد العالمي، يعد توليد الطاقة مصدراً رئيسياً لثاني أكسيد الكربون الانبعاثات ومن المؤكد أن إزالة الكربون العميقة من إنتاج الطاقة تتطلب مصادر منخفضة الكربون لتوفير الطلب على الطاقة لأيام وسنوات وعقود. ونتيجة لذلك، فإن مفتاح مستقبل الطاقة المستدامة هو توليد الكهرباء منخفضة الكربون التي تعتمد بشكل كبير

[1] "Socio-Economic Footprint of the Energy Transition: Southeast Asia," July 12, 2023, https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Socio-economic-footprint-of-the-energy-transition-Southeast-Asia.

على مصادر الطاقة المتجددة[1] على سبيل المثال، في الولايات المتحدة انخفض توليد الكهرباء من محطات الطاقة التي تعتمد على الوقود الأحفوري، وخاصة الغاز الطبيعي والفحم بنسبة 6% بنهاية سنة 2021 مقارنة بسنة 2020 أدى هذا إلى خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بنسبة 19% ، وانبعاثات أكاسيد النيتروجين بنسبة 16% ، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 11% مقارنة بسنة 2020

قدمت احدى الدراسات عن إمكانات الطاقة المتجددة لتقليل الانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الطاقة في كاليفورنيا وتكساس، في تخفيض 72% من ثاني أكسيد الكربون بإضافة 60 جيجاوات من الطاقة المتجددة في كاليفورنيا (مقارنة بحالة مصادر الطاقة غير المتجددة). اما في تكساس يؤدي نفس المستوى من التركيبات المتجددة إلى انخفاض بنسبة 54%في الانبعاثات.

سيؤدي استبدال محطات الطاقة التي تعمل بالفحم بمحطات الطاقة المتجددة إلى خفض التكلفة السنوية بمقدار 32 مليار دولار أمريكي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنوياً بنحو 3 جيجا طن كما جاء في أحدث تقرير لوكالة الطاقة الدولية. على سبيل المثال على عكس محطات الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري، لا تنتج محطات طاقة الرياح ملوثات غازية. في قطاع الطاقة سنة 2019، كانت كمية ثاني أكسيد الكربون التي تم تجنبها باستخدام طاقة الرياح تعادل 42 مليون سيارة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون[2]. ومن المعروف جيدًا أن الوقود الحيوي هو أحد مصادر الطاقة المتجددة الأكثر تلويثًا. في هذا الصدد، تتمثل أهمية الطاقة المتجددة في تحويل قطاع الطاقة إلى قطاع مستدام في العديد من الدراسات التي أظهرت أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الاستخدام المباشر للوقود الحيوي أقل بكثير من تلك الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري. بشكل عام، يوضح الجدول التالي تأثير أنواع الوقود على بصمة ثاني أكسيد الكربون لكل كيلو وات ساعة متولد

جدول رقم (1– 2) مقارنة البصمة الكربونية بين أنواع الوقود الأحفوري المختلفة والمصادر المتجددة لـ 1 كيلووات ساعة من الطاقة المنتجة.

مصادر الوقود الاحفوري		مصادر متجددة	
نوع الوقود	ثاني أكسيد الكربون	نوع الطاقة	ثاني أكسيد الكربون
زيت	1.314	الطاقة الشمسية	0.09700
غاز	1.915	الطاقة الكهرومائية	0.00088
فحم	2.117	طاقة الرياح	0.0242
خشب	3.306	طاقة الحرارة الارضية	1.03617-0.0088
		الكتلة الحيوية– الغاز الحيوي	0.0001-3.0120

Source: BH Khan, *Non-Conventional Energy Resources* (Tata McGraw-Hill Education, 2006).

[1] Amjad Al-Qahtani et al., "Electricity Grid Decarbonisation or Green Methanol Fuel? A Life-Cycle Modelling and Analysis of Today's Transportation-Power Nexus," *Applied Energy* 265 (May 1, 2020): 114718, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114718.

[2] The Sustainable Development Goals Report 2020

ويمكن تلخيص الفوائد البيئية للطاقة المتجددة على أنها قدرتها على تقليل انبعاثات غازات الدفيئة من مصادر الوقود التقليدية والحد من المخاطر المتعلقة بالمناخ وتقليل تحمض المحيطات وتقليل بعض أنواع تلوث الهواء والعديد من الفوائد الإضافية الأخرى للأراضي والمياه والغابات من أجل استدامة النظام ، على سبيل المثال فيما يتعلق بالتهديدات المناخية ، أثبتت تحليلات مختلفة أن استخدام مصادر الطاقة المتجددة من شأنه أن يقلل من الانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الكهرباء بنسبة 70% في سنة 2050 مقارنة بالمستويات الحالية.

3. أثر الطاقات المتجددة على البيئي:

1.3. أثر طاقة الرياح في البيئة

تعتبر طاقة الرياح من منظور اقتصادي تقني المصدر الأكثر نضجاً للطاقة النظيفة أو المتجددة وتكون صديقة للبيئة [1]. اذ تتحسن أنظمة طاقة الرياح لتكون الأفضل فيما يتعلق بالتوافق مع البشر والحيوانات بين جميع الأنظمة المتجددة وفقاً للتقارير السنوية للوكالة الدولية للطاقة المتجددة تحظى أنظمة طاقة الرياح بالمرتبة الثانية بعد أنظمة الطاقة الشمسية من بين مصادر الطاقة المتجددة، على مدى العقدين الماضيين، باستثناء الطاقة الكهرومائية كتقنية ناضجة. هذا لأنه له تأثير أقل بكثير على البيئة وتغير المناخ، إلى جانب الفوائد المختلفة للبيئة والاقتصاد والمجتمع بشكل عام، طالما أن هناك الشمس تسبب حركة الهواء في غلافنا الجوي ، فإن أنظمة طاقة الرياح ستكون دائماً قابلة للتجدد ، سواء في البر الرئيسي أو المحيطات مثل أي تقنية أخرى ، فإن طاقة الرياح لها فوائدها وآثارها في العديد من القطاعات لذلك سيقدم هذا القسم المزايا والعيوب البيئية والإيكولوجية لنظام طاقة الرياح والتدابير لتقليل مثل هذه العناصر الفعالة.

❖ **الفوائد البيئية لطاقة الرياح**

يعد الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة هو الميزة الأكثر وضوحاً التي تحظى بالتركيز الاقتصادي والتقني من بين جميع المزايا الممكنة. بالمقارنة مع محطات الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري تعد أنظمة طاقة الرياح حلاً رائعاً لأنها لا تنتج أي انبعاثات غازية مثل ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، والجسيمات (PM) أو أي ملوثات هواء أخرى خلال مرحلة التشغيل[2]. على الرغم من أن بعض هذه الملوثات قد يتم إنتاجها أثناء تصنيع المواد والبناء ومراحل الصيانة، إلا أنها لا تزال ضئيلة مقارنة بانبعاثات الملوثات الكبيرة من أنظمة طاقة الوقود الأحفوري. وفقاً لجمعية طاقة الرياح الأمريكية[3] تجنبت توربينات الرياح 336 مليون طن متري من ثاني

[1] Muhammad Shahzad Nazir et al., "Potential Environmental Impacts of Wind Energy Development: A Global Perspective," *Current Opinion in Environmental Science & Health*, Environmental Monitoring Assessment: Water-energy-food nexus, 13 (February 1, 2020): 85–90, https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.01.002.

[2] Sevda Kuşkaya and Faik Bilgili, "The Wind Energy-Greenhouse Gas Nexus: The Wavelet-Partial Wavelet Coherence Model Approach," *Journal of Cleaner Production* 245 (February 1, 2020): 118872, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118872.

[3] AWEA, "Clean Power Annual Market Report | 2022," AWEA, accessed August 10, 2023, https://cleanpower.org/resources/clean-power-annual-market-report-2022/.

أكسيد الكربون في سنة 2022 أي ما يعادل 43 مليون سيارة من الانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في سنة 2022 وحده.[1]

ويلاحظ أيضاً أن مشروعاً نموذجياً لطاقة الرياح يعيد بصماته الكربونية في أقل من ستة أشهر، ثم يوفر عقوداً من الطاقة الخالية تماماً من الانبعاثات. فيما يتعلق بالانبعاثات الغازية الأخرى مثل SOx وNOx و PM [2]والتي تسبب الضباب الدخاني الذي يؤدي إلى نوبات الربو وغيرها من الآثار الصحية الشديدة[3] ، فإن أنظمة طاقة الرياح تقلل بشكل كبير من هذه الملوثات. حيث تم تسجيل أنه في سنة 2018 وحده أدت هذه التخفيضات من الملوثات إلى توفير 9.4 مليار دولار في مدخرات الصحة العامة، مما ترك أثراً إيجابياً هائلاً على قطاعي البيئة وصحة الإنسان. بالإضافة إلى ذلك، لا تتطلب أنظمة طاقة الرياح كمية هائلة من مياه المعالجة التي تُستخدم حتمًا لإنتاج الكهرباء في محطات الطاقة الحرارية التقليدية. لذلك من حيث إنتاج الطاقة واستهلاك المياه، تعد طاقة الرياح بديلاً ممتازًا لمحطات الطاقة التقليدية. من الواضح أن المياه مصدر حيوي ومحدود للغاية، لذا فإن أي خفض كبير في استهلاك المياه يمكن أن يسمح بإمداد أفضل بالمياه لأغراض أخرى. ووفقا لتقرير لجمعية طاقة الرياح الأمريكية الذي أبلغ عن الكمية الهائلة من المياه التي يمكن الحفاظ عليها بسبب استخدام أنظمة طاقة الرياح مسجلة أن توليد طاقة الرياح في سنة 2019 وحده قلل من استهلاك المياه في محطات الطاقة الحالية بنحو 103 مليار جالون.

❖ التأثيرات السلبية لطاقة الرياح على البيئة

بالمقارنة مع مصادر الطاقة التقليدية، فإن التأثيرات السلبية لأنظمة طاقة الرياح لا تذكر نسبيًا، حتى بالمقارنة مع أنظمة الطاقة المتجددة الأخرى لا يزال لها تأثيرات سلبية أقل في المعظم[4] إن لم يكن في كل فئات التأثير. ومع ذلك يمكن أن يؤثر على حياة الإنسان والنظم البيئية الطبيعية وأنماط الحياة، والتي يجب مراجعتها. في هذا الصدد، ترتبط العوامل الذكية الرئيسية التي تم تقديمها ومناقشتها بشكل مكثف بالتلوث الضوضائي والتلوث، وتغير المناخ المحلي ، والتداخلات الكهرومغناطيسية . هناك قضايا أخرى تسبب مخاوف بيئية فيما يتعلق باضطرابات النظام الحيوي أو سلامة الحياة البرية للطيور، والحياة البرية البحرية وفيما يلي التحديات أو التأثيرات المختلفة المرتبطة بتسخير طاقة الرياح

- ✓ الضوضاء او التلوث الضوضائي هو أكثر العوامل السلبية الملحوظة في أنظمة طاقة الرياح. يعُرف الضجيج عادةً على أنه أي صوت مزعج. في حالة توربينات الرياح يمكن أن تحدث أصوات عالية وغير سارة بسبب الديناميكية الهوائية حيث تمر الرياح بسرعات مختلفة عبر اجنحة توربينات الرياح بأحجام مختلفة

[1] The Sustainable Development Goals Report 2023

[2] عبد القادر رزيق المخادمي، مرجع سابق، ص 31.

[3] Xiaofeng Zhu et al., "Harnessing the Interplay of Fe–Ni Atom Pairs Embedded in Nitrogen-Doped Carbon for Bifunctional Oxygen Electrocatalysis," *Nano Energy* 71 (May 1, 2020): 104597, https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.104597.

[4] نزار عوني اللبدي، مرجع سابق، ص 273.

ستتسبب التوربينات الأكبر حجمًا في ظل سرعات الرياح الأعلى في إحداث ضوضاء أعلى. يمكن تقليل الضوضاء الصادرة عن توربينات الرياح من خلال التصميم الملائم والأكثر دقة للقواطع الهوائية والشكل العام للشفرة، وتحقيق التوازن بين إشعاع الضوضاء وإنتاج الطاقة. وتصدر التوربينات العملاقة ذات الأبعاد والآلات الأكبر ضوضاء كبيرة[1]. ومع ذلك فان ارتفاع هذه التوربينات يتجاوز 100 متر، لذلك لن يكون لها تأثير كبير على البشر أو الحياة البرية. كما تم التشجيع على إنشاء مزارع الرياح على بعد 300 متر من المناطق المأهولة بالسكان.

- ✓ التأثير البصري: تحت توربينات الرياح تتأثر الحياة بوميض الظل وضوء الشمس الأقل من المطلوب. على الرغم من أن هذا التأثير ضئيل مما يوثر على الحياة البرية وحتى البحرية عند تمركز توربينات الرياح في المحيطات
- ✓ نفوق الطيور: يبدو أن اصطدام الطيور بشفرات التوربينات هو ضرر مباشر لا مفر منه مرتبط بطاقة الرياح. على العكس من ذلك يمكن التخفيف من الآثار غير المباشرة الأخرى والتي يمكن تجنبها مثل تدمير الموائل وتهجيرها عن طريق اختيار موقع تركيب المصنع بعناية للنظر في سلامة الحياة البرية إلى جانب معايير اختيار الموقع التقنية الأخرى. على الرغم من احتمالية نفوق الطيور المرتبطة بمشروعات طاقة الرياح، إلا أنه تم استنتاج أن نفوق الطيور المرتبط بمزارع الرياح أقل بكثير من العوامل الأخرى مثل تصادم المباني والأنشطة البشرية ومشاريع.
- ✓ الإشعاع الكهرومغناطيسي: لم يتم الإبلاغ بوضوح عن تأثير توربينات الرياح على الصحة بشكل عام المرتبطة بالتداخلات الكهرومغناطيسية. ومع ذلك فقد ثبت أن هناك بعض الإشعاعات الكهرومغناطيسية المتولدة من توربينات الرياح، والتي تشوه أو تغير بعض البث الإذاعي أو التلفزيوني القادم من المحطات القريبة. يمكن أن تؤثر توربينات الرياح على الملاحة القريبة واتصالات الميكروويف والتلفزيون وأنظمة راديو من خلال تعديل إشعاعات الموجات الراديوية. يعطي هذا التأثير أهمية أخرى لتخصيص الموقع لأنه من الأفضل تجنب المواقع التي قد تحتوي على تداخلات كهرومغناطيسية عالية مع توربينات الرياح مثل محطات البث[2]
- ✓ التأثيرات على الطبيعة: قد تؤدي التأثيرات الصغيرة لمزارع الرياح أو بنائها إلى بعض النتائج غير المتوقعة وغير المرغوبة التي تم الإبلاغ عن أنها مشكلات ثانوية ومحلية وقصيرة المدى حتى لو استمرت آثارها الضارة لفترة أطول من المتوقع. تحدث هذه المشكلات عادة في أنظمة طاقة الرياح خاصة الأنظمة التقليدية. لكن

[1] Amalesh Dhar et al., "Perspectives on Environmental Impacts and a Land Reclamation Strategy for Solar and Wind Energy Systems," *Science of The Total Environment* 718 (May 20, 2020): 134602, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134602.

[2] Dimitris Al. Katsaprakakis, "A Review of the Environmental and Human Impacts from Wind Parks. A Case Study for the Prefecture of Lasithi, Crete," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, no. 5 (June 1, 2012): 2850–63, https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.041.

علينا أن نتأكد من أننا يجب أن نمنع حتى أصغر تأثير سلبي على الطبيعة عند إدخال تقنيات جديدة وتجنب أخطاء الماضي. تؤثر الرياح على الطبيعة والمناخ المحلي أولاً عن طريق إزالة النباتات من الأرض أثناء مرحلة البناء. مثل هذا النشاط إلى جانب حفريات واستخدام الآلات الكبيرة، ونقل أجزاء التوربينات الضخمة[1]

2.3. أثر الطاقة الشمسية على البيئة

لطالما اعتبرت الطاقة الشمسية طاقة نظيفة، أي طاقة خالية من انبعاثات الكربون. يستقبل سطح الأرض ما يقرب من 140 PW من الطاقة التي يمكن الاستفادة منها فقط 36 PW. وتعد الطاقة الكهروضوئية (PV) والطاقة الشمسية المركزة (CSP) من أبرز تقنيات جمع الطاقة من الشمس؛ هذا الأخير يشار إليه عادة باسم "أنظمة الطاقة الشمسية المركزة". ومع ذلك، تكشف الدراسات أن الطاقة الشمسية ليست نظيفة إلى هذا الحد. يعتبر أكبر عيب للطاقة الشمسية هو طبيعتها المتقطعة، أي أنها غير متوفرة أثناء الليل أو الطقس الغائم وهناك عيوب أخرى تؤثر على النظام البيئي. وتظهر الأبحاث أن هناك بعض الجوانب الضارة التي يمكن أن تضر بالبيئة

❖ التأثير على الأرض والغطاء النباتي والحياة البرية

للحفاظ على زاوية الألواح الشمسية الكهروضوئية، يتم ترسيخ هيكل خرساني داخل التربة. لا يتم توزيع الحرارة والماء بشكل صحيح في التربة. وتضاءل فعالية التربة، وتتعطل عملية استعادة الغطاء النباتي. بالإضافة الى ذلك تتطلب التركيبات الكهروضوئية مساحة كبيرة من الأرض. يمكن أن يؤدي استخدام هذه المناطق إلى تقليل الأراضي الصالحة للزراعة. ومع ذلك، سيكون خيارًا فعالًا لاستخدام المناطق المهملة، والحقول البنية الملوثة، وممرات النقل بدلاً من الأراضي الصالحة للزراعة. يمكن أن يتسبب استخراج الطاقة من الإشعاع الشمسي في إلحاق الضرر الغطاء النباتي. وجد أن انخفاض الغطاء النباتي يزيد الغبار. إذا تراكم الغبار في الغلاف الجوي القريب فإنه يقلل من كمية الإشعاع الشمسي على الألواح أو المرايا المركزة. يمكن أن يؤثر ترسب الغبار بشكل كبير على أداء أنظمة توليد الطاقة الشمسية. ستؤدي زيادة الغبار أيضًا إلى تدهور جودة الهواء مما سيؤدي في النهاية إلى مشاكل صحية [2]

❖ التأثير على صحة الإنسان

يتم إنتاج العديد من المواد القابلة للاشتعال والسامة أثناء بناء الألواح الكهروضوئية مما يزيد من المخاطر المرتبطة بالصحة والسلامة، قد يؤدي سوء التشغيل البسيط إلى نشوب حريق خطير. بالإضافة الى ذلك فإن السائل الذي يحمل الحرارة قد يلوث المجاري المائية القريبة إذا تسرب

[1] Bijian Tang et al., "The Observed Impacts of Wind Farms on Local Vegetation Growth in Northern China," *Remote Sensing* 9, no. 4 (2017): 332.

[2] Rebecca R Hernandez et al., "Environmental Impacts of Utility-Scale Solar Energy," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29 (2014): 766–79.

❖ **انبعاثات غازات الاحتباس الحراري**

يكشف البحث أنه خلال دورة حياة الخلايا الكهروضوئية بأكملها، يتم إطلاق كمية كبيرة من الكربون. يتم إنشاء بصمات الكربون من عملية التصنيع والنقل ثم أثناء تركيبها. خلال بقية حياتهم، يمكن أن تنتج انبعاثات الكربون عن صيانة وتفكيك الخلايا الكهروضوئية. بالإضافة الى ذلك تشير التقديرات إلى أن حوالي 32-82 جرامًا من ثاني أكسيد الكربون لكل كيلو وات ساعة تنبعث من إجمالي عمر نظام الطاقة الكهروضوئية. عادة ما تدوم الألواح الشمسية الكهروضوئية المعاصرة لحوالي 25-30 سنة[1]

❖ **الاعتماد على البطاريات**

في الأنظمة الكهروضوئية المستقلة، يتم تلبية الطلب بالكامل بواسطة PVs بدلاً من شبكة المرافق. خلال النهار تُستخدم الخلايا الكهروضوئية لتزويد الأحمال بالطاقة وفي نفس الوقت يمكنهم شحن البطاريات. لا تستطيع الخلايا الكهروضوئية إنتاج الطاقة في الليل بسبب عدم توفر ضوء الشمس، وبالتالي تُستخدم البطاريات لتزويد الأحمال. في هذه الأنظمة الكهروضوئية المستقلة، تشتمل البطاريات على معادن ثقيلة تؤثر سلبًا على البيئة. يبلغ العمر الافتراضي لهذه البطاريات حوالي 10 سنوات، وبعد ذلك يتدهور أداؤها بشكل كبير. نظرًا لأن معظم الشركات تقدم ما يقرب من 10 سنوات من الضمان لبطارياتها، فيجب استبدالها مرتين أو ثلاث مرات خلال عمر الخلايا الكهروضوئية الشمسية

على الرغم من وجود العديد من الآثار البيئية التي تسببها الطاقة الشمسية الكهروضوئية، إلا أن الدراسات تظهر أن هناك العديد من الآثار الإيجابية على البيئة أيضًا. خلال فترة تشغيل الخلايا الكهروضوئية، لا تنبعث غازات مختلفة مثل SO2 و NOX و CO2 . بالنسبة لـ 1 كيلوواط ساعة من إنتاج الطاقة الكهربائية من خلال الخلايا الكهروضوئية يُقدر أنه يمكن منع انبعاث 0.53 كجم تقريبًا من ثاني أكسيد الكربون في البيئة[2] . وتراجع توليد الغازات مثل ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين يمنع حدوث الأمراض المختلفة.

3.3. أثر الطاقة الكهرومائية على البيئة

تعتبر تقنيات الطاقة القائمة على المياه ، وخاصة الطاقة الكهرومائية أكثر مصادر الطاقة المتجددة فعالية حيث إنها تتمتع بأعلى كفاءة بنحو 90 %بين جميع التقنيات الأخرى ،وتوفر الطاقة الكهرومائية أكبر توليد للطاقة على مستوى العالم مقارنة بالتقنيات المتجددة الأخرى نظراً لتركيبها الضخم على مدار قرن تقريباً وفقاً للوكالات العالمية المختلفة بما في ذلك تقرير إحصاءات الطاقة المتجددة 2023 ، وتقرير حالة الطاقة الكهرومائية الصادر عن

[1] Theocharis Tsoutsos, Niki Frantzeskaki, and Vassilis Gekas, "Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies," *Energy Policy* 33, no. 3 (2005): 289–96.

[2] Jao-Hong Cheng, Chung-Hsing Yeh, and Chia-Wen Tu, "Trust and Knowledge Sharing in Green Supply Chains," *Supply Chain Management: An International Journal* 13, no. 4 (2008): 283–95.

الرابطة الدولية للطاقة الكهرومائية[1] لسنة 2022 توفر الطاقة الكهرومائية وحدها 15% من إجمالي إمدادات الكهرباء العالمية وتتمتع هذه التكنولوجيا بمستوى نضج عالٍ. فالطاقة الكهرومائية متقدمة بشكل لا مذهل في جميع الجوانب بما في ذلك الآثار البيئية وتوفر الوظائف للمجتمعات المحلية التي ستدعم في النهاية وبشكل مهم التنمية الاقتصادية لهذه المجتمعات[2].

لا تزال أنظمة الطاقة القائمة على الماء لها بعض التأثيرات البيئية التي يجب مناقشتها والتخفيف من حدتها. ومع ذلك فقد تم الاتفاق على أن معظم إن لم يكن جميع أنظمة طاقة المحيطات أو البحار أو المياه لها تأثيرات بيئية متشابهة نسبيًا. مثل أي نظام آخر للطاقة المتجددة، فإن أنظمة الطاقة القائمة على المياه لها بعض التأثيرات الاجتماعية مثل التصور والرؤية العامة. يتأثر صنع القرار بالمشاركة العامة مع ملكية المجتمع والتكاليف الخارجية، خاصة مع مراعاة كثافة الطاقة المنخفضة نسبيًا مما يؤدي إلى ظهور أنظمة الطاقة المتجددة بشكل كبير وانتشارها في العديد من المواقع مقارنة بأنظمة الطاقة التقليدية[3]

ان تغيير التدفق هو ببساطة تغيير أو منع أنماط التدفق القريبة من الشاطئ والمحيط بطرق مختلفة، مما قد يؤثر على النظام البيئي البحري و أنظمة المد والجزر والأمواج مما سيؤدي في النهاية إلى حدوث مشكلات مباشرة وغير مباشرة في التنوع البيولوجي ومخاوف تتعلق بسلامة الحياة البرية و يؤدي إلى تغيير قد يضر بالبيئة المحلية . هناك بعض المخاوف المتعلقة بالإشعاعات الكهرومغناطيسية من كابلات الطاقة وأجهزة الأخرى، والتي لا تزال صغيرة جدًا ومنخفضة نسبيًا، لكنها لا تزال تتطلب المزيد من الجهود البحثية. بالإضافة إلى ذلك، تمامًا مثل أي نظام ميكانيكي، فإن أنظمة الطاقة القائمة على الماء تشبه أنظمة طاقة الرياح ؛ يمكن أن تسبب تهديدات محتملة للحياة المائية من خلال الاصطدامات والضوضاء تحت الماء.

[1] Hydropower Status Report 2022, accessed August 11, 2023, https://www.hydropower.org/publications/2022-hydropower-status-report.

[2] Mohamed Farghali et al., "Social, Environmental, and Economic Consequences of Integrating Renewable Energies in the Electricity Sector: A Review," *Environmental Chemistry Letters* 21, no. 3 (June 1, 2023): 1381–1418, https://doi.org/10.1007/s10311-023-01587-1.

[3] Botelho et al., "Assessment of the Environmental Impacts Associated with Hydropower."

جدول رقم (1– 3) ملخص الإيجابيات والسلبيات المرتبطة بالطاقة الكهرومائية

إيجابيات الطاقة الكهرومائية	سلبيات بالطاقة الكهرومائية
❖ لا يوجد انبعاثات غازات الدفيئة وهي ضئيلة أثناء التشغيل فقط ❖ لا توجد نفايات سائلة وصلبة أقل ❖ الحد الأدنى من متطلبات الموارد (فقط لمرحلة البناء) ❖ تأمين تخزين وإمداد المياه لأغراض مختلفة ❖ السيطرة على الفيضانات ❖ تعزيز الملاحة البحرية عند المصب. ❖ تحسين مصايد في مياه المصب	❖ تغيير وتحويل مسارات وأنماط تدفق النهر ❖ تؤثر على المجتمعات المحلية والحياة البرية ❖ احتباس الرواسب ومغذيات التربة خلف السدود في الخزان ❖ نمو الحشائش المائية في اتجاه مجرى النهر ❖ يقطع مرور المصب / المنبع للكائنات المائية ❖ التغييرات في جودة المياه في اتجاه مجرى النهر

Source: Anabela Botelho et al., "Assessment of the Environmental Impacts Associated with Hydropower," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70 (April 1, 2017): 896–904, https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.271.

4.3. أثر طاقة الكتلة الحيوية على البيئة

عند التفكير في أنظمة إنتاج الطاقة القائمة على الكتلة الحيوية، فإن الناس إما لا يعرفون كيفية عملها أو يربطونها على الفور بأنظمة الطاقة التقليدية وسيكون لديهم انطباع سلبي. في حين أن الاحتراق ليس الطريقة المثلى لإنتاج الطاقة من منظور بيئي بسبب إطلاق ثاني أكسيد الكربون. في حين محطات الطاقة القائمة على الكتلة الحيوية هي وسيلة أكثر فائدة ومتجددة عند استخدامها لتوليد الكهرباء بدلاً من التخلص منها أو حرقها بدون فائدة، خاصةً عندما تكون بديلاً أفضل للوقود الأحفوري. يمكن أن تصبح الكتلة الحيوية مصدر طاقة محايدًا للكربون أفضل على نطاق واسع فقط إذا تم تحسين استخدام العمليات لتكون أنظف وفعالة اقتصاديًا. سيحتاج هذا الهدف إلى مزيد من جهود البحث والتطوير بشأن أنظمة الطاقة القائمة على الكتلة الحيوية لتعزيز الوقود، ستتلقى الاقتصادات الصناعية مزيدًا من التطورات، وسيقل استهلاك النفط بشكل كبير، وسيحل بالطبع العديد من المشكلات البيئية، بما في ذلك انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.[1]

بشكل عام، ترتبط المؤشرات الاقتصادية الرئيسية بالاستخدام الكبير لموارد المياه والأراضي. بالإضافة الى ذلك فان إنتاج طاقة الكتلة الحيوية تتطلب مياهًا أكثر بكثير من الاحتياجات المنزلية والصناعية العادية بينما تتطلب أيضًا أراضي أكبر لإنتاج الطاقة ذات الصلة. وإن العملية الكاملة لتحويل النظام البيئي الطبيعي إلى ما يسمى بمزارع محاصيل الطاقة ستهدد دائمًا الحياة البرية وسلامة العديد من الكائنات الحية من خلال التدمير المباشر للموائل والمغذيات أو الموارد الغذائية.

[1] Muhammad Shahzad Nazir et al., "Environmental Impacts and Risk Factors of Renewable Energy Paradigm—a Review," *Environmental Science and Pollution Research* 27, no. 27 (September 1, 2020): 33516–26, https://doi.org/10.1007/s11356-020-09751-8.

تم تلخيص الآثار البيئية المرتبطة بالطاقة الحيوية على النحو التالي[1]

- ❖ الاستغلال الشامل لموارد الأرض والمياه
- ❖ ارتفاع معدل تآكل التربة بسبب إزاحة الغابات الطبيعية بأراضي المحاصيل
- ❖ ارتفاع جريان المياه بسبب تآكل التربة، مما يؤدي إلى إعادة تغذية المياه الجوفية.
- ❖ إزالة وفقدان مغذيات التربة لأن معظم محاصيل الطاقة تتطلب مستوى عاليًا من المغذيات؛ ومن ثم يجب إضافة الأسمدة الاصطناعية.
- ❖ فقدان الحياة البرية الطبيعية والموائل والكائنات الحية بسبب التوسع في زراعة محاصيل الطاقة، مما يؤدي إلى إزاحة المحاصيل الأخرى والغابات والأراضي الطبيعية، وبالتالي يقلل من التنوع البيولوجي.

5.3. أثر الطاقة الحرارية الجوفية على البيئة

مع كفاءة غير مشجعة عند مقارنتها بمصادر الطاقة المتجددة الأخرى، فإن الطاقة الحرارية الأرضية ليست النظام المفضل حتى الآن. ومع ذلك هناك فجوة كبيرة عند النظر في استدامة أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية، مما يشير إلى ضرورة وجود تطورات كبيرة في البحث والتطوير التقني لهذه التكنولوجيا لمعرفة مدى استدامتها بيئيا. لا تزال أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية أكثر صداقة للبيئة ونظافة من أنظمة الطاقة التقليدية[2]، ولكن لا توجد تقنية خالية من السلبيات.

قد يؤدي إزالة البخار والسوائل إلى هبوط الأرض، حتى الحفر التشغيلي قد يؤدي إلى تأثر الأرض، وخلق تلوث ضوضاء عالية، وتهديد والتأثير على الحياة البرية، وانبعاثات غازية مثل ثاني أكسيد الكربون، والنفايات الصلبة والتي ستؤثر في النهاية على الصحة العامة كآثار اجتماعية. ويشكل تلوث الهواء والماء مصدر قلق كبير عندما يتعلق الأمر بأنظمة الطاقة الحرارية الأرضية حيث يتسبب تدهور النظم البيئية المحتمل في تدمير إضافي وتغيير موائل والنباتات الحياة البرية[3].

يتم تلخيص التأثيرات المختلفة للطاقة الحرارية الجوفية على النحو التالي[4]

- ❖ هبوط الأرض: نتيجة لتدفق الماء الساخن / البخار من حقل الطاقة الحرارية الجوفية، وبسبب استجابات التربة المختلفة للسائل المحقون، يمكن أن تتعرض الأرض للتشقق.

[1] Wei-Ru Chang, Jenn-Jiang Hwang, and Wei Wu, "Environmental Impact and Sustainability Study on Biofuels for Transportation Applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67 (January 1, 2017): 277–88, https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.020.

[2] Abdul Ghani Olabi et al., "Geothermal Based Hybrid Energy Systems, toward Eco-Friendly Energy Approaches," *Renewable Energy* 147 (March 1, 2020): 2003–12, https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.140.

[3] Kasumi Yasukawa et al., "Environmental Barriers to Geothermal Development in Eastern and South-Eastern Asia," 2020, p: 04.

[4] Andrea Paulillo, Aberto Striolo, and Paola Lettieri, "The Environmental Impacts and the Carbon Intensity of Geothermal Energy: A Case Study on the Hellisheiði Plant," *Environment International* 133 (December 1, 2019): 105226, https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105226.

- ❖ الانهيارات الأرضية والأنشطة الزلزالية المستحدثة: يمكن أن يؤدي دوران السوائل في مجال الطاقة الحرارية الأرضية والتباين في ضغط السوائل في تكوين أرضي مجهدً إلى حدوث كسر في الصخور.
- ❖ اضطراب السطح: بسبب إنشاء وتشغيل مرفق الاستخراج الذي يعتمد على سعة أو حجم المحطة والحقل.
- ❖ الطلب المرتفع على المياه: الماء هو الأكثر توفراً ويستخدم على نطاق واسع لاستخراج الطاقة الحرارية الأرضية مع فقد أو إهدار كمية كبيرة في الحقل تحت الأرض بسبب التسرب.
- ❖ الانبعاثات الغازية: يحتوي السائل المستخرج من الحقول الحرارية الأرضية عادة على بعض الغازات (مثل كبريتيد الهيدروجين) والمواد المتطايرة.
- ❖ النفايات الصلبة: عادةً ما يتم تشبع السوائل من الحقول الحرارية الأرضية بمكونات التربة ، بما في ذلك أملاح الكربونات و الكبريتات والتي تترسب عند انخفاض درجة الحرارة وتتراكم على شكل نفايات صلبة تتطلب إدارة مناسبة للنفايات.
- ❖ المياه العادمة: يتم تحميل المياه العادمة الناتجة عن استخدام المياه كسائل لنقل الحرارة عادة بمواد غريبة مضافة أثناء التشغيل وأملاح من التربة والتي يمكن أن تكون خطرة على البيئة عند تصريفها إلى المسطحات المائية.
- ❖ التلوث الحراري: الذي يصاحبه الحرارة الزائدة المنبعثة إلى البيئة بمياه الصرف أو في الهواء.
- ❖ تغيير طبيعة التربة وتلوثها: سيؤدي انجراف التربة بالمياه المستخرجة من حقل الطاقة الحرارية الأرضية إلى تغيير طبيعة التربة؛ بالإضافة إلى ذلك فإن المادة الغريبة التي يتم حقنها في الماء سوف تلوث التربة.
- ❖ الضوضاء: بسبب الآلات والمعدات المستخدمة أثناء إنشاء وتشغيل المصنع.
- ❖ الانقطاع في الموائل الطبيعية والتنوع البيولوجي: بسبب استخدام الأراضي والتغير في الموقع المحلي لمصنع الطاقة الحرارية الأرضية.

خلاصة الفصل الاول

تم التطرق في هذا الفصل لأهم المقاربات النظرية الخاصة بالطاقة المتجددة والتنمية المستدامة من خلال مراجعة الأدبيات النظرية حيث خلصنا الى ان الطاقة المتجددة ليس مجرد بديل لمصادر الطاقة التقليدية، ولكنه حل تحويلي يتماشى مع الأهداف الأوسع للتنمية المستدامة. وتوفر الأدبيات النظرية أدلة على أن الطاقة المتجددة توفر فوائد متعددة الأوجه، بدءًا من تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة إلى تقليل الضغط على الموارد الطبيعية المتضائلة. ومن خلال تسخير الطاقة من مصادر مثل الشمس والرياح والمياه والكتلة الحيوية، يمكننا التخفيف بشكل كبير من الآثار السلبية المرتبطة بالوقود الأحفوري، مثل تلوث الهواء والتدهور البيئي.

كما تم التركيز في هذا الفصل على تأثير مختلف مصادر الطاقات المتجددة على البيئة، كالطاقة الشمسية على سبيل المثال تمثل الحد الأدنى من المخاطر البيئية، ولكن الاعتبارات المتعلقة باستخدام الأراضي وتأثير دورة حياة الألواح الشمسية ضرورية. وعلى الرغم من أن طاقة الرياح تقلل بشكل كبير من انبعاثات الكربون، إلا أنها تثير مخاوف بشأن تأثيرها على أعداد الطيور والاضطرابات الضوضاء. وتترافق إمكانات الطاقة الكهرومائية في إنتاج الطاقة الخالية من الكربون مع آثارها على النظم الإيكولوجية المائية وتغيرات تدفق الأنهار. وتوفر الطاقة الحيوية التي تستمد الطاقة من المواد العضوية، حلا مستداما للطاقة ، لكن ممارسات الزراعة والحصاد تتطلب إدارة دقيقة لضمان عدم المساس بصحة التربة والتنوع البيولوجي.

ومن خلال تقييم هذه التأثيرات، يتبين انه من الضروري اتباع نهج متوازن عند دمج مصادر الطاقة المتجددة المختلفة. وفي حين أن التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة أمر حتمي لتحقيق مستقبل مستدام، فمن المهم بنفس القدر التعرف على التحديات البيئية التي يمثلها كل مصدر ومعالجتها، مما يضمن أن تظل المسيرة نحو الاستدامة شاملة.

الفصل الثاني

نظرة على بعض الدراسات السابقة

تمهيد الفصل الثاني

وفقا للمنهجية المتبعة في هذه الأطروحة فقد خصص هذا الفصل لاستعراض مجموعة من الاعمال العلمية السابقة التي تناولت الموضوع قيد الدراسة الحالية، إذ أنه من شروط الإجابة على الاشكالية البحثية توضيح العلاقة الوظيفية بين إشكالية البحث الحالي والدراسات السابقة، التي تعتبر من الخصائص التي يرتكز عليها البحث العلمي

إذ لا يمكن تصور البحث العلمي منفصل على جهود الآخرين وعليه فقد حاولنا استعراض مجموعة من الدراسات

التي تناولت جوانب مختلفة متعلقة بموضوع الأطروحة، سواء ما تعلق باستخدام الطاقة المتجددة وأثر على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة و التي تم التعبير عنها من خلال انبعاثات ثاني أكسيد الكربون او من خلال البصمة البيئية لذلك فقد تم تقسيم هذا الفصل الى مبحثين، تم من خلال المبحث الأول عرض الدراسات السابقة، أما المبحث الثاني فتمثل في مناقشة لهذه الدراسات مع تبيان القيمة المضافة التي ستقدمها هذه الدراسة

أولا: عرض الدراسات السابقة

تتيح الأدبيات التطبيقية حزمة كبيرة من الدراسات التي عالجت موضوع الدراسة وقد تباينت مناهج الدراسات والأساليب القياسية المستخدمة، وسنقتصر من خلال هذا المبحث على عدد من الدراسات التي تتقاطع مع الدراسة الحالية في بعض متغيراتها.

1. استخدام الطاقة المتجددة وأثرها على البصمة الكربونية (انبعاثات ثاني أكسيد الكربون)

سنحاول في هذا القسم استعراض الدراسات التي تناولت استهلاك الطاقة المتجددة وعلاقتها بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الذي يعبر عن الابعاد البيئية للتنمية المستدامة.

1.1. دراسة E. Dogan and R. Inglesi-Lotz (2017) [1] بعنوان "تحليل آثار الدخل الحقيقي واستهلاك طاقة الكتلة الحيوية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون دليل تجريبي من لجنة البلدان المستهلكة للكتلة الحيوية"

تهدف الدراسة الى التحقيق في تأثير استهلاك طاقة الكتلة الحيوية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في ظل فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC) لـ 18 دولة مستهلكة للكتلة الحيوية للفترة من 1990 إلى 2014. وتستخدم الدراسة ثلاثة نماذج لفحص العلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والناتج المحلي الإجمالي واستهلاك طاقة الكتلة الحيوية والانفتاح التجاري. باستخدام مناهج الاقتصاد القياسي التي تأخذ في الاعتبار عدم التجانس والارتباط المقطعي عبر البلدان في بيانات البانل، مثل اختبارات جذر وحدة لوحة CIPS وCADF واختبار LM bootstrap cointegration، وتم استخدام طريقة FMOLS لتقدير معاملات طويلة المدى موثوقة ومتسقة. وتوصلت الدراسة إلى تأكيد صحة فرضية EKC، وتوصلت أيضا الى أن استهلاك طاقة الكتلة الحيوية يقلل من مستوى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. تشير النتائج إلى أن الاستثمار في البنية التحتية لطاقة الكتلة الحيوية وإمدادات الكتلة الحيوية هو اتجاه مناسب يمكن لصانعي سياسات الطاقة استخدامه في جهودهم للحد من التدهور البيئي على المدى الطويل.

[1] E. Dogan and R. Inglesi-Lotz, "Analyzing the Effects of Real Income and Biomass Energy Consumption on Carbon Dioxide (CO2) Emissions: Empirical Evidence from the Panel of Biomass-Consuming Countries," *Energy* 138 (2017): 721–27, https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.136.

2.1. دراسة BÉLAID & YOUSSEF (2017)[1]: بعنوان "التدهور البيئي، واستهلاك الكهرباء المتجددة وغير المتجددة، والنمو الاقتصادي: تقييم الأدلة من الجزائر"

لمعرفة دور الطاقات المتجددة في النمو الاقتصادي وأثرها على التدهور البيئي بالجزائر قام الباحثان ببناء نموذج قياسي تضمن كل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون واستهلاك الكهرباء الناتجة من مصادر المتجددة واستهلاك الكهرباء غير المتجددة والنمو الاقتصادي المعبر عنه نصيب الفرد من الناتج المحلي للفترة الزمنية الممتدة من 1980 الى 2012، وتم اختبار التكامل المتزامن باستخدام منهجية الحدود وتوصل الدراسة الى:

- بروز كل من النمو الاقتصادي والطاقة الكهربائية المولدة من مصادر غير متجددة كعامل للتدهور البيئي في الجزائر
- استهلاك الطاقة الناتجة من مصادر متجددة لها أثر ايجابي في التخفيف من انبعاثات ثاني اكسيد الكربون غير انها حصتها ضئيلة لم يصل إلى مستوى يسمح بالمساهمة في تحقيق الاهداف المسطرة لخفض الانبعاثات.
- يعتبر النمو الاقتصادي محفز لعمليات توليد الطاقة واستهلاكها لذا وجب توفير بدائل للطاقة تكون نظيفة وبصورة متجددة نظر لطلب المتزايد للحفاظ على البيئة.

3.1. دراسة Mallesh Ummalla (2019)[2]: بعنوان "العلاقة بين استهلاك الطاقة الكهرومائية والنمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون : أدلة من دول البريكس"

الهدف من هذه الدراسة هو التحقيق في العلاقة بين استهلاك الطاقة الكهرومائية والنمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في دول البريكس. تستخدم الدراسة البيانات السنوية للفترة من 1990-2016 وتستخدم طريقتين للتقدير: نموذج الانحدار الذاتي الموزع للبانل (ARDL) للتحقق من العلاقة قصيرة المدى وطويلة المدى بين المتغيرات وتقديرات الانحدار الكمي (PQR) لاستكشاف آثار المتغيرات المستقلة على النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون عند المستويات الكمية المختلفة. تشمل المتغيرات التي تم تناولها في الدراسة نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهرومائية، ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد. تم الحصول على البيانات الخاصة بـ HYD و CO2 من الاستعراض الإحصائي لشركة BP للطاقة العالمية 2017، بينما تم جمع بيانات السكان والناتج المحلي الإجمالي من قاعدة بيانات مؤشرات التنمية العالمية (WDI).

توصلت الدراسة إلى أن استهلاك الطاقة الكهرومائية له علاقة إيجابية بالنمو الاقتصادي على المدى الطويل والقصير، وارتباطًا سلبيًا بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل. تظهر الدراسة أيضًا أن تأثيرات المتغيرات

[1] Fateh Bélaïd and Meriem Youssef, "Environmental Degradation, Renewable and Non-Renewable Electricity Consumption, and Economic Growth: Assessing the Evidence from Algeria," *Energy Policy* 102 (March 1, 2017): 277–87, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.012.

[2] Mallesh Ummalla, Asharani Samal, and Phanindra Goyari, "Nexus among the Hydropower Energy Consumption, Economic Growth, and CO2 Emissions: Evidence from BRICS Countries," *Environmental Science and Pollution Research* 26, no. 34 (December 1, 2019): 35010–22, https://doi.org/10.1007/s11356-019-06638-1.

المستقلة على النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير متجانسة عبر الكميات. على وجه التحديد، فإن تأثير استخدام الطاقة الكهرومائية يعزز بشكل كبير النمو الاقتصادي عبر جميع الكميات (باستثناء الكمية العاشرة) ، في حين أن استخدام الطاقة الكهرومائية له تأثير سلبي وإيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الكميات الأدنى والأعلى ، على التوالي.

4.1. دراسة KIRIKKALELI وADEBAYO (2020)[1]: بعنوان "هل استهلاك الطاقة المتجددة والتنمية المالية مهمان للاستدامة البيئية؟ أدلة عالمية جديدة"

حاولت الدراسة الإجابة على التساؤل التالي: هل استهلاك الطاقة المتجددة والتنمية المالية مهمان للاستدامة البيئية؟ وهدف الباحثان إلى استكشاف التأثير السببي طويل المدى للتنمية المالية واستهلاك الطاقة المتجددة على الاستدامة البيئية (انبعاثات ثاني أكسيد الكربون) مع التحكم في الابتكار التكنولوجي والنمو الاقتصادي من منظور عالمي باستخدام اختبار التكامل المشترك للتحقق من وجود علاقة طويلة الأجل بين المتغيرات المدروسة، ثم تقدير النموذج بتقنية OLS وكذلك تقنية FMOLS و DOLS التي تعطينا نماذج أكثر كفاءة، ثم تقدير نموذج تصحيح الخطأ لدراسة سببية Granger واتجاهها لمعطيات بانل هذا على المدى القصير ثم على المدى الطويل بالاعتماد على بيانات تم الحصول عليها من قاعدة بيانات البنك الدولي والصندوق النقد الدولي للفترة 1985-2017 ضمن الاطار العالمي وخلصت النتائج الى:

- ان للتنمية المالية العالمية والاستهلاك العالمي للطاقة المتجددة تأثير إيجابي كبير على المدى الطويل على الاستدامة البيئية، بينما يزيد النمو الاقتصادي من انبعاثات الكربون حول العالم
- كشفت نتائج النتائج السببية أن التنمية المالية واستهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي، والابتكار التكنولوجي تسبب بشكل كبير الاستدامة البيئية حول العالم.
- يجب على صانعي السياسات أيضًا النظر في دور الطاقة المتجددة، التي وجدت هذه الدراسة أنها مهمة في الحد من البيئة تدهور، من خلال إصلاح سياسات الطاقة في الدول المتقدمة والنامية على حد سواء لتشجيع استخدام الطاقة المتجددة وغيرها من التقنيات الموفرة للطاقة.

[1] Dervis Kirikkaleli and Tomiwa Sunday Adebayo, "Do Renewable Energy Consumption and Financial Development Matter for Environmental Sustainability? New Global Evidence," *Sustainable Development* 29, no. 4 (July 2021): 583–94, https://doi.org/10.1002/sd.2159.

5.1. دراسة Xu Bingjie واخرون (2020)[1] بعنوان "تأثير استهلاك الوقود الحيوي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون: تحليل بيانات البانل لسبعة دول مختارة من مجموعة العشرين"

الهدف من هذه الدراسة هو التحقيق في العلاقة بين النمو الاقتصادي واستهلاك الوقود الحيوي ومعدل التحضر وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في سبع دول مختارة من مجموعة العشرين (G20) وهي الأرجنتين والبرازيل والصين والهند وإندونيسيا والمكسيك وجنوب إفريقيا خلال الفترة 2001-2017. تستخدم الدراسة نموذج منحنى كوزنتس البيئي (EKC) لفحص الارتباط بين النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. المتغيرات المستخدمة في الدراسة هي الناتج المحلي الإجمالي، واستهلاك الوقود الحيوي، ومعدل التحضر، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. تستخدم الدراسة اختبارات جذر وحدة للبانل، واختبار التكامل المشترك للبانل Pedroni ، وتم تقدير نموذج الدراسة باستخدام طريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل (FMOLS) ، وطريقة سببية غرانجر لتحديد الارتباطات والعلاقات السببية بين المتغيرات. توصلت الدراسة إلى أن منحنى كوزنتس البيئي (EKC) موجود بين النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وأن تأثير استهلاك الوقود الحيوي سلبي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في حين ان تأثير معدل التحضر إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وخلصت الدراسة إلى أن تطوير صناعة الوقود الحيوي لا يمكن أن يقلل من استهلاك طاقة الوقود الأحفوري فحسب، بل يوفر أيضًا إمكانات هائلة لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

6.1. دراسة SALARI واخرون (2021)[2] بعنوان "العلاقة بين انبعاثات CO2 واستهلاك الطاقة والنمو الاقتصادي في الولايات المتحدة"

تبحث هذه الدراسة في العلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، واستهلاك الطاقة المتجددة، والنمو الاقتصادي في الولايات المتحدة على مستوى الولاية خلال 1997 - 2016. واستخدمت هذه الدراسة مناهج كمية مختلفة بما في ذلك النماذج الثابتة بالإضافة إلى النماذج الديناميكية (One-Step System GMM) (Two-Step System GMM) لقياس تأثيرات الناتج المحلي الإجمالي وأنواع مختلفة من استهلاك الطاقة بما في ذلك الطاقة الإجمالية وغير المتجددة والمتجددة والصناعية والسكنية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عبر الولايات.

تظهر النتائج وجود علاقة طويلة المدى بين أنواع مختلفة من استهلاك الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون على مستوى الولاية لكل من النماذج الثابتة والديناميكية. الاستهلاك الإجمالي للطاقة غير المتجددة والصناعية والسكنية له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، في حين أن استهلاك الطاقة المتجددة له علاقة سلبية بانبعاثات ثاني

[1] B. Xu, R. Zhong, and H. Qiao, "The Impact of Biofuel Consumption on CO2 Emissions: A Panel Data Analysis for Seven Selected G20 Countries," *Energy and Environment* 31, no. 8 (2020): 1498–1514, https://doi.org/10.1177/0958305X20915426.

[2] Mahmoud Salar, Roxana J Javid, and Hamid Noghanibehambari, "He Nexus between CO2 Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth in the U.S.," *Economic Analysis and Policy* 69 (2021): 182–94, https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.12.007.

أكسيد الكربون. تظهر النتائج علاقة شكل مقلوب بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والناتج المحلي الإجمالي مما يوفر أدلة كافية للتحقق من صحة فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC) عبر الولايات، وكانت النتائج قوية عبر الولايات باستخدام كل من النماذج الثابتة والديناميكية. قد يستخدم صانعو السياسات النتائج التي توصلنا إليها لتحديد السياسات المعمول بها لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عبر الولايات الأمريكية

7.1. دراسة USMAN واخرون (2022)[1] بعنوان "آثار الاستهلاك المحلي للمواد والطاقة المتجددة والتنمية المالية على الاستدامة البيئية في 28 دول من الاتحاد الأوروبي "

هدف الباحثون هي هذه الدراسة الى تقييم آثار الاستهلاك المواد المحلي، واستهلاك الطاقة المتجددة، والتنمية المالية ، وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري على جودة البيئة في دول الاتحاد الأوروبي الـ 28 بناءً على بيانات ربع سنوية للفترة الممتدة من الربع الأول لسنة 2000 إلى غاية الربع الرابع لسنة 2017 ، باستخدام طريقة اللحظات المعممة (GMM) من خلال تطبيق الانحدار الذاتي لنماذج البانل (PVAR) وتحليلات وظيفة الاستجابة للصدمات وكشفت النتائج ما يلي :

- تشير نتائج السببية إلى علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وبقية المتغيرات باستثناء استهلاك الطاقة المتجددة، والتي تكون أحادية الاتجاه. إن العلاقة السببية بين النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة المتجددة، والنمو الاقتصادي والتنمية المالية، والتنمية المالية واستهلاك الطاقة المتجددة لها تأثير تغذية مرتدة بينما تتدفق السببية أحادية الاتجاه من النمو الاقتصادي إلى الاستهلاك المادي المحلي. هذه النتائج لها آثار على الإنتاج والاستهلاك المستدامين.
- أن الصدمات التي يتعرض لها الاستهلاك المحلي للمواد، و استهلاك الطاقة المتجددة، والنمو الاقتصادي، والتنمية المالية ، وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري ، تؤثر على الدوافع نحو بيئة مستدامة. على وجه الخصوص، تعمل الصدمات التي تتعرض لها استهلاك الطاقة المتجددة والتنمية المالية على تحسين جودة البيئة، بينما تؤدي الصدمات التي يتعرض لها استهلاك المواد المحلية وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري إلى تدهور جودة البيئة. تعمل الصدمة على النمو الاقتصادي على تحسين جودة البيئة حتى الأفق الرابع وبعد ذلك تبدأ في تدهور جودة البيئة.

[1] Ojonugwa Usman, Andrew Adewale Alola, ,Seyi Saint Akadiri, "Effects of Domestic Material Consumption, Renewable Energy, and Financial Development on Environmental Sustainability in the EU-28: Evidence from a GMM Panel-VAR," Renewable Energy 184 (January 2022): 239–51, https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.11.086.

8.1. دراسة MAGAZZINO واخرون (2022)[1] بعنوان "استهلاك الطاقة المتجددة والتدهور البيئي والنمو الاقتصادي"

يمثل تغير المناخ التحدي الأكبر الذي يواجه جميع دول العالم في الألفية الجديدة. من بين أمور المهمة الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة، حيث يهدف إلى اعتماد تدابير عاجلة للمقارنة بين تغير المناخ وعواقبه، حيث ان جزء من الانخفاض في النمو العالمي للانبعاثات كان الزيادة في استخدام الطاقات المتجددة. في هذه الدراسة قام الباحثون بالتحقيق في العلاقة السببية بين الانبعاثات واستخدام الطاقة المتجددة، حيث ركزت هذه الورقة على الدول الاسكندنافية التي تشهد زيادة كبيرة في استخدام الطاقات المتجددة. تم إجراء العديد من اختبارات لبيانات البانل من أجل التقييم القوي للعلاقة السببية بين الطاقات المتجددة والانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والناتج المحلي الإجمالي للفترة الزمنية من 1990 إلى 2018. وتشير نتائج التحليل التجريبي إلى أن استهلاك الطاقة المتجددة هو أداة مفيدة لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون دون التأثير سلبا على نمو الناتج المحلي الإجمالي. حيث كانت الآثار الرئيسية أن انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال زيادة استخدام الطاقة المتجددة، ويمكن أن تضمن مستويات عالية من كفاءة الطاقة والنمو الاقتصادي. تساعد هذه النتائج التجريبية في تصميم خرائط طريق مبتكرة لسياسة الطاقة وتسريع التحول البيئي من خلال تعزيز الطاقة المتجددة وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة.

9.1. دراسة Jinna Yu واخرون (2022)[2] بعنوان "دور الطاقة المتجددة القائمة على الطاقة الشمسية في التخفيف من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون: أدلة من التقدير الكمي"

تسلط الورقة الضوء على أهمية الطاقة المتجددة القائمة على الطاقة الشمسية في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والتي تم تجاهلها في الدراسات السابقة حسب وصف المؤلفين. حيث تم تحليل الارتباط غير المتماثل بين استهلاك الطاقة الشمسية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أكبر عشر دول مستهلكة للطاقة الشمسية (أستراليا وألمانيا واليابان وإسبانيا وإيطاليا والولايات المتحدة الأمريكية وكوريا الجنوبية والمملكة المتحدة وفرنسا والصين) يتم تطبيق منهجية "Quantile-on-Quantile (QQ)" حيث تستكشف النتائج طريقة تأثير كميات استهلاك الطاقة الشمسية بشكل غير متماثل على كميات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون باستخدام البيانات من سنة 1991 إلى سنة 2018 .تظهر النتائج أن استهلاك الطاقة الشمسية يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بكميات مختلفة لجميع البلدان المختارة باستثناء فرنسا. العلاقة الإجمالية أقوى عند كميات أعلى من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لمختلف البلدان. وتشير النتائج أيضا إلى أن شدة العلاقة غير المتماثلة في العلاقة بين الطاقة الشمسية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون تختلف حسب البلدان وعليه يجب على الحكومات الحذر والاهتمام في صياغة السياسات المتعلقة

[1] Cosimo Magazzino et al., "Renewable Energy Consumption, Environmental Degradation and Economic Growth: The Greener the Richer?," Ecological Indicators 139 (June 2022): 108912, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108912.

[2] Jinna Yu et al., "Role of Solar-Based Renewable Energy in Mitigating CO2 Emissions: Evidence from Quantile-on-Quantile Estimation," *Renewable Energy* 182 (January 1, 2022): 216–26, https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.002.

بالطاقة الشمسية والبيئة. وتؤكد نتائج الدراسة على أنه يجب دمج الطاقة الشمسية من أجل النمو المستدام والجودة البيئية.

10.1. دراسة Abdul Waris واخرون (2023)[1] بعنوان "تأثير استهلاك طاقة الوقود الحيوي والطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية واستهلاك الفحم على انبعاثات الكربون في دول مجموعة العشرين"

تهدف الدراسة إلى تحديد تأثير مصادر الطاقة على انبعاثات الكربون وتحديد إمكانات مصادر الطاقة المتجددة في الحد من انبعاثات الكربون. من خلال التحقيق في العلاقة بين استهلاك كل من الطاقة الكهرومائية، والطاقة الشمسية، والوقود الحيوي ، وطاقة الرياح ، واستهلاك الفحم ، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في 19 دولة عضو في مجموعة العشرين للفترة 2000 و 2019. تستخدم الدراسة التأثيرات الثابتة الديناميكية وطريقة اللحظات المعممة في النظام الديناميكي الثابت لتقدير العلاقة. تشير نتائج الدراسة إلى

أن استخدام الطاقة الشمسية والوقود الحيوي له تأثير سلبي على انبعاثات الكربون، مما يعني أن استخدامها يمكن أن يساعد في تقليل انبعاثات الكربون. من ناحية أخرى، فإن استخدام طاقة الرياح له تأثير إيجابي على انبعاثات الكربون، مما يشير إلى أنها قد لا تكون فعالة في تقليل انبعاثات الكربون مثل الطاقة الشمسية والوقود الحيوي. وجدت الدراسة أيضًا أن استهلاك الطاقة المائية لم يكن له تأثير كبير على انبعاثات الكربون. أخيرًا، أكدت الدراسة أن استهلاك الفحم له تأثير إيجابي على انبعاثات الكربون، مما يعني أن زيادة استهلاك الفحم يمكن أن تؤدي إلى زيادة انبعاثات الكربون.

بشكل عام، تسلط الدراسة الضوء على إمكانات مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والوقود الحيوي في تقليل انبعاثات الكربون والحاجة إلى تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة غير المتجددة مثل الفحم.

11.1. دراسة J.P. Namahoro واخرون (2023)[2] بعنوان "العلاقة بين طاقة الرياح والتنمية الصناعية والاقتصادية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون"

كان الهدف من الدراسة هو استكشاف العلاقة بين طاقة الرياح، والتنمية الصناعية والاقتصادية ، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في اطار عالمي مع التركيز على البلدان الأولى التي تنتج قدرًا كبيرًا من طاقة الرياح في جميع أنحاء العالم. حيث تم اختيار 41 دولة من دول العالم الأفضل تنتج للطاقة الرياح للفترة الممتدة من 1997 إلى 2018. واستخدمت الدراسة مقدرات التأخر الموزع المقطعي المعزز (CS-DL)، و التأخر الموزع للانحدار الذاتي المعزز المقطعي

[1] Abdul Waris et al., "The Impact of Hydro-Biofuel-Wind-Solar Energy Consumption and Coal Consumption on Carbon Emission in G20 Countries," *Environmental Science and Pollution Research* 30, no. 28 (June 1, 2023): 72503–13, https://doi.org/10.1007/s11356-023-27442-y.

[2] J. P. Namahoro, Q. Wu, and H. Su, "Wind Energy, Industrial-Economic Development and CO2 Emissions Nexus: Do Droughts Matter?," *Energy* 278 (September 1, 2023): 127869, https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127869.

(CS-ARDL) ، والتأثير المشترك المصحح لمجموعة المتوسطات (CCE-P) لتقييم العلاقات بين المتغيرات بشكل فعال.

وجدت الدراسة أن استهلاك طاقة الرياح يساهم في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، في حين أن التنمية الصناعية والاقتصادية تعزز بشكل إيجابي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في البلدان الدراسة. وأشارت الدراسة أيضًا إلى العلاقات السببية ثنائية الاتجاه بين ثاني أكسيد الكربون والمتغيرات المشتركة الأخرى، والتنمية الصناعية والنمو الاقتصادي، واستخدام طاقة الرياح. اقترح المؤلفون الآثار السياسية للحد من ثاني أكسيد الكربون في جميع أنحاء العالم والبلد المحدد والنظر في التأثير الإيجابي لطاقة الرياح على النمو. بشكل عام، تقدم الدراسة رؤى قيمة حول مساهمة استخدام طاقة الرياح والتنمية الصناعية والاقتصادية في استراتيجيات إزالة الكربون.

12.1. دراسة Muzzammil Hussain واخرون (2023)[1] بعنوان "دور السياسات الاقتصادية واستهلاك الطاقة المتجددة والموارد الطبيعية للحد من انبعاثات الكربون في أكبر خمس اقتصادات ملوثة"

يبحث المؤلفون في هذه الدراسة على مدى تأثير الموارد الطبيعية والسياسات الاقتصادية واستهلاك الطاقة المتجددة على إجمالي انبعاثات الكربون القائمة على الاستهلاك في أكبر خمس اقتصادات ملوثة. تشمل المتغيرات المستخدمة في الدراسة الموارد الطبيعية والسياسات الاقتصادية واستهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات الكربون وانبعاثات الكربون القائمة على الاستهلاك. وتستخدم الدراسة بيانات سنوية من 1992 حتى 2020 لأكبر خمس اقتصادات ملوثة وهي الصين والولايات المتحدة، والهند وروسيا واليابان. تستخدم الدراسة طريقة التأخر الموزع للانحدار الذاتي المعزز المقطعي CS-ARDL وتقديرات المجموعة المتوسطة المعززة AMG، توصلت الدراسة إلى أن السياسات الاقتصادية وإيجارات الموارد الطبيعية قد تؤثر على بيئة الاقتصاد، بينما يقلل استهلاك الطاقة المتجددة والموارد الطبيعية بشكل كبير من إجمالي انبعاثات الكربون القائمة على الاستهلاك في أكبر خمسة اقتصادات ملوثة. وتوصي الدراسة بأن تعمل هذه الدول من أجل سياسات مستدامة تتعلق بالموارد الطبيعية والتركيز على زيادة الكفاءة الصناعية والحد بشكل كبير من التدهور البيئي. النتائج لها آثار سياسية فعالة على البيئة المستدامة.

[1] Muzzammil Hussain et al., "Role of Economic Policies, Renewable Energy Consumption, and Natural Resources to Limit Carbon Emissions in Top Five Polluted Economies," *Resources Policy* 83 (June 1, 2023): 103605, https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103605.

2.استخدام الطاقة المتجددة وأثرها على البصمة البيئية

سنحاول في هذا القسم استعراض الدراسات التي تناولت استهلاك الطاقة المتجددة وعلاقتها بالبصمة البيئية الذي يعبر عن الابعاد البيئية للتنمية المستدامة.

1.2. دراسة Korkut Pata & Mucahit Aydin واخرون (2020)[1] بعنوان "اختبار فرضية كوزنتس لأكبر ستة بلدان مستهلكة للطاقة الكهرومائية"

يمثل التدهور البيئي تهديدًا مهمًا للتنمية المستدامة. النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة المعتمد على الوقود الأحفوري من العوامل الرئيسية المسببة للتلوث البيئي. يمكن أن يساعد استخدام الطاقة المتجددة كبديل للوقود الأحفوري في تقليل التلوث البيئي، وبالتالي يمكن تحقيق التنمية المستدامة. من وجهة النظر هذه تعد الطاقة الكهرومائية أكثر مصادر الطاقة المتجددة استخدامًا في العديد من البلدان. ومع ذلك فإن تأثيرات الطاقة الكهرومائية على البيئة مثيرة للجدل. لإضافة بُعد جديد إلى المناقشة، تبحث هذه الدراسة في العلاقة بين استهلاك الطاقة الكهرومائية والبصمة البيئية والنمو الاقتصادي للدول الست الأكثر استهلاكا للطاقة المائية في إطار فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC). تستخدم الدراسة اختبارات التكامل المشترك والسببية المطورة حديثًا مع تغييرات هيكلية سلسة خلال الفترة 1965-2016. تظهر نتائج إجراء Fourier bootstrap ARDL عدم وجود تكامل مشترك بين المتغيرات. لذلك فإن فرضية EKC غير صالحة للبرازيل والصين وكندا والهند والنرويج والولايات المتحدة. بالإضافة الى ذلك تشير نتائج اختبار Fourier Toda-Yamamoto السببية إلى وجود علاقة سببية أحادية الاتجاه تمتد من استهلاك الطاقة الكهرومائية إلى النمو الاقتصادي في البرازيل ، والسببية ثنائية الاتجاه بين هذه المتغيرات في الصين. في حالة أكبر ستة بلدان مستهلكة للطاقة الكهرومائية، لم يتم العثور على دليل على وجود علاقة سببية بين الطاقة الكهرومائية والبصمة البيئية. بشكل عام، هذه النتائج مهمة لواضعي السياسات. تلعب الطاقة الكهرومائية دورًا حاسمًا في سياسات النمو الاقتصادي في الصين والبرازيل. من ناحية أخرى، لا يلعب استهلاك الطاقة الكهرومائية والنمو الاقتصادي دورًا في التخفيف من البصمة البيئية في ستة بلدان. لهذا السبب، يجب أن تأخذ البلدان أنواعًا مختلفة من استهلاك الطاقة المتجددة في الاعتبار لحل المشكلات البيئية.

[1] Ugur Korkut Pata and Mucahit Aydin, "Testing the EKC Hypothesis for the Top Six Hydropower Energy-Consuming Countries: Evidence from Fourier Bootstrap ARDL Procedure," *Journal of Cleaner Production* 264 (August 10, 2020): 121699, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121699.

2.2. دراسة NATHANIEL وKHAN (2020)[1] بعنوان "العلاقة بين التوسع الحضري والطاقة المتجددة والتجارة والبصمة البيئية في دول الآسيان"

حاول الباحثان في هذه الورقة ابراز تأثير استهلاك الطاقة المتجددة وغير المتجددة، والنمو الاقتصادي والتحضر مع التحكم في التجارة على مؤشر بيئي أكثر موثوقية وهو البصمة البيئية في ستة دول مختارة من دول الآسيان للفترة الممتدة من 1990 الى غاية 2016 باستخدام نموذج وسط المجموعة الموسع (AMG) حيث تم تطبيق اختبارات جذر الوحدة من الجيلين الأول والثاني واختبار استقلالية المقاطع العرضية واختبارات التكامل المشترك لـ Westerlund (2007) و كشف النتائج ما يلي :

- أن النمو الاقتصادي، التجارة والطاقة غير المتجددة تساهم بشكل كبير في التدهور البيئي في دول الآسيان، مما يشير إلى أن هذه الدول تنمو على حساب بيئتها
- تساهم الطاقة غير المتجددة في تراجع التدهور البيئي، ولكن بنسب ضئيلة.
- وجود علاقة سببية في اتجاه واحد من التحضر إلى استهلاك الطاقة غير المتجددة. نظرًا لأنه لا يمكن تجاهل التكلفة البيئية الناشئة عن التكامل التجاري والنمو الاقتصادي، فمن المستحسن أن تعيد دول الآسيان النظر في السياسات التي تؤدي إلى التجارة المستدامة والنمو الاقتصادي، والتثقيف في التدهور البيئي.
- يتعين على صانعي السياسات في هذه البلدان زيادة الوعي البيئي لمواطنيها لتحقيق هذا (الوعي البيئي) لا بد من الشراكة بين كل الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية. حيث تكمن فوائد هذه الشراكة في الاتجاه نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة. على سبيل المثال، سيبدأ المواطنون بشكل أفضل في الاستفادة من حلول الطاقة المتجددة التي ستساعد على الانتقال السلس من استهلاك الطاقة غير المتجددة إلى استهلاك الطاقة المتجددة. كما يمكن أن تنشأ فرص مهنية جديدة من تنفيذ عمليات الإنتاج الأنظف. وتجدر الإشارة إلى أن الإنتاج الأنظف يمكن أن يكون في الواقع خطوة صحيحة في الاتجاه الصحيح نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة بحلول عام 2030.

3.2. دراسة Rajesh SHARMA واخرون (2021)[2] بعنوان "هل يقلل استهلاك الطاقة المتجددة من البصمة البيئية؟ أدلة من ثمانية بلدان نامية في آسيا"

أدت التحولات الاقتصادية والديموغرافية التي قادتها الزيادة المستمرة في دخل الفرد إلى تحدي حملة الحفاظ على البيئة في معظم الدول النامية. لذلك شدد صانعوا السياسات في السنوات الأخيرة على الحاجة إلى التغلب على الآثار الضارة لمساعي النمو الاقتصادي على النظام البيئي. في هذا الصدد ساعد الاستخدام الواسع النطاق لحلول الطاقة المتجددة في استعادة الجودة البيئية في كل من البلدان المتقدمة والنامية. مع وضع ذلك في الاعتبار، في هذه الدراسة

[1] Solomon Nathaniel and Syed Abdul Rehman Khan, "The Nexus between Urbanization, Renewable Energy, Trade, and Ecological Footprint in ASEAN Countries," *Journal of Cleaner Production* 272 (November 1, 2020): 122709, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122709.

[2] Rajesh Sharma, Avik Sinha, and Pradeep Kautish, "Does Renewable Energy Consumption Reduce Ecological Footprint? Evidence from Eight Developing Countries of Asia," *Journal of Cleaner Production* 285 (February 2021): 124867, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124867.

قام الباحثون بفحص الآثار طويلة المدى وقصيرة المدى لدخل الفرد ، والطاقة المتجددة ،ومتوسط العمر المتوقع ، والكثافة السكانية على البصمة البيئية في البلدان النامية الثمانية في جنوب شرق آسيا للفترة من سنة 1990 الى غاية سنة 2015 في الدول المختارة لحساب المعاملات المشتركة ، حيث تم استخدام نهج التأخر الموزع المعزز ذاتي الانحدار المستعرض CS-ARDL حيث يعالج هذا النهج مشكلة التبعية المقطعية بكفاءة ويوفر المعاملات قصيرة وطويلة المدى. دعمت النتائج طويلة المدى الحاجة إلى موارد طاقة منخفضة التلوث بكثافة لأن الارتباط بين دخل الفرد والبصمة البيئية وجد على شكل حرف N.

علاوة على ذلك، أثبتت الدراسة أن زيادة استخدام الطاقة المتجددة قد قلل بشكل كبير من البصمة البيئية في المنطقة. ومع ذلك أدت الكثافة السكانية المتزايدة إلى زيادة انبعاثات التلوث في هذه البلدان. بصورة مماثلة، تم العثور على تأثير متوسط العمر المتوقع على البصمة البيئية إيجابياً، ولكنه غير مهم. بناءً على النتائج قام الباحثون بتصميم إطار عمل متعدد الجوانب للسياسة المنتهجة، بحيث تتمكن هذه الدول من تحقيق أهداف معينة من أهداف التنمية المستدامة.

4.2. دراسة XuGuang WANG (2021)[1] : بعنوان "محددات البصمات البيئية والكربونية لتقييم إطار الاستدامة البيئية في دول البريكس: لوحة ARDL ونموذج تقدير السببية"

الغرض من هذه الدراسة هو تقييم آثار التنمية المالية ورأس المال البشري والعولمة واستهلاك الطاقة المتجددة على البصمة البيئية والكربون. لهذا الغرض، تم جمع البيانات من أربعة بلدان وهي البرازيل وروسيا والهند والصين للفترة من 1997-2016 وتم تحليل بيانات البانل للعشرين سنة التي تم جمعها لهذه البلدان من خلال " التأخر الموزع التلقائي الانحدار" PANL ARDL وتكشف نتائج هذه الدراسة أن رأس المال البشري هو محدد إيجابي هام للتدهور البيئي على المدى القصير والطويل بينما استهلاك الطاقة المتجددة هو محدد سلبي كبير للتدهور البيئي على المدى القصير والمدى الطويل. تكشف النتائج كذلك أن العولمة تقلل بشكل كبير من التدهور البيئي على المدى القصير والمدى الطويل. بالإضافة إلى ذلك تشير النتائج إلى أن التنمية المالية تؤثر بشكل إيجابي وبشكل كبير على التدهور البيئي على المدى القصير والطويل.

من المتوقع أن تكون هذه النتائج مساهمة كبيرة في الأدبيات والممارسات، لأنها ستساعد الباحثين وصناع السياسات على إدراك الأهمية النسبية لسياسات الطاقة والتعليمية والاقتصادية والتجارية في تحديد التدهور البيئي.

[1] XuGuang Wang, "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 (June 2021): 111111, https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111111.

5.2. دراسة Muhammad USMAN واخرون (2021)[1] بعنوان " هل يؤدي الشمول المالي واستخدام الطاقة المتجددة وغير المتجددة إلى تسريع البصمات البيئية والنمو الاقتصادي؟ بيانات جديدة من 15 دولة من أعلى البلدان المسببة للانبعاثات"

تسعى هذه الدراسة إلى التحقيق في كل من محددات البصمة البيئية والنمو الاقتصادي لاستكشاف فعالية التنمية المالية واستخدام الطاقة المتجددة وغير المتجددة في الحد من مستوى البصمة البيئية وتعزيز النمو الاقتصادي خلال الفترة من 1990 إلى 2017 في 15 دولة من حيث أعلى الانبعاثات. اذ تتحقق هذه الدراسة من وجود تبعية مقطعية من خلال استخدام اختبارات الجيل الثاني لتقدير قوي. وكشفت نتائج نهج تقدير مجموعة المتوسط المعزز AMG أن التنمية المالية والطاقة المتجددة والانفتاح التجاري تساهم بشكل كبير في التغلب على التدهور البيئي، في حين أن النمو الاقتصادي واستخدام الطاقة غير المتجددة هما أكثر مسؤولية عن الأضرار البيئية. علاوة على ذلك، في نموذج النمو فالتنمية المالية واستخدام الطاقة المتجددة وغير المتجددة يعزز بشكل كبير النمو الاقتصادي. بالإضافة إلى ذلك، كشف اختبار Dumitrescu وHurlin غير السببي عن وجود علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين التنمية المالية والنمو الاقتصادي واستخدام الطاقة المتجددة والبصمة البيئية. ومع ذلك، فإن السببية أحادية الاتجاه تمتد من الطاقة غير المتجددة والانفتاح التجاري إلى البصمة البيئية. علاوة على ذلك، في نموذج النمو، تؤكد التنمية المالية والطاقة غير المتجددة فرضية التغذية الراجعة وتوجد علاقة سببية أحادية الاتجاه من النمو الاقتصادي إلى الطاقة المتجددة والانفتاح التجاري. أخيراً، تمت أيضاً مناقشة بعض اقتراحات السياسة وتوجهات البحث المستقبلية لهذه الاقتصادات.

6.2. دراسة NATHANIEL واخرون (2021)[2] بعنوان "تقييم ممر الاستدامة البيئية: ربط الموارد الطبيعية والطاقة المتجددة ورأس المال البشري والبصمة البيئية في دول البريكس"

هناك العديد من دراسات حول الطاقة المتجددة ووفرة الموارد الطبيعية وتأثيرها على البيئة خاصة في دول البريكس. ومع ذلك، لم تأخذ أي من الدراسات بعين الاعتبار رأس المال البشري في الصلة، مع العلم أن التشوهات البيئية تنبع بشكل أساسي من الأنشطة البشرية. لذلك، تستكشف هذه الدراسة العلاقة بين الموارد الطبيعية والطاقة المتجددة ورأس المال البشري والبصمة البيئية في مجموعة بريكس للفترة من 1990-2016 باستخدام مجموعة من تقنيات الاقتصاد القياسي المتقدمة، حيث تم تطبيق نموذج مجموعة المتوسط المعزز AMG و نموذج وسط المجموعة للآثار المرتبطة المشتركة CCEMG و نموذج الانحدار الذاتي لفترات الابطاء الموزعة PMG لفحص تأثيرات المتغيرات

[1] Muhammad Usman, Muhammad Sohail Amjad Makhdum, and Rakhshanda Kousar, "Does Financial Inclusion, Renewable and Non-Renewable Energy Utilization Accelerate Ecological Footprints and Economic Growth? Fresh Evidence from 15 Highest Emitting Countries," Sustainable Cities and Society 65 (February 2021): 102590, https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102590.

[2] Solomon Prince Nathaniel, Kürşat Yalçiner, and Festus Victor Bekun, "Assessing the Environmental Sustainability Corridor: Linking Natural Resources, Renewable Energy, Human Capital, and Ecological Footprint in BRICS.," *Resources Policy* 70 (March 2021): 101924, https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101924.

المختلفة بينما تم استخدام نموذج FMOLS و DOLS لفحص المتانة. و تؤكد نتائج الدراسة عبر جميع النماذج أن النمو الاقتصادي والموارد الطبيعية تزيد من التأثير البيئي، والطاقة المتجددة تقللها ، في حين أن رأس المال البشري لم يصل بعد إلى المستوى المرغوب فيه للتخفيف من التدهور البيئي. النتائج الخاصة بكل بلد متشابهة من حيث التأثير المتدهور للنمو الاقتصادي، وتقليل دور الطاقة المتجددة على البيئة. وتشير النتائج اختبار السببية إلى وجود علاقة سببية بين رأس المال البشري والتحضر والبصمة البيئية. وفي الاخير قامت الدراسة بمناقشة السياسات التي يمكن أن تعزز استهلاك الطاقة المتجددة، وتنمية رأس المال البشري، واستدامة الموارد الطبيعية، والحد من الاثار الضارة للنمو الحضري.

7.2. دراسة Ojonugwa USMAN واخرون (2021)[1] بعنوان "نحو التخفيف من التدهور الإيكولوجي في بلدان مجموعة الـ 7: مراعاة ديناميات الأثر الاقتصادي، واستهلاك الطاقة المتجددة، والابتكار"

يتميز النمو الاقتصادي في القرن الحادي والعشرين بالإنتاج والاستهلاك المكثف على نطاق واسع، مما يزيد من الانبعاثات. ومع ذلك فإن خفض مستويات الانبعاثات من متطلب الاستدامة البيئية وذلك من خلال الابتكار والتقنيات التكنولوجية الحديثة. لم تبحث هذه الورقة في الجودة البيئية القائمة على الطاقة المتجددة فحسب، بل تناولت أيضاً الاستثمار في أبحاث الابتكار في مصادر الطاقة المتجددة في إطار نموذج منحنى كوزنتس البيئي EKC لدول مجموعة السبعة. خلال الفترة 1985-2016. باستخدام تقديرات نماذج FE-OLS و GLS-RE و ARDL / PMG اذ أكدت النتائج على وجود فرضية EKC لدول G-7. بالإضافة إلى ذلك تم تحديد الطاقة المتجددة والابتكار لإحداث آثار سلبية على البصمة البيئية. لالتقاط التوزيع الشرطي الكامل للبصمة البيئية، حيث طبق الباحثون طريقة الانحدار الكمي للحظاتMMQR مع التأثيرات الثابتة. وأكدت النتائج الآثار السلبية لابتكارات الطاقة المتجددة. إلى جانب ذلك كانت آثارها غير متجانسة عبر الكميات مع وجود دليل على تقلص التأثيرات من الكميات الأقل إلى الأعلى، مما يشير إلى أن البلدان ذات المستويات المنخفضة من البصمة البيئية ربما تكون أكثر عرضة لتأثير التدهور البيئي لنمو الدخل. وتدعم نتائج اختبار السببية التدهور البيئي الناجم عن النمو الاقتصادي، ومصادر الطاقة المتجددة التي يسببها النمو، والحفاظ على البيئة بفعل الابتكار. وأظهرت النتائج كذلك تأثير ردود الفعل بين مصادر الطاقة المتجددة والبصمة البيئية والابتكار ونمو الدخل وكذلك الابتكار ومصادر الطاقة المتجددة. تنذر هذه النتائج بآثار مهمة لتحقيق اقتصادات خالية من الكربون في بلدان مجموعة السبعة بحلول عام 2100.

[1] Ojonugwa Usman et al., "Towards Mitigating Ecological Degradation in G-7 Countries: Accounting for Economic Effect Dynamics, Renewable Energy Consumption, and Innovation," *Heliyon* 7, no. 12 (December 2021): e08592, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08592.

8.2. دراسة ABID واخرون (2022)[1] بعنوان "هل يؤثر استهلاك الطاقة المتجددة على البصمة البيئية في المملكة العربية السعودية؟"

تبحث هذه الدراسة في العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة والبصمة البيئية في المملكة العربية السعودية من خلال التأكيد على الدور المهم للنمو الاقتصادي في الوظيفة البيئية خلال الفترة 1980-2017 بالاعتماد على متغيرات استهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي ورأس المال البشري والانفتاح التجاري والبصمة البيئية باستخدام نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة المتباطئة ARDL واختبار سببية Granger بين المتغيرات. أما نتائج الدراسة فتمحورت حول التالي

- وجود علاقة تكامل مشترك بين المتغيرات مع فاصل هيكلي.
- تشير نتائج نموذج ARDL إلى أن الزيادة في رأس المال البشري واستهلاك الطاقة المتجددة تعمل على تحسين الجودة البيئية (تقليل البصمة البيئية). بينما تؤدي زيادة الانفتاح التجاري والناتج المحلي الإجمالي إلى تدهور الجودة البيئية (زيادة البصمة البيئية)
- كشف اختبار سببية Granger عن وجود سببية أحادية الاتجاه من النمو الاقتصادي إلى البصمة البيئية. أي مع زيادة النمو الاقتصادي تزداد البصمة البيئية. وهذا يعني أنه يمكن تنفيذ سياسة الطاقة الصديقة للبيئة دون المخاطرة بالتأثيرات السلبية على النمو الاقتصادي. وبالتالي فإن استهلاك الطاقة المتجددة ورأس المال البشري يسببان البصمة البيئية. واثبت اختبار Granger السببية وجود علاقة سببية أحادية الاتجاه من البصمة البيئية، والنمو الاقتصادي، واستهلاك الطاقة المتجددة، ورأس المال البشري إلى الانفتاح التجاري
- بناء على نتائج هذه الدراسة، يوصى بأن تسلط المملكة العربية السعودية الضوء على السياسات والتدابير التي تعزز كفاءة الطاقة للتخفيف من تغير المناخ وتعزيز التنمية المستدامة. يبدو أن هناك حاجة إلى تحسين قدرة البلد على تطوير الأسس القانونية لكفاءة الطاقة، والتي تعتبر ضرورية للحوكمة المناسبة وتنفيذ السياسات والتدابير ذات الصلة. بمعنى آخر، من المهم تعزيز دور الطاقة المتجددة في تقليل البصمة البيئية الناتجة عن استهلاك الطاقة الأحفورية. بالإضافة إلى ذلك، من المهم اتخاذ التدابير والاستراتيجيات المتعلقة بالانفتاح التجاري لزيادة حماية البيئة، حيث يزيد الانفتاح التجاري من البصمة البيئية. نظرًا لأن رأس المال البشري له تأثير ضئيل جدًا على البصمة البيئية، فمن المهم أن ينفذ صانعو السياسات سياسات لتقليل المخاطر المرتبطة بهذا الوضع وبالتالي المساعدة في ضمان القدرة التنافسية المستقبلية لاقتصادهم ورفاهية اقتصادهم ورفاهية سكانهم.

[1] Mehdi Abid et al., "Does Renewable Energy Consumption Affect Ecological Footprints in Saudi Arabia? A Bootstrap Causality Test," *Renewable Energy* 189 (April 1, 2022): 813–21, https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.043.

9.2. دراسة MIAO واخرون (2022)[1]: بعنوان " هل يساهم استهلاك الطاقة المتجددة والعولمة المالية في الاستدامة البيئية في البلدان الصناعية الحديثة"

تبحث الدراسة في تقييم دور العولمة المالية واستهلاك الطاقة المتجددة على البصمة البيئية في 10 بلدان صناعية باستخدام تقنية الانحدار الكمي (MMQR) لبيانات سنوية من 1990 إلى 2018، حيث تضمن كل من متغير العولمة المالية واستهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي والموارد الطبيعية بالإضافة لمتغير البصمة البيئية، كشفت نتائج نموذج تقدير (MMQR):

- أن العولمة المالية واستهلاك الطاقة المتجددة يسهمان في جودة البيئة في كل كمية 0.1 و0.9، بينما يزيد النمو الاقتصادي والموارد الطبيعية من البصمة البيئية عبر جميع الكميات
- تم التحقق من صحة وفرضية منحنى Kuznets البيئي عبر جميع الشرائح الربعية

أخيرًا، كشف اختبار السببية عن أن العولمة المالية والطاقة المتجددة والموارد الطبيعية والنمو الاقتصادي يمكن أن تتنبأ بالبصمة البيئية. نتيجة لذلك يمكن أن تساعد هذه النتائج صانعي السياسات على فهم كيف يمكن لمصادر الطاقة المتجددة والعولمة المالية تحقيق النمو الاقتصادي المستدام ومعالجة القضايا البيئية.

10.2. دراسة Acar & Çakmak (2022)[2] بعنوان "العلاقة بين النمو الاقتصادي والطاقة المتجددة والبصمة البيئية: دليل تجريبي من معظم البلدان المنتجة للنفط"

على الرغم من أن تأثير استهلاك الوقود الأحفوري معروف في جميع أنحاء العالم، إلا أن الدول المنتجة للنفط تبتعد عن استخدام مصادر الطاقة المتجددة بسبب المخاوف التجارية، مما يؤدي إلى زيادة الاحتباس الحراري. تدرس هذه الورقة العلاقة بين النمو الاقتصادي، واستهلاك الطاقة المتجددة، والبصمة البيئية في الولايات المتحدة الأمريكية ، وروسيا ، والمملكة العربية السعودية ، وكندا ، والصين ، والبرازيل ، والكويت ، ونيجيريا للفترة 1999-2017 باستخدام البانل الديناميكي لتحليل البيانات والسببية. في هذه الدراسة كان دافع الباحثين هو إظهار البصمة البيئية المتزايدة للبلدان المنتجة للنفط اي التلوث البيئي والتأثير على ظاهرة الاحتباس الحراري. وهدفت الدراسة الى تحليل كيفية مساهمة النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة المتجددة في البصمة البيئية في البلدان التي يعتمد نموها على إنتاج النفط. ولقد تم استخدم طريقة اللحظات المعممة GMMمن خطوتين واختبار السببية للبانل غير المتجانسة Hurlin-Dumitrescu. توضح النتائج التي تم التوصل إليها انه يوجد تأثيرا كبير للنمو الاقتصادي على البصمة البيئية، مما يؤكد فرضية التلوث ولم يكن هناك تأثير كبير لاستهلاك الطاقة المتجددة على البصمة البيئية.

[1] Yang Miao et al., "Do Renewable Energy Consumption and Financial Globalisation Contribute to Ecological Sustainability in Newly Industrialized Countries?," *Renewable Energy* 187 (March 2022): 688–97, https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.073.

[2] Eyüp Ensar Çakmak and Samet Acar, "The Nexus between Economic Growth, Renewable Energy and Ecological Footprint: An Empirical Evidence from Most Oil-Producing Countries," *Journal of Cleaner Production* 352 (June 2022): 131548, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131548.

وقد تحدد الأبحاث المستقبلية بناءً على تحليلنا التوزيع الأمثل لإنتاج الطاقة التقليدية والمتجددة الذي يضمن النمو الاقتصادي مع الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري. تتمثل مساهمة هذه الدراسة في تحديد فرضية ملجأ التلوث من خلال التحليلات الديناميكية والسببية للبلدان المنتجة للنفط. النتائج التي توصلنا إليها تثبت ذلك ؛ أولا لا يؤثر استهلاك الطاقة المتجددة ولا يعد سبباً للبصمة البيئية ، ثانيا النمو الاقتصادي سبب وله تأثير على البصمة البيئية لمعظم البلدان المنتجة للنفط. في نتائج الاختبار التي أجرها الباحثان تبين أن زيادة النمو الاقتصادي بنسبة 1 ٪ستزيد من البصمة البيئية بنسبة 0.02828 ٪

11.2. دراسة Yongming Huang (2022)[1] بعنوان "الارتباط الديناميكي بين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والطاقة المتجددة والتعقيد الاقتصادي والبصمة البيئية: هل هناك فرق بين E-7 (النامية) و G-7 (المتقدمة)؟"

يفحص هذا البحث التجريبي العلاقة بين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) ، والطاقة المتجددة ، والتعقيد الاقتصادي ، ورأس المال البشري ، والتنمية المالية ، والبصمة البيئية لبلدان E-7 (مجموعة من سبع دول عالية التصنيع وهي كندا وفرنسا وألمانيا وإيطاليا واليابان والمملكة المتحدة والولايات المتحدة) و G-7 (مجموعة السبع دول نامية ، وهي البرازيل والصين والهند وإندونيسيا والمكسيك وروسيا وتركيا) خلال الفترة من 1995 إلى 2018. حيث تم استخدام أربعة متغيرات وهي (الاشتراك الخلوي المتنقل، والاشتراك في النطاق العريض الثابت، والاشتراك في الهاتف الثابت ، ومستهلكو الإنترنت) لفهرس تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من خلال تحليل المكونات الرئيسي(PCA). واستخدام الطاقة المتجددة، والتعقيد الاقتصادي، ورأس المال البشري ، والتنمية المالية على البصمة البيئية، وبعد ذلك تم اجراء اختبار التبعية المقطعية واختبار تجانس الميول واختبارات جذر الوحدة واختبار التكامل المشترك من الجيل الثاني، وتم تطبيق طريقة GMM من خطوتين.

وتكشف النتائج التجريبية أن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتعقيد الاقتصادي ورأس المال البشري يزيد من مستوى التلوث بينما تستكشف النتائج التجريبية أن علامة المعلمة لاستهلاك الطاقة المتجددة ذات دلالة إحصائية وسلبية في كل من بلدان مجموعة E– 7 وG-7. بتعبير أدق، سيؤدي التأثير بنسبة 1٪ في استخدام الطاقة المتجددة إلى تقليص البصمة البيئية بنسبة 0.117٪ و0.462٪ في بلدان مجموعة E– 7 و G-7 على التوالي. تظهر هذه النتائج أن البلدان النامية لديها تأثير أقل في استخدام الطاقة المتجددة مقارنة بالبلدان المتقدمة بسبب استخدام أقل لموارد الطاقة المتجددة. هذه النتيجة معقولة لأن الدول التي تسعى إلى التوسع الاقتصادي من خلال استخدام طاقة أنظف أي انها تميل أكثر إلى التعاون المتبادل مع تلك الدول التي تختار المزيد من التقنيات الصديقة للبيئة. ونتيجة لذلك، فإن المزيد من التنمية الاقتصادية ، وخاصة في قطاع الطاقة في هذه البلدان ، ستساعد حكوماتها على تقليل

[1] Yongming Huang et al., "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 (February 1, 2022): 101853, https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101853.

البصمة البيئية. ومع ذلك، يشير هذا التأثير السلبي للطاقة المتجددة على البصمة البيئية إلى أن كلا البلدين يسيران على الطريق الصحيح نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة التي حددتها الأمم المتحدة (UN) من خلال دمج وتطوير تقنيات الطاقة المتجددة

12.2. دراسة Karlilar & Emir واخرون (2023)[1] بعنوان "استكشاف دور استهلاك الفحم والطاقة الشمسية وطاقة الرياح في البصمة البيئية: أدلة من الهند"

تستكشف الدراسة تأثير مصادر الطاقة المتجددة وغير المتجددة على الاستدامة البيئية في الهند. تستخدم الدراسة منهجية جديدة وهو اختبار فورييه للتكامل المشترك ADL، واختبار الحدود لتحليل علاقة في المدى طويلة بين البصمة البيئية ومصادر الطاقة المتجددة وغير المتجددة. تتناول الدراسة ثلاثة مصادر للطاقة، وهي الفحم وطاقة الشمس وطاقة الرياح وتستخدم البصمة البيئية كمقياس للاستدامة البيئية. تم الحصول على بيانات استهلاك الفحم واستهلاك الطاقة الشمسية وطاقة الرياح من British Petroleum للطاقة العالمية، بينما تم الحصول على بيانات البصمة البيئية من الموقع الرسمي لشبكة البصمة البيئية. تستخدم الدراسة بيانات سنوية عن الفترة الزمنية 1995–2018. توصلت الدراسة إلى أن استهلاك الطاقة الشمسية وطاقة الرياح له تأثير سلبي على البصمة البيئية أي تأثير إيجابي على الاستدامة البيئية، في حين أن استهلاك الفحم له تأثير إيجابي على البصمة البيئية أي تأثير سلبي على الاستدامة البيئية. تقترح الدراسة أنه ينبغي زيادة حصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في مزيج الطاقة من أجل التخفيف من الاعتماد على واردات الطاقة والتلوث البيئي في الهند.

ثانيا: مناقشة وتحليل الدراسات السابقة وما يميز الدراسة الحالية

سيتم خلال هذا المبحث مناقشة وتحليل مجموعتي الدراسات التي تم الوصول إليها، ثم ابراز نقاط التقاطع والاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات التي تم تناولها في هذا المبحث، والإضافة العلمية التي تهدف الدراسة الحالية بلوغها

1. مناقشة وتحليل الدراسات السابقة :

فيما يلي مناقشة وتحليل مجموعتي الدراسات التي تم الوصول إليها.

1.1. الدراسات التي تناولت استخدام الطاقات المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون

تم عرض اثنا عشر دراسة تناولت موضوع استهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون صدرت في الفترة الممتدة من سنة 2017 لغاية سنة 2023. من ناحية العينة فقد تباين حجمها من دراسة لأخرى، بعض

[1] Selin Karlilar and Firat Emir, "Exploring the Role of Coal Consumption, Solar, and Wind Power Generation on Ecological Footprint: Evidence from India Using Fourier ADL Cointegration Test," *Environmental Science and Pollution Research* 30, no. 9 (February 1, 2023): 24077–87, https://doi.org/10.1007/s11356-022-23910-z.

الدراسات كانت خاصة بلد واحد وهي دراسات تقدم رؤى عميقة حول ديناميكيات استهلاك الطاقة المتجددة للبلدان أو المناطق الفردية، بينما تمتد دراسات آخر عبر دول متعددة لتوفير منظور أوسع. في الفئة الأولى، تركز دراسة (Bélaid & Youssef) على الجزائر فقط. وفي الوقت نفسه ركزة دراسة (M. Salari, R.J. Javid, H. Noghanibehambari) ضيقوا تركيزهم على الولايات الأمريكية مما يوفر نظرة فاحصة على اتجاهات انبعاثات استهلاك الطاقة المتجددة في أحد الاقتصادات الرائدة في العالم.

وعلى الصعيد الإقليمي، فإن الدراسة التي أجراها (C. Magazzino, P. Toma, G. Fusco, D. Valente, I. Petrosillo) قامت بتحليل الدول الاسكندنافية، بينما قام (O. Usman, A.A. Alola, S.S. Akadiri) أخذت الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي البالغ عددها 28 دولة كعينة منها. في حين كانت دراسات اخرى أكثر شمولا مثل تلك التي أجراها (Eyup Dogan, Roula Inglesi-Lotz) و (B. Xu, R. Zhong, H. Qiao) و (J.P. Namahoro, Q. Wu, H. Su) (M. Ummalla, A. Samal, P. Goyari) قاموا بتحليل العديد من البلدان في جميع أنحاء العالم – الدول المستهلكة للكتلة الحيوية، ودول مجموعة G20 ، والدول الأكثر استهلاكا لطاقة الرياح ودول لبريكس على التوالي.

في حين كان النطاق الأوسع هي الدراسات العالمية التي أجراها (Dervis Kirikkaleli, Tomiwa Sunday Adebayo) و (M. Hussain, T. Lu, Y. Chengang, Y. Wang) والتي تضمنت بيانات من دول في جميع أنحاء العالم.

اما من ناحية الفترة الزمنية المدروسة تختلف الأطر الزمنية في هذه الدراسات بالاعتماد على نطاق وتركيز كل دراسة. اذ امتدت دراسة (Bélaid & Youssef) و (B. Xu, R. Zhong, H. Qiao) على مدى 32 عاما، و تمتد دراسة كل من (Eyup Dogan, Roula Inglesi-Lotz) و (M. Ummalla, A. Samal, P. Goyari) (J. Yu, Y.M. Tang, K.Y. Chau, R. Nazar, S. Ali, W. Iqbal) (C. Magazzino, P. Toma, G. Fusco, D. Valente, I. Petrosillo) على مدى 24 و 26 و 27 و 28 عاما على التوالي. بمثل امتدت دراسة(M. Hussain, T. Lu, Y. Chengang, Y. Wang)الى 28 عام أيضا. في حيت كانت دراسة (J.P. Namahoro, Q. Wu, H. Su) لفترة 21 عام

يمتد بحث (M. Salari, R.J. Javid, H. Noghanibehambari) و (M. Hussain, T. Lu, Y. Chengang, Y. Wang) على مدى 19 عام، في حين يركز بحث (O. Usman, A.A. Alola, S.S. Akadiri) على فترة 17 عاما من الربع الأول من سنة 2000 إلى الربع الرابع من سنة 2017. وامتدت دراسة (Dervis Kirikkaleli, Tomiwa Sunday Adebayo) لفترة 16 عام

اما من ناحية الطريقة المستخدمة تختلف الطرق المستخدمة لتحليل العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون أيضا بين هذه الدراسات. حيث استخدم (Bélaid & Youssef) التكامل المشترك للتأخر الموزع الانحدار الذاتي، بينما استخدم كل من (Eyup Dogan, Roula Inglesi-Lotz) و(B. Xu, R. Zhong, H. Qiao) طريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل لتقدير معاملات طويلة المدى. ودراسة (C. Magazzino, P. Toma, G. Fusco, D. Valente, I. Petrosillo) التي استخدمت أيضا طريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل بالاضافة الى سببية Dumitrescu and Hurlin (2012). في حين استخدم (M. Ummalla, A. Samal, P. Goyari) نهج Panel ARDLوالانحدار الكمي للبانل. واستخدم (M. Salari, R.J. Javid, H. Noghanibehambari) نماذج ثابتة وديناميكية، والتي تمكن من إجراء تحليلات مقطعية وسلاسل زمنية، كانت طرق المستخدم في دراسة (Dervis Kirikkaleli, Tomiwa Sunday Adebayo) من بين أكثر الطرق تنوعا من حيث التقديرات، حيث تم تقدير النموذج بتقنية OLS وكذلك تقنية FMOLS و DOLS و CCR التي تعطينا نماذج أكثر كفاءة، ثم تقدير نموذج تصحيح الخطأ لدراسة سببية Granger واتجاهها لمعطيات بانل هذا على المدى القصير ثم على المدى الطويل . في حين تم استخدام طرق متقدمة أخرى في الدراسات كل من (O. Usman, A.A. Alola, S.S. Akadiri) تقدير طريقة اللحظات المعممة (GMM) للانحدار الذاتي لمتجه للبانل (PVAR). ودراسة (J. Yu, Y.M. Tang, K.Y. Chau, R. Nazar, S. Ali, W. Iqbal) التي طبقت "Quantile-on-Quantile (QQ)" لاستكشاف تأثير كميات استهلاك الطاقة الشمسية بشكل غير متماثل على كميات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. في حين استخدم دراسة (J.P. Namahoro, Q. Wu, H. Su) مقدرات التأخر الموزع المقطعي المعزز (CS-DL) ، و التأخر الموزع للانحدار الذاتي المعزز المقطعي (CS-ARDL) ، والتأثير المشترك المصحح لمجموعة المتوسطات (CCE-P) لتقييم العلاقات بين المتغيرات بشكل فعال. واستخدم دراسة (M. Hussain, T. Lu, Y. Chengang, Y. Wang) طريقة التأخر الموزع المعزز ذاتيا المقطعي CS-ARDL ومتوسط المجموعة المعزز AMG.

اما فيما يخص النتائج التي تم الحصول عليها: تؤكد الدراسات على الرغم من التباين في تركيزها وطريقتها وحجم العينة، وجود تأثير لمختلف لأنواع الطاقة المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وبالتالي على الاستدامة البيئية. وجد بحث (Bélaid & Youssef) أن النمو الاقتصادي واستهلاك الكهرباء غير المتجددة يؤثران سلبا على البيئة في الجزائر، في حين أن الطاقة المتجددة لها تأثير مفيد. أكدت دراسة (Eyup Dogan, Roula Inglesi-Lotz) فرضية منحنى Kuznets البيئي (EKC) وأظهرت أن استهلاك طاقة الكتلة الحيوية يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. كما ظهرت نتائج إيجابية في بحث استخدم (M. Ummalla, A. Samal, P. Goyari) حيث أثر استهلاك الطاقة الكهرومائية بشكل إيجابي على النمو الاقتصادي وأثر سلبا على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتوصلت دراسة (B. Xu, R. Zhong, H. Qiao) الى ان استهلاك الوقود الحيوي إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في حين ان

التحضر يزيد من الانبعاثات. واكدت دراسة (J. Yu, Y.M. Tang, K.Y. Chau, R. Nazar, S. Ali, W. Iqbal) استهلاك الطاقة الشمسية يقلل من انبعاثات CO2 لجميع البلدان المختارة باستثناء فرنسا. ومع ذلك ، قدم بحث (A. Waris, S. Khan, M. Hronec, M. Suplata) نتائج مختلطة حيث كان لاستخدام الطاقة الشمسية والوقود الحيوي تأثير سلبي وكبير على انبعاثات الكربون ، في حين أن استهلاك طاقة الرياح له تأثير إيجابي وكبير. اما استهلاك الطاقة المائية فقد كانت النتائج غير ذي دلالة إحصائية. وتوصلت دراسة (J.P. Namahoro, Q. Wu, H. Su) الى ان استهلاك طاقة الرياح تساهم في تقليل ثاني أكسيد الكربون المنبعث، بينما تعزز التنمية الصناعية والاقتصادية بشكل إيجابي انبعاثات CO2. وأكدت أبحاث (M. Hussain, T. Lu, Y. Chengang, Y. Wang) و (C. Magazzino, P. Toma, G. Fusco, D. Valente, I. Petrosillo) و (O. Usman, A.A. Alola, S.S. Akadiri) و (Dervis Kirikkaleli, Tomiwa Sunday Adebayo) (M. Salari, R.J. Javid, H. Noghanibehambari) إلى حد كبير التأثير البيئي الإيجابي للطاقة المتجددة والتأثير السلبي للطاقة غير المتجددة.

جدول رقم (2 – 1) ملخص الدراسات السابقة التي تناولت استخدام الطاقة المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون

الدراسة	العينة	الطريقة المستخدمة	الإطار الزمني	المتغيرات	أهم النتائج
دراسة **Fateh Bélaid Meriem Youssef (2017)**	الجزائر	ARDL	1980- 2012	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، استهلاك الكهرباء المتجددة / غير المتجددة، النمو الاقتصادي	النمو الاقتصادي واستهلاك الكهرباء غير المتجددة يضر بالبيئة، في حين أن الطاقة المتجددة لها تأثير مفيد.
دراسة **Dogan, Eyup Roula Inglesi-Lotz (2017)**	البلدان المستهلكة للكتلة الحيوية	FMOLS	1990-2014	استهلاك طاقة الكتلة الحيوية، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، متغيرات التحكم اخرى	تأكيد فرضية EKC واستهلاك طاقة الكتلة الحيوية يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
دراسة **Ummalla, M. A. Samal, P. Goyari (2019)**	دول البريكس	Panel ARDL model and MMQR	1990-2016	استهلاك الطاقة الكهرومائية، النمو الاقتصادي، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	يؤثر استهلاك الطاقة الكهرومائية بشكل إيجابي على النمو الاقتصادي ويؤثر سلبا على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل.
دراسة **Xu, R. B. Zhong, H. Qiao (2020)**	دول مجموعة العشرين	FMOLS	1985-2017	النمو الاقتصادي، استهلاك الوقود الحيوي ، معدل التحضر ، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	تأكيد فرضية EKC بين النمو الاقتصادي وانبعاثات CO2. استهلاك الوقود الحيوي يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بينما يزيد معدل التحضر منها.
دراسة **Salari, R.J. M. Javid, H. Noghanibehamba ri (2021)**	الولايات الأمريكية	Static and dynamic models	1997 -2016	استهلاك الطاقة بما في ذلك الطاقة الإجمالية وغير المتجددة والمتجددة والصناعية والسكنية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عبر الولايات.	علاقة طويلة الأجل بين أنواع استهلاك الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. استهلاك الطاقة غير المتجددة يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والطاقة المتجددة تقلل منه. تم التحقق من صحة فرضية ECC.

دراسة **Dervis Kirikkaleli, Tomiwa Sunday Adebayo** (**2021**)	عالمي	FMOLS, DOLS, CCR,	2001-2017	التنمية المالية، استهلاك الطاقة المتجددة، الابتكار التكنولوجي، النمو الاقتصادي	التنمية المالية واستهلاك الطاقة المتجددة لها تأثير إيجابي على الاستدامة البيئية. النمو الاقتصادي يزيد من انبعاثات الكربون.
دراسة **O. Usman A.A. Alola, S.S. Akadiri** (**2022**)	28 دول من الاتحاد الأوروبي	Generalized Method of Moments (GMM) estimation of panel vector autoregressive (PVAR)	من الربع الأول من عام 2000 إلى الربع الرابع من عام 2017	الاستهلاك المحلي للمواد، الطاقة المتجددة، التنمية المالية، انبعاثات غازات الاحتباس الحراري	الزيادة قي استهلاك الطاقة المتجددة تحسن الجودة البيئية، في حين أن الاستهلاك المحلي للمواد يؤدي الى انبعاث الغازات الدفيئة مما يؤدي إلى تدهور نوعية البيئة
دراسة **Magazzino, C. P. Toma, G. Fusco, D. Valente, I. Petrosillo** (**2022**)	الدول الاسكندنافية	FMOLS, Dumitrescu and Hurlin	1990-2018	الناتج المحلي الإجمالي، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، استخدام الطاقة المتجددة	استهلاك الطاقة المتجددة يمكن أن يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون دون التأثير سلبا على نمو الناتج المحلي الإجمالي
دراسة **Yu, Y.M. J. Tang, K.Y. Chau, R. Nazar, S. Ali, W. Iqbal** (**2022**)	البلدان العشر الأولى المستهلكة للطاقة الشمسية	Quantile-on-Quantile (QQ) Estimation	1991-2018	استهلاك الطاقة الشمسية، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	استهلاك الطاقة الشمسية يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
دراسة **Waris, S. A. Khan, M. Hronec, M. Suplata** (**2023**)	19 دولة عضو في مجموعة العشرين	Dynamic fixed effects and the system-GMM	2000-2019	استهلاك الطاقة المائية والطاقة الشمسية والوقود الحيوي والرياح والفحم وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون	استخدام الطاقة الشمسية والوقود الحيوي له تأثير سلبي وكبير على انبعاثات الكربون، في حين أن استهلاك طاقة الرياح له تأثير إيجابي وكبير.و استهلاك الطاقة المائية غير دال إحصائية
دراسة **J.P. Namahoro, Q. Wu, H. Su** (**2023**)	41 دولة من أفضل الدول في استهلاك طاقة الرياح	CS-DL CS-ARDL CCE-P	1997-2018	استهلاك طاقة الرياح، التنمية الصناعية والاقتصادية، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	يساهم استهلاك طاقة الرياح بشكل معقول في تقليل ثاني أكسيد الكربون المنبعث، بينما تعزز التنمية الصناعية والاقتصادية بشكل إيجابي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
دراسة **M. Hussain, T. Lu, Y. Chengang, Y. Wang** (**2023**)	أكبر خمس اقتصادات ملوثة	CS-ARDL. AMG	1992-2020	الموارد الطبيعية، السياسات الاقتصادية غير المؤكدة، استهلاك الطاقة المتجددة، انبعاثات الكربون	استهلاك الطاقة المتجددة والموارد الطبيعية تقلل بشكل كبير من انبعاثات الكربون الكلية والقائمة على الاستهلاك

المصدر: من اعداد الطالب

2.1. الدراسات التي تناولت استخدام الطاقات المتجددة والبصمة البيئية

لقد تم عرض عدة دراسات تناولت موضوع استخدام الطاقات المتجددة وأثرها على البصمة البيئية والتي تعبر على الاستدامة البيئية أي البعد البيئي للتنمية المستدامة نشرت خلال الفترة من سنة 2020 لغاية 2023 وفيما يتعلق حجم العينة والتغطية الجغرافية غطت الدراسات مجموعة من أحجام العينات، مع اختلاف نطاقها الجغرافي حيث

درس (U.K. Pata, M. Aydin) ستة بلدان بما في ذلك البرازيل والصين وكندا والهند والنرويج والولايات المتحدة ، بينما بحث (S. Nathaniel, S.A.R. Khan) في دول الآسيان، في حين بحث (R. Sharma, A. Sinha, P. Kautish) في ثمانية بلدان نامية في جنوب شرق آسيا، وركز (X. Wang) على دول البريكس – البرازيل وروسيا والهند والصين ، بينما وسع(M. Usman, M.S.A. Makhdum, R. Kousar) أبحاثهم لتشمل 15 دولة من أعلى البلدان انبعاثا على مستوى العالم. و ركز (S.P. Nathaniel, K. Yalçiner, F.V. Bekun) أيضا على دول البريكس، بينما ضيق (O. Usman, P.T. Iorember, G. Jelilov, A. Isik, G.N. Ike, S.A. Sarkodie) نطاقهم الجغرافي إلى دول G-7. و أجرى (M. Abid, H. sakrafi, Z. Gheraia, H. Abdelli) دراسة قطرية واحدة ، مع التركيز على المملكة العربية السعودية ، في حين (Y. Miao, A. Razzaq, T.S. Adebayo, A.A. Awosusi) درسوا البلدان الصناعية الجديدة. على نطاق أوسع بحث (E.E. akmak, S. Acar) في ثماني دول متنوعة تمتد عبر أمريكا الشمالية، أمريكا الجنوبية والشرق الأوسط وأفريقيا. وبالمثل درس (Y. Huang, M. Haseeb, M. Usman, I. Ozturk) دول E-7 وG-7، أخيرا ركز (S. Karlilar, F. Emir) أبحاثهما على الهند.

اما فيما يخص فترة الدراسة، كان هناك تباين كبير في الفترات الزمنية التي تغطيها هذه الدراسات. تم استخدام أطول فترة دراسة بواسطة (U.K. Pata, M. Aydin) والتي شملت 51 عاما من 1965 إلى 2016. ومع ذلك ركزت معظم الدراسات على فترة من 25 إلى 30 عاما. على سبيل المثال، استخدم (R. Sharma, A. Sinha, P. Kautish) و (M. Usman, M.S.A. Makhdum, R. Kousar) و (S.P. Nathaniel, K. Yalçiner, F.V. Bekun) و (Y. Miao, A. Razzaq, T.S. Adebayo, A.A. Awosusi) و (S. Karlilar, F. Emir) بيانات تتراوح من تسعينيات القرن العشرين. وكان لدى (X. Wang) و (E.E. akmak, S. Acar) فترة أقصر قليلا تبلغ حوالي 20 عاما، بينما استخدم (M. Abid, H. sakrafi, Z. Gheraia, H. Abdelli)و (Y. Huang, M. Haseeb, M. Usman, I. Ozturk) بيانات تمتد لما يقرب من 40 عاما.

اما بخصوص الأساليب المستخدمة تم استخدام مجموعة واسعة من الأساليب عبر هذه الدراسات. حيث تم استخدام اختبار Fourier Toda-Yamamoto في دراسة (U.K. Pata, M. Aydin). كانت CS-ARDL هي الطريقة المفضلة لـ (R. Sharma, A. Sinha, P. Kautish) بينما استخدم (X. Wang) طريقة ARDL. تم استخدام تقنيات الاقتصاد القياسي المتقدمة بواسطة (S.P. Nathaniel, K. Yalçiner, F.V. Bekun) حيث تم تطبيق نموذج مجموعة المتوسط المعزز AMG و نموذج وسط المجموعة للآثار المرتبطة المشتركة CCEMG و نموذج الانحدار الذاتي لفترات الابطاء الموزعة PMGلفحص تأثيرات المتغيرات المختلفة بينما تم استخدام نموذج FMOLS و DOLS لفحص المتانة. بينما طبق (O. Usman, P.T. Iorember, G. Jelilov, A. Isik, G.N. Ike, S.A. Sarkodie) طريقة الانحدار الكمي للعزوم مع تأثيرات ثابتة. واستخدم (M. Abid, H. sakrafi, Z. Gheraia, H. Abdelli) اختبار Bootstrap ARDL Bound وسببية Granger، بينما استخدم (Y. Miao, A. Razzaq, T.S. Adebayo,

A.A. Awosusi) طريقة الانحدار الكمي للحظات (MMQR). وتم استخدام طريقتين مختلفتين بواسطة دراسة (E.E. akmak, S. Acar) تحليل بيانات البانل الديناميكية واختبار الطريقة المعممة للنظام المكون من خطوتين لاختبار اللحظات ، جنبا إلى جنب مع اختبار سببية البانل غير المتجانسة Dumitrescu-Hurlin.في حين طبق (Y. Huang, M. Haseeb, M. Usman, I. Ozturk) تحليل المكونات الأساسية (PCA) و اختبارات الجيل الثاني و طريقة GMM للنظام المكون من خطوتين. واستخدم (S. Nathaniel, S.A.R. Khan) اختبارات الجيل الأول والثاني لجذر الوحدة والتكامل المشترك نموذج AMG. أخيرا، تم استخدام اختبار فوريه لتأخر التوزيع الذاتي (ADL) والمربعات الصغرى العادي المعدل بالكامل (FMOLS) بواسطة (S. Karlilar, F. Emir)

اما فيما يخص النتائج التي تم الحصول عليها، لم يجد (U.K. Pata, M. Aydin) أي تكامل مشترك بين المتغيرات، مما يبطل فرضية EKC للبلدان التي تمت دراستها. ووجدوا أن استهلاك الطاقة الكهرومائية يؤثر على النمو الاقتصادي في البرازيل والصين، ولكن لا توجد علاقة سببية بين طاقة الطاقة الكهرومائية والبصمة البيئية. وجد (R. Sharma, A. Sinha, P. Kautish) علاقة على شكل N بين دخل الفرد والبصمة البيئية، وأن استهلاك الطاقة المتجددة يقلل من البصمة البيئية، بينما تزيد الكثافة السكانية المتزايدة من انبعاثات التلوث. (X. Wang) أن رأس المال البشري والتنمية المالية يزيدان من التدهور البيئي بينما يقلل استهلاك الطاقة المتجددة والعولمة من ذلك. أشار (O. Usman, P.T. Iorember, G. Jelilov, A. Isik, G.N. Ike, S.A. Sarkodie) إلى أن التنمية المالية واستخدام الطاقة المتجددة والانفتاح التجاري تقلل من التدهور البيئي، في حين أن استخدام الطاقة غير المتجددة والنمو الاقتصادي يسببان ذلك. خلص (S.P. Nathaniel, K. Yalçiner, F.V. Bekun) إلى أن النمو الاقتصادي والموارد الطبيعية تزيد من البصمة البيئية، بينما تقلل الطاقة المتجددة من البصمة البيئية. اما في دراسة (M. Usman, M.S.A. Makhdum, R. Kousar) لاحظ وجود فرضية EKC، مع تأثير سلبي للطاقة المتجددة والابتكار على البصمة البيئية. وجد (M. Abid, H. sakrafi, Z. Gheraia, H. Abdelli) أن الزيادة في رأس المال البشري واستهلاك الطاقة المتجددة تحسن الجودة البيئية، في حين أن الزيادة في الانفتاح التجاري والناتج المحلي الإجمالي تؤدي إلى تدهورها. (Y. Miao, A. Razzaq, T.S. Adebayo, A.A. Awosusi) خلص إلى أن العولمة المالية واستهلاك الطاقة المتجددة يساهمان في الجودة البيئية، بينما يزيد النمو الاقتصادي واستخدام الموارد الطبيعية من البصمة البيئية.وجد (E.E. akmak, S. Acar) أن النمو الاقتصادي يؤثر بشكل كبير على البصمة البيئية ، مما يؤكد فرضية ملاذ التلوث. ومع ذلك فإن استهلاك الطاقة المتجددة ليس له تأثير كبير على البصمة البيئية. (Y. Huang, M. Haseeb, M. Usman, I. Ozturk) أن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتعقيد الاقتصادي ورأس المال البشري تزيد من مستوى التلوث، بينما تقلل الطاقة المتجددة بشكل كبير. وجد (S. Nathaniel, S.A.R. Khan) أن النمو الاقتصادي والتجارة والطاقة غير المتجددة تساهم بشكل كبير في التدهور البيئي في حين ان استهلاك الطاقة المتجددة تقلل من التدهور البيئي.

جدول رقم (2 – 2) ملخص الدراسات السابقة التي تناولت استخدام الطاقة المتجددة والبصمة البيئية

الدراسة	العينة	الطريقة المستخدمة	الإطار الزمني	المتغيرات	أهم النتائج
دراسة **U.K. Pata, M. Aydin (2020)**	البرازيل، الصين، كندا، الهند، النرويج، الولايات المتحدة	Fourier bootstrap ARDL, Fourier Toda-Yamamoto	1965-2016	استهلاك الطاقة الكهرومائية، البصمة البيئية، النمو الاقتصادي	لا يوجد تكامل مشترك بين المتغيرات، مما يبطل فرضية EKC لهذه البلدان. يؤثر استهلاك الطاقة الكهرومائية على النمو الاقتصادي في البرازيل والصين. لا توجد علاقة سببية بين طاقة الطاقة الكهرومائية والبصمة البيئية.
دراسة **S. Nathaniel, S.A.R. Khan (2020)**	دول الأسيان	الجيل الأول والثاني من اختبارات جذر الوحدة والتكامل المشتركAMG،	1990-2016	النمو الاقتصادي، استهلاك الطاقة المتجددة وغير المتجددة، التحضر، التجارة ، البصمة البيئية	يساهم النمو الاقتصادي والتجارة والطاقة غير المتجددة بشكل كبير في التدهور البيئي
دراسة **R. Sharma, A. Sinha, P. Kautish (2021)**	8 بلدان نامية في جنوب وجنوب شرق آسيا	CS-ARDL	1990-2015	8بلدان نامية في جنوب وجنوب شرق آسيا	علاقة على شكل حرف N بين دخل الفرد والبصمة البيئية. واستهلاك الطاقة المتجددة يقلل من البصمة البيئية. زيادة الكثافة السكانية تزيد من انبعاثات التلوث.
دراسة **X. Wang (2021)**	البرازيل، روسيا، الهند، الصين	ARDL	1997-2016	التنمية المالية، رأس المال البشري, العولمة, استهلاك الطاقة المتجددة, البصمة البيئية, البصمة الكربونية	رأس المال البشري والتنمية المالية يزيدان من التدهور البيئي؛ استهلاك الطاقة المتجددة والعولمة تقلل من ذلك.
دراسة **M. Usman, M.S.A. Makhdum, R. Kousar (2021)**	15 دول من الدول الأعلى انبعاثا	AMG, Dumitrescu-Hurlin causality test	1990-2017	التنمية المالية، استخدام الطاقة المتجددة وغير المتجددة، الانفتاح التجاري، النمو الاقتصادي، البصمة البيئية	التنمية المالية، والطاقة المتجددة، والانفتاح التجاري تحد من التدهور البيئي؛ استخدام الطاقة غير المتجددة والنمو الاقتصادي يسبب ذلك. والتنمية المالية والطاقة المتجددة وغير المتجددة تعزز النمو الاقتصادي.
دراسة **S.P. Nathaniel, K. Yalçiner, F.V. Bekun (2021)**	دول البريكس	AMG CCEMG PMGARDL FMOLS DOLS	1990-2016	الموارد الطبيعية، الطاقة المتجددة، رأس المال البشري، البصمة البيئية	النمو الاقتصادي والموارد الطبيعية تزيد من البصمة الإيكولوجية. الطاقة المتجددة تخفضه. ولم يتم تطوير رأس المال البشري بشكل كاف للتخفيف من الأضرار البيئية.
دراسة **O. Usman, P.T. Iorember, G. Jelilov, A. Isik, G.N. Ike, S.A. Sarkodie (2021)**	دول مجموعة السبعة	Method of Moments Quantile Regression with fixed effects	1985-2016	الدخل والطاقة المتجددة والابتكار والبصمة البيئية	وجود فرضية EKC. بالإضافة الى التأثير السلبي للطاقة المتجددة والابتكار على البصمة البيئية. فالنمو الاقتصادي يزيد من التدهور البيئي؛ النمو يحفز مصادر الطاقة المتجددة، والابتكار يقلل من الضرر البيئي.
دراسة **M. Abid, H. sakrafi, Z. Gheraia, H. Abdelli (2021)**	المملكة العربية السعودية	Bootstrap ARDL Bound Test, Granger causality	1980–2017	استهلاك الطاقة المتجددة، البصمة البيئية، النمو الاقتصادي ، رأس المال البشري ، الانفتاح التجاري	تؤدي الزيادة في رأس المال البشري واستهلاك الطاقة المتجددة إلى تحسين الجودة البيئية، بينما تؤدي الزيادة في الانفتاح التجاري والناتج المحلي الإجمالي إلى تدهورها

دراسة **Y. Miao, A. Razzaq, T.S. Adebayo, A.A. Awosusi (2022)**	البلدان الصناعية الحديثة العهد	Method of Moments Quantile Regression (MMQR)	1990-2018	استهلاك الطاقة المتجددة، العولمة المالية، البصمة البيئية، الموارد الطبيعية، النمو الاقتصادي	تساهم العولمة المالية واستهلاك الطاقة المتجددة في جودة البيئة، بينما يزيد النمو الاقتصادي واستخدام الموارد الطبيعية من البصمة البيئية
دراسة **E.E. akmak, S. Acar (2022)**	الولايات المتحدة الأمريكية، روسيا، المملكة العربية السعودية ، كندا ، الصين ، البرازيل ، الكويت ، نيجيريا	GMM, Dumitrescu-Hurlin Heterogenous Panel Causality Test	1999–2017	الاقتصادي واستهلاك الطاقة المتجددة والبصمة البيئية	النمو الاقتصادي له تأثير كبير على البصمة البيئية، مما يؤكد فرضية ملاذ التلوث. استهلاك الطاقة المتجددة ليس له تأثير كبير على البصمة البيئية
دراسة **Y. Huang, M. Haseeb, M. Usman, I. Ozturk (2022)**	E-7 and G-7 countries	Principal Component Analysis the Two-Step System GMM method	1995-2018	مؤشر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، الطاقة المتجددة، التعقيد الاقتصادي، رأس المال البشري، التنمية المالية, البصمة البيئية	تزيد تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتعقيد الاقتصادي ورأس المال البشري من مستوى التلوث بينما تقلل الطاقة المتجددة بشكل كبير
دراسة **S. Karlilar, F. Emir (2023)**	الهند	Fourier Autoregressive Distributive Lag (ADL) cointegration test, (FMOLS)	1995-2018	استهلاك الفحم، الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، البصمة البيئية	الطاقة الشمسية وطاقة الرياح كبيرة وترتبط سلبا بالبصمة البيئية، مما يشير إلى أنها تقلل من التدهور البيئي. واستهلاك الفحم كبير ويرتبط بشكل إيجابي بالبصمة البيئية

المصدر: من اعداد الطالب

2. ما يميز الدراسة الحالية:

لقد حاولت الدراسة الحالية ان تدرس أثر استخدام الطاقات المتجددة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة وبذلك فقد ركزت على دراسة الأثر الذي يحدثه استخدام الطاقات المتجددة بمختلف مصادرها كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية وطاقة الوقود الحيوي واجمالي الطاقة المتجددة على انبعاث ثاني أكسيد الكربون لقياس اثر استخدام الطاقات المتجددة على التلوث الهوائي، ومن ثم اثر استخدام الطاقات المتجددة على البصمة البيئية لقياس اثر استخدام الطاقات المتجددة على التلوث البيئي من خلال التلوث البيولوجي والمائي والهوائي

وتختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة كونها تركز على مجموعة من الدول الصناعية وليس على مجموعة من الدول المتقدمة او النامية كما هو الحال في الدراسات السابقة. وتتضمن هذه الدراسة عينة لبلدان في مراحل تطوير مختلفة؛ متقدمة (مثل الولايات المتحدة والمملكة المتحدة واليابان)، وناشئة (مثل الصين والهند والبرازيل) ودول نامية (مثل إندونيسيا وجنوب إفريقيا). ويتيح هذا التنوع لعينة للدراسة التقاط مجموعة أوسع من استجابات السياسات، ومستويات استهلاك الطاقة المتجددة، وتأثيرها على التنمية المستدامة. بالإضافة الى ذلك المواقع الجغرافية

المتنوعة، اذ ان هذه البلدان من جميع أنحاء العالم – آسيا وأوروبا، والأميركتين، وأفريقيا وأوقيانوسيا. يساعد التنوع الجغرافي في النظر في آثار المناخات المختلفة والظروف الطبيعية والموارد المحلية على اعتماد الطاقة المتجددة وتأثيرها. ويستخدم كل من هذه البلدان مزيجا مختلفا من الطاقة، مع مستويات مختلفة من الاعتماد على الوقود الأحفوري مقابل الطاقة المتجددة. ومن شأن هذا التنوع أن يسمح للدراسة بدراسة أثر سياسات الطاقة المختلفة وإمكانية الانتقال إلى الطاقة المتجددة. وعادة ما يكون لدى البلدان المتقدمة والعديد من البلدان الناشئة بيانات موثقة ومتاحة للبحث. ويمكن توفر البيانات بمرور الوقت من إجراء تحليل أكثر قوة.

ومن شان اتبع هذه البلدان سياسات مختلفة تجاه الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة. أن تسفر على مقارنة نهج السياسات هذه عن رؤى قيمة حول أنواع السياسات الأكثر فعالية. اذ ان العديد من هذه البلدان لها تأثير كبير على السياسات والاتفاقيات البيئية الدولية. ومن شأن فهم تجربتهم مع الطاقة المتجددة أن يساعد في توجيه عملية صنع السياسات الدولية في المستقبل.

بينما درست الدراسات السابقة تأثير استهلاك الطاقة المتجددة الفردية على الاستدامة البيئية، تستكشف هذه دراسة تأثير أثر استخدام كل طاقة من الطاقات المتجددة على حدى وهي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والوقود الحيوي ومجموع استخدام الطاقات المتجددة. مما يعطي هذا النطاق الواسع صورة أكثر شمولا للتأثير البيئي لاستهلاك الطاقة المتجددة. وتتضمن دراسة الحالية مجموعة من المتغيرات مثل النمو الاقتصادي ومؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة ومستوى التعليم ومؤشر العولمة. وهذا يختلف عن الدراسات السابقة ويتيح التوسع عليها ويسمح بفهم أكثر دقة للتفاعلات بين هذه المتغيرات وتأثيرها على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة ويوفر رؤية أكثر شمولا.

ومن حيث النهج المستخدم ركز الدراسة الحالية على نموذج CS-ARDL الذي طوره Chudik و Pesaran في سنة 2015 لقياس اثر استخدام الطاقات المتجددة على انبعاث ثاني أكسيد الكربون على غرار دراسة (J.P. Namahoro, Q. Wu, H. Su) و(M. Hussain, T. Lu, Y. Chengang, Y. Wang) وتقنية الانحدار الكمي التي اقترحها Machado & Silva في سنة 2019 لقياس اثر استخدام الطاقات المتجددة على البصمة البيئة كدراسة (Y. Miao, A. Razzaq, T.S. Adebayo, A.A. Awosusi)، والتي توفر المتانة والتنوع في فحص العلاقات بين المتغيرات. بالإضافة الى سببية Dumitrescu-Hurlin سنة 2012 كدراسة كل من (akmak, S. Acar .E.E) (M. Usman, M.S.A. Makhdum, R. Kousar)

خلاصة الفصل الثاني

من خلال هذا الفصل تم مراجعة وتحليل العديد من الدراسات التي تناولت استهلاك الطاقة المتجددة و انبعاث ثاني أكسيد الكربون من جهة و استهلاك الطاقة المتجددة والبصمة البيئية من جهة اخرى مركزين على العينة والاطار الزمني والأساليب القياسية المستخدمة والنتائج المتوصل اليها في كل دراسة ثم تطرقنا الى الجوانب التي تميز الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة من حيث العينة و المتغيرات المستخدمة والمنهج والنتائج المتحصل عنها ، حيث وجدنا في كل الدراسات التي تناولناها لم تتطرق أي دراسة منها لدراسة كل مصدر من مصادر الطاقات المتجددة على حدى حيث ركزت معظم الدراسات السابقة على تأثير استهلاك الطاقة المتجددة على الاستدامة البيئية في حين ان تأثير استخدام الطاقة المتجددة مختلف باختلاف مصدرها كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والوقود الحيوي، وهذا ما سنحاول ان نطبقه في الفصل الثالث من هذه الدراسة

الفصل الثالث الدراسة التطبيقية لأثر استخدام الطاقات المتجددة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة

تمهيد الفصل الثالث

سوف نحاول في هذا الفصل الإجابة على الإشكالية المطروحة والمتمثلة في تحديد أثر استخدام الطاقات المتجددة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة في 29 دولة للفترة الممتدة من 1990 الى غاية 2021، مركزين في ذلك على مصادر الطاقة المتجددة المختلف، حيث تم اختيار نماذجين للتعبير عن الابعاد البيئية للتنمية المستدامة ، فالنموذج المتعلق بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون ركز على اثر استخدام الطاقات المتجددة على التلوث الهوائي أي البصمة الكربونية، أما النموذج المتعلق بالبصمة البيئية فقد ركز على اثر استخدام الطاقات المتجددة على التلوث البري والمائي والتأثير البيولوجي.

وقد تم تقسيم هذا الفصل وفقا للمنهجية المتبعة إلى قسمين، تناولنا في البداية متغيرات الدراسة حيث أدرجنا فيه مجتمع الدراسة إلى جانب التعريف بالمتغيرات ومصادرها. وتلتها الطرق والاختبارات القياسية حيث تم من خلالها التعرف على الطرق الإحصائية والقياسية المستخدمة في الدراسة وفي الأخير تم تقدير النماذج واستخلاص النتائج وتحليلها تفسيرها.

أولا: متغيرات الدراسة

1. مجتمع وعينة الدراسة

تتناول الدراسة مجموعة من الدول وهي (الأرجنتين، أستراليا، النمسا، بلجيكا، البرازيل، كندا، الصين، الدنمارك، فنلندا، فرنسا، ألمانيا، المجر، الهند، إندونيسيا، أيرلندا، إيطاليا، اليابان، ماليزيا، هولندا، النرويج، البرتغال، سنغافورة، جنوب إفريقيا، إسبانيا، السويد، سويسرا، تايلاند، المملكة المتحدة، الولايات المتحدة) وتعتبر هذه العينة من الدول التي حققت مستويات مهمة في استهلاك الطاقة المتجددة بمختلف أنواعها وحققت مستويات مهمة من التنمية البيئية المستدامة

2. متغيرات الدراسة ومصادر البيانات

بعد الاطلاع على الدراسات السابقة وتحليلها واختيار العينة حاولنا الاعتماد في هذه الدراسة على مجموعة من المتغيرات لبناء نموذجين للإجابة الإشكالية المطروحة من خلال القياس الاقتصادي وذلك كالتالي:

1.2. المتغيرات التابعة: سيتم الاعتماد على المتغيرات التالية: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والبصمة البيئية للتعبير عن الابعاد البيئية للتنمية المستدامة

1.1.2. انبعاثات ثاني أكسيد الكربون: يشير انبعاث ثاني أكسيد الكربون (CO_2) إلى إطلاق غاز CO_2 في الغلاف الجوي. تنتج هذه الانبعاثات في المقام الأول عن حرق الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، فضلا عن إزالة الغابات وتغيرات استخدام الأراضي والعمليات الصناعية. يلعب ثاني أكسيد الكربون دورا مهما في تلوث الهواء وتغير المناخ:

- **تلوث الهواء:** في حين أن CO_2 نفسه ليس مكونا أساسيا للضباب الدخاني أو سببا مباشرا لمشاكل الجهاز التنفسي مثل بعض أشكال تلوث الهواء الأخرى (مثل الجسيمات وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين)، فإنه يساهم بشكل غير مباشر في تلوث الهواء. وهي تفعل ذلك من خلال التأثير على أنماط المناخ وتفاقم مشاكل تلوث الهواء. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي ارتفاع درجات الحرارة الناجم عن زيادة مستويات CO_2 إلى تكثيف تكوين الضباب الدخاني في المناطق الحضرية ، مما يؤثر على جودة الهواء.
- **تغير المناخ:** ثاني أكسيد الكربون هو أحد غازات الدفيئة الرئيسية التي تساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ. تحبس هذه الغازات الحرارة من الشمس في الغلاف الجوي للأرض، مما يؤدي إلى ارتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية ، وهي ظاهرة تعرف باسم تأثير الاحتباس الحراري. الأنشطة البشرية، ولا سيما حرق الوقود الأحفوري للطاقة والنقل وإزالة الغابات للزراعة ، زادت بشكل كبير من

تركيز CO2 في الغلاف الجوي منذ الثورة الصناعية. هذه الزيادة في CO2 وغازات الدفيئة الأخرى هي السبب الرئيسي للزيادة الملحوظة في متوسط درجة حرارة سطح الأرض خلال القرن الماضي.

تشمل آثار تغير المناخ ارتفاع درجات الحرارة العالمية، وذوبان القمم الجليدية ، وزيادة تواتر وشدة الظواهر الجوية المتطرفة مثل الأعاصير والجفاف ، وارتفاع مستويات سطح البحر ، وتعطيل النظم الإيكولوجية والزراعة. وتشكل هذه التغيرات تهديدات خطيرة للمجتمعات البشرية، ولا سيما بالنسبة للمجتمعات الأكثر عرضة لهذه الآثار. لذلك، يعد الحد من انبعاثات CO2 جزءا مهما من الجهود العالمية للتخفيف من تغير المناخ وآثاره المدمرة المحتملة.

2.1.2.البصمة البيئية: هي مقياس لتأثير الأنشطة البشرية على الموارد الطبيعية للأرض. اذ إنها أداة محاسبة بيئية تقيس مقدار الطبيعة التي لدينا، ومقدار ما نستخدمه ، ومن يستخدمها. تم انشاء مؤشر البصمة البيئية في سنة 1992 من قبل Mathis Wackernagel وWilliam Rees في جامعة كولومبيا البريطانية ، وكان الهدف منها جعل الاستدامة واستخدام الموارد أكثر قابلية للفهم ومتاحة للجميع. بشكل أساسي، تحدد البصمة البيئية كمية مساحة الأرض والمياه التي يحتاجها السكان أو الفرد أو المدينة أو البلد أو حتى البشرية جمعاء لإنتاج الموارد التي يستهلكونها وامتصاص نفاياتها، باستخدام التكنولوجيا السائدة وإدارة الموارد. يقاس عادة بالهكتار العالمي. على سبيل المثال، إذا تجاوزت البصمة البيئية للسكان القدرة البيولوجية للمنطقة، فإن تلك المنطقة تعاني من عجز بيئي ويقال إنها تعيش بشكل غير مستدام. تشمل البصمة البيئية بعض المجالات الرئيسية:

- البصمة الكربونية: هذا هو الجزء الأكثر أهمية من غالبية البصمات البيئية للدول المتقدمة. تقيس البصمة الكربونية كمية غازات الدفيئة (في المقام الأول ثاني أكسيد الكربون والميثان) التي يتم وضعها في الغلاف الجوي من خلال الأنشطة البشرية مثل حرق الوقود الأحفوري للكهرباء والحرارة والنقل.
- البصمة الغذائية: يتم تحديد ذلك من خلال الأرض المطلوبة لزراعة الغذاء (والأشجار اللازمة لامتصاص انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من زراعة هذا الغذاء) التي نستهلكها. وهذا لا يشمل فقط النباتات التي نأكلها، ولكن أيضا النباتات التي تأكلها التي نستهلكها.
- البصمة السكنية: تقيس مساحة الأرض المستخدمة لمساحة المعيشة بالإضافة إلى الطاقة المستخدمة لبناء وصيانة مساحات المعيشة هذه.
- بصمة السلع والخدمات: وتشمل جميع المنتجات والخدمات الأخرى التي يستهلكها الأشخاص، مثل الملابس والأجهزة الإلكترونية والكتب والآلات الموسيقية والأنشطة الرياضية والسفر بالطائرة وما إلى ذلك.

وتعد البصمة البيئية أداة مفيدة لفهم وإدارة تأثيرنا على النظم الإيكولوجية للأرض. من خلال تحديد تأثير أنشطتنا من حيث الطلب على الموارد الطبيعية والخدمات البيئية، فإنه يوفر لغة مشتركة لمناقشة الاستدامة. يساعد على تحديد الدوافع الرئيسية للضغط البيئي، وتسليط الضوء على مجالات التحسين، ورصد التقدم المحرز نحو أهداف الاستدامة.

ومع ذلك، من المهم ملاحظة أن البصمة البيئية هي تبسيط للتفاعلات البيئية المعقدة ، ويجب استخدامها جنبا إلى جنب مع المؤشرات البيئية الأخرى لفهم أكثر شمولا للتأثيرات البيئية. على الرغم من محدوديته، يظل مفهوم البصمة البيئية أداة قوية لزيادة الوعي حول الآثار البيئية لخيارات نمط حياتنا وقرارات السياسة.

2.2. المتغيرات المستقلة: وتشمل استهلاك الطاقة المتجددة بمختلف انواعها ومتغيرات التحكم المفسرة

1.2.2. استهلاك الطاقة المتجددة حيث يؤدي دورا حيويا في التصدي للتحديات البيئية التي يواجهها العالم حاليا، ومن أكثرها إلحاحا تلوث الهواء. الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة المتجددة له تأثير مباشر وعميق على خفض مستويات تلوث الهواء. على عكس مصادر الطاقة التقليدية القائمة على الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، فإن الطاقات المتجددة مثل الرياح والطاقة الشمسية والمائية والكتلة الحيوية لا تنبعث منها ملوثات ضارة مثل ثاني أكسيد الكبريت (SO2) وأكاسيد النيتروجين (NOx) والجسيمات التي تسبب تلوث الهواء وتضر بصحة الإنسان والبيئة. يعد احتراق الوقود الأحفوري مساهما رئيسيا في تلوث الهواء على مستوى العالم. يؤدي حرق الفحم والنفط في محطات الطاقة إلى إطلاق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في الغلاف الجوي ، والتي يمكن أن تشكل أمطارا حمضية ، مما يؤدي إلى تحمض البحيرات والجداول ، وإتلاف الأشجار وتربة الغابات ، والإضرار بالحياة المائية. بالإضافة الى ذلك ، تتفاعل هذه الغازات في الغلاف الجوي لتشكيل جسيمات دقيقة ، مما يساهم بشكل كبير في الضباب الدخاني وسوء نوعية الهواء ، لا سيما في المناطق الحضرية. يمكن لهذه الجسيمات أن تخترق عمق الرئتين، مما يسبب العديد من المشكلات الصحية ، بما في ذلك أمراض الجهاز التنفسي والقلب والأوعية الدموية. من ناحية أخرى، توفر مصادر الطاقة المتجددة بديلا أنظف. فالطاقة الشمسية وطاقة الرياح، على سبيل المثال، تنتج الكهرباء دون أي انبعاثات. هذا التحول نحو الطاقة النظيفة لديه القدرة على الحد بشكل كبير من تلوث الهواء. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يساعد دمج تقنيات التخزين مع مصادر الطاقة المتجددة في التخفيف من مشكلات التقطع وتعزيز موثوقية إمدادات الطاقة ، مما يعزز اعتمادها. الطاقة الكهرومائية والطاقة الحرارية الأرضية خالية من الانبعاثات تقريبا أثناء توليدها للكهرباء، ولكن تجدر الإشارة إلى أنه يمكن أن تكون هناك آثار بيئية مرتبطة بتطويرها. يمكن أن تؤثر السدود الكهرومائية على الموائل المحلية ويمكن لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية إطلاق كميات صغيرة من غازات الدفيئة المحاصرة في أعماق الأرض. لكن هذه التأثيرات أقل أهمية بكثير مقارنة بتلك الناجمة عن الوقود الأحفوري. الكتلة الحيوية هي شكل آخر من أشكال الطاقة المتجددة، وعلى الرغم من أنها مصدر أنظف بكثير مقارنة بالوقود الأحفوري ، إلا أنها ليست خالية تماما من الانبعاثات. يمكن أن يؤدي احتراق الكتلة الحيوية للحصول على الطاقة إلى إطلاق ثاني أكسيد الكربون، على الرغم من أن هذا غالبا ما يتم تعويضه مع نمو النباتات الجديدة. يعتمد مدى كون الكتلة الحيوية محايدة حقا للكربون أو منخفضة الكربون على تفاصيل كيفية زراعتها وحصادها وحرقها. على نطاق أوسع، يمكن أن يؤدي التحول إلى الطاقة المتجددة إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة العالمية بشكل كبير ،

وهو أمر بالغ الأهمية في مكافحة تغير المناخ. على الرغم من عدم ارتباطها المباشر بتلوث الهواء، فإن الحد من هذه الانبعاثات سيكون له آثار بعيدة المدى على النظم الإيكولوجية العالمية وأنماط الطقس وصحة الإنسان.

عموما يعد استهلاك الطاقة المتجددة وسيلة فعالة للحد من تلوث الهواء وما يرتبط به من آثار صحية وبيئية. يعتمد حجم هذه الفوائد على المعدل الذي تحل به الطاقة المتجددة محل أشكال الطاقة الأكثر تلويثا، والتقنيات المحددة المستخدمة. ومع زيادة استثمارنا في هذه التقنيات وتحسين كفاءتها وفعاليتها من حيث التكلفة، فإن إمكانات مصادر الطاقة المتجددة للمساهمة في هواء أنظف وبيئة أكثر صحة ستنمو. من الواضح أن النهوض بالطاقة المتجددة أمر بالغ الأهمية للتنمية المستدامة ومستقبل أنظف وأكثر صحة.

2.2.2. الناتج المحلي الإجمالي: يمثل القيمة الإجمالية لجميع السلع والخدمات المنتجة خلال فترة زمنية محددة داخل حدود البلد. هناك ثلاث طرق أساسية لحساب الناتج المحلي الإجمالي

الإنتاج (أو الناتج أو القيمة المضافة): يقيس القيمة الإجمالية للسلع والخدمات التي تنتجها مختلف القطاعات في الاقتصاد، مثل الزراعة والتصنيع والطاقة، والبناء، وقطاع الخدمات، والحكومة.

الدخل: يقيس إجمالي الدخل الذي تحققه جميع الأسر والشركات في الدولة. ويشمل الأجور والرواتب والأرباح والإيجارات والضرائب مطروحا منها الإعانات.

نهج الإنفاق: يقيس إجمالي النفقات على جميع السلع والخدمات النهائية المنتجة داخل البلد. ويشمل ذلك الإنفاق الاستهلاكي، والاستثمار، والإنفاق الحكومي، وصافي الصادرات (الصادرات مطروحا منها الواردات).

ومن الناحية النظرية، ينبغي لهذه الطرق الثلاث أن تسفر عن نفس القيمة بالنسبة للناتج المحلي الإجمالي. يمكن قياس الناتج المحلي الإجمالي بالقيمة الاسمية، والتي تشمل آثار التضخم، أو بالقيمة الحقيقية، والتي يتم تعديلها للتضخم. الناتج المحلي الإجمالي هو مقياس مفيد، ولكنه غير كامل للرفاهية الاقتصادية. فهو لا يأخذ في الحسبان توزيع الدخل داخل بلد ما، أو قيمة المعاملات غير السوقية (مثل العمل التطوعي)، أو آثار الإنتاج على البيئة، من بين قيود أخرى.

3.2.2. الانفتاح التجاري: هو مفهوم اقتصادي يشير إلى درجة انفتاح اقتصاد بلد ما على التجارة الدولية. ويمكن قياس هذا الانفتاح بعدة طرق، وأكثرها شيوعا من خلال الحجم الإجمالي للتجارة (أي مجموع الواردات والصادرات) كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي للبلد. تميل الدولة ذات الانفتاح التجاري العالي إلى مشاركة جزء كبير من اقتصادها في التجارة الدولية. يمكن أن يعني هذا أن الدولة تصدر كمية كبيرة من السلع والخدمات، أو تستورد كمية كبيرة من السلع والخدمات، أو كليهما. ويزعم المدافعون عن الانفتاح التجاري أنه من الممكن أن يؤدي إلى زيادة الكفاءة، والنمو الاقتصادي، وتحسين مستويات المعيشة من خلال تعريض الشركات المحلية للمنافسة الدولية والسماح للبلدان بالاستفادة من مزاياها النسبية. من ناحية أخرى، يشير النقاد إلى الجوانب

السلبية المحتملة، مثل إمكانية عدم الاستقرار الاقتصادي بسبب تقلبات السوق العالمية ، واحتمال معاناة الصناعات المحلية في ظل المنافسة الأجنبية ، وعدم المساواة الاجتماعية. من المهم ملاحظة أن الانفتاح التجاري ليس مجرد مسألة سياسة اقتصادية – إنه يتأثر أيضا بمجموعة من العوامل الأخرى، من الموقع الجغرافي وتوافر الموارد الطبيعية إلى القدرات التكنولوجية والبنية التحتية.

4.2.2. مؤشر العولمة هو مقياس يجسد مدى اندماج بلد ما في الاقتصاد العالمي. يتم حسابه عادة بناء على مجموعة من المؤشرات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية.

- التكامل الاقتصادي: غالبا ما يتم تقييم ذلك من خلال عوامل مثل التدفقات التجارية (مجموع الصادرات والواردات كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي) والاستثمار الأجنبي المباشر .(FDI)
- الاندماج الاجتماعي: يمكن قياس ذلك من خلال بيانات السفر والسياحة الدولية وحركة الهاتف الدولية وحجم السكان الأجانب.
- التكامل السياسي: قد ينعكس ذلك في عدد سفارات دولة ما، ومشاركتها في المنظمات الدولية، ومشاركتها في بعثات مجلس الأمن الدولي، وعدد المعاهدات الدولية التي وقعتها.

يمكن تعيين درجة لكل عنصر من هذه العناصر، ويمكن دمج هذه الدرجات لتوفير مؤشر عالمي شامل لكل بلد. يتم إنتاج أحد مؤشرات العولمة التي يتم الاستشهاد بها على نطاق واسع من قبل المعهد الاقتصادي السويسري (KOF). يقيس مؤشر العولمة KOF الأبعاد الرئيسية الثلاثة للعولمة: الاقتصادية والاجتماعية والسياسية. ثم يقسم هذه الفئات إلى تدفقات "فعلية" (مثل التجارة والاستثمار الأجنبي المباشر) و "قيود" (مثل حواجز الاستيراد الخفية والقيود المفروضة على التجارة وحركة رأس المال). تذكر أن مؤشر العولمة هو محاولة لتحديد ظاهرة معقدة ومتعددة الأوجه. وعلى هذا النحو، فإن أي تدبير واحد سيكون حتما تبسيطا لواقع أكثر تعقيدا.

5.2.2. التنمية المالية: تشير التنمية المالية إلى نمو النظام المالي للبلد وتطوره. ويشمل ذلك عادة توسيع وتنويع الخدمات المالية، والتحسينات في المؤسسات المالية، والتقدم في اللوائح المالية. الائتمان المحلي، اذ يعتبر هذا الاخير هو أحد الجوانب المهمة للتنمية المالية. يشير إلى الموارد المالية التي تقدمها الشركات المالية للقطاع الخاص، مثل البنوك ومؤسسات الإقراض الأخرى. ويشمل ذلك القروض ومشتريات الأوراق المالية غير السهمية والاعتمادات التجارية وحسابات القبض الأخرى التي تنشئ مطالبة بالسداد. إن وجود نظام مالي متطور يتمتع بمستويات عالية من الائتمان المحلي يعني عادة أن الشركات والأفراد لديهم فرص أفضل للحصول على القروض وغيرها من أشكال الائتمان. وهذا يمكن أن يمكنهم من الاستثمار في نمو الأعمال أو التعليم أو العقارات والتي يمكن أن تسهم في التنمية الاقتصادية الشاملة. ومع ذلك، من المهم ملاحظة أنه في حين أن زيادة الائتمان المحلي غالبا ما تكون علامة على التطور المالي، إلا أنها يمكن أن تؤدي أيضا إلى مخاطر إذا لم تتم إدارتها بشكل صحيح. على سبيل

المثال، إذا كان نمو الائتمان سريعا للغاية، فقد يؤدي ذلك إلى نشوء فقاعة ائتمانية وأزمة مالية لاحقة. وبالمثل، إذا تم تقديم القروض دون إشراف مناسب وتقييم للمخاطر، فقد يؤدي ذلك إلى مستويات عالية من القروض المتعثرة وعدم الاستقرار المالي. لذلك، فإن التنمية المالية لا تتعلق فقط بزيادة توافر الائتمان – بل تنطوي أيضا على تعزيز المؤسسات واللوائح التي تحكم النظام المالي. ويشمل ذلك ضمان الشفافية، وتعزيز المنافسة، وتنفيذ ممارسات قوية لإدارة المخاطر

6.2.2. مؤشر التنمية البشرية (HDI) هو أداة إحصائية تستخدم لقياس الإنجاز العام لبلد ما في أبعاده الاجتماعية والاقتصادية. ومؤشر التنمية البشرية هو مؤشر مركب لمؤشرات متوسط العمر المتوقع والتعليم ودخل الفرد. تم تطويره من قبل الاقتصادي الباكستاني Mahbub ul Haq ويرتكز على عمل Amartya Sen's الحائز على جائزة نوبل في مجال القدرات البشرية. يتكون دليل التنمية البشرية من ثلاث مكونات:

- متوسط العمر المتوقع عند الولادة: هذا مؤشر على الصحة العامة للسكان في بلد ما. وهو يشير إلى متوسط عدد السنوات التي يتوقع أن يعيشها المولود الجديد، على افتراض أن معدلات الوفيات الحالية تظل ثابتة طوال حياته.
- مؤشر التعليم: يقاس باستخدام متوسط سنوات الدراسة للبالغين الذين تبلغ أعمارهم 25 عاما فأكثر، وسنوات الدراسة المتوقعة للأطفال في سن الالتحاق بالمدرسة. متوسط سنوات الدراسة هو متوسط عدد سنوات التعليم التي يتلقاها الأشخاص الذين تبلغ أعمارهم 25 عاما أو أكثر، في حين أن سنوات الدراسة المتوقعة هي إجمالي عدد سنوات الدراسة التي يمكن أن يتوقع الطفل في سن الالتحاق بالمدرسة الحصول عليها إذا ظلت الأنماط السائدة لمعدلات الالتحاق الخاصة بالعمر كما هي طوال حياة الطفل.
- نصيب الفرد من الدخل القومي الإجمالي: وهو مقياس لمستوى المعيشة أو الازدهار الاقتصادي في بلد ما. الدخل القومي الإجمالي هو المبلغ الإجمالي للأموال التي يكسبها شعب الدولة وشركاتها، بما في ذلك دخل الاستثمار ، بغض النظر عما إذا كان يتم إنتاجه محليا أو دوليا. يتم قياسه بالدولار الأمريكي ويتم تعديله وفقا لتعادل القوة الشرائية

ويتراوح دليل التنمية البشرية من 0 إلى 1، حيث يشير الرقم 1 إلى أعلى مستوى ممكن للتنمية البشرية. وينشره برنامج الأمم المتحدة الإنمائي سنويا في تقرير التنمية البشرية. ودليل التنمية البشرية أداة مفيدة لمقارنة مستويات التنمية الاجتماعية والاقتصادية عبر البلدان، ولكنه شأنه شأن أي مؤشر، له حدوده وينبغي استخدامه بالاقتران مع تدابير أخرى من أجل فهم أكمل لتنمية بلد ما.

7.2.2. نفقات البحث والتطوير في تكنولوجيات الطاقة المتجددة تشير إلى الموارد المالية التي تخصصها الكيانات العامة والخاصة على السواء لابتكار مصادر الطاقة المتجددة وتحسينها ونشرها. عادة ما يتم استثمار هذه الموارد في مجموعة واسعة من المجالات، بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر، الخلايا الكهروضوئية (الطاقة الشمسية)، وطاقة الرياح ، والطاقة الحيوية ، والطاقة الحرارية الأرضية ، والطاقة الكهرومائية ، والمجالات الأحدث مثل تخزين الطاقة وتقنيات إدارة الشبكة. تعد الاستثمارات في البحث والتطوير أمرا بالغ الأهمية لتطوير التقنيات المتجددة، وخفض التكاليف، ومعالجة التحديات التقنية. و يؤدي البحث والتطوير إلى تطوير ألواح شمسية أكثر كفاءة، أو توربينات رياح أكبر وأكثر موثوقية، أو طرق أفضل لتخزين الطاقة من مصادر متجددة لاستخدامها عندما لا تكون الشمس مشرقة أو لا تهب الرياح. وبالمثل، يمكن أن يساعد البحث والتطوير في تحسين كفاءة تحويل مصادر الطاقة الحيوية أو التشغيل الآمن والفعال لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية. وعلى الصعيد الوطني، كثيرا ما تؤدي الوكالات الحكومية دورا هاما في تمويل وتنسيق جهود البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة. ويمكن أن تساعد هذه الاستثمارات العامة في الحد من المخاطر وتشجيع استثمارات القطاع الخاص. علاوة على ذلك، يمكن للتعاون والاتفاقات الدولية أيضا تحفيز البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة، وتعزيز تبادل المعرفة ونشر التقنيات المبتكرة. كما تستثمر شركات القطاع الخاص، بما في ذلك شركات الطاقة الراسخة والشركات الناشئة، بكثافة في البحث والتطوير. غالبا ما تكون هذه الشركات في طليعة تطوير ونشر تقنيات جديدة، مدفوعة بإمكانية تحقيق عائد مالي على استثماراتها. يمكن أن تؤدي جهود البحث والتطوير الخاصة بهم إلى تقنيات حاصلة على براءة اختراع تمنحهم ميزة تنافسية في السوق. وخلاصة القول، إن الإنفاق على البحث والتطوير في تكنولوجيات الطاقة المتجددة هو المحرك الرئيسي للانتقال نحو نظم طاقة أكثر استدامة. تساعد هذه الاستثمارات على دفع حدود ما هو ممكن، مما يتيح تطوير ونشر التقنيات التي يمكنها تسخير موارد الطاقة المتجددة الوفيرة للأرض. وعلى الرغم من التقدم المحرز، لا يزال هناك العديد من التحديات التي يتعين التغلب عليها، مما يجعل الاستثمار المستمر في البحث والتطوير أمرا بالغ الأهمية لمستقبل الطاقة المتجددة.

8.2.2. مستوى التعليم (نسبة الالتحاق بالتعليم الثانوي): التي يشار إليها غالبا باسم نسبة الالتحاق الإجمالية في التعليم الثانوي، هي مقياس قياسي يستخدم في الإحصاءات التعليمية. وتشير هذه النسبة إلى مجموع الملتحقين بالتعليم الثانوي، بغض النظر عن العمر، معبرا عنه كنسبة مئوية من سكان التعليم الثانوي الرسمي المؤهلين المقابل لنفس الفئة العمرية في سنة دراسية معينة.

جدول رقم (3 – 1) متغيرات الدراسة ومصادر البيانات

الرمز	المتغير	وحدة القياس	المصدر
CO2	**انبعاثات ثاني أكسيد الكربون**	إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمليون طن	https://github.com/owid/co2-data
EFB	**مؤشر البصمة البيئية**	لقياس التنمية المستدامة حيث تقيس البصمة البيئية من حيث مقدار الطلب على الاستهلاك البشري على المحيط الحيوي. يقاس بوحدات قياسية تسمى الهكتارات العالمية.	https://data.footprintnetwork.org
SOLAR	**استهلاك الطاقة الشمسية**	استهلاك الطاقة الأولية من الطاقة الشمسية (تيرا واط / ساعة)	https://github.com/owid/energy-data
WIND	**استهلاك طاقة الرياح**	استهلاك الطاقة الأولية من طاقة الرياح (تيرا واط / ساعة)	https://github.com/owid/energy-data
HYDRO	**استهلاك الطاقة الكهرومائية**	استهلاك الطاقة الأولية من طاقة الوقود الحيوي (تيرا واط / ساعة)	https://github.com/owid/energy-data
BIOFUEL	**استهلاك طاقة الوقود الحيوي**	استهلاك الطاقة الأولية من الطاقة الكهرومائية (تيرا واط / ساعة)	https://github.com/owid/energy-data
TOT_REN	**اجمالي استهلاك الطاقة من مصادر متجددة**	اجمالي استهلاك الطاقة الأولية من مصادر متجددة (تيرا واط / ساعة)	https://github.com/owid/energy-data
GDP	**الناتج المحلي الإجمالي**	الأسعار الثابتة للدولار الأمريكي لسنة 2010	https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators
TRAND	**الانفتاح التجاري**	نسبة من الناتج المحلي الإجمالي	https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators
KOFGI	**مؤشر العولمة**	مؤشر	https://kof.ethz.ch/en/forecasts-and-indicators/indicators/kof-globalisation-index.html
FIN	**التنمية المالية**	الائتمان المحلي المقدم إلى القطاع الخاص (نسبة من إجمالي الناتج المحلي)	https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators
HDI	**مؤشر التنمية البشرية**	مؤشر	https://ourworldindata.org/human-development-index
SEC	**مستوى التعليم**	نسبة الالتحاق بالتعليم الثانوي	https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

RDERET	**نفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة**	بالأسعار الثابتة للدولار الأمريكي لسنة 2010	https://data-/explorer.oecd.org

المصدر: من اعداد الطالب

يتم قياس اثر استهلاك الطاقة من مصادر المتجددة بشكل منفصل لتجنب مشاكل التعدد الخطي التي قد تنشأ بين مصادر الطاقة المتجددة، وبهذه الطريقة لدينا الامكانية لمراقبة تأثير مصادر الطاقة المتجددة المختلفة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة للفترة الممتدة من 1990 الى غاية 2021.

ثانيا: الطرق والاختبارات القياسية والنتائج

للإجابة على الإشكالية المطروحة وقياس أثر استهلاك الطاقات المتجددة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة سيتم تقدير نموذجين قياسية وهي: نموذج أثر استهلاك الطاقات المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لقياس أثر استهلاك الطاقات المتجددة على التلوث الهوائي و نموذج اثر استهلاك الطاقات المتجددة على البصمة البيئية لقياس أثر استهلاك الطاقات المتجددة على البيئة من خلال التلوث البري والمائي والتأثير البيولوجي.

ومن خلال هذا المبحث سيتم اجراء الاختبارات ثم القيام بالتحليل الاحصائي والتفسير الاقتصادي لنتائج التقدير. كما أشرنا سابقا فإن الدراسة تهدف الى التعرف تجريبيا على مدى تأثير استهلاك الطاقات المتجددة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة، ولهذا الغرض استخدمت الدراسة منهج بيانات البانل Panel data والتي تتميز بـ[1]

- التحكم في التباين الفردي الذي يظهر في البيانات المقطعية أو الزمنية والذي قد يؤدي الى نتائج متحيزة؛
- تضمنها لمحتوى معلوماتي أكثر من السلاسل الزمنية او المقطعية وبالتالي الحصول على تقديرات ذات ثقة اعلى، كما أن مشكلة الارتباط المشترك بين المتغيرات تكون أقل حدة من بيانات السلاسل الزمنية، وتتميز بيانات البانل بعدد أكبر من درجات الحرية؛
- توفر بيانات البانل إمكانية أكبر لدراسة ديناميكية التعديل التي قد تخفيها البيانات المقطعية؛
- تسهم في الحد من إمكانية ظهور مشكلة المتغيرات المهملة الناتجة عن خصائص المفردات في المشاهدة والتي تقود عادة الى تقديرات متحيزة في الانحدارات المفردة، وتبرز أهمية استخدام بيانات البانل في كونها تأخذ بالاعتبار الاختلاف في الملحوظ او عدم التجانس Heterogeneous بين مفردات العينة سواء في البيانات المقطعية أو الزمنية؛
- تساعد في منع مشكلة عدم تجانس حد الخطأ Heteroscedasticity الشائعة عند استخدام بيانات المقطع العرضي في تقدير النموذج القياسي

[1] عابد العبدلي، محددات التجارة البينية للدول الإسلامية باستخدام منهج تحليل البانل، مجلة دراسات اقتصادية إسلامية، المعهد الإسلامي للبحوث والتدريب، البنك الإسلامي للتنمية، جدة، مجلد 16، عدد 1 ،2010 ، ص ص:20-21

1. الطرق والاختبارات القياسية

1.1. النموذج الأول: نموذج أثر استهلاك الطاقات المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

تستخدم هذه الدراسة حصص استهلاك الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة الكهرومائية وطاقة الوقود الحيوية وإجمالي استهلاك الطاقة من مصادر متجددة، بالإضافة الى النمو الاقتصادي ومؤشر التنمية البشرية ومؤشر التنمية المالية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة. وفقاً لذلك سنحاول تحديد الأثر الذي أحدثه استهلاك الطاقة المتجددة بمختلف مصادرها على انبعاث ثاني أكسيد الكربون.

كما قلنا سابقا سيتم تقدير مصادر الطاقة المتجددة بشكل منفصل لتجنب مشاكل التعدد الخطي التي قد تنشأ بين مصادر الطاقة المتجددة، وبهذه الطريقة لدينا الامكانية لمراقبة تأثير استهلاك الطاقة المتجددة من مصادرها المختلفة على انبعاث ثاني أكسيد الكربون. والتي هي معبراً عنها على النحو التالي

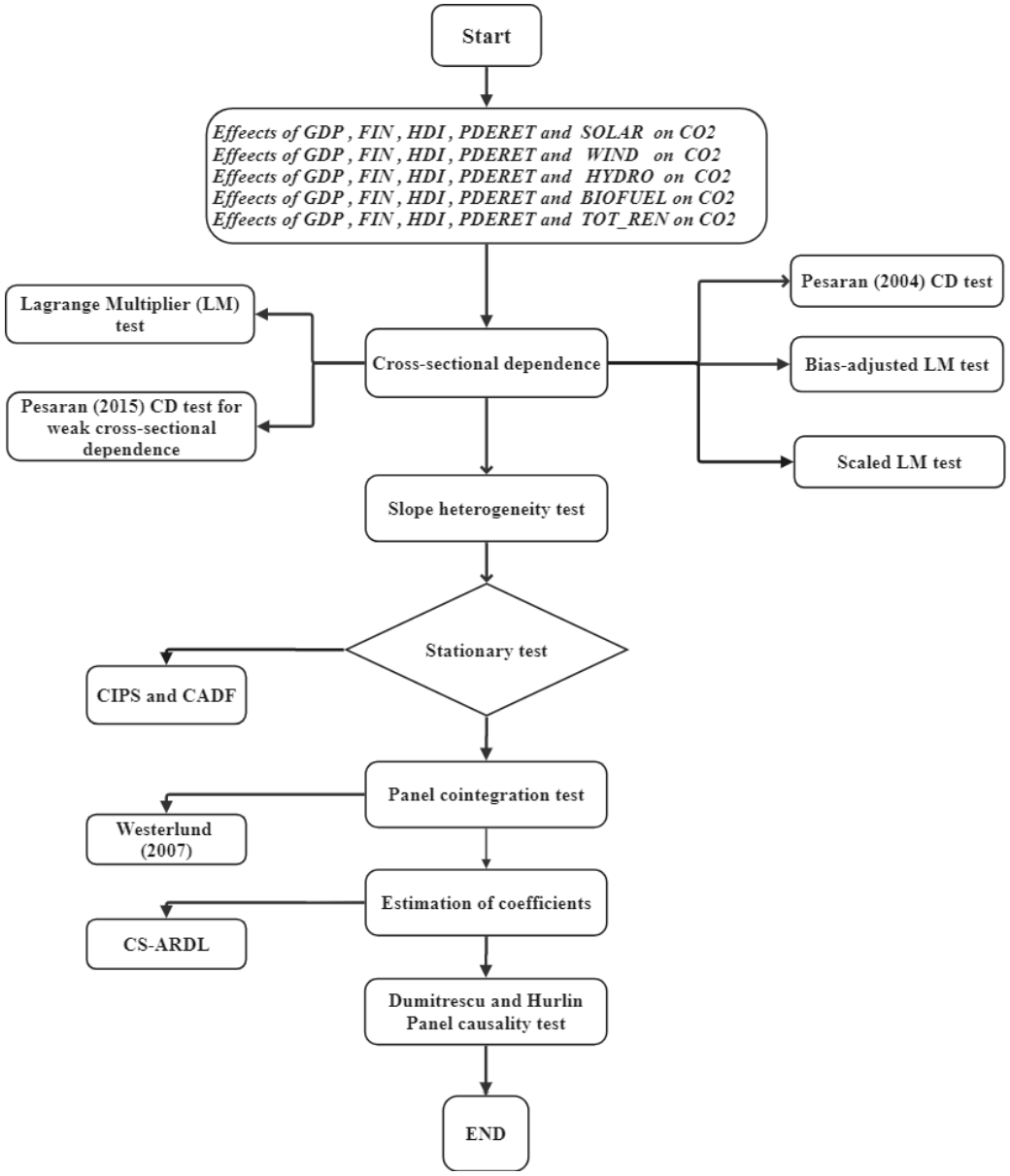
$$CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + SOLAR_{i,t})$$
$$CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + WIND_{i,t})$$
$$CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + HYDRO_{i,t})$$
$$CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + BIOFUEL_{i,t})$$
$$CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + TOT_REN_{i,t})$$

بعد ادخال اللوغاريتم، يمكن كتابة المعادلات بشكل واضح على النحو التالي

$$CO2_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 FIN_{i,t} + \beta_3 HDI_{i,t} + \beta_4 RDERET_{i,t} + \beta_5 SOLAR_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$
$$CO2_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 FIN_{i,t} + \beta_3 HDI_{i,t} + \beta_4 RDERET_{i,t} + \beta_5 WIND_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$
$$CO2_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 FIN_{i,t} + \beta_3 HDI_{i,t} + \beta_4 RDERET_{i,t} + \beta_5 HYDRO_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$
$$CO2_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 FIN_{i,t} + \beta_3 HDI_{i,t} + \beta_4 RDERET_{i,t} + \beta_5 BIOFUEL_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$
$$CO2_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 FIN_{i,t} + \beta_3 HDI_{i,t} + \beta_4 RDERET_{i,t} + \beta_5 TOT_REN_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

1.1.1 الطريقة والاختبارات القياسية

الشكل رقم (3 – 1) مخطط يوضح منهجية الدراسة القياسية للنموذج الاول



المصدر: من اعداد الطالب

- **اختبار استقلالية المقاطع العرضية (Cross-sectional dependency test):**

يعتبر عدم استقلال المقاطع العرضية نوع من الارتباط وهو إحدى المشكلات الشائعة التي تظهر غالباً في تقديرات بيانات البانل وهي احتمال أن تكون المقاطع العرضية في بيانات البانل مترابطة. اذ يمكن أن يكون

عدم استقلالية المقاطع العرضية ناتجاً عن عوامل مثل التأثيرات المكانية، والتأثيرات المشتركة المحذوفة، والتأثيرات الاجتماعية وتفاعلات الشبكة الاقتصادية [1].

وفي واقع الأمر تستند خصائص اختبارات جذر وحدة لوحة الجيل الأول واختبارات التكامل المشترك إلى افتراض استقلالية المقطع العرضي. لافتراض استقلالية المقاطع العرضية له آثار على التقديرات التي يتم الحصول عليها والاستنتاجات التي يتم إجراؤها، لأن مصفوفة التباين المشترك ستزداد مع عدد المقاطع العرضية مما يؤدي إلى تقديرات المعلمات غير الموثوقة.

سنقوم باستخدام اختبارات استقلالية المقاطع العرضية التالية:

- اختبار Lagrange Multiplier (LM) test [2]

$$\boldsymbol{LM = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} T_{ij} \hat{p}_{ij}^2 \rightarrow \chi^2 \frac{N(N-1)}{2}}$$

- اختبار Scaled LM test [3]

$$\boldsymbol{LM_{BC} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=0}^{N} \sum_{j=i+1}^{N} \left(T_{ij} \hat{p}_{ij}^2 - 1\right) \rightarrow N(0,1)}$$

- اختبار CD test [4] وهو اختبار من الجيل الأول للكشف عن الارتباط القوي

$$\boldsymbol{CD = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=0}^{N} \sum_{j=i+1}^{N} T_{ij} \hat{p}_{ij}^2 \rightarrow N(0,1)}$$

- اختبار Bias-adjusted LM test [5]

$$\boldsymbol{LM_{BC} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \left(T_{ij} \hat{p}_{ij}^2 - 1\right) - \frac{N}{2(T-1)} \rightarrow N(0,1)}$$

- اختبار CD test for weak cross-sectional dependence [6] هو اختبار من الجيل الثاني للكشف عن الارتباط الخفيف أو الضعيف، حيث أكد Pesaran Hashem أن مشكل الارتباط ما بين المقاطع العرضية يميل للاختفاء عندما تقترب كل من T وN نحو ما لا نهاية أي العينات الضخمة.

[1] Alexander Chudik and M. Hashem Pesaran, "Large Panel Data Models with Cross-Sectional Dependence: A Survey," *Globalization Institute Working Papers*, Globalization Institute Working Papers, 2013, https://ideas.repec.org//p/fip/feddgw/153.html.

[2] T. S. Breusch and A. R. Pagan, "The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics," *The Review of Economic Studies* 47, no. 1 (1980): 239–53, https://doi.org/10.2307/2297111.

[3] M. Hashem Pesaran, "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels," *SSRN Electronic Journal*, 2004, https://doi.org/10.2139/ssrn.572504.

[4] M. Hashem Pesaran, "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels," Working Paper (Faculty of Economics, June 2004), https://doi.org/10.17863/CAM.5113.

[5] Mohammad Pesaran, Aman Ullah, and Takashi Yamagata, "A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence," *Econometrics Journal* 11, no. 1 (2008): 105–27.

[6] M. Hashem Pesaran, "Testing Weak Cross-Sectional Dependence in Large Panels," *Econometric Reviews* 34, no. 6–10 (May 22, 2015): 1089–1117, https://doi.org/10.1080/07474938.2014.956623.

- **اختبار تجانس الميول (slope homogeneity test):**

هناك مسألة أخرى مهمة في تحليل بيانات البانل وهي اختبار ما إذا كانت معاملات الانحدار متجانسة. وعليه في اختبار تجانس المنحدر فان الفرضية الصفرية تفترض أن جميع المعاملات متساوية، وتنص الفرضية البديلة على أن معامل واحد على الأقل يختلف عن الآخر. يعد اختبار (Wald test) مناسباً في حالات Tالصغيرة والكبيرة[1] وعلى غرار هذا اختبار طور Swamy [2]سنة 1970 اختبار تجانس جديد بعد تخفيف افتراض المثلية. ومع ذلك فان هذا الاختبار يشترط أن تكون N صغيرة نسبياً مقارنة بالبعد الزمني T

وبعد ذلك طور Pesaran وYamagataسنة 2008 اختبار تجانس معاملات الانحدار لبيانات البانل الكبيرة[3]. ويمكن تحديد إحصائية الاختبار على النحو التالي:

$$\tilde{\Delta}= \sqrt{N}\left(\frac{N^{-1}\tilde{S}-k}{\sqrt{2k}}\right)$$

يمكن تحسين خصائص العينة الصغيرة لاختبار $\tilde{\Delta}$ في ظل الأخطاء الموزعة بشكل طبيعي باستخدام الإصدار المعدل للانحياز التالي:

$$\tilde{\Delta}_{adj}= \sqrt{N}\left(\frac{N^{-1}\tilde{S}-E(\tilde{z}_{it})}{\sqrt{var(\tilde{z}_{it})}}\right)$$

ومع ذلك لا يمكن للاختبار التعامل مع الحالة الأخطاء الغير متجانسة و المرتبطة فيما بينها، ومنه تم تعزيز هذا الاختبار عن طريق كل من Blomquist & Westerlund[4] سنة 2013 ليأخذ بعين الاعتبار هذه المشكلة.

- **اختبار جذر وحدة للبانل (Panel unit root tests):**

لا تأخذ اختبارات جذر وحدة للبانل من الجيل الأول في الاعتبار عدم استقلالية المقاطع العرضية مما تؤدي إلى نتائج متحيزة[5] سنستخدم ما يسمى باختبارات جذر الوحدة للبانل من الجيل الثاني والتي تعتبر قوية لأنها تأخذ بعين الاعتبار عدم استقلالية المقاطع العرضية. وعلى وجه التحديد نستخدم اختبارات جذر

[1] Mihai Mutascu, "A Bootstrap Panel Granger Causality Analysis of Energy Consumption and Economic Growth in the G7 Countries," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 63, no. C (2016): 166–71.

[2] P. a. V. B. Swamy, "Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model," *Econometrica* 38, no. 2 (1970): 311–23.

[3] M. Hashem Pesaran and Takashi Yamagata, "Testing Slope Homogeneity in Large Panels," *Journal of Econometrics* 142, no. 1 (2008): 50–93.

[4] Blomquist, J., & Westerlund, J. (2013). Testing slope homogeneity in large panels with serial correlation. Volume 121, Issue 3, pp. 374-378.

[5] Jamal Hussain, Anwar Khan, and Kui Zhou, "The Impact of Natural Resource Depletion on Energy Use and CO2 Emission in Belt & Road Initiative Countries: A Cross-Country Analysis," *Energy* 199 (May 15, 2020): 117409, https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117409.

وحدة لبيانات البانل CIPS و CADF لتحقيق نتائج متسقة[1] هذا الاختبار لديه القدرة على تقديم تقديرات موثوقة ومتسقة في وجود استقلالية المقاطع العرضية و / أو عدم تجانس المنحدر. يتم تحديد إحصائية الاختبار على النحو التالي:

$$CADF_i = t_i(N,T) = \left(y_i^T \bar{M} y_{i-1}\right)^{-1}\left(y_{i-1}^T \bar{M} \triangle y_i\right) \Big/ \sqrt{\sigma_i^2 \left(y_i^T \bar{M} y_{i-1}\right)^{-1}}$$

طور Pesaran اختبار IPS المطور للمقطع العرضي (CIPS) باستخدام CADF كما يلي:

$$CIPS = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} CADF_i$$

- **اختبار تكامل المشترك للبانل (Panel cointegration test):**

نظراً لأن اختبارات تكامل المشترك للبانل التقليدية لا تأخذ في الاعتبار عدم استقلالية المقاطع العرضي، وعليه طور Westerlund سنة 2007 [2]اختبار تكامل مشترك قائم على تصحيح الأخطاء يكون قوياً حتى في وجود عدم استقلالية المقاطع العرضية. يُعرف هذا عموما باسم اختبار بيانات البانل للتكامل المشترك من الجيل الثاني. الفكرة الأساسية للاختبار هي فحص غياب التكامل المشترك عن طريق تحديد ما إذا كان تصحيح الخطأ موجوًدا بين عناصر البانل الفردية أو بين البانل بأكملها على النحو التالي:

$$\Delta Y_{i,t} = \delta'_i d_t + \in_i \left(Y_{i,t-1}\beta'_i X_{i,t-1}\right) + \sum_{j=1}^{p} \varphi_{i,j} Y_{i,j-1} + \sum_{j=0}^{p} \varphi_{i,j} Y_{i,j-1} + \mu_{i,t}$$

حيث $\in_i$ هو المعامل الذي يمثل سرعة التصحيح نحو التوازن، حيث اقترح Westerlund اربع صيغ بما في ذلك إحصائيات متوسط المجموعة وإحصاءات البانل ، والتي يتم عرضها في المعادلات التالية:

$$G_t = \frac{1}{N}\sum_{i=i}^{N} \frac{\in_i}{Se(\widehat{\in}_i)} \qquad G_a = \frac{1}{N}\sum_{i=i}^{N} \frac{T \in_i}{\in_i (1)}$$

$$P_t = \frac{\widehat{\in}_i}{NSe(\widehat{\in}_i)} \qquad P_a = T\,\widehat{\in}_i$$

[1] M. Hashem Pesaran, "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence," *Journal of Applied Econometrics* 22, no. 2 (2007): 265–312.

[2] Joakim Westerlund, "Testing for Error Correction in Panel Data*," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 69, no. 6 (2007): 709–48, https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x.

- **تقدير نموذج الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS-ARDL)**

سنقوم بتقدير نموذج الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS-ARDL) الذي طوره Chudik and Pesaran (2015)[1]. يتضمن إطار CS-ARDL كلا من المعلمات قصيرة وطويلة الأجل، ومعامل تصحيح الأخطاء، ومتوسط المقطع العرضي قصير الأجل وطويل الأجل لكل متغير معني.

تتمثل المزايا الرئيسية لمقدر CS-ARDL في توفير نتائج قوية سواء كانت السلسلة متكاملة أم لا وسواءا استقرت عند المستوى او بعد اخذ الفرق الاول أو مزيج من الاثنين. ونظرا لأنه إصدار ARDL من المقدر الديناميكي المشترك المرتبط الذي يعتمد على التقديرات الفردية ذات متوسطات المقطع العرضي للمتغير المتأخر والمقطع العرضي المتأخر، فإنه يأخذ في الاعتبار تبعية المقطع العرضي.

ويسمح بتقديرات المجموعة المتوسطة بينما تكون معاملات الميل غير متجانسة. اذ يعتمد إصدار المجموعة المتوسطة لنموذج CS-ARDL على زيادة تقديرات ARDL لكل مقطع عرضي بمتوسطات مقطعية عرضية والتي تحل محل العوامل المشتركة غير المرصودة وتأخيراتها[2] .

تعمل هذه الطريقة أيضا بشكل جيد في ظل مشكلة التجانس الضعيف التي تحدث أثناء إضافة المتغير التابع المتأخر إلى النموذج. واكد المؤلفون أن مشكلة التجانس يتم منعها عن طريق إضافة متوسطات المقطع العرضي المتأخرة في النموذج.

يعتمد تقدير CS-ARDL على الانحدار التالي.

$$y_{it} = a_i + \sum_{l=1}^{Py} \lambda_{l,i}\, y_{i,t-l} + \sum_{l=0}^{P_x} \beta_{l,i} \chi_{i,t-l} \sum_{l=0}^{P_\varphi} \acute{\varphi}_{i,l} \bar{Z}_{i,t-l} + \varepsilon_{it}$$

$\bar{Z}_{i,t-l}$ تشير إلى متوسطات المقطع العرضي المتأخرة$\left[\bar{Z}_{i,t-l} = (\bar{y}_{i,t-l}, \bar{x}_{i,t-l})\right]$

المعامل طويل المدى لتقديرات المجموعة المتوسطة هي

$$\hat{\theta} CS-ARDL, i = \frac{\sum_{l=0}^{P_x} \hat{\beta}_{l,i}}{1 - \sum_{l=0}^{Py} \hat{\lambda}_{l,i}}, \hat{\theta} MG = {}^{1}/_{N} \sum_{i=1}^{N} \hat{\theta}_i$$

حيث تشير $\hat{\theta}_i$ إلى التقديرات الفردية لكل مقطع عرضي، وشكل تصحيح الخطأ لطريقة CS-ARDL هو

[1] Alexander Chudik and M. Hashem Pesaran, "Common Correlated Effects Estimation of Heterogeneous Dynamic Panel Data Models with Weakly Exogenous Regressors," *Journal of Econometrics*, Heterogeneity in Panel Data and in Nonparametric Analysis in honor of Professor Cheng Hsiao, 188, no. 2 (October 1, 2015): 393–420, https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2015.03.007.

[2] Alexander Chudik et al., "Is There a Debt-Threshold Effect on Output Growth?," *The Review of Economics and Statistics* 99, no. 1 (2017): 135–50.

$$\Delta y_{it} = \emptyset_i \left[y_{i,t-l} - \hat{\theta}_i x_{i,t} \right] - a_i + \sum_{l=1}^{P_{y-1}} \lambda_{l,i} \Delta_l y_{i,t-l} + \sum_{l=0}^{P_x} \beta_{l,i} \Delta_l x_{i,t-l} \sum_{l=0}^{P_\varphi} \acute{\varphi}_{i,l} \Delta_l \overline{Z}_{i,t-l} + \mathcal{u}_{it}$$

حيث تشير $\emptyset_i$ إلى سرعة تعديل تصحيح الخطأ

- **اختبار السببية للبانل غير المتجانسة:**

سنستخدم اختبار السببية للبانل غير المتجانسة الذي طوره Dumitrescu & Hurlin سنة 2012 لاكتشاف العلاقة السببية بين المتغيرات، ميزة هذا الاختبار هي أنه يمكن استخدامه في حالة عدم استقلالية المقاطع العرضية. بالإضافة إلى ذلك يزيد الاختبار على قوة اختبار Granger non-causality حتى في حالة العينات ذات أبعادTوN صغيرة جدا ويمكن أيضاً استخدام الاختبار للبانل غير المتوازنة، ويقوم بعمليات انحدار منفصلة لكل مجموعة بيانات مقطع عرضي للعثور على السببية[1]، و تشير الفرضية الصفرية إلى عدم وجود علاقة سببية متجانسة في أي مقطع عرضي؛ أما الفرضية البديلة وجود علاقة سببية غبر متجانسة في مقطع عرضي واحد على الأقل[2]. يتم تحديد إحصائية الاختبار على النحو التالي:

$$\mathbf{z}_{i,t} = \boldsymbol{a}_i + \sum_{j=1}^{p} \boldsymbol{\beta}_i^j \boldsymbol{z}_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{p} \boldsymbol{\gamma}_i^j \boldsymbol{T}_{i,t-j}$$

2.1.1 النتائج:

- **الاحصائيات الوصفية للنموذج الأول**

جدول رقم (3 – 2) الاحصائيات الوصفية لمتغيرات النموذج الأول

Variable	*Obs*	*Mean*	*Std. dev.*	*Min*	*Max*
CO2	*928*	*665392.2*	*1515352*	*27330*	*1.07e+07*
Solar	*928*	*12.06707*	*55.08063*	*0*	*855.653*
Wind	*928*	*34.73514*	*122.4578*	*0*	*1715.493*
Hydro	*928*	*217.4863*	*424.6175*	*0*	*3471.19*
Biofuel	*928*	*21.62358*	*60.03914*	*0*	*415.87*
TOT_REN	*928*	*309.057*	*610.2253*	*0.271*	*6545.095*
FIN	*928*	*96.41274*	*50.031*	*3.956824*	*217.7609*
HDI	*928*	*0.8242112*	*0.1121174*	*0.434*	*0.962*
RDERET	*928*	*3348.8*	*2001.648*	*72.46093*	*7930.181*

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 1

[1] Syed Anees Haider Zaidi et al., "Dynamic Linkages between Globalization, Financial Development and Carbon Emissions: Evidence from Asia Pacific Economic Cooperation Countries," *Journal of Cleaner Production* 228 (August 10, 2019): 533–43, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.210.

[2] Atike Elanur Hızarcı and Feyyaz Zeren, "The Nexus between Electricity Consumption and Financial Development: Further Evidence from G-20 Countries," *The Electricity Journal* 33, no. 6 (July 1, 2020): 106776, https://doi.org/10.1016/j.tej.2020.106776.

- **نتائج اختبار استقلالية المقاطع العرضية**

جدول رقم (3 – 3) نتائج اختبار استقلالية المقاطع العرضية لمتغيرات الدراسة لنموذج الاول

Variables	*Lagrange LM test*	*Multiplier*	*Scaled LM test*		*Pesaran (2004) CD test*		*Bias-corrected scaled LM test*		*Pesaran (2015) CD test for weak cross-sectional dependence*	
	CD	*P-Value*	*Statistic*	*P-Value*	*Statistic*	*P-Value*	*CD*	*P-Value*	*CD*	*P-Value*
CO_2	*5199.38*	***0.000***	*168.214*	***0.000***	*19.64*	***0.000***	*167.71*	*0.000*	*24.530*	***0.000***
SOLAR	*6775.86*	***0.000***	*223.538*	***0.000***	*80.14*	***0.000***	*223.07*	*0.000*	*14.371*	***0.000***
WIND	*7717.24*	***0.000***	*278.021*	***0.000***	*86.41*	***0.000***	*277.58*	*0.000*	*40.659*	***0.000***
HYDRO	*1431.99*	***0.000***	*38.3334*	***0.000***	*5.60*	***0.000***	*37.881*	*0.000*	*54.350*	***0.000***
BIOFUEL	*2067.30*	***0.000***	*96.303*	***0.000***	*41.86*	***0.000***	*95.981*	*0.000*	*43.047*	***0.000***
TOT_REN	*8439.24*	***0.000***	*281.911*	***0.000***	*89.01*	***0.000***	*281.44*	*0.000*	*83.455*	***0.000***
GDP	*11022.7*	***0.000***	*372.575*	***0.000***	*104.94*	***0.000***	*372.05*	*0.000*	*100.241*	***0.000***
FIN	*1570.11*	***0.000***	*48.8375*	***0.000***	*21.14*	***0.000***	*48.025*	*0.000*	*36.110*	***0.000***
HDI	*12063.6*	***0.000***	*409.103*	***0.000***	*109.55*	***0.000***	*408.63*	*0.000*	*85.199*	***0.000***
RDERET	*3038.35*	***0.000***	*92.37751*	***0.000***	*37.00*	***0.000***	*91.773*	*0.000*	*31.064*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

تشير نتائج اختبارات استقلالية المقاطع العرضية الى رفض الفرضية الصفرية القائلة بعدم وجود استقلالية بين المقاطع العرضية عند مستوى معنوية 1% في الاختبارات الخمسة المطبقة، ونظرا لأن وجود ارتباط بين المقاطع العرضية يعني أن أي صدمات في بلد واحد من دول عينة الدراسة يمكن نقلها بسهولة إلى بلدان الأخرى. وعليه يعد نموذج البانل من الجيل الأول الشائعة الاستخدام غير مناسبة لهذه الدراسة.

- **نتائج اختبار تجانس الميول**

جدول رقم (3 – 4) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 1: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + SOLAR_{i,t})$		
Tests	*Delta*	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*5.823*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ *adj*	*7.911*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 2

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الاعتماد المقطعي وعدم التجانس.

جدول رقم (3 – 5) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 2: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + WIND_{i,t})$		
Tests	*Delta*	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*12.844*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ *adj*	*16.564*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 5

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الارتباط المقطعي وعدم التجانس.

جدول رقم (3 – 6) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 3: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + HYDRO_{i,t})$		
Tests	*Delta*	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*9.715*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ *adj*	*12.475*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 8

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الارتباط المقطعي وعدم التجانس.

جدول رقم (3 – 7) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 4: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + BIOFUEL_{i,t})$		
Tests	*Delta*	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*9.493*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ *adj*	*13.265*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 11

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الارتباط المقطعي وعدم التجانس.

جدول رقم (3 – 8) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 5: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + TOT_REN_{i,t})$		
Tests	*Delta*	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*11.281*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ *adj*	*14.439*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 14

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الاعتماد المقطعي وعدم التجانس.

- **نتائج اختبار جذر وحدة للبانل**

جدول رقم (3 – 9) نتائج اختبار جذر الوحدة للبانل من الجيل الثاني لمتغيرات النموذج الاول

Variables	***CIPS***				***CADF***			
	Levels		***1ST Différence***		***Levels***		***1ST Différence***	
	Constant	***Constant & Trend***	***Constant***	***Constant & Trend***	***Constant***	***Constant & Trend***	***Constant***	***Constant & Trend***
CO_2	*-1.705*	*-2.754***	*-4.774****	*-4.867****	*-1.459*	*-2.607***	*-3.733****	*-3.714****
SOLAR	*-0.807*	*-1.527*	*-3.076****	*-3.776****	*-1.273*	*-1.811*	*-2.584****	*-3.212****
WIND	*-2.075*	*-2.432*	*-4.356****	*-4.594****	*-2.363****	*-2.724***	*-3.540****	*-3.576****
HYDRO	*-3.417****	*-4.187****	*-5.904****	*-6.134****	*-2.655****	*-3.462****	*-5.073****	*-5.174****
BIOFUEL	*-2.142*	*-2.317*	*-4.105****	*-4.130****	*-2.646****	*-2.471*	*-3.112****	*-3.163****
TOT_REN	*-2.696****	*-3.041****	*-5.554****	*-5.712****	*-2.315****	*-2.668***	*-4.093****	*-4.133****
GDP	*-2.060*	*-2.044*	*-3.561****	*-3.632****	*-2.015**	*-2.039*	*-2.718****	*-2.768****
FIN	*-1.598*	*-1.863*	*-3.526****	*-3.792****	*-1.793*	*-2.026*	*-2.779****	*-3.056****
HDI	*-2.180***	*-2.076*	*4.641****	*-4.810****	*-2.102***	*-2.186*	*-3.262****	*-3.502****
RDERET	*-1.427*	*-1.288*	*-3.205****	*-3.728****	*-1.519*	*-1.433*	*-2.067****	*-2.653****

(***) **تشير إلى مستوى معنوية 1%**. (**) **تشير إلى مستوى معنوية 5%**. (*) **تشير إلى مستوى معنوية 10%**

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

تشير مخرجات الجدول رقم 3-9 الى اختبار الجيل الثاني لجذر الوحدة لبيانات البانل يلاحظ حسب اختبار CIPS ان متغير استخدام الطاقة الكهرومائية واجمالي الطاقة المتجددة استقرت في المستوى وباقية المتغيرات وهي انبعاث ثاني أكسيد الكربون و طاقة الشمس وطاقة الرياح وطاقة الوقود الحيوي والنمو الاقتصادي التنمية المالية

ومؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة استقرت بعد اخذ الفرق الأول في حين انه حسب اختبار CADF فان متغير استخدام الطاقة الكهرومائية واجمالي الطاقة المتجددة وطاقة الرياح استقرت في المستوى وباقية المتغيرات استقرت بعد اخذ الفرق الأول وبذلك تم رفض فرضية العدم بوجود جذر الوحدة وقبول الفرضية البديلة باستقرار المتغيرات عند الفرق الأول.

- **نتائج اختبار تكامل المشترك للبانل للجيل الثاني**

جدول رقم (3 – 10) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 1: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + SOLAR_{i,t})$				
Statistic	***Value***	***Z-value***	***P-value***	***Robust P-value***
Gt	*-2.964*	*4.053*	***0.000***	***0.000***
Ga	*-10.724*	*0.701*	***0.758***	***0.006***
Pt	*-15.668*	*4.530*	***0.000***	***0.000***
Pa	*-11.296*	*2.210*	***0.013***	***0.001***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 3

من أجل حساب التكامل المشترك، قام Westerlund بتعميم إجراءات الاختبار من خلال استخدام نهج bootstrap. تشير النتائج في الجدول اعلاه والتي تم الحصول عليها من اختبار Westerlund الى المعنوية عند مستوى 1% مما يعني قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك. وعليه هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأجل بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة لنموذج الطاقة الشمسية

جدول رقم (3 – 11) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 2: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + WIND_{i,t})$				
Statistic	***Value***	***Z-value***	***P-value***	***Robust P-value***
Gt	*-2.937*	*3.771*	***0.000***	***0.000***
Ga	*-10.341*	*0.936*	***0.825***	***0.008***
Pt	*-12.248*	*2.023*	***0.022***	***0.033***
Pa	*-7.204*	*0.541*	***0.706***	***0.150***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 5

النتائج في الجدول اعلاه التي تم الحصول عليها من اختبارات Westerlundمتفاوتة إلى حد ما. على وجه التحديد، تشير نتائج اختبار ***Gt*** و ***Ga*** عند مستوى معنوية 1%إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود

تكامل مشترك بينما ***Pt*** تدعم التكامل المشترك عند مستوى معنوية 5% لذلك، هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة الخاصة بنموذج طاقة الرياح

جدول رقم (3 – 12) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 3: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + HYDRO_{i,t})$				
Statistic	***Value***	***Z-value***	***P-value***	***Robust P-value***
Gt	*-3.479*	*-2.670*	***0.004***	***0.008***
Ga	*-11.658*	*4.365*	***1.000***	***0.064***
Pt	*-19.451*	*-4.730*	***0.000***	***0.001***
Pa	*-12.484*	*1.875*	***0.970***	***0.019***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 9

النتائج في الجدول اعلاه التي تم الحصول عليها من اختبارات Westerlundمتفاوتة إلى حد ما. على وجه التحديد، تشير نتائج اختبار ***Gt*** و ***Pt*** عند مستوى معنوية 1%إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك بينما ***Ga*** و ***Pa*** تدعم التكامل المشترك عند مستوى معنوية 5% لذلك، هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة الخاصة بنموذج الطاقة الكهرومائية

جدول رقم (3 – 13) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 4: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + BIOFUEL_{i,t})$				
Statistic	***Value***	***Z-value***	***P-value***	***Robust P-value***
Gt	*-2.715*	*-2.272*	***0.011***	***0.003***
Ga	*-9.685*	*1.188*	***0.883***	***0.021***
Pt	*-10.596*	*-1.785*	***0.037***	***0.055***
Pa	*-8.874*	*-0.474*	***0.318***	***0.033***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 12

النتائج في الجدول اعلاه التي تم الحصول عليها من اختبارات Westerlundمتفاوتة إلى حد ما. على وجه التحديد، تشير نتائج اختبار ***Gt*** عند مستوى معنوية 1%إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك بينما ***Ga*** و ***Pa*** تدعم التكامل المشترك عند مستوى معنوية 5% و بينما ***Pt*** تدعم التكامل المشترك عند مستوى معنوية 10% لذلك، هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة الخاصة بنموذج طاقة الوقود الحيوي.

جدول رقم (3 – 14) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

$Model\ 5: CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + TOT_REN_{i,t})$				
Statistic	***Value***	***Z-value***	***P-value***	***Robust P-value***
Gt	*-2.818*	*-3.277*	***0.001***	***0.000***
Ga	*-10.791*	*0.654*	***0.744***	***0.003***
Pt	*-12.470*	*-1.913*	***0.028***	***0.068***
Pa	*-8.016*	*0.011*	***0.504***	***0.070***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 15

النتائج في الجدول اعلاه التي تم الحصول عليها من اختبارات Westerlundمتفاوتة إلى حد ما. على وجه التحديد، تشير نتائج اختبار ***Gt*** و ***Ga*** عند مستوى معنوية 1%إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك بينما ***Pt*** و ***Pa*** تدعم التكامل المشترك عند مستوى معنوية 10% لذلك، هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة الخاصة بنموذج الطاقة المتجددة الكلية

- **نتائج تقدير نموذج الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS-ARDL)**

بعد الكشف عن وجود CD، وتحديد مستوى الثبات، ووجود علاقة تكامل مشترك طويلة المدى بين المتغيرات ، فإن الخطوة التالية من إجراء الاقتصاد القياسي هي تحديد ما مدى تأثير الطاقات المتجددة على انبعاث ثاني أكسيد الكربون. وتشير نتائج اختبارات البانل الارتباط المقطعي على حتمية تطبيق طريقة من طرق التقدير من الجيل الثاني. لقد استخدمنا طريقة نموذج الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز من الجيل الثاني التي تعالج مشكلة CD، والتغاير المرن ، والارتباط التسلسلي ، وعدم تجانس المنحدر ، والتجانس الداخلي

جدول رقم (3 – 15) نتائج تقدير طريقة الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS–ARDL) لنموذج اثر استخدام الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

Dépendent variable: CO_2	*Model 1: $CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + SOLAR_{i,t})$*		
Variables	***Coefficient***	***Std. Err***	***P-value***
Short run			
Δ SOLAR	*-0.0185*	*(0.0103)*	***0.073***
ΔGDP	*0.4451*	*(0.1797)*	***0.013***
ΔFIN	*0.0746*	*(0.0793)*	***0.346***
ΔHDI	*0.2010*	*(1.1043)*	***0.856***
ΔRDERET	*-0.2546*	*(0.1348)*	***0.059***
Long run			
ECT (−1)	*-0.8931*	*(0.0507)*	***0.000***
SOLAR	*-0.0230*	*(0.0130)*	***0.077***
GDP	*0.6686*	*(0.2795)*	***0.017***
FIN	*0.1326*	*(0.1052)*	***0.207***
HDI	*1.1214*	*(1.5212)*	***0.461***
RDERET	*-0.3015*	*(0.1595)*	***0.059***
CD test	***4.74***		***0.6527***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 4

ومن خلال نتائج التقدير لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون نلاحظ انه وعلى المدى القصير تشير النتائج الى:

- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الشمسية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة الشمسية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0185.
- وجود علاقة معنوية طردية بين كل من النمو الاقتصادي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون أي ان التغير في الناتج المحلي الإجمالي له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى القصير يميل إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- التغيرات في التنمية المالية ومؤشر التنمية البشرية ليس لها تأثير ذي دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل نفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة نفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة بوحدة واحدة تخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بـ 0.2546

على المدى الطويل:

- معامل تصحيح الخطأ سلبي وذو دلالة إحصائية، مما يشير إلى وجود آلية للعودة الى التوازن مما يعني ان يوجد إمكانية العودة عند أي انحراف عن التوازن طويل الأجل في غضون سنة الاولى.

- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الشمسية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة الشمسية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0230
- وجود علاقة معنوية طردية بين كل من النمو الاقتصادي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون أي ان التغير في الناتج المحلي الإجمالي له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى الطويل يميل إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- التغيرات في التنمية المالية ومؤشر التنمية البشرية ليس لها تأثير ذي دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل نفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة نفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة بوحدة واحدة تخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بـ0.3015

يشير اختبار CD ان نموذج الطاقة الشمسية المقدر لا يعاني من مشكل الارتباط المقطعي

جدول رقم (3 – 16) نتائج تقدير طريقة الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS–ARDL) لنموذج اثر استخدام طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

Dépendent variable: CO_2	***Model 2 : $CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + WIND_{i,t})$***		
Variables	***Coefficient***	***Std. Err***	***P-value***
Short run			
Δ WIND	*-0.0498*	*(0.0200)*	***0.013***
ΔGDP	*0.9436*	*(0.1925)*	***0.000***
ΔFIN	*-0.0300*	*(0.0829)*	***0.718***
ΔHDI	*-0.5956*	*(0.8595)*	***0.488***
ΔRDERET	*-0.0764*	*(0.0916)*	***0.405***
Long run			
ECT (−1)	*-0.5495*	*(0.0374)*	***0.000***
WIND	*-0.0852*	*(0.0322)*	***0.008***
GDP	*1.944*	*(0.5060)*	***0.000***
FIN	*-0.1983*	*(0.2031)*	***0.329***
HDI	*-2.1767*	*(2.5480)*	***0.393***
RDERET	*-0.0153*	*(0.1850)*	***0.934***
CD test	***2.07***		***0.1386***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 7

ومن خلال نتائج التقدير لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نلاحظ انه وعلى المدى القصير تشير النتائج الى:

- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام طاقة الرياح وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام طاقة الرياح بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0498

- وجود علاقة معنوية طردية بين كل من النمو الاقتصادي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون أي ان التغير في الناتج المحلي الإجمالي له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى القصير يميل إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- التغيرات في التنمية المالية ليس لها تأثير ذي دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير.
- وجود علاقة عكسية بين كل من مؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة على وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ولكنه غي دال احصائيا.

على المدى الطويل:

- معامل تصحيح الخطأ سلبي وذو دلالة ومهم احصائيا، مما يشير إلى أن أي انحراف عن التوازن طويل الأجل بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وهذه المتغيرات يتم تصحيحه بمرور الوقت أي في غضون سنتين.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الرياح وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام طاقة الرياح بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0230
- لا يزال النمو الاقتصادي له تأثير إيجابي ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل. هذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى الطويل يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- التغيرات في التنمية المالية ومؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة ليس لها تأثير ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. هذا يشير إلى أن هذه العوامل قد لا يكون لها تأثيرات كبيرة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل

يشير اختبار CD ان نموذج طاقة الرياح المقدر لا يعاني من مشكل الارتباط المقطعي

جدول رقم (3 – 17) نتائج تقدير طريقة الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS–ARDL) لنموذج اثر استخدام الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

Dépendent variable : CO_2	*Model 3 : $CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + HYDRO_{i,t})$*		
Variables	*Coefficient*	*Std. Err*	*P-value*
Short run			
Δ HYDRO	*-0.0670*	*(0.0296)*	***0.023***
ΔGDP	*0.6427*	*(0.1922)*	***0.001***
ΔFIN	*0.0562*	*(0.0732)*	***0.443***
ΔHDI	*-3.4781*	*(1.1103)*	***0.002***
ΔRDERET	*-0.4216*	*(0.1099)*	***0.000***
Long run			
ECT (−1)	*-0.9161*	*(0.0576)*	***0.000***
HYDRO	*-0.0741*	*(0.0386)*	***0.055***
GDP	*1.0686*	*(0.4958)*	***0.031***
FIN	*0.0745*	*(0.0810)*	***0.358***
HDI	*-3.6824*	*(1.3148)*	***0.005***
RDERET	*-0.4783*	*(0.1259)*	***0.000***
CD test	***4.77***		***0.3098***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 10

ومن خلال نتائج التقدير لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نلاحظ انه وعلى المدى القصير تشير النتائج الى:

- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الكهرومائية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة الكهرومائية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0670.
- وجود علاقة معنوية طردية بين كل من النمو الاقتصادي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون أي ان التغير في الناتج المحلي الإجمالي له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى القصير يميل إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- التغيرات في التنمية المالية غير دال احصائيا مما يشير إلى أنه قد لا يكون له تأثير ملحوظ على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل مؤشر التنمية البشرية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يشير إلى أن التحسينات في التنمية البشرية قد ترتبط بالمبادرات التي تقلل الانبعاثات على المدى القصير.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل نفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون مما يشير إلى أن الزيادات في الإنفاق البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة قد تترافق مع الجهود المبذولة للحد من الانبعاثات على المدى القصير.

على المدى الطويل:

- معامل تصحيح الخطأ سلبي وذو دلالة إحصائية، مما يشير إلى وجود آلية للعودة الى التوازن مما يعني ان يوجد إمكانية العودة عند أي انحراف عن التوازن طويل الأجل في غضون سنة الاولى.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الكهرومائية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة الكهرومائية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0741
- لا يزال النمو الاقتصادي له تأثير إيجابي ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل. هذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى الطويل يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- التغيرات في التنمية المالية لها تأثير إيجابي، ولكن غير دال احصائيا
- مؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة لها آثار سلبية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المدى الطويل. وكلا التأثيرين ذو دلالة إحصائية.

يشير اختبار CD ان نموذج الطاقة الكهرومائية المقدر لا يعاني من مشكل الارتباط المقطعي

جدول رقم (3 – 18) نتائج تقدير طريقة الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS–ARDL) لنموذج اثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

Dépendent variable : CO_2	***Model 4 : $CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + BIOFUEL_{i,t})$***		
Variables	***Coefficient***	***Std. Err***	***P-value***
Short run			
Δ BIOFUEL	*-0.0779*	*(0.0408)*	***0.056***
ΔGDP	*1.2802*	*(0.4744)*	***0.007***
ΔFIN	*0.1122*	*(0.2201)*	***0.610***
ΔHDI	*-0.1845*	*(1.8167)*	***0.919***
ΔRDERET	*0.4638*	*(0.2847)*	***0.103***
Long run			
ECT (−1)	*-0.5775*	*(0.0467)*	***0.000***
BIOFUEL	*-0.1586*	*(0.0741)*	***0.032***
GDP	*2.3198*	*(0.8875)*	***0.009***
FIN	*0.3761*	*(0.4714)*	***0.425***
HDI	*-0.1563*	*(2.8785)*	***0.957***
RDERET	*0.7368*	*(0.6042)*	***0.223***
CD test	***1.72***		***0.1853***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 13

ومن خلال نتائج التقدير لنموذج أثر استخدام طاقة الوقود الحيوي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نلاحظ انه وعلى المدى القصير تشير النتائج الى:

- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام طاقة الوقود الحيوي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام طاقة الوقود الحيوي بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0779
- وجود علاقة معنوية طردية بين كل من النمو الاقتصادي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون أي ان التغير في الناتج المحلي الإجمالي له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى القصير يميل إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- التغيير في التنمية المالية ومؤشر التنمية البشرية والإنفاق على البحث التطوير في تقنيات الطاقة المتجددة ليست لها تأثيرات كبيرة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير كونها غير دال احصائيا.

على المدى الطويل:

- معامل تصحيح الخطأ سلبي وذو دلالة إحصائية، مما يشير إلى أن أي انحراف عن التوازن طويل المدى يتم تصحيحه بحوالي 57.75% خلال السنة الواحدة. هذا يؤكد أيضا وجود علاقة طويلة المدى بين المتغيرات.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام طاقة الوقود الحيوية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الوقود الحيوية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.1586
- ترتبط زيادة الناتج المحلي الإجمالي بزيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتشير الدلالة الإحصائية إلى أن النمو الاقتصادي دون تدابير خفض الانبعاثات المقابلة قد يؤدي إلى زيادة كبيرة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل.
- التغيرات في التنمية المالية ومؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة ليس لها تأثير ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. هذا يشير إلى أن هذه العوامل قد لا يكون لها تأثيرات كبيرة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل

يشير اختبار CD ان نموذج طاقة الوقود الحيوية المقدر لا يعاني من مشكل الارتباط المقطعي

جدول رقم (3 – 19) نتائج تقدير طريقة الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS–ARDL) لنموذج اثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

Dépendent variable: CO_2	*Model 5 : $CO2_{i,t} = f(GDP_{i,t} + FIN_{i,t} + HDI_{i,t} + RDERET_{i,t} + TOT_REN_{i,t})$*		
Variables	*Coefficient*	*Std. Err*	*P-value*
Short run			
ΔTOT_REN	*-0.1025*	*(0.0407)*	***0.012***
ΔGDP	*1.5077*	*(0.3716)*	***0.000***
ΔFIN	*0.1433*	*(0.0803)*	***0.074***
ΔHDI	*-3.2597*	*(1.8311)*	***0.075***
ΔRDERET	*-0.2837*	*(0.1098)*	***0.010***
Long run			
ECT (−1)	*-0.9437*	*(0.0719)*	***0.000***
TOT_REN	*-0.2065*	*(0.1085)*	***0.057***
GDP	*2.0659*	*(0.6917)*	***0.003***
FIN	*0.13660*	*(0.0791)*	***0.084***
HDI	*-1.5023*	*(2.0626)*	***0.466***
RDERET	*-0.4495*	*(0.2084)*	***0.031***
CD test	***3.45***		***0.8127***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 16

ومن خلال نتائج التقدير لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نلاحظ انه وعلى المدى القصير تشير النتائج الى:

- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة المتجددة الكلية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة الكلية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.1025
- وجود علاقة معنوية طردية بين كل من النمو الاقتصادي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون أي ان التغير في الناتج المحلي الإجمالي له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى القصير يميل إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- وجود علاقة معنوية إيجابية بين التنمية المالية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، أي ان الزيادة في التنمية المالية يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل مؤشر التنمية البشرية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، وهذا يشير الى ان ارتفاع مؤشر التنمية البشرية تخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل من مؤشر التنمية البشرية، نفقات البحث في مجال الطاقة المتجددة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، وهذا يشير الى ان ارتفاع مؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة تقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير

على المدى الطويل:

- معامل تصحيح الخطأ سلبي وذو دلالة إحصائية، مما يشير إلى أن أي انحراف عن التوازن طويل المدى يتم تصحيحه بحوالي 94.37% اي امكانية العودة الى التوازن خلال السنة الاولى. هذا يؤكد أيضا وجود علاقة طويلة المدى بين المتغيرات.
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة المتجددة الكلية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة الكلية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.2065
- لا يزال النمو الاقتصادي له تأثير إيجابي ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل. هذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى الطويل يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- وجود علاقة معنوية إيجابية بين التنمية المالية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، أي ان الزيادة في التنمية المالية يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل.
- وجود علاقة عكسية بين كل من مؤشر التنمية البشرية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون غير دال احصائيا
- وجود علاقة معنوية عكسية بين كل نفقات البحث في مجال الطاقة المتجددة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، وهذا يشير الى ان الزيادة في نفقات البحث في تقنيات الطاقة المتجددة تقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل

يشير اختبار CD ان نموذج الطاقة المتجددة الكلية المقدر لا يعاني من مشكل الارتباط المقطعي

- **نتائج اختبار السببية للبانل غير المتجانسة**

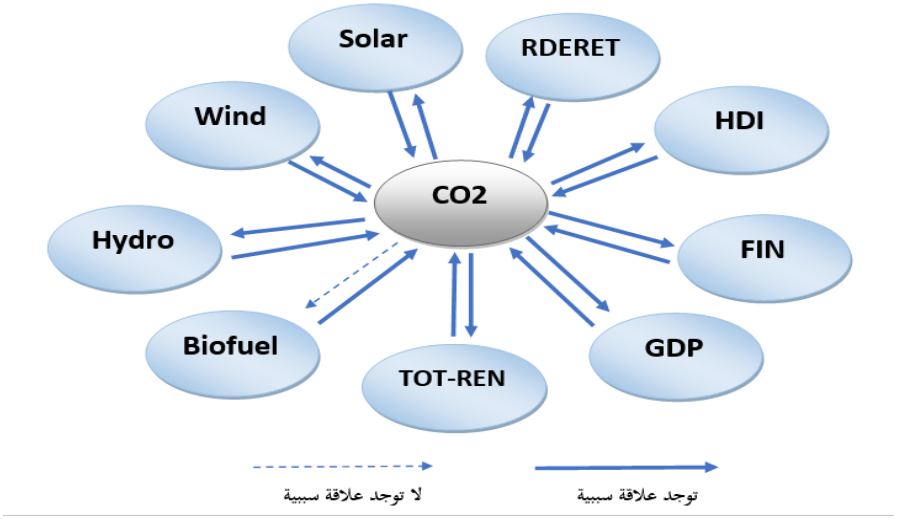
جدول رقم (3 – 20) نتائج اختبار السببية للبانل الغير متجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012) لمتغيرات النموذج الاول

Null Hypothesis	*WALL-Stat*	*Zbar-Stat*	*P-value*	*Decision*
SOLAR ≠ > CO_2	*5.2744*	*16.2765*	*0.000*	***SOLAR ⇔ CO2***
CO_2 ≠ > SOLAR	*3.6498*	*10.0903*	*0.000*	
WIND ≠ > CO_2	*3.7388*	*7.9848*	*0.000*	***WIND ⇔ CO2***
CO_2≠ > WIND	*4.3968*	*9.9033*	*0.000*	
HYDRO ≠ > CO_2	*2.5253*	*4.4470*	*0.000*	***HYDRO ⇔ CO2***
CO_2≠ > HYDRO	*2.7279*	*5.0377*	*0.000*	
BIOFUEL ≠ > CO_2	*3.0850*	*5.9636*	*0.000*	***BIOFUEL ⇒CO2***
CO_2≠ > BIOFUEL	*0.9980*	*-0.234*	***0.715***	
TOT_REN ≠ > CO_2	*4.5746*	*13.6118*	*0.000*	***TOT_REN ⇔ CO2***
CO_2≠ > TOT_REN	*2.5046*	*5.7295*	*0.000*	
GDP ≠ > CO_2	*2.7279*	*4.2499*	*0.000*	***GDP ⇔ CO2***
CO_2≠ > GDP	*2.0036*	*3.8216*	*0.000*	
FIN ≠ > CO_2	*3.8520*	*10.8599*	*0.000*	***FIN ⇔ CO2***
CO_2≠ > FIN	*4.0715*	*11.6961*	*0.000*	
HDI ≠ > CO_2	*3.2448*	*8.5480*	*0.000*	***HDI ⇔ CO2***
CO_2≠ > HDI	*1.6394*	*2.4346*	*0.014*	
RDERET ≠ > CO_2	*3.3146*	*8.8137*	*0.000*	***RDERET ⇔ CO2***
CO_2≠ > RDERET	*4.1582*	*12.0259*	*0.000*	

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

تشير نتائج اختبار السببية لبيانات البانل غير المتجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012) الذي يحدد السببية بين المتغيرات والتي كشفت على وجود علاقة سببية أحادية الاتجاه تنطلق من طاقة الكتلة الحيوي الى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ووجود علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين طاقة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية، مجموع الطاقة المتجددة، الناتج المحلي الإجمالي، التنمية المالية، مؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة نحو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

الشكل رقم (3 – 2) العلاقة السببية بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون و متغيرات النموذج الاول



المصدر: من اعداد الطالب

من خلال الشكل السابق يتبين أن تعزيز مصادر الطاقة المتجددة يمكن أن يكون له دوراً محورياً في التحكم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويسلط الضوء على أهمية صنع السياسات الاستراتيجية لتحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والاستدامة البيئية. بالإضافة الى ذلك فبالنسبة لصناع السياسات، توفر هذه النتائج دليلا قويا على الحاجة إلى دعم البحث والتطوير في مجال التكنولوجيات المتجددة، لأنها لا تساعد فقط في الحد من ثاني أكسيد الكربون ولكنها تتأثر أيضا بمستويات الانبعاثات، مما يخلق حلقة من ردود الفعل

2.1. النموذج الثاني: نموذج أثر استهلاك الطاقات المتجددة على مؤشر البصمة البيئية

يستخدم هذا النموذج حصص استهلاك الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة الكهرومائية وطاقة الوقود الحيوية واجمالي استهلاك الطاقة من مصادر متجددة، بالإضافة الى النمو الاقتصادي ومؤشر العولمة ومستوى التعليم والانفتاح التجاري وفقاً لذلك سنحاول تحديد الأثر الذي أحدثه استهلاك الطاقة المتجددة بمختلف مصادرها على البصمة البيئية.

كما قنا سابقا سيتم تقدير مصادر الطاقة المتجددة بشكل منفصل لتجنب مشاكل التعدد الخطي التي قد تنشأ بين مصادر الطاقة المتجددة، وبهذه الطريقة لدينا الامكانية لمراقبة تأثير استهلاك الطاقة المتجددة من مصادرها المختلفة على البصمة البيئية. والتي هي معبراً عنها على النحو التالي

$$EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + SOLAR_{i,t})$$
$$EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + WIND_{i,t})$$
$$EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + HYDRO_{i,t})$$
$$EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + BIOFUEL_{i,t})$$
$$EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + TOT_REN_{i,t})$$

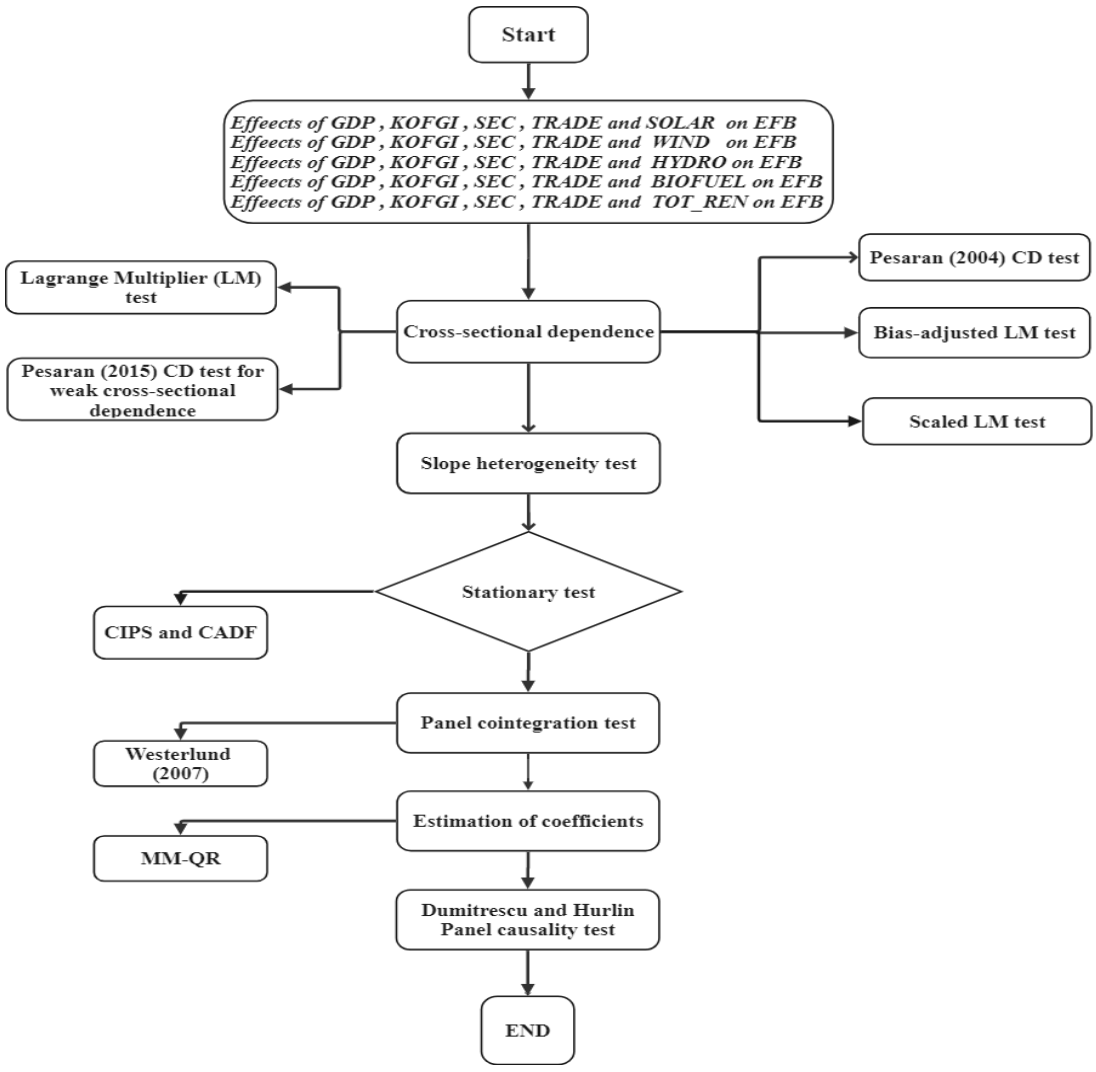
بعد ادخال اللوغاريتم، يمكن كتابة المعادلات بشكل واضح على النحو التالي

$$EFB_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 KOFGI_{i,t} + \beta_3 SEC_{i,t} + \beta_4 TRADE_{i,t} + \beta_5 SOLAR_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$
$$EFB_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 KOFGI_{i,t} + \beta_3 SEC_{i,t} + \beta_4 TRADE_{i,t} + \beta_5 WIND_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$
$$EFB_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 KOFGI_{i,t} + \beta_3 SEC_{i,t} + \beta_4 TRADE_{i,t} + \beta_5 HYDRO_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$
$$EFB_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 KOFGI_{i,t} + \beta_3 SEC_{i,t} + \beta_4 TRADE_{i,t} + \beta_5 BIOFUEL_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$
$$EFB_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 KOFGI_{i,t} + \beta_3 SEC_{i,t} + \beta_4 TRADE_{i,t} + \beta_5 TOT_REN_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

1.2.1 الطريقة والاختبارات القياسية

على غرار النموذج الأول فان هذا النموذج يمر بنفس الاختبارات وهي: اختبار استقلالية المقاطع العرضية، اختبار تجانس الميول، اختبار جذر الوحدة للبانل من الجيل الثاني، اختبار بيانات البانل للتكامل المشترك من الجيل الثاني، غير ان هناك اختلاف في طريقة التقدير

الشكل رقم (3 – 3) مخطط يوضح منهجية الدراسة القياسية للنموذج الثاني



المصدر: من اعداد الطالب

- **طريقة تقدير الانحدار الكمي (MMQR)**

قد تكون تقديرات الانحدارات المتوسطة التقليدية التي تم استكشافها متحيزة لأنها تستخدم فقط المتوسط الشرطي، والذي لا يلتقط ديناميكيات التوزيع الكاملة، تعمل تقنية الانحدار الكمي اللحظي للتوزيع المشروط الكامل التي اقترحها Machado& Silva 2019 [1] من خلال دمج التأثيرات الفردية، ويسمح الانحدار الكمي للحظات بـ "تأثيرات التغاير غير المتجانسة المشروطة" للمتغير التابع للتأثير على التوزيع بأكمله. ويكون أكثر ملاءمة عندما يتضمن النموذج متغيرات توضيحية داخلية، حيث يتم تحدد التأثيرات الخاصة بكل فرد من بيانات البانل.

بالإضافة الى ذلك فانه وحتى إذا كان النموذج غير خطي، فإن الانحدار الكمي للحظات يولد تقديرات قوية في المواقف المختلفة. وتهيمن تقنية MMQR على التقنيات غير الخطية الأخرى مثل "التأخر الموزع غير الخطي (NARDL)"، ويكون هذا النهج أكثر دقة حتى في حالة وجود القيم المتطرفة وحتى اذا لم يكن حد الخطأ العشوائي يتبع التوزيع الطبيعي[2] فالإضافة الى ذلك يأخذ بعين الاعتبار الارتباط المقطعي بين المقاطع العرضية، ويعتبر نهج MMQR هو الأسلوب الأنسب للتعامل مع عدم التجانس والتداخل مع دمج كل من الروابط غير المتماثلة وغير الخطية، نظرا لأنه ينتج تقديرات غير متقاطعة عبر الكميات الهيكلية.

وتتيح هذه الطريقة تقدير الكميات الشرطية من خلال تقديرات مجمعة لوظائف الموقع والمقياس. ويسمح هذا للتأثيرات الفردية بالتأثير على كل من موقع وحجم المتغير التابع والتأثير على التوزيع بالكامل بدلاً من مجرد تغيير الموقع. أي أن هذه الطريقة توفر معلومات حول كيفية تحديد تأثيرات التغاير الشرطي غير المتجانسة لمحددات المتغير التابع.

2.2.1 النتائج

جدول رقم (3 – 21) الاحصائيات الوصفية لمتغيرات النموذج الثاني

Variable	*Obs*	*Mean*	*Std. dev.*	*Min*	*Max*
EFB	*928*	*8.171998*	*0.5728508*	*7.155969*	*9.743578*
SOLAR	*928*	*12.06707*	*55.08063*	*0*	*855.653*
WIND	*928*	*34.73514*	*122.4578*	*0*	*1715.493*
HYDRO	*928*	*217.4863*	*424.6175*	*0*	*3471.19*
BIOFUEL	*928*	*21.62358*	*60.03914*	*0*	*415.87*
TOT_REN	*928*	*309.057*	*610.2253*	*0.271*	*6545.095*
KOFGI	*928*	*75.72665*	*12.27429*	*32.01538*	*91.14088*
SEC	*928*	*64.3587*	*24.25446*	*35.957*	*125.8518*
TRADE	*928*	*84.14679*	*67.10161*	*13.75305*	*437.3267*

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 17

[1] José A. F. Machado and J. M. C. Santos Silva, "Quantiles via Moments," *Journal of Econometrics*, Annals: In Honor of Roger Koenker, 213, no. 1 (November 1, 2019): 145–73, https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2019.04.009.

[2] Huiming Zhu, Zheng Li, and Peng Guo, "The Impact of Income, Economic Openness and Interest Rates on Housing Prices in China: Evidence from Dynamic Panel Quantile Regression," *Applied Economics* 50, no. 38 (August 15, 2018): 4086–98, https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1441512.

- **نتائج اختبار استقلالية المقاطع العرضية**

جدول رقم (3 – 22) نتائج اختبار استقلالية المقاطع العرضية لمتغيرات الدراسة لنموذج الثاني

Variables	*Lagrange Multiplier LM test*		*Scaled LM test*		*Pesaran (2004) CD test*		*Bias-corrected scaled LM test*		*Pesaran (2015) CD test for weak cross-sectional dependence*	
	CD	*P-Value*	*Statistic*	*P-Value*	*Statistic*	*P-Value*	*CD*	*P-Value*	*CD*	*P-Value*
EFB	*3069.34*	***0.000***	*93.4649*	***0.000***	*13.45*	***0.000***	*92.947*	***0.000***	*45.672*	***0.000***
SOLAR	*6775.86*	***0.000***	*223.538*	***0.000***	*80.14*	***0.000***	*223.07*	***0.000***	*14.371*	***0.000***
WIND	*7717.24*	***0.000***	*278.021*	***0.000***	*86.41*	***0.000***	*277.58*	***0.000***	*40.659*	***0.000***
HYDRO	*1431.99*	***0.000***	*38.3334*	***0.000***	*5.60*	***0.000***	*37.881*	***0.000***	*54.350*	***0.000***
BIOFUEL	*2067.30*	***0.000***	*96.303*	***0.000***	*41.86*	***0.000***	*95.981*	***0.000***	*43.047*	***0.000***
TOT_REN	*8439.24*	***0.000***	*281.911*	***0.000***	*89.01*	***0.000***	*281.44*	***0.000***	*83.455*	***0.000***
GDP	*11022.7*	***0.000***	*372.575*	***0.000***	*104.94*	***0.000***	*372.05*	***0.000***	*100.241*	***0.000***
SEC	*2871.88*	***0.000***	*86.53553*	***0.000***	*18.78*	***0.000***	*86.01768*	***0.000***	*36.488*	***0.000***
KOFGI	*11865.9*	***0.000***	*402.166*	***0.000***	*108.90*	***0.000***	*401.682*	***0.000***	*108.486*	***0.000***
TRADE	*6406.39*	***0.000***	*210.572*	***0.000***	*62.69*	***0.000***	*210.104*	***0.000***	*60.885*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

تشير نتائج اختبارات استقلالية المقاطع العرضية الى رفض الفرضية الصفرية القائلة بعدم وجود استقلالية بين المقاطع العرضية عند مستوى معنوية 1% في الاختبارات الخمسة المطبقة، ونظرا لأن وجود ارتباط بين المقاطع العرضية يعني أن أي صدمات في بلد واحد من دول عينة الدراسة يمكن نقلها بسهولة إلى بلدان الأخرى. وعليه يعد نموذج البانل من الجيل الأول الشائعة الاستخدام غير مناسبة لهذه الدراسة.

- **نتائج اختبار تجانس الميول**

جدول رقم (3 – 23) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية

$Model\ 1: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + SOLAR_{i,t})$		
Tests	***Delta***	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*12.561*	***0.000***
$\tilde{\Delta}\ adj$	*15.385*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 18

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الاعتماد المقطعي وعدم التجانس.

جدول رقم (3 – 24) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية

$Model\ 2: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + WIND_{i,t})$		
Tests	***Delta***	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*13.383*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ *adj*	*15.368*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 21

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الاعتماد المقطعي وعدم التجانس.

جدول رقم (3 – 25) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية

$Model\ 3: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + HYDRO_{i,t})$		
Tests	***Delta***	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*18.216*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ *adj*	*20.919*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 24

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الاعتماد المقطعي وعدم التجانس.

جدول رقم (3 – 26) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام طاقة الوقود الحيوية على البصمة البيئية

$Model\ 4: EFB_{i,t} = f\left(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + BIOFUEL_{i,t_{i,t}}\right)$		
Tests	***Delta***	***P-Value***
$\tilde{\Delta}$	*10.327*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ ***adj***	*11.856*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 27

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الاعتماد المقطعي وعدم التجانس.

جدول رقم (3 – 27) نتائج اختبار تجانس الانحدار لنموذج اثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية

$$Model\ 5: EFB_{i,t} = f\left(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + TOT_REN_{i,t_{i,t}}\right)$$

Tests	*Delta*	*P-Value*
$\tilde{\Delta}$	*18.229*	***0.000***
$\tilde{\Delta}$ ***adj***	*20.933*	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 30

يعرض الجدول اعلاه نتائج اختبار تجانس الميول. وفقا لنتائج الاختبارين تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة عند مستوى معنوية 1% لذلك يجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار كل من الاعتماد المقطعي وعدم التجانس.

- **نتائج اختبار جذر وحدة للبانل**

جدول رقم (3 – 28) نتائج اختبار جذر الوحدة للبانل من الجيل الثاني لمتغيرات النموذج الثاني

Variables	*CIPS*				*CADF*			
	Levels		*1ST Différence*		*Levels*		*1ST Différence*	
	Constant	*Constant & Trend*	*Constant*	*Constant & Trend*	*Constant*	*Constant & Trend*	*Constant*	*Constant & Trend*
EFB	*-1.985*	*-2.979***	*-5.215***	*-5.249***	*-1.532*	*-2.596***	*-3.958***	*-3.874***
SOLAR	*-0.807*	*-1.527*	*-3.076***	*-3.776***	*-1.273*	*-1.811*	*-2.584***	*-3.212***
WIND	*-2.075*	*-2.432*	*-4.356***	*-4.594***	*-2.363***	*-2.724***	*-3.540***	*-3.576***
HYDRO	*-3.417***	*-4.187***	*-5.904***	*-6.134***	*-2.655***	*-3.462***	*-5.073***	*-5.174***
BIOFUEL	*-2.142*	*-2.317*	*-4.105***	*-4.130***	*-2.646***	*-2.471*	*-3.112***	*-3.163***
TOT_REN	*-2.696***	*-3.041***	*-5.554***	*-5.712***	*-2.315***	*-2.668***	*-4.093***	*-4.133***
GDP	*-2.060*	*-2.044*	*-3.561***	*-3.632***	*-2.015**	*-2.039*	*-2.718***	*-2.768***
SEC	*-1.163*	*-2.045*	*-3.746***	*-4.085***	*-1.272*	*-2.189*	*-2.974*	*-3.349***
KOFGI	*-2.903*	*-3.240***	*-5.246***	*-5.418***	*-2.543***	*2.939***	*-3.971***	*-4.151***
TRADE	*-1.836*	*-2.131*	*-4.323***	*-4.528***	*-2.315***	*-2.832***	*-3.395***	*-3.488***

(***) تشير إلى مستوى معنوية 1%. (**) تشير إلى مستوى معنوية 5%. (*) تشير إلى مستوى معنوية 10%

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

تشير مخرجات الجدول رقم 3-28 الى اختبار الجيل الثاني لجذر الوحدة لبيانات البانل يلاحظ حسب اختبار CIPS ان متغير استخدام الطاقة الكهرومائية واجمالي الطاقة المتجددة استقرت في المستوى وباقية المتغيرات وهي مؤشر البصمة البيئية و طاقة الشمس وطاقة الرياح وطاقة الوقود الحيوي والنمو الاقتصادي ومؤشر مستوى التعليم

ومؤشر العولمة والانفتاح التجاري استقرت بعد اخذ الفرق الأول في حين انه حسب اختبار CADF فان متغير استخدام الطاقة الكهرومائية واجمالي الطاقة المتجددة وطاقة الرياح ومؤشر العولمة والانفتاح التجاري استقرت في المستوى وباقية المتغيرات استقرت بعد اخذ الفرق الأول وبذلك تم رفض فرضية العدم بوجود جذر الوحدة وقبول الفرضية البديلة باستقرار المتغيرات عند الفرق الأول.

- **نتائج اختبار تكامل المشترك للبانل**

جدول رقم (3 – 29) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية

$Model\ 1: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + SOLAR_{i,t})$				
Statistic	***Value***	***Z-value***	***P-value***	***Robust P-value***
Gt	*-3.132*	*4.939*	***0.000***	***0.000***
Ga	*-10.776*	*0.665*	***0.747***	***0.001***
Pt	*-18.542*	*6.882*	***0.00***	***0.000***
Pa	*-12.299*	*2.89*	***0.002***	***0.001***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 19

من أجل حساب التكامل المشترك، قام Westerlund بتعميم إجراءات الاختبار من خلال استخدام نهج bootstrap. تشير النتائج في الجدول اعلاه والتي تم الحصول عليها من اختبار Westerlund وتشير نتائج اختبار ***Gt*** و ***Ga*** و ***Pt*** و ***Pa*** عند مستوى معنوية 1% إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك وعليه هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة لنموذج الطاقة الشمسية

جدول رقم (3 – 30) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية

$Model\ 2: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + WIND_{i,t})$				
Statistic	***Value***	***Z-value***	***P-value***	***Robust P-value***
Gt	*-2.68*	*2.461*	***0.007***	***0.000***
Ga	*-7.92*	*2.574*	***0.995***	***0.160***
Pt	*-14.446*	*3.821*	***0.000***	***0.000***
Pa	*-8.663*	*0.413*	***0.340***	***0.010***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 22

النتائج في الجدول اعلاه التي تم الحصول عليها من اختبارات Westerlundمتفاوتة إلى حد ما. على وجه التحديد، تشير نتائج اختبار ***Gt*** و ***Pt*** و***Pa*** عند مستوى معنوية 1%إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على

وجود تكامل مشترك وعليه هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة الخاصة بنموذج طاقة الرياح

جدول رقم (3 – 31) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية

$Model\ 3: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + HYDRO_{i,t})$				
Statistic	*Value*	*Z-value*	*P-value*	*Robust P-value*
Gt	*-2.729*	*2.761*	***0.003***	***0.001***
Ga	*-7.586*	*2.852*	***0.998***	***0.299***
Pt	*-14.343*	*3.59*	***0.000***	***0.003***
Pa	*-8.091*	*0.04*	***0.484***	***0.059***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 25

النتائج في الجدول اعلاه التي تم الحصول عليها من اختبارات Westerlundمتفاوتة إلى حد ما. على وجه التحديد، تشير نتائج اختبار ***Gt*** و ***Pt*** عند مستوى معنوية 1%إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك بينما ***Pa*** تدعم التكامل المشترك عند مستوى معنوية 10% لذلك، هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة الخاصة بنموذج الطاقة الكهرومائية

جدول رقم (3 – 32) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام طاقة الوقود الحيوية على البصمة البيئية

$Model\ 4: EFB_{i,t} = f\left(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + BIOFUEL_{i,t_{i,t}}\right)$				
Statistic	*Value*	*Z-value*	*P-value*	*Robust P-value*
Gt	*-2.744*	*2.397*	***0.008***	***0.003***
Ga	*-8.901*	*1.644*	***0.950***	***0.088***
Pt	*-14.203*	*4.737*	***0.000***	***0.003***
Pa	*-12.225*	*2.358*	***0.009***	***0.004***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 28

النتائج في الجدول اعلاه التي تم الحصول عليها من اختبارات Westerlundمتفاوتة إلى حد ما. على وجه التحديد، تشير نتائج اختبار ***Gt*** و ***Pt*** و ***Pa*** عند مستوى معنوية 1%إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك و بينما ***Ga*** تدعم التكامل المشترك عند مستوى معنوية 10% ، لذلك هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة الخاصة بنموذج طاقة الوقود الحيوية.

جدول رقم (3 – 33) نتائج اختبار Westerlund لنموذج اثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية

$Model\ 5: EFB_{i,t} = f\left(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + TOT_REN_{i,t_{i,t}}\right)$				
Statistic	***Value***	***Z-value***	***P-value***	***Robust P-value***
Gt	*-3.094*	*4.738*	***0.000***	***0.000***
Ga	*-9.831*	*1.327*	***0.908***	***0.006***
Pt	*-18.243*	*6.637*	***0.000***	***0.000***
Pa	*-12.222*	*2.837*	***0.002***	***0.000***

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 31

النتائج في الجدول اعلاه التي تم الحصول عليها من اختبارات Westerlund وتشير نتائج اختبار ***Gt*** و ***Ga*** و ***Pt*** و ***Pa*** عند مستوى معنوية 1%إلى قبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك وبذلك هناك دليل على وجود علاقة طويلة الأمد بين المتغير التابع، والمتغيرات المفسرة الخاصة بنموذج الطاقة المتجددة الكلية

- **نتائج تقدير الانحدار الكمي (MMQR)**

جدول رقم (3 – 34) نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية

		$Model\ 1: EFB_{i,t} = f\left(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + SOLAR_{i,t}\right)$					
Quantiles		***SALER***	***GDP***	***SEC***	***KOFGI***	***TRADE***	***Cons***
Location		*-0.0171****	*0.3261****	*-0.3734****	*1.2903****	*-0.2810****	*-2.8043****
Scale		*0.0138****	*-0.0308*	*0.0046*	*-0.3382****	*-0.0142*	*1.0921****
Lower Quantile	***0.1***	*-0.0386****	*0.3743****	*-0.3807****	*1.8196****	*-0.2588****	*-4.5135****
	0.2	*-0.0319****	*0.3593****	*-0.3784****	*1.6551****	*-0.2657****	*-3.9823****
	0.3	*-0.0264****	*0.3469****	*-0.3765****	*1.5192****	*-0.2714****	*-3.5434****
Middle Quantile	***0.4***	*-0.0223****	*0.3377****	*-0.3752****	*1.4183****	*-0.2757****	*-3.2175****
	0.5	*-0.0179****	*0.3280****	*-0.3737****	*1.3108****	*-0.2802****	*-2.8707****
	0.6	*-0.0135***	*0.3182****	*-0.3722****	*1.2041****	*-0.2847****	*-2.5259****
Quantile Higher	***0.7***	*-0.0077**	*0.3052****	*-0.3703****	*1.0613****	*-0.2907****	*-2.0650****
	0.8	*-0.0022*	*0.2929****	*-0.3684****	*0.9263****	*-0.2963****	*-1.6290****
	0.9	*0.0050*	*0.2765****	*-0.3659****	*0.7472****	*-0.3039****	*-1.0508***

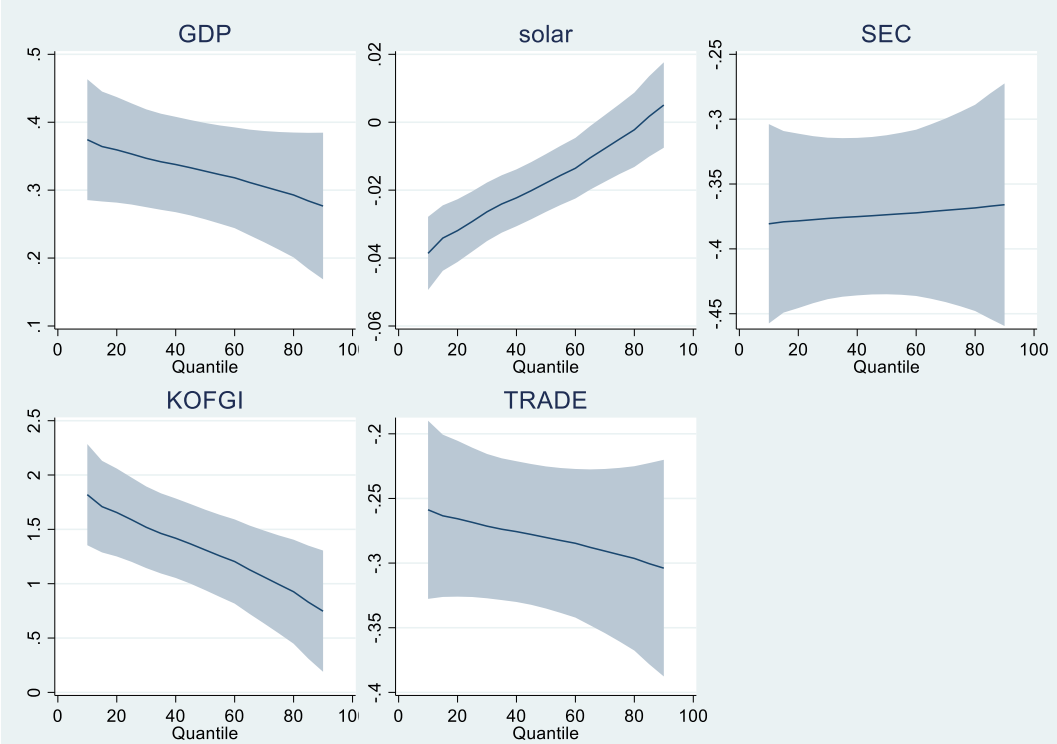
(***) **تشير إلى مستوى معنوية 1%**. (**) **تشير إلى مستوى معنوية 5%**. (*) **تشير إلى مستوى معنوية 10%**

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 20

تشير نتائج الانحدارات الكمية إلى أن استخدام الطاقة الشمسية والنمو الاقتصادي ومستوى التعليم ومؤشر العولمة والانفتاح التجاري لها تأثيرات متفاوتة على البصمة البيئية عبر مختلفة كميات التوزيع.

- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام الطاقة الشمسية ومؤشر البصمة البيئية للكميات0.1 و0.2 و0.3 و0.4 و0.5 و0.6 و0.7 أي ان الزيادة في استخدام الطاقة الشمسية تخفض البصمة البيئية .في حين ان العلاقة عكسية وغير دالة احصائيا في الكمية 0.8 والعلاقة طردية وغير دالة احصائيا بين كل من استخدام الطاقة المتجددة ومؤشر البصمة البيئية في الكمية 0.9 .
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من النمو الاقتصادي و مؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في النمو الاقتصادي تزيد من البصمة البيئية .
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من مستوى التعليم ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في مستوى التعليم تقلل البصمة البيئية .
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من مؤشر العولمة ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في مؤشر العولمة تزيد من البصمة البيئية .
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من الانفتاح التجاري ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في الانفتاح التجاري تقلل البصمة البيئية .

الشكل رقم (3 – 4) الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية



المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

من خلال الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي ترتبط جميع تقديرات الانحدار الكمي بفترات ثقة 95٪، والتي تظهر بواسطة المناطق المظللة. تظهر مرونة المتغيرات المستقلة على طول المحور الرأسي. وتظهر فترات الثقة العادية (95٪) لمعاملات OLS كخطوط أفقية

جدول رقم (3 – 35) نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج اثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية

		$Model\ 2: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + WIND_{i,t})$					
Quantiles		***WIND***	***GDP***	***SEC***	***KOFGI***	***TRADE***	***Cons***
Location		*-0.0125****	*0.2651****	*-0.3412****	*1.3517****	*-0.2601****	*-2.4065****
Scale		*0.0006*	*0.0175*	*-0.0087*	*-0.2575***	*0.0386***	*0.3406***
Lower Quantile	***0.1***	*-0.0136***	*0.2347****	*-0.3261****	*1.7996****	*-0.3272****	*-2.9989****
	0.2	*-0.0132***	*0.2457****	*-0.3315****	*1.6380****	*-0.3030****	*-2.7852****
	0.3	*-0.0129****	*0.2534****	*-0.3353****	*1.5247****	*-0.2861****	*-2.6353****
Middle Quantile	***0.4***	*-0.0126****	*0.2605****	*-0.3389****	*1.4192****	*-0.2703****	*-2.4958****
	0.5	*-0.0124****	*0.2663****	*-0.3418****	*1.3338****	*-0.2575****	*-2.3828****
	0.6	*-0.0122****	*0.2715****	*-0.3444****	*1.2564****	*-0.2459****	*-2.2805****

Quantile Higher	***0.7***	*-0.0121****	*0.2761****	*-0.3466****	*1.1893****	*-0.2358****	*-2.100****
	0.8	*-0.0118****	*0.2828****	*-0.3499****	*1.0899****	*-0.2209****	*-2.0603****
	0.9	*-0.0114***	*0.2928****	*-0.3549****	*0.9426****	*-0.1988****	*-1.8655****

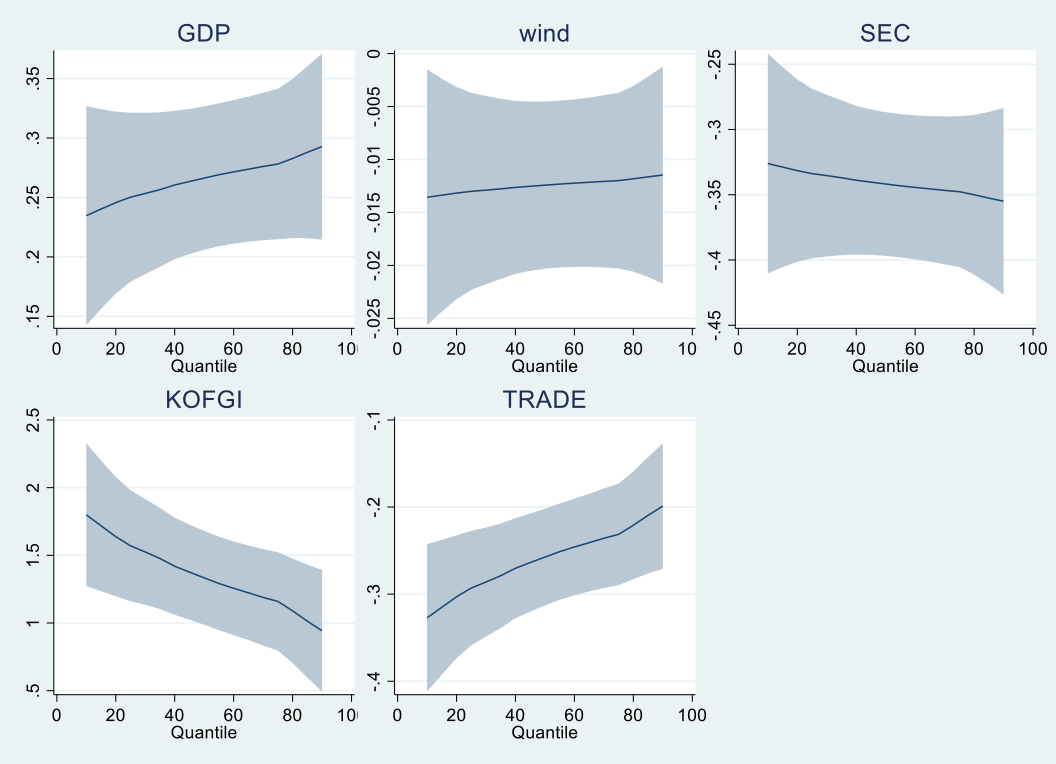
(***) **تشير إلى مستوى معنوية 1%**. (**) **تشير إلى مستوى معنوية 5%**. (*) **تشير إلى مستوى معنوية 10%**

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 23

تشير نتائج الانحدارات الكمية إلى أن استخدام طاقة الرياح والنمو الاقتصادي ومستوى التعليم ومؤشر العولمة والانفتاح التجاري لها تأثيرات متفاوتة نسبيا على البصمة البيئية عبر مختلفة كميات التوزيع.

- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام طاقة الرياح ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في استخدام طاقة الرياح تخفض البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من النمو الاقتصادي ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في النمو الاقتصادي تزيد من البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من مستوى التعليم ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في مستوى التعليم تقلل البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من مؤشر العولمة ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في مؤشر العولمة تزيد من البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من الانفتاح التجاري ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في الانفتاح التجاري تقلل البصمة البيئية.

الشكل رقم (3 – 5) الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية



المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

من خلال الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي ترتبط جميع تقديرات الانحدار الكمي بفترات ثقة 95٪، والتي تظهر بواسطة المناطق المظللة. تظهر مرونة المتغيرات المستقلة على طول المحور الرأسي. وتظهر فترات الثقة العادية (95٪) لمعاملات OLS كخطوط أفقية

جدول رقم (3 – 36) نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج اثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية

		$Model\ 3: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + HYDRO_{i,t})$					
Quantiles		*HYDRO*	*GDP*	*SEC*	*KOFGI*	*TRADE*	*Cons*
Location		*-0.0207****	*0.2456****	*-0.3565****	*1.0724****	*-0.3043****	*-1.4414****
Scale		*0.0131****	*0.0003*	*0.0123*	*-0.3580****	*0.0840***	*0.4996****
Lower Quantile	***0.1***	*-0.0423****	*0.2451****	*-0.3768****	*1.6633****	*-0.4428****	*-2.2659****
	0.2	*-0.0355****	*0.2453****	*-0.3703****	*1.4756****	*-0.3988****	*-2.0039****
	0.3	*-0.0299****	*0.2454****	*-0.3652****	*1.3242****	*-0.3633****	*-1.7927****
Middle Quantile	***0.4***	*-0.0248****	*0.2455****	*-0.3603****	*1.1828****	*-0.3301****	*-1.5953****
	0.5	*-0.0201****	*0.2457****	*-0.3560****	*1.0545****	*-0.3001****	*-1.4163****
	0.6	*-0.0159****	*0.2458****	*-0.3520****	*0.9405****	*-0.2733****	*-1.2572****

Quantile Higher	0.7	-0.0119***	0.2459***	-0.3482***	0.8303***	-0.2475***	-1.1034***
	0.8	-0.0068	0.2460***	-0.3435***	0.6914***	-0.2149***	-0.9096***
	0.9	-0.001	0.2461***	-0.3380***	0.5323**	-0.1776***	-0.6877**

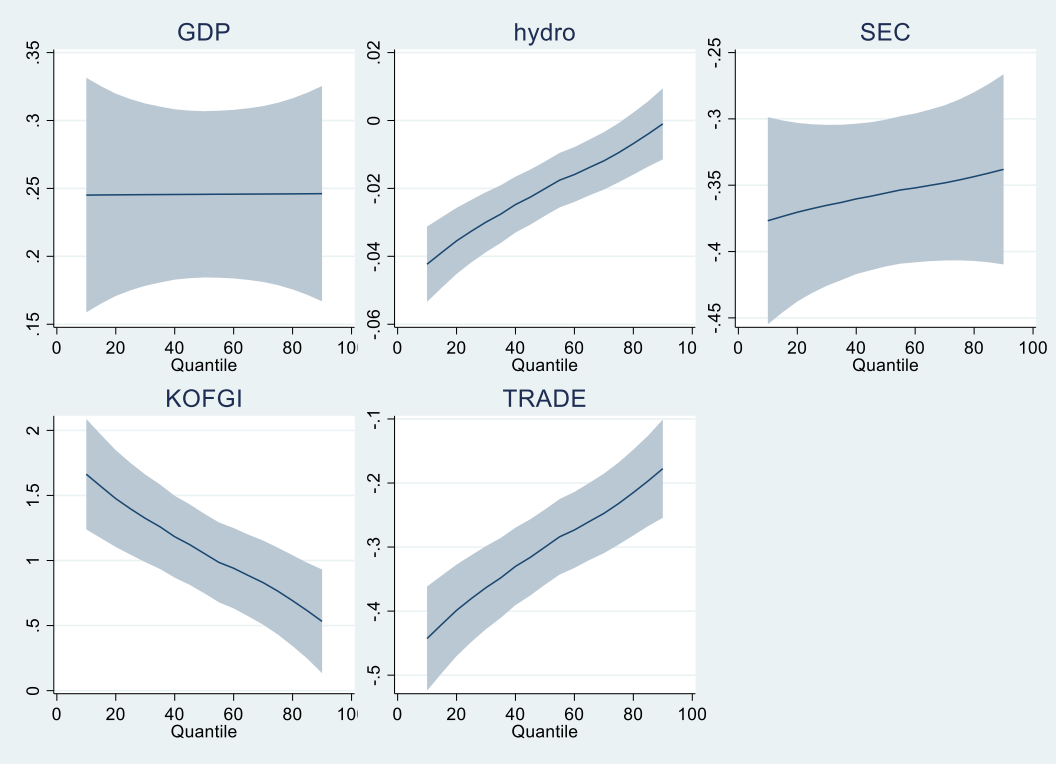
(***) **تشير إلى مستوى معنوية 1%**. (**) **تشير إلى مستوى معنوية 5%**. (*) **تشير إلى مستوى معنوية 10%**

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 26

تشير نتائج الانحدارات الكمية إلى أن استخدام الطاقة الكهرومائية والنمو الاقتصادي ومستوى التعليم ومؤشر العولمة والانفتاح التجاري لها تأثيرات متفاوتة نسبيا على البصمة البيئية عبر مختلفة كميات التوزيع.

- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام الطاقة الكهرومائية ومؤشر البصمة البيئية عبر الكميات من 0.1 الى 0.7 أي ان الزيادة في استخدام الطاقة الكهرومائية تخفض البصمة البيئية. وغير دال احصائيا عند الكميات 0.8 و0.9
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من النمو الاقتصادي ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في النمو الاقتصادي تزيد من البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من مستوى التعليم ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في مستوى التعليم تقلل البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من مؤشر العولمة ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في مؤشر العولمة تزيد من البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من الانفتاح التجاري ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في الانفتاح التجاري تقلل البصمة البيئية.

الشكل رقم (3 – 6) الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية



المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

من خلال الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي ترتبط جميع تقديرات الانحدار الكمي بفترات ثقة 95٪، والتي تظهر بواسطة المناطق المظللة. تظهر مرونة المتغيرات المستقلة على طول المحور الرأسي. وتظهر فترات الثقة العادية (95٪) لمعاملات OLS كخطوط أفقية

جدول رقم (3 – 37) نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج اثر استخدام طاقة الوقود الحيوية على البصمة البيئية

		$Model\ 4: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + BIOFUEL_{i,t})$					
Quantiles		***BIOFUEL***	***GDP***	***SEC***	***KOFGI***	***TRADE***	***Cons***
Location		*-0.0076****	*0.7031****	*-0.7193****	*-0.2009****	*-0.3010****	*-2.2559****
Scale		*0.0029****	*0.0279***	*-0.0184**	*-0.2697****	*0.0094*	*0.3376**
Lower Quantile	***0.1***	*-0.0128****	*0.6529****	*-0.6862****	*0.2838****	*-0.2621****	*-4.5096****
	0.2	*-0.0106****	*0.6739****	*-0.7001****	*0.0805****	*-0.2684****	*-3.9834****
	0.3	*-0.0092****	*0.6876****	*-0.7091****	*-0.0515****	*-0.2736****	*-3.5556****
Middle Quantile	***0.4***	*-0.0081****	*0.6981****	*-0.7160****	*-0.1527****	*-0.2776****	*-3.2273****
	0.5	*-0.0073****	*0.7061****	*-0.7213****	*-0.2299****	*-0.2817****	*-2.8835****
	0.6	*-0.0066****	*0.7132****	*-0.7260****	*-0.2993****	*-0.2863****	*-2.5030****

Higher Quantile	***0.7***	*-0.0055***	*0.7236***	*-0.7328***	*-0.3991***	*-0.2919***	*-2.0437***
	0.8	*-0.00233***	*0.5567***	*-0.60357*	*0.5977***	*-0.2971***	*-1.6142***
	0.9	*-0.00162*	*0.5828***	*-0.62557*	*0.4448***	*-0.3042***	*-1.0277**

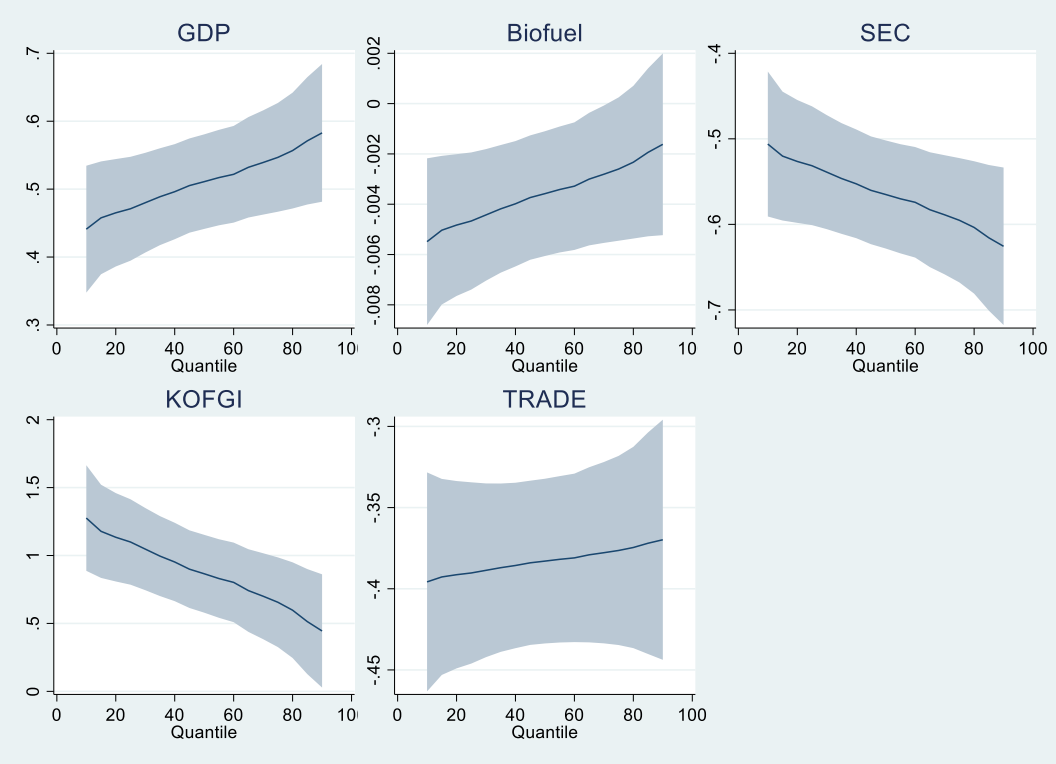
(***) **تشير إلى مستوى معنوية 1%**. (**) **تشير إلى مستوى معنوية 5%**. (*) **تشير إلى مستوى معنوية 10%**

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 29

تشير نتائج الانحدارات الكمية إلى أن استخدام طاقة الوقود الحيوي والنمو الاقتصادي ومستوى التعليم ومؤشر العولمة والانفتاح التجاري لها تأثيرات متفاوتة نسبيا على البصمة البيئية عبر مختلفة كميات التوزيع.

- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام طاقة الوقود الحيوي ومؤشر البصمة البيئية عبر الكميات من 0.1 الى 0.8 أي ان الزيادة في استخدام طاقة الوقود الحيوي تخفض البصمة البيئية. وغير دال احصائيا عند الكمية 0.9
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من النمو الاقتصادي ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في النمو الاقتصادي تزيد من البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من مستوى التعليم ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات من 0.1 الى 0.7، أي ان الزيادة في مستوى التعليم تقلل البصمة البيئية. وغير دال احصائيا عند الكميات 0.8 و0.9.
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من مؤشر العولمة ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في مؤشر العولمة تزيد من البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من الانفتاح التجاري ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في الانفتاح التجاري تقلل البصمة البيئية.

الشكل رقم (3 – 7) الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية



المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

من خلال الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي ترتبط جميع تقديرات الانحدار الكمي بفترات ثقة 95٪، والتي تظهر بواسطة المناطق المظللة. تظهر مرونة المتغيرات المستقلة على طول المحور الرأسي. وتظهر فترات الثقة العادية (95٪) لمعاملات OLS كخطوط أفقية

جدول رقم (3 – 38) نتائج تقدير الانحدار الكمي لنموذج اثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية

		$Model\ 4: EFB_{i,t} = f(GDP_{i,t} + KOFGI_{i,t} + SEC_{i,t} + TRADE_{i,t} + TOT_REN_{i,t})$					
Quantiles		***TOT_REN***	***GDP***	***SEC***	***KOFGI***	***TRADE***	***Cons***
Location		*-0.0435****	*0.2879****	*-0.3787****	*1.0460****	*-0.2928****	*-1.7224****
Scale		*0.0229****	*-0.0017*	*0.0063*	*-0.4349****	*0.0901****	*0.6705****
Lower Quantile	***0.1***	*-0.0813****	*0.2907****	*-0.3891****	*1.7650****	*-0.4418****	*-2.8308****
	0.2	*-0.0687****	*0.2897****	*-0.3856****	*1.5252****	*-0.3921****	*-2.4612****
	0.3	*-0.0586****	*0.2890****	*-0.3829****	*1.3331****	*-0.3523****	*-2.1651****
Middle Quantile	***0.4***	*-0.0503****	*0.2884****	*-0.3806****	*1.1763****	*-0.3198****	*-1.9232****
	0.5	*-0.0418****	*0.2877****	*-0.3782****	*1.0138****	*-0.2861****	*-1.6727****
	0.6	*-0.0344****	*0.2872****	*-0.3762****	*0.8742****	*-0.2572****	*-1.4575****

Quantile Higher	0.7	-0.0285***	0.2867***	-0.3746***	0.7621***	-0.2340***	-1.2847***
	0.8	-0.0191*	0.2860***	-0.3720***	0.5822***	-0.1967***	-1.0074***
	0.9	-0.0106	0.2854***	-0.3697***	0.4223**	-0.1635***	-0.7608**

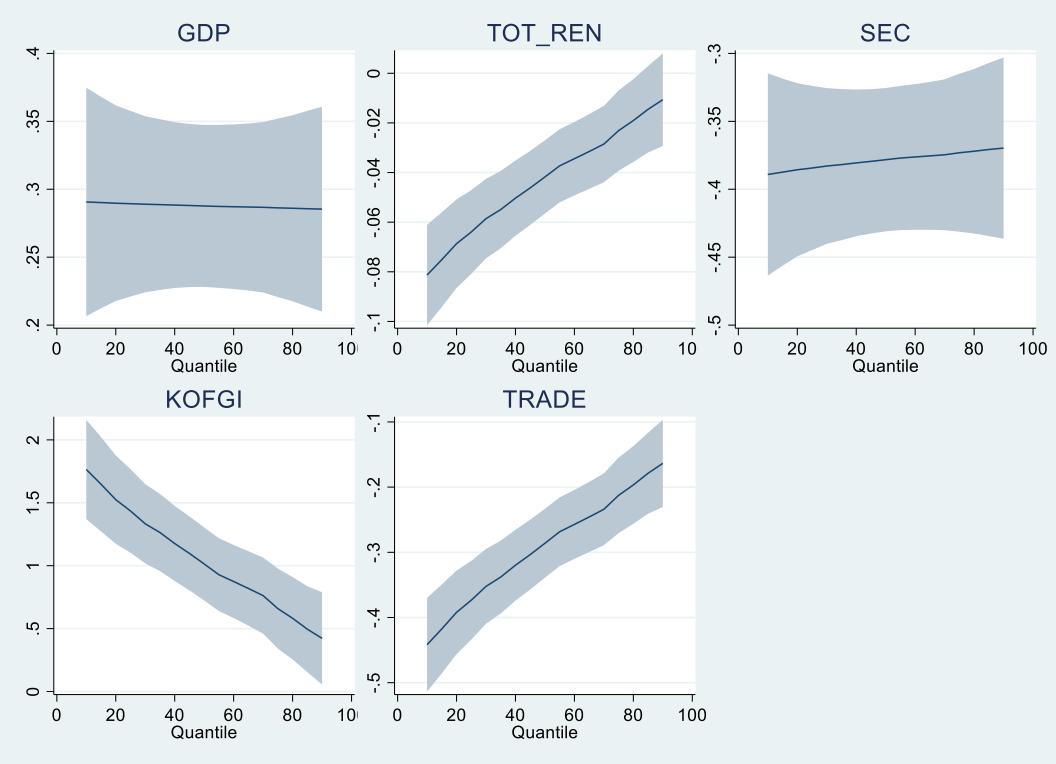
(***) تشير إلى مستوى معنوية 1%. (**) تشير إلى مستوى معنوية 5%. (*) تشير إلى مستوى معنوية 10%

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17 انظر الملحق رقم 32

تشير نتائج الانحدارات الكمية إلى أن استخدام الطاقة المتجددة الكلية والنمو الاقتصادي ومستوى التعليم ومؤشر العولمة والانفتاح التجاري لها تأثيرات متفاوتة نسبيا على البصمة البيئية عبر مختلفة كميات التوزيع.

- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام الطاقة المتجددة الكلية ومؤشر البصمة البيئية عبر الكميات من 0.1 الى 0.8 أي ان الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة الكلية تخفض البصمة البيئية. وغير دال احصائيا عند الكمية 0.9
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من النمو الاقتصادي ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في النمو الاقتصادي تزيد من البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من مستوى التعليم ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في مستوى التعليم تقلل البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من مؤشر العولمة ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في مؤشر العولمة تزيد من البصمة البيئية.
- ✓ يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من الانفتاح التجاري ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في الانفتاح التجاري تقلل البصمة البيئية.

الشكل رقم (3 – 8) الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي لنموذج أثر استخدام الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية



المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

من خلال الرسم البياني لنتائج الانحدار الكمي ترتبط جميع تقديرات الانحدار الكمي بفترات ثقة 95٪، والتي تظهر بواسطة المناطق المظللة. تظهر مرونة المتغيرات المستقلة على طول المحور الرأسي. وتظهر فترات الثقة العادية (95٪) لمعاملات OLS كخطوط أفقية

- **نتائج اختبار السببية للبانل غير المتجانسة للنموذج الثاني**

جدول رقم (3 – 39) نتائج اختبار السببية للبانل الغير متجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012) لمتغيرات النموذج الثاني

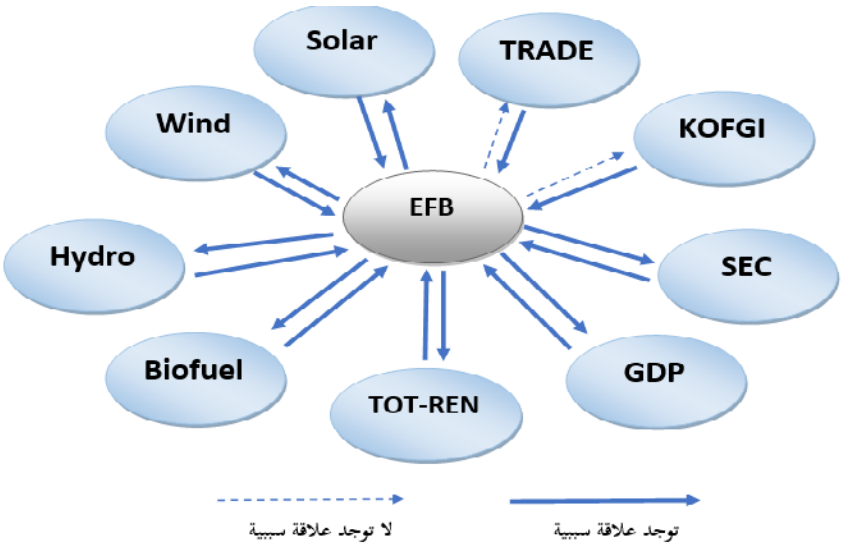
Null Hypothesis	*WALL-Stat*	*Zbar-Stat*	*P-value*	*Decision*
SOLAR ≠ > EFB	*2.5141*	*5.7657*	*0.000*	***SOLAR ⇔ EFB***
EFB ≠ > SOLAR	*6.4553*	*20.7731*	*0.000*	
WIND ≠ > EFB	*1.2355*	*4.3289*	*0.000*	***WIND ⇔ EFB***
EFB ≠ > WIND	*3.6587*	*8.3268*	*0.000*	
HYDRO ≠ > EFB	*5.2658*	*7.7456*	*0.000*	***HYDRO ⇔ EFB***
EFB ≠ > HYDRO	*2.3670*	*6.2185*	*0.000*	
BIOFUEL ≠ > EFB	*3.5412*	*4.3621*	*0.000*	***BIOFUEL ⇒ EFB***
EFB ≠ > BIOFUEL	*1.7849*	*1.9325*	*0.000*	

TOT_REN ≠ > EFB	*2.3776*	*5.2457*	*0.000*	***TOT_REN ⇔ EFB***
EFB ≠ > TOT_REN	*1.8826*	*3.3607*	*0.000*	
GDP ≠ > EFB	*2.4006*	*5.3335*	*0.000*	***GDP ⇔ EFB***
EFB ≠ > GDP	*1.4854*	*1.8483*	*0.000*	
SEC ≠ > EFB	*2.4335*	*5.4587*	*0.000*	***SEC ⇔ EFB***
EFB ≠ > SEC	*2.4346*	*3.3146*	*0.000*	
KOFGI ≠ > EFB	*1.8399*	*3.1981*	*0.001*	***KOFGI ⇒ EFB***
EFB ≠ > KOFGI	*1.0303*	*0.1154*	*0.908*	
TRADE ≠ > EFB	*3.9608*	*11.2743*	*0.000*	***TRADE ⇒ EFB***
EFB ≠ > TRADE	*1.1039*	*0.3955*	*0.692*	

المصدر: من اعداد الطالب اعتمادا على مخرجات البرنامج الاحصائي Stata.17

تشير نتائج اختبار السببية لبيانات البانل غير المتجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012) الذي يحدد السببية بين المتغيرات والتي كشفت على وجود علاقة سببية أحادية الاتجاه تنطلق من مؤشر العولمة و الانفتاح التجاري الى البصمة البيئية وهذا يعني ان مؤشر العولمة و الانفتاح التجاري له تأثير سببي على البصمة البيئية ولكن ليس العكس ، ووجود علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين طاقة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية، طاقة الكتلة الحيوي الطاقة المتجددة الكلية، الناتج المحلي الإجمالي، مستوى التعليم نحو البصمة البيئية. وهذا يعني أن التغيرات في هذه العوامل يمكن أن تؤثر على البصمة البيئية، وعلى العكس من ذلك، يمكن أن يكون للتغيرات في البصمة البيئية تأثير على هذه المتغيرات

الشكل رقم (3 – 9) العلاقة السببية بين البصمة البيئية و متغيرات النموذج الثاني



المصدر: من اعداد الطالب

تشير العلاقة السببية القوية ثنائية الاتجاه بين طاقة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية، طاقة الكتلة الحيوي ، الطاقة المتجددة الكلية مع البصمة البيئية إلى أن البلدان التي تعتمد بشكل أكبر على الطاقات المتجددة قد يكون لها بصمة بيئية مختلفة. وعلى العكس من ذلك، فإن الدول ذات البصمة البيئية العالية قد تزيد من استهلاكها للطاقات المتجددة كرد فعل.

وبالنسبة للناتج المحلي الإجمالي تشير العلاقة إلى أنه مع نمو الاقتصاد، قد تتغير البصمة البيئية. قد يمارس الاقتصاد الأكبر المزيد من الضغط على البيئة، وقد تشير البصمة البيئية الأعلى إلى مستوى أعلى من الاستهلاك، مما قد يؤثر على الناتج المحلي الإجمالي. وبالنسبة المستوى التعليمي يؤدي مستوى التعليم العالي إلى تعزيز الممارسات المستدامة، مما يؤثر على البصمة البيئية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن للبلدان ذات البصمة البيئية الأعلى أن تستثمر المزيد في التعليم لتعزيز الممارسات المستدامة. اما العولمة المتزايدة قد تمارس المزيد من الضغوط على الموارد الطبيعية، مما يؤدي إلى زيادة البصمة البيئية. ومع ذلك، لا يبدو أن البصمة البيئية تؤثر على العولمة.

اما الانفتاح التجارة: تؤدي الممارسات التجارية المفتوحة إلى زيادة الاستهلاك والإنتاج، مما يؤثر على البصمة البيئية. ومع ذلك، لا يبدو أن مستوى البصمة البيئية لبلد ما يؤثر بشكل كبير على انفتاحها التجاري.

وبشكل عام لطاقات المتجددة دورًا محوريًا، مما يشير إلى أن اعتمادها يمكن أن يساعد في التحكم في البصمة البيئية. وتؤكد النتائج على الترابط بين الاستدامة البيئية، والنمو الاقتصادي، والتعليم والعولمة. ويمكن للتدابير السياسية التي تأخذ في الاعتبار هذه العلاقات السببية أن تخلق توازنا بين التنمية الاقتصادية والاستدامة البيئية. ويبدو أن التعليم متغير حاسم، مما يعني أنه يجب على الدول إعطاء الأولوية للتعليم لتنمية ممارسات وسلوكيات أكثر استدامة.

ويشير تأثير العولمة والانفتاح التجاري على البصمة البيئية إلى أن الدول بحاجة إلى النظر في الممارسات المستدامة عند الانخراط في التجارة الدولية وعندما تصبح أكثر تكاملاً عالميًا.

2. تحليل وتفسير النتائج:

1.2. تفسير نموذج أثر استخدام الطاقات المتجددة على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

تم اجراء اختبار استقلالية المقاطع العرضية لبيانات البانل فان النتائج اشارت الى عدم استقلالية المقاطع العرضية لكل من الطاقات المتجددة بمختلف أنواعها والنمو الاقتصادي والتنمية المالية ومؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وبذلك تم رفض فرضية العدم باستقلالية المقاطع العرضية وقبول الفرضية البديلة بعدم استقلالية المقاطع العرضية لكل المتغيرات

تم اجراء اختبار تجانس الميول لنموذج الطاقة الشمسية ونموذج طاقة الرياح ونموذج الطاقة الكهرومائية ونموذج طاقة الوقود الحيوي ونموذج الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية وبذلك تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على

وجود انحدار متجانسة وقبول الفرضية البديلة لذلك وجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار عدم التجانس.

وبعد اجراء اختبار الجيل الثاني لجذر الوحدة لبيانات البانل حسب اختبار CIPS فان متغير استخدام الطاقة الكهرومائية واجمالي الطاقة المتجددة استقرت في المستوى وباقية المتغيرات استقرت بعد اخذ الفرق الأول في حين انه حسب اختبار CADF فان متغير استخدام الطاقة الكهرومائية واجمالي الطاقة المتجددة وطاقة الرياح استقرت في المستوى وباقية المتغيرات استقرت بعد اخذ الفرق الأول وبذلك تم رفض فرضية العدم بوجود جذر الوحدة وقبول الفرضية البديلة باستقرار المتغيرات عند الفرق الأول.

نتائج اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لـ (Westerlund) كشفت عن وجود علاقة توازنيه طويلة الاجل بين المتغيرات في جميع النماذج حيث أشارت نتائج اختبار إلى رفض فرضية العدم لعدم وجود تكامل مشترك وقبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك.

وعند تقدير نموذج الانحدار الذاتي الموزع للمقطع العرضي المعزز (CS-ARDL) الذي طوره Chudik and Pesaran سنة 2015 وعند النظر إلى النتائج نجد لاستخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح و الطاقة الكهرومائية وطاقة الوقود الحيوي و اجمالي الطاقة المتجددة اثر عكسي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

- **أثر استخدام الطاقة الشمسية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

تُبين مخرجات النموذج ان لاستخدام الطاقة الشمسية أثر سلبي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير والطويل. هذه النتيجة منطقية من الناحية الاقتصادية. وتتطابق مع نتائج دراسة كل من Jinna Yu واخرون (2023)[1] و Abdul Waris واخرون (2023)[2] . وفي حين ان الطاقة الشمسية هي مصدر نظيف ومتجدد للطاقة لا يطلق ثاني أكسيد الكربون أثناء التشغيل، على عكس مصادر الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي. لذلك تؤدي الزيادة في استهلاك الطاقة الشمسية إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الإجمالية للبلد، على افتراض أن الطاقة الشمسية تحل محل الطاقة التي كان من الممكن توليدها من الوقود الأحفوري. تتماشى هذه النتيجة مع الأساس المنطقي الاقتصادي والبيئي الأوسع للطاقة المتجددة. زتعد زيادة نسبة الطاقة التي يتم الحصول عليها من مصادر متجددة مثل الطاقة الشمسية استراتيجية رئيسية لإعادة الحد من انبعاثات غازات الدفيئة والتخفيف من تغير المناخ. ويعد الحد من انبعاثات الكربون المرتبطة بالطاقة الشمسية أحد فوائدها الاجتماعية الرئيسية، والتي يمكن أن تبرر أشكالا مختلفة من الدعم العام والخاص للطاقة الشمسية. ومع ذلك انخفضت تكلفة الطاقة الشمسية بسرعة بفضل التقدم في التكنولوجيا وحجم الإنتاج يجعل الطاقة الشمسية أكثر قدرة

[1] Yu et al., Op.Cit.
[2] Waris et al., Op.Cit.

على المنافسة اقتصاديا مع مصادر الطاقة التقليدية، والتي يمكن أن تحفز المزيد من استهلاك الطاقة الشمسية. من ناحية أخرى، فإن الطاقة الشمسية لها تكاليف تركيب مسبقة وتتطلب ضوء الشمس، والذي يمكن أن يختلف حسب الموقع والوقت. هذه العوامل يمكن أن تحد من جدوى وجاذبية الطاقة الشمسية في بعض الحالات. تلعب السياسات الحكومية أيضا دورا حاسما في استهلاك الطاقة الشمسية. يمكن للسياسات أن تحفز أو تسهل اعتماد الطاقة الشمسية من خلال آليات مثل تعريفات التغذية والإعفاءات الضريبية والمنح لتركيب الألواح الشمسية. يمكن للحكومات أيضا الاستثمار في البحث والتطوير لزيادة خفض التكلفة وتحسين كفاءة الطاقة الشمسية.

تساهم الطاقة الشمسية في التنمية المستدامة بعدة طرق رئيسية:

الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري: كما هو موضح في النتائج، فإن زيادة استهلاك الطاقة الشمسية يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. يحدث هذا لأن الألواح الشمسية تنتج الكهرباء دون حرق الوقود الأحفوري، وبالتالي تجنب الإطلاق المباشر لثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى. وهذا يساهم في التخفيف من تغير المناخ، وهو عنصر أساسي في الاستدامة البيئية.

الحفاظ على الموارد الطبيعية: يتم تسخير الطاقة الشمسية من الشمس، وهي مصدر وفير ومتجدد للطاقة، على عكس الوقود الأحفوري المحدود. وهذا يضمن توافر موارد الطاقة على المدى الطويل للأجيال المستقبلية، بما يتماشى مع مبدأ الإنصاف بين الأجيال، وهو جانب رئيسي من جوانب التنمية المستدامة.

الحد من تلوث الهواء: بالإضافة إلى انبعاثات الكربون، يمكن أن يؤدي استخراج وحرق الوقود الأحفوري إلى استطلاعات كبيرة في الهواء والماء، مما قد يضر بصحة الإنسان والنظم الإيكولوجية. من ناحية أخرى، تنتج أنظمة الطاقة الشمسية الكهرباء دون تلويث البيئة، مما يساهم في هواء أنظف.

تعزيز استقلالية وأمن الطاقة: يمكن تسخير الطاقة الشمسية محليا، وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد، وزيادة أمن الطاقة. ويمكن أن يؤدي ذلك أيضا إلى الحد من التوترات الجيوسياسية المتعلقة بموارد الطاقة، وتعزيز السلام والاستقرار، وهو بعد هام آخر من أبعاد التنمية المستدامة.

تشجيع التنمية الاقتصادية وخلق فرص العمل: يمكن لصناعة الطاقة الشمسية أيضا تحفيز التنمية الاقتصادية وخلق فرص عمل في التصنيع والتركيب والصيانة، والتي يمكن أن تسهم في الجوانب الاجتماعية والاقتصادية للاستدامة.

في حين أن الطاقة الشمسية تقدم فوائد كبيرة للبيئة والتنمية المستدامة ، إلا أن العديد من العوامل الاقتصادية قد تحد من تأثيرها منها :

ارتفاع التكاليف الأولية: على الرغم من انخفاض تكاليف تقنيات الطاقة الشمسية ، إلا أن التكاليف الأولية للتركيب لا تزال كبيرة ، مما يشكل عائقا كبيرا أمام اعتمادها على نطاق واسع. وينطبق هذا بصفة خاصة على المناطق النامية أو المناطق المتقدمة التي تعاني من نقص الموارد المالية فيها.

قضايا التقطع والتخزين: الطاقة الشمسية متقطعة – لا يمكن توليدها إلا عندما تكون الشمس مشرقة. هذا يخلق مشكلة لإدارة شبكة الطاقة والموثوقية. في حين أن تقنيات الطاقة مثل البطاريات يمكن أن تساعد في معالجة هذه المشكلة، إلا أن هذه التقنيات لا تزال تتطور ويمكن أن تكون باهظة الثمن.

البنية التحتية وتكييف الشبكة: يتطلب الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية تعديلات كبيرة على البنية التحتية الحالية للطاقة. على سبيل المثال، يجب تكييف شبكات الطاقة للتعامل مع الطبيعة اللامركزية والمتغيرة للطاقة الشمسية. يمكن أن تكون هذه التحولات والتعديلات مكلفة وتستغرق وقتا.

هياكل وسياسات السوق: غالبا ما تكون صناعات الوقود الأحفوري راسخة وقد تتلقى إعانات تجعل من الصعب على مصادر الطاقة المتجددة التنافس على السعر. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي الافتقار إلى دعم السياسات، مثل تعريفات التغذية، أو الإعفاءات الضريبية ، أو أهداف الطاقة المتجددة ، إلى إعاقة تطوير ونشر الطاقة الشمسية.

التصور العام والوعي: يمكن أن يؤثر مستوى فهم الجمهور وقبوله لتكنولوجيا الطاقة الشمسية أيضا على اعتمادها. يمكن أن تؤدي المفاهيم الخاطئة حول موثوقية أو جدوى الطاقة الشمسية، أو ببساطة نقص الوعي، إلى إبطاء معدل اعتمادها.

العوامل الاقتصادية: خلال فترات الانكماش الاقتصادي أو في البلدان ذات النمو الاقتصادي الأبطأ، يمكن أن يتباطأ الاستثمار في التقنيات الجديدة مثل الطاقة الشمسية، على الرغم من فوائدها على المدى الطويل.

التكاليف البيئية: على الرغم من صغر حجمها، لا تزال هناك تكاليف بيئية مرتبطة بإنتاج الألواح الشمسية وتركيبها والتخلص منها. وتشمل هذه الطاقة والمواد المستخدمة في الإنتاج والتحدي المتمثل في إعادة تدوير أو التخلص مننها في نهاية حياتها.

يمكن أن تؤدي هذه العوامل مجتمعة إلى تأثير أبطأ أو أضعف من المطلوب لاستهلاك الطاقة الشمسية على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة. ومع ذلك، فإن التطورات التكنولوجية المستمرة ، وتطور السياسات ، والأعراف الاجتماعية المتغيرة تستمر في تحسين الجدوى الاقتصادية والأثر البيئي للطاقة الشمسية.

- **أثر استخدام طاقة الرياح على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

يشير متغير استخدام طاقة الرياح إلى وجود تأثير سلبي ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المدى القصير والطويل وهذه النتيجة تتماشى مع نتائج دراسة J.P. Namahoro واخرون (2023)[1] وتتعارض مع نتائج Abdul Waris واخرون (2023)[2]. مما يدل إلى أن الزيادة في استهلاك طاقة الرياح تؤدي إلى انخفاض في انبعاثات الكربون على المدى القصير والطويل في البلدان الصناعية . ويمكن تفسير ذلك من خلال ان طاقة الرياح هي نوع من الطاقة المتجددة التي تولد الكهرباء دون إنتاج انبعاثات الكربون المباشرة. لذلك فإن الزيادة في استهلاك طاقة الرياح تعني بشكل أساسي أن حصة أكبر من الكهرباء في بلد ما يتم إنتاجها دون إطلاق ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. يؤدي هذا الإزاحة لمصادر الطاقة الكربونية باستخدام طاقة الرياح إلى انخفاض كبير في إجمالي انبعاثات الكربون في بلد ما على المدى القصير، حتى الزيادات الصغيرة في استهلاك طاقة الرياح يمكن أن تؤدي إلى تخفيضات فورية في انبعاثات الكربون ، حيث تحل كل وحدة من الكهرباء المولدة بواسطة طاقة الرياح محل وحدة الكهرباء التي كان من الممكن توليدها عن طريق حرق الوقود الأحفوري ، مثل الفحم أو الغاز الطبيعي. ينعكس هذا التأثير الفوري في المعامل السلبي قصير المدى.

على المدى الطويل تكون فعالية زيادة استهلاك طاقة الرياح أكثر وضوحا. مع نمو نسبة الكهرباء المولدة من طاقة الرياح ، يمكن أن تمكن من الانتقال على نطاق واسع بعيدا عن الوقود الأحفوري. كما يمكن أن يؤدي الاستثمار المستمر في البنية التحتية لطاقة الرياح والتكنولوجيا إلى تحسينات في كفاءة طاقة الرياح وفعاليتها من حيث التكلفة ، مما يجعلها بديلا قابلا للتطبيق بشكل متزايد للطاقة القائمة على الوقود الأحفوري. ويمكن لهذا التحول الطويل الأجل أيضا أن يحفز النمو الاقتصادي والتنمية في مناطق أخرى. على سبيل المثال ، يمكن أن يؤدي نمو صناعة طاقة الرياح إلى خلق فرص عمل ودفع الابتكار التكنولوجي. كما يمكن أن يؤدي إلى توفير التكاليف للمستهلكين والشركات مع استمرار انخفاض تكلفة توليد الكهرباء من طاقة الرياح. وعلى الرغم من ذلك، فإن التحول نحو طاقة الرياح وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة يمكن أن يكون له آثار كبيرة على أمن الطاقة في بلد ما. ويمكن أن يؤدي الاعتماد على طاقة الرياح، وهي مورد محلي ووفير، إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد، مما يجعل إمدادات الطاقة في بلد ما أكثر مرونة في مواجهة الصدمات الجيوسياسية وتقلبات السوق العالمية. يشير المعامل السلبي على المدى الطويل إلى أن البلدان العينة التي زادت من استهلاكها لطاقة الرياح قد شهدت تخفيضات كبيرة في انبعاثات الكربون خلال فترة الدراسة. وهذا يعكس الدور الحاسم الذي يمكن أن تلعبه طاقة الرياح وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة في التخفيف من تغير المناخ عن طريق الحد من انبعاثات الكربون. من المهم الإشارة إلى أنه في حين أن اعتماد طاقة الرياح وتطبيقها يأتي بمزايا كبيرة ، إلا أنهما يمثلان أيضا تحديات تحتاج إلى معالجة. وتشمل هذه التحديات الطبيعة

[1] Namahoro, Wu, and Su, Op.Cit.
[2] Waris et al., Op.Cit.

المتقطعة للرياح، والحاجة إلى استثمارات كبيرة مقدما في البنية التحتية، والآثار البيئية المحتملة ومع ذلك، ومع وجود الاستراتيجيات والسياسات المناسبة، يمكن إدارة هذه التحديات بفعالية، مما يجعل طاقة الرياح جزءا لا يتجزأ من مستقبل الطاقة المستدامة منخفضة الكربون.

وتعني هذه النتيجة أساسا أن زيادة استهلاك طاقة الرياح تسهم إسهاما كبيرا في البعد البيئي للتنمية المستدامة عن طريق الحد من انبعاثات الكربون، وهو هدف رئيسي للاستدامة البيئية.. على عكس الوقود الأحفوري ، لا تتضمن طاقة الرياح عمليات استخراج أو احتراق يمكن أن تسبب تلوث الهواء والماء. لذلك ، يمكن أن يساعد التحول نحو طاقة الرياح في تحسين جودة الهواء والماء ، مما يساهم في صحة النظم الإيكولوجية والسكان البشريين. علاوة على ذلك ، فإن طاقة الرياح هي مورد محلي لا ينضب. وهذا يعني أنه على عكس الوقود الأحفوري ، فإنه لن ينفد ويمكن أن يوفر مصدرا مستداما للطاقة للمستقبل ، مما يساهم بشكل أكبر في الاستدامة البيئية على المدى الطويل. ومع ذلك ، لتحقيق أقصى قدر من السلبيات البيئية لطاقة الرياح ، من الأهمية بمكان إدارة الآثار الضارة المحتملة. وتشمل هذه الآثار المحلية على الحياة البرية وخاصة الطيور ، والآثار البصرية والضوضاء على المجتمعات المحلية. يمكن أن تساعد استراتيجيات مثل الاختيار الدقيق للموقع والابتكارات المنطقية التقنية ومشاركة أصحاب المصلحة في التخفيف من هذه الآثار وضمان استدامة تطوير طاقة الرياح حقا.

أن استهلاك طاقة الرياح له تأثير سلبي كبير على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير والطويل، لكن من الضروري أن نفهم لماذا قد ينظر إلى التأثير على أنه ضعيف أو ليست قوية كما هو متوقع.

أولا، يساهم عدم الانتظام في الامدادات في ضعف التأثير حيث تعتمد طاقة الرياح على أنماط الطقس، وسرعات الرياح حيث انها ليست كافية دائما لتوليد الطاقة. لذلك حتى لو كانت قدرة طاقة الرياح المركبة عالية، فقد يكون توليد الكهرباء الفعلي أقل من الإنتاج المحتمل، مما يجعل إزاحة مصادر الطاقة كثيفة الكربون أقل مما هو متوقع.

ثانيا، يمكن أن تؤدي قيود البنية التحتية للشبكة وتكنولوجيا التخزين أيضا إلى تدريب تأثير طاقة الرياح. لم يتم تصميم أنظمة شبكة الكهرباء الحالية في العديد من البلدان لاستيعاب مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة الكبيرة مثل الرياح. وبالمثل لا تزال تقنيات تخزين الطاقة التي يمكن أن تحل مشكلة عدم الانتظام في الامدادات قيد التطوير ولم يتم نشرها بعد على نطاق واسع. ويمكن أن تحول هذه القيود دون استخدام طاقة الرياح بالكامل، وبالتالي تخفيف تأثيرها على انبعاثات الكربون.

ثالثا ، حتى مع زيادة قدرة طاقة الرياح ،لا يزال لدى العديد من البلدان الصناعية حصة كبيرة من مزيج الطاقة الخاص بها يأتي من الوقود الأحفوري بسبب البنية التحتية القديمة أو خيارات السياسة أو توافر الموارد. يستغرق الانتقال في نظام الطاقة وقتا، لأنه ينطوي على استبدال البنية التحتية الحالية، وتحديث اللوائح، وغالبا ما يتغلب على الحواجز الاجتماعية والسياسية.

رابعا ، يمكن أن تلعب الجدوى الاقتصادية لطاقة الرياح مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى دورا أيضا. في حين أن تكلفة طاقة الرياح آخذة في الانخفاض، في بعض المناطق، لا تزال أغلى من الوقود الأحفوري، خاصة عند النظر في تكاليف البنية التحتية الضرورية وتحديثات الشبكة. إذا لم تكن الحوافز الاقتصادية قوية بما فيه الكفاية، فقد يكون الانتقال إلى طاقة الرياح بطيئا، مما يقلل من تأثيره المحتمل على انبعاثات الكربون.

أخيرا ، قد يكون هناك "تأثير ارتداد". نظرا لأن الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح تصبح أكثر انتشارا وربما تؤدي إلى كهرباء أرخص ، يمكن أن يزيد استهلاك الطاقة بشكل عام ، مما يعوض بعض تخفيضات انبعاثات الكربون التي يتم توفيرها من خلال استخدام طاقة الرياح. لذلك ، في حين أن طاقة الرياح تساهم بلا شك في الحد من انبعاثات الكربون وتعزيز الاستدامة البيئية ، فإن هذه العوامل يمكن أن تسهم في تأثير أقل من المتوقع أو أضعف. ومع ذلك ، مع التقدم المستمر في التكنولوجيا ، ودعم السياسات ، وزيادة الوعي المجتمعي حول أهمية الطاقة المتجددة ، من المرجح أن يزداد تأثير طاقة الرياح على تعزيز الاستدامة البيئية في المستقبل.

- **أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

تشير نتائج نموذج استخدام الطاقة الكهرومائية إلى تأثير عكسي ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير والطويل في عينة البلدان الصناعية وتشير المعاملات السلبية إلى أنه مع زيادة استهلاك الطاقة الكهرومائية تنخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وهذه النتيجة تتوافق مع نتائج دراسة Obsatar Sinaga وآخرون (2019)[1].

في حين ان الطاقة الكهرومائية هي مصدر للطاقة المتجددة يسخر طاقة المياه المتدفقة أو المتساقطة لتوليد الكهرباء. على عكس توليد الطاقة الأحفوري القائم على الاستخراج، فإنه لا ينتج مباشرة ثاني أكسيد الكربون أو الغازات الدفيئة الأخرى. وبالتالي كلما ارتفعت حصة الكهرباء المولدة من الطاقة الكهرومائية في بلد ما انخفض إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. في فترة قصيرة، ويمكن أن تؤدي الزيادة في استهلاك الطاقة الكهرومائية إلى تخفيضات فورية في انبعاثات الكربون. ويرجع هذا التأثير الفوري إلى حقيقة أن الكهرباء المولدة من الطاقة الكهرومائية تحل محل الكهرباء التي كان من الممكن توليدها من الوقود الأحفوري. يتضح تأثير الإزاحة هذا من خلال معامل المدى القصير السلبي في النموذج.

على المدى الطويل يكون تأثير الطاقة الكهرومائية على الحد من انبعاثات الكربون أكثر وضوحا. ويؤدي الاستثمار المستمر في الطاقة الكهرومائية في البنية التحتية إلى دفع التحول على مستوى الاقتصاد بعيدا عن الوقود

[1] Obsatar Sinaga, Omar Alaeddin, and Noor H. Jabarullah, "The Impact of Hydropower Energy on the Environmental Kuznets Curve in Malaysia," *International Journal of Energy Economics and Policy* 9, no. 1 (2019): 308–15.

الأحفوري، مما يساهم في تخفيضات كبيرة في الكربون بمرور الوقت. في الواقع ، يمكن للبلدان ذات الإمكانات العالية لتوليد الطاقة الكهرومائية استغلال هذا المورد لإزالة الكربون بالكامل تقريبا من قطاعات الطاقة لديها.

ومن الناحية الاقتصادية توفر زيادة استهلاك الطاقة الكهرومائية فوائد إضافية. ويشمل ذلك تعزيز أمن الطاقة بسبب انخفاض الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد، وخلق فرص العمل المحلية ، والفرص المحتملة للتنمية الريفية. ولأن الطاقة الكهرومائية هي عموما مصدر منخفض التكلفة ، فإنها يمكن أن توفر أسعارا تنافسية للطاقة، وتحفز النمو الاقتصادي وتحسن مستويات المعيشة.

وباعتبار ان الطاقة الكهرومائية هي مصدر للطاقة المتجددة ، مما يعني أنها تستخدم قوى طبيعية لا تنضب تقريبا في هذه الحالة ، الطاقة الحركية للمياه المتدفقة أو المتساقطة. عندما يتم تسخير الطاقة الكهرومائية لإنتاج الكهرباء ، فإنها لا تنبعث منها غازات دفيئة مباشرة مثل ثاني أكسيد الكربون ، وهو مساهم كبير في ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ. ومن خلال زيادة نسبة الطاقة الكهرومائية في مزيج الطاقة لديها، يمكن للبلدان الصناعية أن تخفض إجمالي انبعاثاتها الكربونية، وهو هدف مركزي للاستدامة البيئية. وفي سياق الدول الصناعية تقدم الطاقة الكهرومائية العديد من المزايا البيئية. ويسمح لهذه البلدان بتنويع محفظة الطاقة الخاصة بها وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. هذا مهم بشكل خاص للدول الصناعية ذات الميزات الطبوغرافية المناسبة مثل سلاسل الجبال أو الأنهار أو هطول الأمطار الغزيرة التي يمكن أن تدعم البنية التحتية الكهرومائية. ثانيا، تتمتع محطات الطاقة الكهرومائية، بمجرد إنشائها، بعمر تشغيلي طويل ولعدة عقود، ويمكنها خلالها توفير إمدادات موثوقة ومستمرة من الطاقة المنخفضة الكربون. بالإضافة الى ذلك ، فإن التقدم المستمر في تكنولوجيا التوربينات يجعل من الممكن استخراج المزيد من الكهرباء من كمية معينة من المياه ، مما يعزز فعالية الطاقة الكهرومائية في التخفيف من انبعاثات الكربون.

وتوفر الطاقة الكهرومائية أيضا مزايا إضافية مثل إمدادات المياه للري، والسيطرة على الفيضانات، وفرص الأنشطة الترفيهية ، مما يعزز التنمية المستدامة الشاملة للمنطقة.

يمكن أن يعزى التأثير الضعيف للطاقة الكهرومائية إلى عدة عوامل مترابطة:

البنية التحتية للطاقة الكهرومائية والتنمية الاقتصادية: غالبا ما تتطلب مشاريع الطاقة الكهرومائية استثمارات رأسمالية أولية ضخمة لبناء السدود ، مما قد يمثل تحديا كبيرا للعديد من البلدان ، حتى البلدان الصناعية. يمكن أن تؤدي الطبيعة طويلة الأجل لعائد الاستثمار وتجاوز التكاليف إلى تقليل جاذبية هذه المشاريع من منظور اقتصادي.

حجم العمليات: غالبا ما تكون مشاريع الطاقة الكهرومائية لديها مساع واسعة النطاق، وتتطلب موارد كبيرة من الأراضي والمياه. وقد تكافح البلدان الصناعية، ولا سيما تلك ذات الكثافة السكانية العالية أو الموارد المائية المحدودة، لإيجاد مواقع مناسبة لمشاريع الطاقة الكهرومائية واسعة النطاق. وبالتالي، فإن إمكانية الحد من انبعاثات الكربون من خلال الطاقة الكهرومائية قد تكون محدودة.

الاعتبارات البيئية والاجتماعية: يمكن أن يكون لبناء السدود الكهرومائية الكبيرة آثار اجتماعية وبيئية شديدة، بما في ذلك تدمير الموائل وتعطيل النظم الإيكولوجية المحلية. وتؤدي هذه العوامل إلى مقاومة مثل هذه المشاريع ، مما يؤدي إلى إبطاء تطويرها وبالتالي تقليل تأثيرها المحتمل على انبعاثات الكربون.

البيئة التنظيمية والسياسية: يعتمد نجاح مشاريع الطاقة الكهرومائية إلى حد كبير على البيئة التنظيمية والسياسية. يمكن أن يؤدي الافتقار إلى الدعم الحكومي في شكل إعانات أو حوافز، أو عقبات بيروقراطية ، إلى إعاقة نمو الطاقة الكهرومائية وبالتالي الحد من قدرتها على الحد من انبعاثات الكربون.

ديناميكيات السوق: يمكن أن تؤثر ديناميكيات سوق الطاقة، بما في ذلك تكلفة وتوافر مصادر الطاقة البديلة ، على اعتماد الطاقة الكهرومائية. على سبيل المثال، إذا كان الوقود الأحفوري رخيصا ومتاحا بسهولة ، أو إذا كانت مصادر الطاقة المتجددة الأخرى ، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، فعالة من حيث التكلفة ، فقد يكون الانتقال نحو الطاقة الكهرومائية أبطأ.

التحديات التكنولوجية: في حين أن التقدم في تكنولوجيا التوربينات جعل توليد الطاقة الكهرومائية أكثر كفاءة، إلا أنها لا تزال تواجه تحديات مثل تقطع تدفق المياه وشيخوخة البنية التحتية. هذه القضايا يمكن أن تقلل من كفاءة وموثوقية الطاقة الكهرومائية وبالتالي تأثيرها المحتمل على انبعاثات الكربون.

- **أثر استخدام الطاقة الوقود الحيوي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

يشير معامل استهلاك طاقة الوقود الحيوية إلى وجود علاقة عكسية وإن كانت ضعيفة مع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير والطويل وهذه النتيجة تتماشى مع نتائج دراسة Xu Bingjie واخرون (2020) [1]، ويمكن تفسير ذلك من خلال ان استهلاك طاقة الوقود الحيوية التي تستخدم المواد البيولوجية، مثل الخشب والنفايات والغاز ، لتوليد الطاقة. يعتبر هذا الشكل من إنتاج الطاقة عادة مصدرا متجددا، نظرا لأن المواد البيولوجية المستخدمة يمكن استبدالها بمرور الوقت، عادة من خلال نمو مصانع أو نفايات جديدة. في حين أن الوقود الحيوية يمكن أن تطلق ثاني أكسيد الكربون عند حرقها للحصول على الطاقة، فإن نمو الوقود الحيوية الجديدة يمكن أن يعيد امتصاص كمية مكافئة ، مما يؤدي نظريا إلى إنشاء دورة محايدة للكربون. ومع ذلك، فإن الانتقال إلى طاقة الوقود الحيوية وتأثيره على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أكثر دقة وتعقيدا.

أولا ، في حين أن حرق الكتلة الحيوية يطلق ثاني أكسيد الكربون ، فإنه غالبا ما يعتبر "محايدا للكربون" لأنه ، من الناحية النظرية ،يجب موازنة الكربوهيدرات المنبعثة أثناء الاحتراق بالكربون الممتص أثناء نمو الكتلة الحيوية

[1] Xu, Zhong, and Qiao, Op.Cit.

الجديدة. ومع ذلك، فهذه عملية طويلة الأجل ، غالبا على مدى عقود عديدة ، لذلك على المدى القصير ، يمكن أن يؤدي حرق الكتلة الحيوية بالفعل إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

ثانيا، هناك اعتبار للانبعاثات "المباشرة" و "غير المباشرة". في حين أن الانبعاثات المباشرة من حرق الكتلة الحيوية قد يتم امتصاصها من خلال نمو النباتات الجديدة، فإن الانبعاثات غير المباشرة من دورة الحياة الأوسع لطاقة الكتلة الحيوية – مثل تلك الناتجة عن تغييرات استخدام الأراضي ، والآلات المستخدمة في الزراعة والحصاد ، والنقل ، ومعالجة الكتلة الحيوية – يمكن أن تسهم بشكل كبير في الانبعاثات الإجمالية. جانب آخر مهم يجب ملاحظته هو مصدر واستدامة الكتلة الحيوية المستخدمة للطاقة. ومع ذلك، فإذا كان ينطوي على إزالة الغابات أو تدهور الأراضي أو غيرها من الممارسات غير المستدامة، فقد يؤدي إلى زيادة صافية في انبعاثات الكربون، حيث تضيع إمكانات عزل الكربون في تلك الأراضي. وحسب نتائج التقدير ، فان العلاقة العكسية تشير الى أنه مع زيادة استهلاك طاقة الوقود الحيوية ، تنخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ، لكن الحجم الضعيف للعلاقة يشير إلى أن هذا التأثير صغير. ويمكن أن يعزى الأثر الضعيف إلى عدة عوامل، مثل نسبة طاقة الوقود الحيوية في مزيج الطاقة الإجمالي، وكفاءة تكنولوجيات تحويل طاقة الوقود الحيوية ، وممارسات توريد الوقود الحيوية واستدامتها.

ويشير التأثير الضعيف لاستهلاك طاقة الوقود الحيوية على انبعاثات الكربون إلى أنه في حين الوقود الحيوية لديه القدرة على خفض مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، إلا أن هناك عوامل تحد من هذه الإمكانات في الممارسة العملية. ويمكن أن يكون تفسير ذلك من خلال ان كفاءة عمليات تحويل الوقود الحيوي حيث يمكن تحويل طاقة الوقود الحيوية واستخدامه في بعض الأحيان أقل كفاءة من الوقود الأحفوري التجاري ، مما يتطلب المزيد من المواد لإنتاج نفس الكمية من الطاقة ، مما قد يؤثر على صافي الانخفاض في الانبعاثات. بالإضافة الى ذلك ، من الأهمية بمكان مراعاة أن حياد ثاني أكسيد الكربون للوقود الحيوية يعتمد على معدل نمو مصدر الوقود الحيوية. إذا كان استهلاك الوقود الحيوية يفوق نموها ، فإنه يؤدي إلى زيادة صافية في مستويات ثاني أكسيد الكربون ، مما يضعف تأثير طاقة الوقود الحيوية على الحد من انبعاثات الكربون. جانب آخر يجب مراعاته هو الموارد الزراعية اللازمة لإنتاج الوقود الحيوي. ويمكن استخدام الأراضي والمياه وغيرها من المدخلات اللازمة لزراعة محاصيل الوقود الحيوي لإنتاج الغذاء، مما قد يؤدي إلى رفع أسعار المواد الغذائية ويؤدي إلى قضايا الأمن الغذائي، هذه المنافسة بين إنتاج الغذاء والوقود يمكن أن تحد من التوسع في استهلاك طاقة الوقود الحيوية ، وبالتالي تأثيرها البيئي.و يمكن أن يؤدي إنتاج الوقود الحيوي إلى نتائج بيئية سلبية إذا لم تتم إدارته بعناية. على سبيل المثال ، يمكن أن يتسبب في إزالة الغابات وتدمير الموائل إذا تم إزالة الغابات لإفساح المجال لمحاصيل الوقود الحيوي. كما يمكن أن يؤدي إلى تدهور التربة وتلوث المياه من استخدام الأسمدة ومبيدات الآفات. في ضوء هذه العوامل ، من المفهوم أن طاقة الوقود الحيوية قد يكون لها تأثير أضعف على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة مما كان متوقعا. وهذا يعني الحاجة إلى تكنولوجيات طاقة الوقود الحيوية أكثر كفاءة وإدارة أفضل للمواد الأولية للطاقة الحيوية. ولكي تتحقق الإمكانات الكاملة لطاقة

الوقود الحيوية، يجب أنتكون جزءا من مزيج متوازن من الطاقة، بالاقتران مع مصادر الطاقة المتجددة الأخرى وتدابير الاستدامة. وتحتاج الأطر السياسية والتنظيمية أيضا إلى ضمان استدامة تطوير الطاقة الحيوية وعدم المساس بالأمن الغذائي والإضرار بالبيئة.

- **أثر استخدام طاقة اجمالي الطاقة المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

تكشف نتائج التقدير الى تأثير سلبي على المدى القصير والطويل لإجمالي استهلاك الطاقة المتجددة على انبعاثات ثاني اكسيد الكربون. تتماشى هذه النتيجة مع النظرية الاقتصادية وتتوافق مع نتائج دراسة Mirziyoyeva & Salahodjaev (2022)[1]حيث أن الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة ، مثل الطاقة الشمسية ، و طاقة الرياح ، والطاقة المائية ، والوقود الحيوي ، يجب أن يساعد في تقليل انبعاثات الكربون عن طريق استبدال الوقود الأحفوري.

على المدى القصير، ارتبطت الزيادة في استهلاك الطاقة المتجددة بتأثير سلبي على انبعاثات ثاني اكسيد الكربون وتشير النتائج إلى أن التغيير في إجمالي استهلاك الطاقة المتجددة، على الرغم من تأثيره السلبية الطفيفة ، لا يؤدي بالضرورة إلى تخفيضات كبيرة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ويمكن تفسير من خلال عدة أسباب

أولا: لا يحدث التحول نحو الطاقة المتجددة من فراغ. ويعتمد ذلك على قدرة البنية التحتية للبلد واستعداد الشبكة للتعامل مع تقلبات مصادر الطاقة المتجددة.

ثانيا: تكون الإزاحة المباشرة للوقود الأحفوري بالطاقة المتجددة محدودة بسبب التكامل في استهلاك مختلف أشكال الطاقة. على سبيل المثال، يمكن استخدام مصادر الطاقة المتجددة بشكل مكثف عندما يكون الطلب مرتفعا، لكن هذا لا يؤدي بالضرورة إلى تقليل استخدام المصادر غير المتجددة خلال فترات انخفاض الطلب.

بالانتقال إلى النتائج على المدى الطويل، نرى انه توجد زيادة في القيمة المطلق للمعامل مقارنة بالمدى القصير مما يشير إلى أن فوائد استهلاك الطاقة المتجددة من حيث الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تنمو بمرور الوقت. ويمكن تفسير ذلك على أنه كلما أصبح المجتمع أكثر مهارة في دمج الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة وتحسن التكنولوجيات، يصبح التأثير على الانبعاثات أكثر وضوحا. كما أنه انعكاس لإمكانية أن تحل الطاقة المتجددة محل حصة أكبر من مصادر طاقة الوقود الأحفوري بمرور الوقت[2]. ويجب أن يؤدي الاستخدام والتطوير المستمر للبنية التحتية للطاقة المتجددة، إلى جانب التقدم التكنولوجي المحتمل والتخلص التدريجي من التقنيات المعتمدة على الوقود

[1] Ziroat Mirziyoyeva and Raufhon Salahodjaev, "Renewable Energy and CO2 Emissions Intensity in the Top Carbon Intense Countries," *Renewable Energy* 192 (June 1, 2022): 507–12, https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.137.

[2] Muhammad Farhan Bashir et al., "Evaluating Environmental Commitments to COP21 and the Role of Economic Complexity, Renewable Energy, Financial Development, Urbanization, and Energy Innovation: Empirical Evidence from the RCEP Countries," *Renewable Energy* 184 (January 1, 2022): 541–50, https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.11.102.

الأحفوري، إلى مزيد من الانخفاضات الكبيرة في انبعاثات CO2. ويعكس التأثير المتزايد في المدى الطويل أيضا للاعتماد على حلقات التغذية المرتدة الإيجابية في أنظمة الطاقة. بمجرد بدء الانتقال إلى الطاقة المتجددة، يمكن أن يخلق ديناميكيات ذاتية التعزيز. على سبيل المثال، مع نمو سوق مصادر الطاقة المتجددة، يمكن أن يؤدي ذلك إلى انخفاض التكاليف من خلال وفورات الحجم، مما يزيد من تحفيز الطلب وتحفيز المزيد من الاستثمار والابتكار. بمرور الوقت، يمكن أن تؤدي هذه العمليات إلى تغييرات تحويلية في نظام الطاقة، مما يؤدي إلى تخفيضات كبيرة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

وتظهر نتائج استهلاك الطاقة المتجددة أيضا تأثيرا سلبيا، ولكنه ضعيف على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. تؤكد هذه النتيجة فرضية منحنى كوزنتس البيئي التي تجادل بأنه مع تطور الاقتصاد، قد تتسبب المراحل الأولية من النمو في تدهور البيئة، ولكن بعد مستوى معين من الدخل، يبدأ المجتمع في تحسين علاقته بالبيئة ويقلل من مستويات التدهور البيئي. وغالبا ما يتحقق ذلك من خلال تحسين تنفيذ مصادر الطاقة المتجددة، والاستثمار في التكنولوجيات الأنظف، وزيادة كفاءة استخدام الطاقة

بالنسبة البلدان الصناعية والتي تستثمر الكثير منها بالفعل بكثافة في الطاقة المتجددة، تؤكد نتائج هذه الدراسة على فعالية جهودها. وأظهرت دول مثل الدنمارك وألمانيا والسويد بالفعل تقدما كبيرا في قطاع الطاقة المتجددة، وتدعم هذه نتائج الدراسة مبادراتها، وتظهر عوائد فورية على هذه الاستثمارات من حيث انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

في حين تم تحديد استهلاك الطاقة المتجددة كاستراتيجية رئيسية للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتعزيز التنمية البيئية المستدامة، ويرجع ذلك التأثير الذي يبدو ضعيفا لعدة أسباب:

حجم التحول: إن الميل إلى الطاقة المتجددة هو مهمة واسعة. لا يزال الوقود الأحفوري يهيمن على مزيج الطاقة في العديد من البلدان بسبب البنية التحتية والسياسة وآليات السوق الحالية. في حين يتم إحراز تقدم، لا تزال نسبة الطاقة المولدة من مصادر الطاقة المتجددة صغيرة نسبيا مقارنة بالاستهلاك الإجمالي للطاقة.

قيود البنية التحتية والتخزين: العديد من مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، متقطعة وتعتمد على الظروف البيئية. بدون حلول طاقة كافية، لا يمكن لهذه المصادر توفير إمدادات طاقة ثابتة. بالإضافة إلى ذلك، فإن البنية التحتية الحالية للطاقة في العديد من الأماكن مبنية حول الوقود الأحفوري وقد لا تكون مناسبة للانتقال السريع إلى مصادر الطاقة المتجددة.

الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة: تعتمد بعض الصناعات بشكل كبير على الطاقة وتتطلب طاقة متسقة وعالية الطاقة قد تكافح التقنيات المتجددة الحالية لتوفيرها. وتستمر صناعات مثل التصنيع والآلات الثقيلة وأنواع

معينة من النقل في الاعتماد على الوقود الأحفوري حتى تصبح التقنيات البديلة أكثر تقدما وفعالية من حيث التكلفة.

العوامل الاقتصادية: على الرغم من انخفاض التكاليف، يمكن أن يكون الاستثمار الأولي المطلوب للتكنولوجيات المتجددة كبيرا. بالنسبة للعديد من البلدان والصناعات، يمكن أن تؤدي الاعتبارات الاقتصادية قصيرة الأجل إلى تأخير الاستثمار في البنية التحتية للطاقة المتجددة. و غالبا ما يتم دعم الوقود الأحفوري ، مما قد يشوه السوق ويجعل مصادر الطاقة المتجددة تبدو أقل تنافسية من حيث التكلفة مما هي عليه في الواقع.

السياسات والتنظيم: يؤدي الافتقار إلى السياسات واللوائح الداعمة إلى إبطاء الانتقال إلى الطاقة المتجددة. ويشمل ذلك أي شيء من قوانين التخطيط التي تجعل من الصعب بناء محطات الطاقة المتجددة وعدم وجود حوافز للاستثمار في الطاقة المتجددة

الابتكار التكنولوجي: في حين تم إحراز تقدم كبير في تقنيات الطاقة المتجددة، هناك حاجة إلى مزيد من التقدم لزيادة الكفاءة وخفض التكاليف وتحسين التخزين. حتى يتم إحراز هذه التطورات، قد يكون تأثير الطاقة المتجددة على الحد من انبعاثات CO_2 محدودا.

انبعاثات دورة الحياة: في حين أن مصادر الطاقة المتجددة تولد الحد الأدنى من الانبعاثات أثناء التشغيل، فمن المهم مراعاة دورة الحياة بأكملها. يمكن للانبعاثات الناتجة أثناء التصنيع والنقل وتركيب البنية التحتية للطاقة المتجددة أن تعوض بعض الفوائد البيئية

نمو الطلب العالمي على الطاقة: مع نمو الاقتصادات، يتزايد الطلب العالمي على الطاقة. في حين أن قدرة الطاقة المتجددة تنمو أيضا، فإنها تحتاج إلى تجاوز النمو في الطلب على الطاقة لتؤدي إلى تخفيضات صافية في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

- **أثر النمو الاقتصادي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

للنمو الاقتصادي تأثير وإيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير والطويل. وتتوافق هذه النتيجة بشكل عام مع النظرية الاقتصادية. ومع نمو الاقتصادات فإنها تميل إلى استهلاك المزيد من الموارد، وبالتالي إنتاج المزيد من السلع والخدمات. وتتطلب هذه الزيادة في الإنتاج والاستهلاك عادة المزيد من الطاقة ، والتي هي مستمدة من الوقود الأحفوري ، حيث تؤدي إلى ارتفاع إنتاج انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. غالبا ما يتم توضيح العلاقة بين النمو الاقتصادي وانبعاثات الكربون من خلال فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC) ، والتي تفترض أن مستويات التلوث تزداد مع تطور البلد ، ولكن بعد الوصول إلى مستوى معين من دخل الفرد ، ينعكس الاتجاه ، ويبدأ التلوث في الانخفاض مع استمرار ارتفاع الدخل. في المراحل المبكرة من التنمية الاقتصادية، وغالبا ما تعطي

البلدان الأولوية للنمو ، مما يؤدي إلى زيادة النشاط الصناعي ، وزيادة استهلاك الطاقة ، وبالتالي المزيد من الانبعاثات. في هذه المراحل، قد تكون اللوائح البيئية متساهلة أو غير موجودة، مما يسمح للصناعات بانبعاث ثاني أكسيد الكربون دون تحمل التكلفة الاجتماعية الكاملة لأفعالها. ومع ذلك، كدولة أكثر ثراء، تحدث العديد من التغييرات. وغالبا ما يكون هناك تحول من الاقتصادات القائمة على التصنيع إلى الاقتصادات القائمة على الخدمات، والتي عادة ما تكون أقل كثافة في الكربون. كما تسمح الثروة الأكبر بمزيد من الاستثمارات في التكنولوجيات والبنية التحتية الأنظف. إضافة إلى ذلك، تميل المجتمعات الأكثر ثراء إلى المطالبة ببيئات أنظف، مما يؤدي إلى سياسات بيئية أقوى وإنفاذها. يمكن لهذه العوامل أن تقلل من انبعاثات الكربون لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي، حتى مع استمرار نمو الاقتصاد الكلي. وعليه يشير المعامل الإيجابي للنمو الاقتصادي إلى أن البلدان قيد الدراسة ربما لم تصل إلى نقطة التحول هذه في EKC، حيث يبدأ النمو الاقتصادي في التسبب في انخفاض الانبعاثات. أو ربما لم تكن زيادة الكفاءة وتحسينات السياسات كافية لموازنة الزيادة الإجمالية في الانبعاثات بسبب ارتفاع النشاط الاقتصادي. تجدر الإشارة أيضا إلى أن تأثير النمو الاقتصادي على الانبعاثات يمكن أن يتأثر بعوامل أخرى مختلفة ، بما في ذلك مزيج الطاقة في بلد ما (كيف تأتي الطاقة من الوقود الأحفوري مقابل مصادر الطاقة المتجددة) ، والهيكل المحدد للاقتصاد (توازن الصناعات وكثافة الكربون) ، والسياسات الحكومية (مثل تسعير الكربون أو دعم الطاقة المتجددة).

وهذا يشير إلى أنه بالنسبة للبلدان الصناعية ومع نمو اقتصاداتها، تنمو أيضا انبعاثات الكربون لديها. ويمكن تفسير هذا الارتباط من خلال النظر في عدة عوامل:

النشاط الصناعي واستخدام الطاقة: غالبا ما يكون النمو الاقتصادي في هذه البلدان مصحوبا بزيادة النشاط الصناعي ، مما يؤدي بدوره إلى زيادة استخدام الطاقة. إذا كان جزء كبير من هذه الطاقة يأتي من الوقود الأحفوري ، كما هو الحال في كثير من الأحيان ، فإنه يؤدي إلى زيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

أنماط الاستهلاك: الدول الصناعية عموما لديها مستويات أعلى من الاستهلاك. يمكن أن يؤدي نمو الاقتصاد إلى زيادة تحفيز الاستهلاك، مما يؤدي إلى المزيد من الإنتاج ، وبالتالي المزيد من الانبعاثات. هذا مهم بشكل خاص إذا كانت السلع كثيفة الاستهلاك للطاقة لإنتاجها أو تؤدي إلى انبعاثات في استخدامها.

تطوير البنية التحتية: غالبا ما يأتي النمو الاقتصادي مع بنية تحتية موسعة مثل الطرق والمباني والمصانع، مما قد يؤدي إلى زيادة الانبعاثات بسبب الطبيعة كثيفة الاستهلاك للطاقة لبنائها وتشغيلها.

ومع ذلك، من المهم أيضا ملاحظة أن العديد من الشركات الصناعية تبذل جهودا لفصل النمو الاقتصادي عن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. وينطوي هذا الفصل على تنمية اقتصاداتها مع الحد من الانبعاثات الإجمالية، وغالبا ما يتحقق ذلك من خلال استراتيجيات مثل:

الانتقال إلى طاقة أنظف: تقوم العديد من البلدان الصناعية بتحويل أنظمة الطاقة الخاصة بها بعيدا عن الوقود الأحفوري ونحو مصادر أنظف ومتجددة. يمكن أن تساعد زيادة استخدام طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة المائية في تقليل كثافة الكربون في النمو الاقتصادي.

كفاءة الطاقة: يمكن أن تسمح التحسينات في كفاءة الطاقة بمزيد من الناتج الاقتصادي مع استخدام أقل للطاقة، وبالتالي انبعاثات أقل. يمكن تحقيق ذلك من خلال التقدم في التكنولوجيا أو التغييرات في السلوك أو كليهما.

التدابير التنظيمية: تقوم العديد من الدول الصناعية بتنفيذ تدابير تنظيمية مثل تسعير الكربون أو خطط تداول الانبعاثات أو معايير الانبعاثات الأكثر صرامة للمركبات والمصانع. هذه يمكن أن تخلق حوافز اقتصادية للحد من الانبعاثات.

التغيرات الهيكلية في الاقتصاد: شهدت العديد من البلدان الصناعية تحولا في اقتصاداتها من التصنيع إلى الخدمات، والتي عادة ما تكون أقل كثافة في استخدام الطاقة.

- **أثر التنمية المالية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

تشير نتائج التنمية المالية الى وجود تأثير إيجابي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون في معظم النماذج على المدى القصير، وهذه النتيجة تتوافق مع دراسة Le & Ozturk (2020)[1]وهذا يعني أنه في البداية ، مع تطور الأنظمة المالية في بلد ما من بلدان عينة الدراسة وتصبح أكثر كفاءة ، يمكن أن تكون هناك زيادة في انبعاثات الكربون. وقد يعزى ذلك إلى زيادة فرص الحصول على التمويل الذي يحفز النشاط الاقتصادي، ولا سيما في القطاعات الصناعية التي تعتمد اعتمادا كبيرا على الطاقة من الوقود الأحفوري، مما يؤدي إلى ارتفاع الانبعاثات. التنمية المالية تسهل تراكم رأس المال، وتوسيع الصناعات ، وبالتالي يزيد من حجم الإنتاج. في هذه العملية يمكن أن تؤدي الأنشطة الصناعية والاقتصادية المتزايدة إلى ارتفاع استهلاك الطاقة، وبالتالي ارتفاع انبعاثات CO2. هذا صحيح بشكل خاص إذا ظل قطاع الطاقة في البلدان يعتمد إلى حد كبير على الوقود الأحفوري. يمكن أن يؤدي المزيد من توافر رأس المال أيضا إلى زيادة الاستهلاك، مما قد يؤدي إلى زيادة الانبعاثات. وفي ملاحظة أكثر دقة، يمكن أن يعتمد اتجاه العلاقة أيضا على مرحلة تطور القطاع المالي في بلد ما. وفي المراحل الأولى من التنمية المالية، يمكن أن يؤدي تحرير الائتمان وتوسيعه بالفعل إلى مزيد من الاستثمارات في الصناعات القذرة مما يؤدي إلى زيادة الانبعاثات. ومع ذلك، ومع

[1] Hoang Phong Le and Ilhan Ozturk, "The Impacts of Globalization, Financial Development, Government Expenditures, and Institutional Quality on CO2 Emissions in the Presence of Environmental Kuznets Curve," *Environmental Science and Pollution Research* 27, no. 18 (June 1, 2020): 22680–97, https://doi.org/10.1007/s11356-020-08812-2.

نضوج النظام المالي وتطوره بشكل أكبر، يمكنه إعادة توجيه الاستثمارات نحو قطاعات أنظف وأكثر اخضرارا، مما يساعد على الحد من الانبعاثات.

على المدى الطويل، يشير المعامل الإيجابي ولكن الصغير نسبيا وقد يشير إلى أن التأثير طويل الأجل للتنمية المالية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون يمكن أن يكون إيجابيا أيضا، وإن كان بدرجة أقل. قد يعني هذا أنه بمرور الوقت، يبدأ النظام المالي في التكيف والتحول نحو دعم صناعات أكثر استدامة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لنظام مالي أكثر تطورا أن يلعب دورا حاسما في تمكين وتسريع الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون. وبوسع المؤسسات المالية، بفضل قدرتها على تعبئة وتخصيص رأس المال بكفاءة، أن توجه الاستثمارات إلى الطاقة المتجددة، والتكنولوجيات الخضراء، والبنية الأساسية الموفرة للطاقة. ويعد تطوير التمويل الأخضر، بما في ذلك السندات الخضراء والقروض المرتبطة بالاستدامة[1]، أحد مظاهر ذلك. وهو يعكس كيف يمكن لقطاع مالي ناضج ومبتكر أن يساهم في التنمية المستدامة. وبالإضافة الى ذلك يمكن للأسواق المالية الأكثر تطورا أن تيسر إنشاء أرصدة الكربون والاتجار بها، والتي يمكن أن توفر حافزا اقتصاديا للحد من الانبعاثات. ومع ذلك، من الممكن أيضا أن يؤدي القطاع المالي المتطور إلى نمو اقتصادي إجمالي أعلى (دون الانتقال بالضرورة إلى صناعات أنظف)، مما قد يؤدي إلى ارتفاع الانبعاثات على المدى الطويل. سيكون هذا هو الحال بشكل خاص إذا لم يتم تنظيم القطاع المالي بشكل صحيح أو إذا كان هناك نقص في السياسات البيئية الصارمة

قد تساهم عدة عوامل في العلاقة بين التنمية المالية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. فدول مثل الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وكندا وأستراليا، على سبيل المثال ، لديها قطاعات مالية متطورة للغاية. ولدى هذه البلدان أنظمة مالية متطورة قادرة على توجيه الاستثمارات إلى مختلف القطاعات، بما في ذلك الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة والتكنولوجيات الخضراء. في المراحل المبكرة من تطورها الصناعي، من المحتمل أن تكون التنمية المالية قد ساهمت في زيادة انبعاثات الكربون بسبب ارتفاع الناتج الاقتصادي واستهلاك الطاقة، لا سيما من المصادر القائمة على الوقود الأحفوري. ومع ذلك، مع نضوج هذه البلدان ، ومع نمو الوعي البيئي ، كان هناك تحول ملحوظ في كيفية عمل قطاعاتها المالية. ومع وجود أطر تنظيمية أفضل بدأت الجهات المالية في هذه البلدان في توجيه الاستثمارات نحو قطاعات أكثر استدامة ومنخفضة الكربون. ويتمثل هذا التحول جزئيا في نمو التمويل الأخضر، مثل إصدار السندات الخضراء، والقروض المرتبطة بالاستدامة، وغيرها من أشكال الاستثمار المستدام. وتسمح أدوات التمويل هذه بتخصيص رأس المال للمشاريع التي لها فوائد بيئية واضحة، بما في ذلك مشاريع الطاقة المتجددة والهياكل الأساسية ذات الكفاءة في استخدام الطاقة. ومع ذلك، في حين أن التنمية المالية تؤدي إلى اقتصاد خال من الكربون ، إلا أنها لا تضمن ذلك دائما. ولنأخذ حالة الصين والهند، وهما من أكبر اقتصادات العالم التي شهدت تطورا ماليا

[1] Syed Anees Haider Zaidi, Muzzammil Hussain, and Qamar Uz Zaman, "Dynamic Linkages between Financial Inclusion and Carbon Emissions: Evidence from Selected OECD Countries," *Resources, Environment and Sustainability* 4 (June 1, 2021): 100022, https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100022.

كبيرا على مدى العقود القليلة الماضية. وقد شهد كل من البلدين تحولا سريعا في الصناعة ومع ذلك، فقد أدى هذا النمو الاقتصادي السريع أيضا إلى زيادة انبعاثات الكربون. وعلى الرغم من أن كلا البلدين يبذلان جهودا للحد من الانبعاثات والاستثمار في الطاقة المتجددة، إلا أن التأثير الإجمالي لقطاعاتهما المالية على انبعاثات الكربون لا يزال إيجابيا إلى حد كبير بسبب استمرار وجود وتوسع الصناعات القائمة على الوقود الأحفوري. لذلك فإن العلاقة بين التنمية المالية وانبعاثات الكربون في هذه البلدان الصناعية دقيقة وهي تتأثر بمجموعة من العوامل بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر، الأطر التنظيمية للبلدان، ومرحلة التنمية الاقتصادية، وهيكل قطاع الطاقة لديها، والتزامها بالاستدامة البيئية.

- **أثر مؤشر التنمية البشرية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

نتائج تأثير مؤشر التنمية البشرية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون متفاوتة إلى حد ما. على المدى القصير، تعرض النتائج اثر سلبي لمؤشر التنمية البشرية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وهذا يعني أنه على المدى القصير ، قد تساهم الزيادات في مستويات التنمية البشرية في انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. يمكن أن يعزى ذلك إلى مجموعة متنوعة من العوامل. على سبيل المثال، تتمتع البلدان ذات الدرجات الأعلى في دليل التنمية البشرية عموما بنظم تعليمية أفضل والتي يمكن أن تزيد من الوعي العام بتغير المناخ وتشجع على سلوكيات أكثر صداقة للبيئة. كما أنهم يتمتعون عادة برعاية صحية أفضل، مما قد يقلل من الاعتماد على المعدات والإجراءات الطبية كثيفة الاستهلاك للطاقة. علاوة على ذلك، غالبا ما تأتي مستويات الدخل (أحد مكونات مؤشر التنمية البشرية) مع الانتقال بعيدا عن الصناعة الثقيلة (مصدر رئيسي لانبعاثات CO2) نحو الاقتصادات القائمة على الخدمات، والتي عادة ما تكون أقل كثافة في الكربون. ومع ذلك فإن الدول الأكثر ثراء (التي تميل إلى الحصول على درجات عالية في دليل التنمية البشرية) غالبا ما يكون لديها الموارد اللازمة للاستثمار في تكنولوجيات وبنية تحتية أنظف وأكثر كفاءة. لديهم أيضا بشكل عام الإرادة السياسية والدعم العام لتنفيذ لوائح بيئية صارمة، وكلاهما يمكن أن يؤدي إلى الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون[1].

على المدى الطويل يشير تأثير مؤشر التنمية البشرية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون انه ينخفض بمرور الوقت في حين أن درجات مؤشر التنمية البشرية الأعلى غالبا ما ترتبط بانخفاض كثافة الانبعاثات (انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي)، يمكن أن ترتبط أحيانا بارتفاع إجمالي الانبعاثات. وذلك لأن البلدان الأكثر ثراء والأكثر تقدما تميل إلى استهلاك المزيد من الطاقة بشكل عام، حتى لو تم استخدام هذه الطاقة بشكل أكثر كفاءة. كما أن لديهم في كثير من الأحيان قطاعات تصنيع أكبر، والتي يمكن أن تسهم في ارتفاع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومع ذلك، من المهم أن تضع في اعتبارك أن هذه التأثيرات يمكن أن تختلف اختلافا كبيرا اعتمادا

[1] Yang Zhang et al., "The Eco-Innovative Technologies, Human Capital, and Energy Pricing: Evidence of Sustainable Energy Transition in Developed Economies," *Applied Energy* 325 (November 1, 2022): 119729, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119729.

على السياسات والظروف المحددة لكل بلد. حيث تمكنت بعض البلدان ذات الدرجات العالية من دليل التنمية البشرية من الحد بشكل كبير من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال الاستثمار بكثافة في الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

ويمكن أن تختلف الآثار بشكل كبير من بلد إلى آخر:

أولا، ففي بلدان الشمال الأوروبي مثل الدنمرك والسويد والنرويج وفنلندا، التي تتمتع بقيم عالية لمؤشر التنمية البشرية. لقد قامت هذه البلدان بعمل استثنائي في الجمع بين التنمية البشرية والاستدامة البيئية. لديهم سياسات بيئية متقدمة، واستثمارات كبيرة في الطاقة المتجددة، كل ذلك مع الحفاظ على مستويات معيشية عالية. قد تكون العلاقة السلبية بين مؤشر التنمية البشرية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون واضحة في هذه البلدان بسبب أهدافها المناخية الطموحة وسياساتها الفعالة. بعد عن هذه الدول هنا دولا مثل الولايات المتحدة وكندا وأستراليا، التي تتمتع أيضا بقيم عالية لمؤشر التنمية البشرية، ولكنها كانت تتمتع تقليديا باقتصادات كثيفة الاستهلاك للطاقة تعتمد على الوقود الأحفوري. وفي حين أحرزت هذه البلدان تقدما في الحد من انبعاثات الكربون في اقتصاداتها، فإن التحول معقد، لا سيما بالنظر إلى مناطقها الجغرافية الشاسعة وبنيتها التحتية القائمة. على سبيل المثال، لا تزال الولايات المتحدة، على الرغم من كونها واحدة من الدول الرائدة في تقنيات الطاقة المتجددة ، واحدة من أعلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بسبب اعتمادها الكبير على الوقود الأحفوري للنقل والصناعة.

وفي البلدان الآسيوية مثل اليابان وكوريا الجنوبية، نرى دولا لديها درجات عالية في مؤشر التنمية البشرية وقد قطعت خطوات كبيرة في الحد من بصماتها الكربونية، على الرغم من أنها صناعية بشكل كبير. وقد استثمرت هذه البلدان بكثافة في كفاءة الطاقة والتكنولوجيا المتقدمة، مما يدل على أن النمو الاقتصادي والتنمية التكنولوجية يمكن فصلها عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وفي الوقت نفسه، تواجه الصين والهند، على الرغم من أنها قطعت خطوات كبيرة في تحسين درجات مؤشر التنمية البشرية، تحديات كبيرة من حيث انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بسبب استخدامها المكثف للفحم لتوليد الطاقة وتزايد عدد سكانها. في حين أن تحسينات مؤشر التنمية البشرية قد أدت إلى بعض الانخفاضات في كثافة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، إلا أن انبعاثاتها الإجمالية لا تزال ترتفع بسبب التصنيع السريع والتحضر[1]. وفي أوروبا، حققت دول مثل ألمانيا والمملكة المتحدة وفرنسا وإيطاليا ذات الدرجات العالية في مؤشر التنمية البشرية تقدما مثيرا للإعجاب في الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال اعتماد الطاقة المتجددة والطاقة النووية والتقنيات الموفرة للطاقة. على الرغم من اقتصاداتها الصناعية العالية، فقد قطعت خطوات كبيرة في فصل الانبعاثات عن النمو الاقتصادي. وبالإضافة الى ذلك هنا الاقتصادات ناشئة مثل البرازيل والأرجنتين وجنوب أفريقيا. وقد شهدت تحسنا كبيرا في درجاتها في دليل التنمية البشرية، ولكنها لا تزال تكافح مع

[1] Aarti Sharma, Mridul Dharwal, and Tanu Kumari, "Renewable Energy for Sustainable Development: A Comparative Study of India and China," *Materials Today: Proceedings* 60 (2022): 788–90, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.242.

التكاليف البيئية للتنمية السريعة. مع تحول هذه الدول إلى التصنيع، من المرجح أن ترتفع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ما لم تتمكن من اعتماد تقنيات أنظف وممارسات أكثر استدامة.

- **أثر نفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:**

للنفقات البحث والتطوير على تقنيات الطاقة المتجددة دورا حاسما في تحديد مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يعكس أهمية الابتكار التكنولوجي والتقدم في السعي لتحقيق مستقبل مستدام منخفض الكربون. على المدى القصير، تشير النتائج لوجود علاقة عكسية معنوية بين نفقات البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون. حيث إن زيادة الإنفاق على البحث والتطوير على تقنيات الطاقة المتجددة يؤدي إلى انخفاض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويؤدي الابتكار التكنولوجي والتقدم في تقنيات الطاقة المتجددة إلى زيادة الكفاءة، مما يجعلها أكثر تنافسية من حيث التكلفة مقارنة بمصادر طاقة الوقود الأحفوري. ومع ازدياد تكلفة هذه التكنولوجيات المتجددة وكفاءتها، يمكنها أن تحل محل مصادر الطاقة الأكثر كثافة في استخدام الكربون، وبالتالي تقليل انبعاثات الكربون. بالإضافة الى ذلك يؤدي ارتفاع الإنفاق على البحث والتطوير أيضا إلى حدوث تغييرات في تقنيات تخزين الطاقة وإدارة الشبكة. هذه الابتكارات حيوية لدمج حصص أعلى من المصادر المتجددة في حال الانقطاعات في مزيج الطاقة مثل الرياح والطاقة الشمسية. وفي الواقع تؤدي زيادة الإنفاق على البحث والتطوير إلى تعزيز مرونة وقدرة أنظمة الطاقة على استيعاب المزيد من مصادر الطاقة المتجددة، مما يسهل تحولا أوسع بعيدا عن الوقود الأحفوري وبالتالي تقليل الانبعاثات.

على المدى الطويل، تشير النتائج الى ان لزيادة الإنفاق على البحث والتطوير على تقنيات الطاقة المتجددة تأثير أكثر وضوحا على الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وبمرور الوقت، يمكن لجهود البحث والتطوير المستمرة أن تدفع إلى إحراز تقدم كبير في التكنولوجيات المتجددة، مما يزيد من تحسين كفاءتها وموثوقيتها وقدرتها التنافسية من حيث التكلفة. وبالإضافة الى ذلك يمكن للاستثمار المستدام في البحث والتطوير أن يمكن من تطوير ونشر تكنولوجيات وحلول مبتكرة منخفضة الكربون. يمكن أن يشمل ذلك تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه، والطاقة الحيوية المتقدمة، وتقنيات طاقة الهيدروجين. مثل هذه التطورات يمكن أن تقلل بشكل كبير من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يساعد البلدان على تحقيق أهدافها البيئية والاستدامة. تجدر الإشارة أيضا إلى إمكانات البحث والتطوير في التقنيات المتجددة للتأثير على القطاعات الأخرى. على سبيل المثال، يمكن للتقدم في التقنيات المتجددة أن يحفز التحسينات في السيارات الكهربائية وأنظمة التدفئة والعمليات الصناعية، مما يجعل هذه الأنظمة أكثر كفاءة في استخدام الطاقة وأقل كثافة في استخدام الكربون.

ويمكن تفسير دور نفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة في سياق العينة المختارة من البلدان الصناعية، حيث انه من المهم مراعاة الفروق الدقيقة في سياسة الطاقة لكل دولة، والتكوين الصناعي، والالتزام

بالتكنولوجيا الخضراء. ففي بلدان مثل ألمانيا والدنمارك فهي رائدة في تقنيات الطاقة المتجددة بسبب الاستثمارات الكبيرة في البحث والتطوير. وقد أدت استثماراتهم المبكرة في مجال البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا الرياح والطاقة الشمسية إلى ريادة هذه البلدان في تصنيع وتركيب هذه التقنيات، مما يترجم إلى انخفاض كبير في انبعاثات CO2 بمرور الوقت. بالإضافة إلى ذلك، كان لتوسع القطاع فائدة إضافية تتمثل في إنشاء صناعة طاقة خضراء قوية، مما يساهم في نمو الوظائف والتنويع الاقتصادي. وبالمثل، ركزت السويد، وهي رائدة ايضا في مجال الاستدامة، الكثير من جهودها في مجال البحث والتطوير على تكنولوجيات الطاقة الحيوية المتقدمة. وقد مكنت هذه الجهود السويد من الاستفادة بشكل فعال من مواردها لتوفير الحرارة والطاقة المتجددة، مما ساهم بشكل كبير في هدفها المتمثل في أن تصبح دولة خالية من الوقود الأحفوري بحلول سنة 2045، كما أن الصين والولايات المتحدة، وهما من أكبر الدول المسببة لانبعاثات الكربون على مستوى العالم، تستثمران بشكل كبير في البحث والتطوير للتقنيات المتجددة. في الصين، كانت برامج البحث والتطوير التي ترعاها الحكومة مفيدة في خفض تكاليف تكنولوجيا الطاقة الشمسية الكهروضوئية، مما يجعل الصين أكبر منتج للألواح الشمسية. وفي الوقت نفسه، في الولايات المتحدة سهل تمويل الأبحاث الفيدرالية نمو طاقة الرياح التنافسية من حيث التكلفة وتطوير التقنيات المتطورة مثل احتجاز الكربون وتخزينه.

ومع ذلك، من المهم ملاحظة أنه في حين أن الاستثمار في البحث والتطوير في مصادر الطاقة المتجددة كان مفيدا، إلا أن الانتقال لم يكن بدون تحديات. لا تزال العديد من البلدان، بما في ذلك الاقتصادات الناشئة مثل الهند والبرازيل وجنوب إفريقيا، تكافح من أجل دمج الطاقة المتجددة في شبكات الطاقة الحالية. وبالمثل، تواجه دول مثل كندا وأستراليا التي لديها اقتصادات مرتبطة ارتباطا وثيقا باستخراج الوقود الأحفوري تحديات اقتصادية وسياسية في الانتقال إلى الطاقة المتجددة. بشكل عام، تختلف فعالية نفقات البحث في تقنيات الطاقة المتجددة في الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عبر البلدان بسبب عوامل مثل دعم السياسات، ونضج أسواق الطاقة المتجددة، وهيكل أنظمة الطاقة الخاصة بها ، والاعتبارات الجيوسياسية. وعلى الرغم من هذه التحديات، فإن الاتجاه العالمي المتزايد نحو زيادة الإنفاق على البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا الطاقة المتجددة يشير إلى مسار إيجابي عام نحو مزيج طاقة عالمي أكثر استدامة ومنخفض الكربون.

وفي سياق الطاقة المتجددة، تعتبر نفقات البحث والتطوير حاسمة لتحقيق قفزات تكنولوجية، وتعزيز الكفاءة وخفض تكاليف مصادر الطاقة المتجددة، والتي بدورها يمكن أن تؤدي إلى اعتماد أوسع نطاقا وتأثير أكبر على خفض انبعاثات الكربون. ومع ذلك، وجدت الدراسة أن التأثير المباشر لنفقات البحث والتطوير على انبعاثات الكربون يختلف باختلاف البلدان، ويرجع ذلك إلى عدة أسباب.

أولا: لكل بلد سياقه الخاص بالطاقة بما في ذلك موارده الطبيعية (مثل الإشعاع الشمسي وطاقة الرياح والطاقة المائية وإمكانات الكتلة الحيوية)، والبنية التحتية للطاقة، ومزيج استهلاك الطاقة وإنتاجه الحالي. تحدد هذه العوامل إلى حد كبير فعالية وسرعة اعتماد التقنيات الجديدة الناتجة عن البحث والتطوير.

ثانيا: تختلف البيئات المؤسسية والتنظيمية من بلد إلى آخر. ويمكن تعزيز فعالية الإنفاق على البحث والتطوير أو الحد منها بفعل عوامل مختلفة، مثل وجود حوافز سياسية مواتية، ودرجة المنافسة في مجال الطاقة، وتوافر رأس المال البشري الماهر، ومستوى التعاون بين القطاعين العام والخاص.

ثالثا: يمكن أن تؤثر مرحلة التنمية الاقتصادية لبلد ما أيضا على كيفية ترجمة استثمارات البحث والتطوير إلى استهلاك الطاقة المتجددة وخفض الانبعاثات بشكل كبير. قد تكون البلدان الأكثر تقدما قادرة على استيعاب وتنفيذ التقنيات الجديدة بشكل أكثر كفاءة بسبب البنية التحتية والتعليم والقدرات المؤسسية الأفضل.

2.2. تفسير نموذج أثر استخدام الطاقات المتجددة على البصمة البيئية

تم اجراء اختبار استقلالية المقاطع العرضية لبيانات البانل فان النتائج اشارت الى عدم استقلالية المقاطع العرضية لكل من الطاقات المتجددة بمختلف أنواعها والنمو الاقتصادي ومستوى التعليم ومؤشر العولمة ومؤشر البصمة البيئية، وبذلك تم رفض فرضية العدم باستقلالية المقاطع العرضية وقبول الفرضية البديلة بعدم استقلالية المقاطع العرضية لكل المتغيرات

تم اجراء اختبار تجانس الميول لنموذج الطاقة الشمسية ونموذج طاقة الرياح ونموذج الطاقة الكهرومائية ونموذج طاقة الوقود الحيوي ونموذج الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية وبذلك تم رفض الفرضية الصفرية التي تنص على وجود انحدار متجانسة وقبول الفرضية البديلة لذلك وجب استخدام تقنيات بيانات البانل التي تأخذ في الاعتبار عدم التجانس.

وبعد اجراء اختبار الجيل الثاني لجذر الوحدة لبيانات البانل حسب اختبار CIPS فان متغير استخدام الطاقة الكهرومائية واجمالي الطاقة المتجددة استقرت في المستوى وباقية المتغيرات استقرت بعد اخذ الفرق الأول في حين انه حسب اختبار CADF فان متغير استخدام الطاقة الكهرومائية واجمالي الطاقة المتجددة وطاقة الرياح ومؤشر العولمة والانفتاح التجاري استقرت في المستوى وباقية المتغيرات استقرت بعد اخذ الفرق الأول وبذلك تم رفض فرضية العدم بوجود جذر الوحدة وقبول الفرضية البديلة باستقرار المتغيرات عند الفرق الأول.

نتائج اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لـ (Westerlund) كشفت عن وجود علاقة توازنيه طويلة الاجل بين المتغيرات في جميع النماذج حيث أشارت نتائج اختبار إلى رفض فرضية العدم لعدم وجود تكامل مشترك وقبول الفرضية البديلة، والتي تنص على وجود تكامل مشترك.

وعند تقدير المعاملات استخدام تقنية الانحدار الكمي التي اقترحها Machado& Silva 2019 [1] وعند النظر إلى النتائج نجد لاستخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية وطاقة الوقود الحيوي و اجمالي الطاقة المتجددة اثر عكسي على البصمة البيئية

- **أثر استخدام الطاقة الشمسية على البصمة البيئية:**

تشير تقديرات النموذج الى ان زيادة استخدام الطاقة الشمسية يرتبط بانخفاض البصمة البيئية وهي تتماشى نتائج مع دراسة Karlilar & Emir واخرون (2023)[2] ، وبالنظر إلى أن الطاقة الشمسية هي مصدر نظيف ومتجدد للطاقة. يمكن تفسير أن الطاقة الشمسية تحل محل مصادر الطاقة الأكثر تلويثا مثل الفحم أو الغاز والوقود الاحفوري. ويؤدي الاستخدام المتزايد للطاقة الشمسية إلى تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتلوث الهواء والتلوث المائي وإلى تقليل الاعتماد على موارد الوقود الأحفوري المحدودة، وهذه عوامل تساهم في بصمة بيئية أقل. وهكذا يتم تخفيض التكاليف المرتبطة بالأضرار البيئية والقضايا المتعلقة بالتلوث.

التنمية المستدامة تقوم في الأساس حول تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم الخاصة. ويمتد هذا المفهوم عبر ثلاثة أبعاد مترابطة في الابعاد البيئية، الاقتصادية والاجتماعية. تلعب الطاقة الشمسية دورا أساسيا في كل من هذه الأبعاد، ولكن سيتم التركيز على أثر الطاقة الشمسية على البعد البيئي للتنمية المستدامة. أي من حيث الاستدامة البيئية، حيث تأخذ الطاقة الشمسية دورا رئيسيا اذ يؤدي حرق الوقود الأحفوري الذي كان منذ فترة طويلة المصدر الرئيسي للطاقة للبلدان الصناعية، إلى إطلاق كمية كبيرة من غازات الدفيئة التي تؤدي الى تغير المناخ. بالإضافة إلى ذلك يمكن أن تسبب عمليات الاستخراج والنقل المرتبطة بالوقود الأحفوري أضرارا بيئية كبيرة بما في ذلك تلوث المياه. تشير نتائج إلى أن الزيادة في استهلاك الطاقة الشمسية لها علاقة سلبية بالبصمة البيئية، لا سيما في الكميات من 0.1 إلى 0.6. وهذا يؤكد الفوائد البيئية للطاقة الشمسية كمصدر متجدد حيث لا تنبعث من الطاقة الشمسية أي ملوثات أثناء التشغيل، مما يقلل من الاضرار على البيئة ويساعد في الحفاظ على التنوع البيولوجي عن طريق الحد من تدمير الموائل من استخراج الوقود الأحفوري، ويعزز الهواء والماء الأنظف عن طريق الحد من التلوث. ومع ذلك، فإن فوائد الطاقة الشمسية في الحد من البصمة البيئية تتناقص عند الكميات الأعلى، وتحديدا عند الكميات 0.8 و0.9. ويعزى هذا إلى عدة عوامل بما في ذلك الحواجز الاقتصادية، والتكاليف الخارجية، والمبدأ الاقتصادي المتمثل في تناقص العوائد. أولا يمكن للحواجز الاقتصادية أن تحد من فعالية الطاقة الشمسية في تقليل البصمة البيئية. على الرغم من أن تكاليف الطاقة الشمسية قد انخفضت بشكل كبير في السنوات الأخيرة، إلا أن التكاليف الرأسمالية الأولية المرتبطة بتركيب الألواح الشمسية لا تزال مرتفعة، مما قد يمنع أو يبطئ الانتقال إلى مصدر الطاقة الأنظف هذا، لا سيما في المناطق ذات مستويات الدخل المنخفضة أو الدعم

[1] Machado and Santos Silva, Op.Cit.
[2] Selin Karlilar and Firat Emir, Op.Cit.

الحكومي الأقل للطاقة المتجددة. ثانيا في حين أن الطاقة الشمسية أنظف بكثير في التشغيل من مصادر الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري، إلا أن هناك تكاليف خارجية مرتبطة بإنتاجها والتخلص منها قد تتعارض مع بعض فوائدها البيئية. وتشمل هذه التكاليف الخارجية الأثر البيئي لتصنيع الألواح الشمسية، والذي ينطوي على عمليات كثيفة الاستهلاك للطاقة واستخدام المواد الضارة. بالإضافة الى ذلك فإن تصنيع الألواح الشمسية ونقلها والتخلص منها له أيضا آثار بيئية، بما في ذلك استخدام المياه والموارد الأخرى في التصنيع وقضايا النفايات الإلكترونية المحتملة. ويمثل التخلص من الألواح الشمسية في نهاية العمر تحديا آخر، مع إمكانية حدوث نفايات إلكترونية إذا لم تتم إدارتها بشكل صحيح. وأخيرا، فإن مبدأ تناقص العوائد، وهو مفهوم أساسي في الاقتصاد، يمكن أن يفسر أيضا التأثير الأضعف لاستهلاك الطاقة الشمسية عند مستويات أعلى. وفقا لهذا المبدأ، مع زيادة الاستثمار في مجال معين تقل الفائدة الإضافية من هذا الاستثمار. وفي سياق الطاقة الشمسية قد يعني هذا أن الفوائد البيئية المكتسبة من كل وحدة إضافية من الطاقة الشمسية المستهلكة تنخفض بعد نقطة معينة. يمكن أن يحدث هذا بسبب عوامل مختلفة مثل الطاقة اللازمة لتصنيع وتركيب المزيد من الألواح الشمسية، أو القيود المفروضة على قدرة الشبكة على التعامل مع مستويات عالية من الطاقة الشمسية.

- **أثر استخدام طاقة الرياح على البصمة البيئية:**

تشير تقديرات النموذج الى ان زيادة استخدام طاقة الرياح يرتبط بانخفاض البصمة البيئية، ويختلف معامل استهلاك طاقة الرياح، ولكنه يظهر بشكل تأثيرا إيجابيا على البصمة البيئية، وهي تتماشى نتائج مع دراسة Karlilar & Emir واخرون (2023)[1] وبالنظر الى الجوانب الاقتصادية لطاقة الرياح فان طاقة الرياح هي شكل من أشكال الطاقة المتجددة مما يعني أنها تحتوي على انبعاثات غازات الدفيئة قليلة أو معدومة أثناء التشغيل. هذه الميزة وحدها سيجعلها مساهم ممتاز في التخفيف من التدهور البيئي. ومع ذلك يمكن أن تكون اقتصاديات طاقة الرياح معقدة ومتغيرة حيث ان أحد التحديات الاقتصادية الرئيسية المرتبطة بطاقة الرياح هو التباين في سرعات الرياح. حيث ان الرياح هي مصدر طاقة متقطع، مما يعني أنها ليست متاحة دائما عندما يكون الطلب على الكهرباء مرتفعا. ويمكن أن يؤدي عدم القدرة على التنبؤ هذا إلى تعقيد دمج طاقة الرياح في شبكة الكهرباء والتي تحتاج إلى الحفاظ على التوازن بين العرض والطلب على الكهرباء في جميع الأوقات. نتيجة لذلك قد يحتاج مشغلو الشبكات إلى الاعتماد على مصادر طاقة أخرى وغالبا ما تكون أقل صداقة للبيئة. ويخفف هذا الامر من الفوائد البيئية لطاقة الرياح ويكون سببا في أن تأثير طاقة الرياح على البصمة البيئية ليس كبيرا في الكميات المنخفضة. بالإضافة الى ذلك، يمكن أن تكون التكاليف المرتبطة بطاقة الرياح مرتفعة، لا سيما التكاليف الرأسمالية الأولية اللازمة لبناء توربينات الرياح والبنية التحتية اللازمة لنقل وتوزيع الكهرباء التي تولدها. وتكون هذه التكاليف باهظة بالنسبة للعديد من الشركات، وخاصة الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم، وهو ما يفسر لماذا يصبح تأثير طاقة الرياح على البصمة البيئية كبيرا

[1] Selin Karlilar and Firat Emir, Op.Cit

فقط عند الكميات الأعلى. حيث انه عند هذه المستويات فان الشركات الأكبر التي يمكنها تحمل التكاليف الأولية المرتفعة المرتبطة بطاقة الرياح، ومن المرجح أيضا أن هذه الشركات تتعرض لضغوط عامة وتنظيمية لتحسين أدائها البيئي.

هناك عامل آخر يجب مراعاته وهو أن اقتصاديات طاقة الرياح يمكن أن تختلف حسب المنطقة، اعتمادا على عوامل مثل موارد الرياح، وتكلفة مصادر الطاقة الأخرى، والحكومات التي تدعم الطاقة المتجددة. حيث ان في المناطق ذات الظروف المواتية والسياسات الداعمة، تكون الشركات أكثر قدرة على تحمل تكاليف طاقة الرياح والاستفادة منها، مما يساهم في تخفيض البصمة البيئية. وعلى العكس من ذلك ففي المناطق التي لا تكون فيها هذه الظروف يكون تأثير طاقة الرياح على البصمة البيئية أقل أهمية.

في حين تتمثل إحدى الركائز الأساسية للتنمية المستدامة في الالتزام بالحد من التأثير البيئي وتعزيز الاقتصادات الأكثر اخضرارا. وعلى هذا النحو ينظر إلى الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح على أنه استراتيجية حيوية لتحقيق هذا الهدف. ومع ذلك يمكن أن تتأثر فعالية هذه الاستراتيجية بعوامل مختلفة فريدة لكل بلد، مثل موارد الرياح المتاحة، وحالة شبكة المدن الكهربائية، والسياسات الحكومية، والظروف الاقتصادية، والاجتماعية. في البلدان التي تتوفر فيها موارد الرياح بكثرة، يمكن أن يؤدي اعتماد طاقة الرياح إلى تخفيضات كبيرة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، مما يساهم في جهود تغير المناخ– أحد الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة. ومع ذلك، يعتمد هذا على قدرة البلاد على دمج طاقة الرياح بشكل فعال في شبكة الكهرباء الخاصة بها، مما قد يمثل تحديا إذا لم يتم تطوير البنية التحتية للشبكة بشكل كاف أو إذا لم تتم إدارة تقلب طاقة الرياح بشكل جيد. بالإضافة الى ذلك للسياسات الحكومية دورا حاسما في تعزيز أو إعاقة اعتماد طاقة الرياح. يمكن للسياسات التي توفر حوافز مالية لطاقة الرياح، مثل التعريفات الجمركية أو الإعفاءات الضريبية، أن تحسن الجدوى الاقتصادية لمشاريع طاقة الرياح وتشجع الشركات على الاستثمار في هذه التكنولوجيا. وعلى العكس من ذلك، فإن عدم وجود مثل هذه السياسات، أو وجود إعانات للوقود الأحفوري، يمكن أن يردع الشركات عن الاستثمار في طاقة الرياح. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤثر الظروف الاجتماعية في بلد ما على القبول العام لطاقة الرياح. في حين أن توربينات الرياح يمكن أن تولد الكهرباء مع الحد الأدنى من انبعاثات غازات الدفيئة والتلوث المائي وزيادة التنوع البيولوجي، فإنها يمكن أن تخلق أيضا قضايا بيئية محلية، مثل التلوث الضوضائي والآثار على الحياة البرية المحلية، ويمكن أن يكون لبناء توربينات الرياح وإيقاف تشغيلها تكاليف بيئية. قد تساهم هذه العيوب البيئية في تخفيف تأثير طاقة الرياح

يمكن أن يعزى التأثير الضعيف لاستهلاك طاقة الرياح على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة إلى عدة عوامل اقتصادية.

ارتفاع تكاليف الاستثمار الأولية: تتطلب مشاريع طاقة الرياح عادة استثمارات رأسمالية كبيرة مقدما لشراء وتركيب توربينات الرياح. وفي حين أن تكاليف التشغيل الطويلة الأجل منخفضة مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية، فإن هذه التكاليف الأولية يمكن أن تكون باهظة، لا سيما في البلدان النامية أو الاقتصادات التي تعاني من قيود مالية. مما يحد من فعاليتها بشأن الاستدامة البيئية على المدى القصير.

هياكل السوق ودعم الطاقة: في العديد من الاقتصادات يتم تنظيم سوق الطاقة بطريقة تفضل مصادر طاقة الوقود الأحفوري التقليدية. يمكن أن يكون هذا بسبب البنية التحتية والمصالح الاستراتيجية. بالإضافة الى ذلك فإن دعم الوقود الأحفوري في العديد من البلدان يخفض سعر مصادر الطاقة التقليدية هذه، مما يجعلها أكثر جاذبية مقارنة بمصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح.

عدم اليقين الاقتصادي: يمكن أن تواجه طاقة الرياح، مثل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى، تحديات تتعلق بعدم اليقين الاقتصادي. غالبا ما تعتمد جدوى مشاريع طاقة الرياح على اتفاقيات شراء الطاقة طويلة الأجل والحوافز الحكومية. ويمكن أن تؤدي التغييرات في السياسات أو التحولات التنظيمية أو عدم استقرار الأسواق المالية إلى إضافة مخاطر إلى هذه المشاريع وتقليل جدواها الاقتصادية.

تكاليف تكامل الشبكة: على الرغم من أنها ليست عاملا اقتصاديا مباشرا، إلا أن تكلفة دمج طاقة الرياح في شبكة الطاقة السابقة يمكن أن تكون كبيرة. وهذا لا يشمل فقط التغييرات في البنية التحتية المادية اللازمة لاستيعاب مصادر الطاقة المتقطعة، ولكن أيضا التكاليف المرتبطة بتحديث أنظمة إدارة الشبكة.

العوامل الخارجية والتكاليف الاجتماعية: في حين أن الطاقة صديقة للبيئة، إلا أنها يمكن أن يكون لها تكاليف اجتماعية لها بدورها آثار اقتصادية. على سبيل المثال، يمكن أن تؤدي المخاوف بشأن التلوث الضوضائي أو التأثيرات على الحياة البرية المحلية إلى معارضة عامة لمشاريع طاقة الرياح. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى زيادة تكاليف تخطيط المشاريع وتنفيذها بسبب تدابير التخفيف اللازمة أو عمليات الترخيص الممتدة. في حين أن هذه التحديات يمكن أن تؤدي إلى تأثير أولي ضعيف لاستهلاك طاقة الرياح على التنمية المستدامة، إلا أنه من المهم أن نلاحظ أنها تمثل أيضا مجالات يمكن أن تحدث فيها تدخلات السياسة المستهدفة فرقا كبيرا. ويمكن أن تساعد تدابير مثل توفير الحوافز المالية لمشاريع طاقة الرياح، وإعادة هيكلة أسواق الطاقة لتحقيق تكافؤ الفرص أمام مصادر الطاقة المتجددة، وتحسين الاستقرار التنظيمي، والاستثمار في البنية التحتية للشبكة، والمشاركة مع المجتمعات المحلية لمعالجة التكاليف الاجتماعية، في زيادة تأثير طاقة الرياح على الاستدامة البيئية.

- **أثر استخدام الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية:**

يظهر استخدام الطاقة الكهرومائية علاقة عكسية مع البصمة البيئية، مما يشير إلى ان الزيادة في استهلاك الطاقة الكهرومائية ترتبط بانخفاض في البصمة البيئية كعس نتائج دراسة Ugur Korkut Pata and Mucahit Aydin (2020)[1]. يمكن تفسير ذلك من خلال التعرف على عدة عوامل بما في ذلك مبادئ كفاءة التكلفة، وانخفاض التكلفة الخارجية، والتأثير على سوق الطاقة بشكل عام. بادئ ذي بدء، تعد الطاقة الكهرومائية شكلا من أشكال الطاقة المتجددة وهي واحدة من أكثر الطاقة رسوخا وفعالية من حيث التكلفة. يستلزم توليدها تسخير الطاقة من المياه المتدفقة أو المتساقطة لإنتاج الطاقة الكهربائية، وبالتالي توفير مصدر دائم للطاقة طالما استمرت دورة المياه. وهذا يعني أنه بمجرد إنشاء محطة للطاقة الكهرومائية، تكون تكلفة إنتاج الطاقة منخفضة نسبيا. لا توجد تكاليف وقود متضمنة مثل الوقود الأحفوري، وتكاليف الصيانة يمكن التحكم فيها نسبيا. يمكن أن تحفز كفاءة التكلفة هذه زيادة استهلاك الطاقة الكهرومائية، وبالتالي تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الأكثر تلويثا وبالتالي تؤدي إلى انخفاض البصمة البيئة. بالإضافة الى ذلك فإن التكاليف الخارجية أو التكاليف التي لا تنعكس في سعر السوق للسلع، المرتبطة بالطاقة الكهرومائية أقل مقارنة بمصادر الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري. يمكن أن تشمل التكاليف الخارجية أشياء مثل تلوث الهواء والماء، والأضرار التي تلحق بالصحة العامة، والآثار البيئية للاستخراج والنقل. على الرغم من أن بناء محطات الطاقة الكهرومائية يمكن أن يكون له تأثير بيئي كبير، لا سيما على النظم الإيكولوجية، فإن العمليات الجارية لهذه المحطات لا تنبعث منها غازات الدفيئة أو الملوثات الأخرى مباشرة. وهذا يعني أن زيادة استهلاك الطاقة الكهرومائية قد تؤدي إلى انخفاض كبير في هذه التكاليف الخارجية، مما ينعكس في انخفاض البصمة البيئية. بالإضافة إلى فعالية التكلفة وانخفاض التكاليف الخارجية، يمكن أن يكون للاستهلاك المتزايد للطاقة الكهرومائية تأثير مهم على سوق الطاقة ككل. من خلال توفير طاقة ثابتة وموثوقة وبأسعار معقولة، يمكن للطاقة الكهرومائية أن تقلل من اعتماد السوق على الوقود الأحفوري. ويمكن لهذا التحول في مزيج الطاقة أن يحفز الاستثمار والابتكار في تقنيات الطاقة المتجددة الأخرى أيضا، مما يعزز الانتقال نحو منطقة طاقة أكثر استدامة. ومع ذلك تجدر الإشارة إلى أن العلاقة بين استهلاك الطاقة الكهرومائية والبصمة البيئية ليست خطية، كما يتضح من المعامل السلبي المتزايد في نتائج الانحدار بينما ننتقل إلى كميات أعلى يتضح هذا تناقص عوائد استهلاك الطاقة الكهرومائية من حيث تقليل البصمة البيئية ، مما يعني أن كل وحدة إضافية من الطاقة الكهرومائية المستهلكة تجلب فائدة بيئية أقل من الوحدة السابقة. ويمكن أن يعزى ذلك إلى مجموعة من العوامل، بما في ذلك الأضرار البيئية المحتملة الناجمة عن المنشآت الكهرومائية الكبيرة، أو القيود المفروضة على القدرة الكهرومائية، أو أوجه القصور في استخدام الطاقة. وعلى الرغم من هذه القيود المحتملة، تؤكد العلاقة السلبية في كل الكميات على الدور الهام الذي يمكن أن تلعبه الطاقة الكهرومائية في دعم التنمية المستدامة والحد من بصمتنا البيئية.

[1] Ugur Korkut Pata and Mucahit Aydin,Op.cit.

للطاقة الكهرومائية كما يتضح من نتائج انحدار MM-QR لها تأثير مباشر على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة، لا سيما في البلدان الصناعية. بحيث تعد البلدان الصناعية تاريخيا أكبر المساهمين في انبعاثات غازات الدفيئة العالمية، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى استخدامها المكثف لمصادر طاقة الوقود الأحفوري. يمكن أن يؤدي استبدال هذه المصادر بالطاقة الكهرومائية إلى تقليل إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة بشكل كبير، وخاصة ثاني أكسيد الكربون. نظرا لأن توليد الطاقة الكهرومائية لا ينبعث منه هذه الغازات مباشرة، فإن زيادة استهلاك هذا النوع من الطاقة يمكن أن يؤدي إلى انخفاض كبير في البصمة البيئية للدول الصناعية. وهذا يتماشى مباشرة مع الأهداف البيئية، ولا سيما الحد من الانبعاثات الضارة والتخفيف من تغير المناخ. كما أن تطوير واستخدام الطاقة الكهرومائية يعزز استخدام الطاقة المتجددة، وهو جانب مهم آخر من جوانب الاستدامة البيئية. ويشدد مفهوم التنمية المستدامة على الحاجة إلى استخدام الموارد بطريقة تلبي الاحتياجات الحالية دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها. اذ ان الطاقة الكهرومائية التي تسخر طاقة المياه المتحركة تعتبر مصدرا لا نهاية للطاقة يمكن استغلاله بأقل تأثير على توافر المياه.

بالنسبة للدول الصناعية فإن زيادة حصة الطاقة الكهرومائية في مزيج الطاقة الخاص بها يمكن أن يعني تحولا نحو اقتصاد أكثر استدامة ومنخفض الكربون، ومع ذلك من المهم أيضا النظر في الآثار البيئية السلبية المحتملة للطاقة الكهرومائية، لا سيما فيما يتعلق بإدارة الموارد المائية و يمكن لمشاريع الطاقة الكهرومائية واسعة النطاق أن تغير النظم الإيكولوجية المحلية بشكل كبير ، مما يؤثر على النباتات البرية والغطاء النباتي ونوعية المياه. ويمكن للسدود تؤثر على الثروة السمكية وتغير عمليات نقل الرواسب، وتتسبب في نزوح المجتمعات المحلية. وبالنسبة للبلدان الصناعية يكمن التحدي في تسخير الطاقة الكهرومائية بطريقة تقلل من هذه الآثار، من خلال الاختيار الدقيق للموقع، وتقييمات الأثر البيئي الفعالة، واستخدام تكنولوجيات مبتكرة وأقل تعطيلا. بالإضافة الى ذلك غالبا ما يكون لدى هذه البلدان مستويات عالية من استهلاك المياه الصناعية والمنزلية، حيث يمكنها التنافس مع الطلب على المياه لمشاريع الطاقة الكهرومائية. لذلك فإن الممارسات الفعالة لإدارة المياه ضرورية من أجل تحقيق التوازن بين احتياجات توليد الطاقة والصناعة والاستخدام المنزلي. ويشجع نهج التنمية المستدامة على الاستخدام الفعال للموارد المائية، مع التشديد على الحاجة إلى تحقيق التوازن بين الفوائد الاقتصادية والاحتياجات الاجتماعية وحماية البيئة.

على الرغم من قدرتها على تعزيز التنمية المستدامة، يمكن أن تظهر في بعض الأحيان تأثيرا ضعيفا على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة بسبب مجموعة متنوعة من العوامل الاقتصادية. أولا يمكن أن تكون التكاليف الرأسمالية الأولية المرتفعة لبناء السدود الكهرومائية، هذه المشاريع هي من بين أغلى أشكال البنية التحتية لتوليد الكهرباء التي يمكن بناؤها. لا تشمل التكاليف بناء السد نفسه فحسب، بل تشمل أيضا البنية التحتية اللازمة لتوزيع الكهرباء المولدة. يمكن لهذا العامل الاقتصادي أن يحد من معدل تنفيذ مشروع الطاقة الكهرومائية الجديد، مما يحد بالتالي من تأثيره البيئي. ثانيا إن العائدات المالية على مشاريع الطاقة الكهرومائية طويلة الأجل ويمكن أن تكون غير مؤكدة، لا سيما

في سياق تقلبات سوق الكهرباء وتزايد القدرة التنافسية لتكنولوجيات الطاقة المتجددة الأخرى مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. هذا الواقع الاقتصادي يمكن أن يجعل هذه المشاريع أقل جاذبية للمستثمرين الذين يبحثون عن عوائد أسرع، وبالتالي إبطاء اعتماد الطاقة الكهرومائية. ثالثا تعتمد الجدوى الاقتصادية لمشاريع الطاقة الكهرومائية أيضا اعتمادا كبيرا على الظروف الجغرافية والمناخية. لا تتمتع جميع البلدان أو المناطق بالظروف المناسبة – مثل الأنهار الكبيرة ذات التدفق الكافي – التي تجعل توليد الطاقة الكهرومائية مجديا اقتصاديا. ويعني هذا القيد الجغرافي أن الفوائد الاقتصادية، وبالتالي الآثار البيئية للطاقة الكهرومائية، ليست قابلة للتطبيق عالميا. رابعا يمكن أن تؤثر التكاليف الاقتصادية المرتبطة بالأضرار البيئية والاجتماعية المحتملة التي تسببها مشاريع الطاقة الكهرومائية تأثيرا سلبيا على استدامتها بشكل عام. تتسبب السدود الكبيرة في اضطراب بيئي كبير، مثل تدمير الموائل والتغيرات في النظم الإيكولوجية المائية، ويمكن أن تؤدي هذه التكاليف البيئية إلى تكاليف اقتصادية. ويشمل ذلك التعويض المحتمل للمجتمعات النازحة أو الاستثمار في استراتيجيات التخفيف من حدتها، والتي يمكن أن تقلل من الفوائد الاقتصادية الصافية لمثل هذه المشاريع. وأخيرا في حين أن تشغيل محطات الطاقة الكهرومائية لا ينبعث منها غازات الدفيئة، فإن مرحلة البناء تساهم في انبعاثات الكربون بسبب استخدام الآلات الثقيلة وإنتاج الخرسانة للسد. وهذا، مقترنا باحتمال إطلاق غاز الميثان من الخزانات، وهو أثر كثيرا ما يغفل عنه، يمكن أن يحد من الأثر الإيجابي الصافي للطاقة الكهرومائية على انبعاثات غازات الدفيئة، مما يضعف ارتباطها بالأبعاد البيئية للتنمية المستدامة.

- **أثر استخدام الوقود الحيوي على البصمة البيئية:**

يشير المعامل السلبي للوقود الحيوي عبر جميع الكميات إلى وجود علاقة سلبية بين استهلاك الوقود الحيوي والبصمة البيئية. وهذا يعني أن الزيادة في استهلاك الوقود الحيوي تؤدي إلى تقليل البصمة البيئية وهذا يشير إلى أن الوقود الحيوي، بوصفه مصدرا للطاقة المتجددة وأقل كثافة في استخدام الكربون، قد يسهم في الحد من الأثر البيئي، وهي نتيجة مقبولة اقتصاديا. ويشير إلى أن الاستثمار في إنتاج الوقود الحيوي واستهلاكه يمكن أن يؤدي إلى عائدات كبيرة من حيث الاستدامة البيئية، والتي يمكن أن تسهم، على المدى الطويل، في الاستقرار الاقتصادي عن طريق التخفيف من آثار تغير المناخ التي يمكن أن تكون لها آثار ضارة على مختلف قطاعات الاقتصاد. ومع ذلك فان تقدمنا إلى كميات أعلى، يتضاءل حجم هذه العلاقة السلبية تدريجيا عند الكميات 0.2 و0.3 و 0.4. يشير الانخفاض إلى أن تأثير استهلاك طاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية يكون أقل وضوحا كلما ارتقينا في البصمة البيئية. ويشير هذا إلى أنه في حين أن استهلاك الطاقة من الوقود الحيوي هو استراتيجية فعالة من حيث التكلفة لإدارة الآثار البيئية الأصغر، فإن فعاليتها قد تنخفض مع زيادة حجم البصمة. ويمكن أن تبدأ الموارد المستثمرة في إنتاج الوقود ا الحيوي واستهلاكه في تحقيق عائد أقل من حيث تخفيف الأثر البيئي. وقد يعزى ذلك إلى أسباب مختلفة مثل الزيادة النسبية في تكاليف الإنتاج أو التحديات اللوجستية المرتبطة بتوسيع نطاق إنتاج الوقود الحيوي وتوزيعه. كلما تحركنا أكثر إلى الكميات 0.5 و0.6 و0.7 تنخفض المعاملات أكثر وهذا يشير إلى انخفاض مستمر

في التأثير المخفف لاستهلاك طاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية. ويشير هذا إلى أنه في حين أن الوقود الحيوي لا يزال يسهم في الحد من الأثر البيئي، فإن فعاليته قد لا تكون واضحة في السيناريوهات الأوسع نطاقا. ومن الناحية الاقتصادية، يمكن أن يعكس ذلك تناقص عائدات الاستثمارات في إنتاج الوقود الحيوي واستهلاكه. وقد يشير إلى الحاجة إلى النظر في مصادر أو استراتيجيات أخرى للطاقة المستدامة يمكن أن توفر عائدات أفضل في إدارة آثار بيئية أكبر. وعند الكميتين 0.8 و0.9 تنخفض المعاملات أكثر وتنخفض أهميتها الإحصائية أيضا وهذا يشير إلى أنه عند هذه المستويات الأعلى، يكون تأثير استهلاك الوقود الحيوي على البصمة البيئية أقل يقينا. من الناحية الاقتصادية يشير هذا إلى أن الاستثمار في الوقود الحيوي كحل للتخفيف من البصمة البيئية على نطاق واسع قد لا يوفر عائدا كبيرا. ويشير ذلك إلى أنه عند التعامل مع التحديات البيئية الواسعة النطاق، ويكون النهج المتنوع الذي يشمل مصادر واستراتيجيات متعددة للطاقة المتجددة أكثر سلامة من الناحية الاقتصادية.

تتفاعل طاقة الوقود الحيوي مع جميع أبعاد التنمية المستدامة ومن المنظور البيئي، فإن للوقود الحيوي آثارا إيجابية وسلبية على حد سواء. على الجانب الإيجابي، الوقود الحيوي متجدد وينتج انبعاثات غازات دفيئة أقل مقارنة بالوقود الأحفوري عند حرقه، مما يساهم في الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري وتلوث الهواء. هذا جانب حاسم يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة البيئية. علاوة على ذلك، تمتص النباتات المزروعة للوقود الحيوي ثاني أكسيد الكربون أثناء نموها، مما يساهم في دورة الكربون ويحتمل أن يساعد في تعويض بعض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عند استخدام الوقود الحيوي. ومع ذلك على الجانب السلبي الذي ينعكس في المعاملات السلبية في نتائج الانحدار الكمي، يكون لإنتاج الوقود الحيوي تكاليف بيئية كبيرة. غالبا ما تتطلب زراعة المواد الأولية للوقود الحيوي استخداما مكثفا للمياه والمواد الكيميائية الزراعية، مما قد يؤدي إلى ندرة المياه وتلوث المياه وتدهور التربة. بالإضافة إلى ذلك تؤدي التغيرات في استخدام الأراضي المرتبطة بالتوسع في محاصيل الوقود الحيوي إلى إزالة الغابات وفقدان التنوع البيولوجي، وتعطيل النظم الإيكولوجية وإطلاق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى نتائج عكسية لهدف الحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وبالإضافة الى ذلك يؤدي إنتاج الوقود الحيوي أيضا إلى تغيير غير مباشر في استخدام الأراضي حيث تؤدي الى إزاحة المحاصيل الأخرى بالمواد الأولية للوقود الحيوي إلى تطهير الأراضي وإزالة الغابات في أماكن أخرى. وتشكل هذه التغيرات المباشرة وغير المباشرة في استخدام الأراضي شاغلا رئيسيا للاستدامة البيئية، لأنها يمكن أن تؤدي إلى انبعاثات كربونية كبيرة وتأثيرات على التنوع البيولوجي، مما يتعارض مع الأهداف البيئية الأساسية للتنمية المستدامة. وعلى الرغم من أن الوقود الحيوي ينظر إليه على أنه بديل للوقود الأحفوري، إلا أنه يمثل حالة مقايضة حيث قد يتم تعويض فوائد انخفاض انبعاثات الكربون أثناء الاستخدام بتكاليف بيئية عالية أثناء الإنتاج. وبالتالي من الضروري الحصول على نظرة شاملة لدورة حياة الوقود الحيوي وبذل الجهود لتحسين إنتاجه واستخدامه بطريقة توازن بين الفوائد والتكاليف البيئية المرتبطة بها.

يمكن للتقدم في التكنولوجيا والممارسات الزراعية جنبا إلى جنب مع تخطيط وسياسات الاستخدام المستدام للأراضي أن يخفف بشكل فعال من بعض هذه الآثار البيئية. فعلى سبيل المثال، يمكن للجيل الثاني والثالث من الوقود الحيوي، الذي يستخدم المحاصيل غير الغذائية، أو المخلفات الزراعية، أو الطحالب كمواد وسيطة، أن يقلل بشكل كبير من البصمة البيئية لإنتاج الوقود الحيوي. وعلى الرغم من ذلك تساعد ممارسات الزراعة المستدامة، ومحاصيل الوقود الحيوي الموفرة للمياه، والتخطيط المسؤول لاستخدام الأراضي في تقليل الآثار السلبية على الموارد المائية، وصحة التربة، والتنوع البيولوجي.

ويكون التأثير الضعيف لاستهلاك طاقة الوقود الحيوي على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة، كما كشف الانحدار الكمي مدفوعا بعوامل اقتصادية مختلفة.

نضج السوق: لم يصل الوقود الحيوي بعد إلى مستوى نضج السوق مقارنة بالوقود الأحفوري. وعلى الرغم من أن إنتاج واستخدام الوقود الحيوي قد نما زيادة كبيرة، فإنهما لا يزالان يشكلان نسبة صغيرة من الاستهلاك العالمي للطاقة. قد يعني هذا الظهور النسبي في سوق الطاقة أن التأثير البيئي العام لا يزال ضئيلا مقارنة بمصادر الطاقة الأكثر رسوخا ، مثل النفط أو الفحم.

الجدوى الاقتصادية: غالبا ما يكون إنتاج الوقود الحيوي أكثر تكلفة من الوقود الأحفوري التقليدي. ويرجع ذلك إلى ارتفاع التكاليف المرتبطة بزراعة المواد الأولية للوقود الحيوي وحصادها وتحويلها إلى وقود قابل للاستخدام. ويمكن لهذه الحواجز الاقتصادية أن تحد من حجم ومعدل إنتاج الوقود الأحيائي واستهلاكه، مما يحد من أثره البيئي.

الإعانات وحوافز السياسات: غالبا ما يتم الترويج للوقود الحيوي من خلال آليات السياسة العامة مثل الإعانات والحوافز الضريبية. ومع ذلك، يمكن أن يكون دعم السياسة هذا غير متسق ويخضع لتغييرات سياسية. وفي بعض المناطق، تم تخفيض الدعم أو سحبه بسبب قيود الميزانية أو التخفيضات في أولويات السياسات. يمكن أن يؤدي هذا التقلب إلى تعطيل أسواق الوقود الحيوي وإعاقة نمو الصناعة.

الغذاء مقابل الوقود: انخرط الوقود الحيوي، وخاصة الجيل الأول من الوقود الحيوي المشتق من المحاصيل الغذائية مثل الذرة أو قصب السكر، في نقاش "الغذاء مقابل الوقود". ويتمثل القلق في أن استخدام الأراضي والموارد الزراعية لإنتاج الوقود الأحيائي قد يؤدي إلى ارتفاع أسعار الأغذية وانعدام الأمن الغذائي، ولا سيما في البلدان النامية. هذه المعضلة الاقتصادية والاجتماعية يمكن أن تبطئ من إنتاج الوقود الحيوي.

التحديات التكنولوجية: لا يزال إنتاج وقود حيوي أكثر استدامة من الجيلين الثاني والثالث، والذي يستخدم المحاصيل غير الغذائية أو النفايات، يمثل تحديا من الناحية التكنولوجية وغير قابل للتطبيق تجاريا على نطاق واسع. وإلى أن يتم التغلب على هذه الحواجز التكنولوجية، من المرجح أن يظل الاستهلاك الإجمالي للوقود الحيوي، وبالتالي تأثيره البيئي، محدودا.

التكاليف الخارجية: التكاليف البيئية المرتبطة بإنتاج الوقود الحيوي (على سبيل المثال، تلوث المياه ، انبعاثات CO2 من التغيرات في استخدام الأراضي) هي خارج سوق الوقود الحيوي – فهي لا تنعكس في سعر السوق للوقود الحيوي. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى فشل السوق، حيث لا تؤخذ التكلفة البيئية الحقيقية لإنتاج الوقود الأحيائي واستهلاكه في الحسبان بشكل كامل في قرارات الإنتاج والاستهلاك، مما يزيد من إضعاف الأثر البيئي.

- **أثر استخدام اجمالي الطاقة المتجددة على البصمة البيئية:**

تشير العلاقة العكسية بين إجمالي استخدام الطاقة المتجددة والبصمة البيئية عبر جميع الكميات إلى أن الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة يؤدي إلى انخفاض في البصمة البيئية. وهذه علاقة تتطابق مع النظرية وتتماشى مع نتائج دراسة Sahar Afshan واخرون (2022)[1] الذي استخدم نفس طريقة التقدير المطبقة في دراستنا ودراسة Rajesh Sharma واخرون (2021) [2] وتتعارض مع نتائج دراسة Chandrashekar Raghutla واخرون (2022) [3] فكلما زاد اعتماد أي دولة على مصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة المائية والطاقة الوقود الحيوي، كلما قل اعتمادها على مصادر الطاقة غير المتجددة الضارة بيئيا مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي. وبالتالي مع زيادة استهلاك الطاقة المتجددة يجب أن يخفض البصمة البيئية للبلد. ومع ذلك يختلف حجم المعاملات وأهميتها عبر الكميات المختلفة، مما يعني أن تأثير استهلاك الطاقة المتجددة على البصمة البيئية قد يختلف اعتمادا على الظروف المحددة داخل كل كمية. ويشير إلى أن عوامل أخرى، مثل العامل الاقتصادية يمكن أن تخفف من العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة والبصمة البيئية. وتفسير ذلك من خلال مفهوم " مفارقة اقتصاد الطاقة" ، حيث يمكن أن تؤدي التحسينات في كفاءة الطاقة (في هذه الحالة، استخدام الطاقة المتجددة) إلى زيادة في إجمالي استهلاك الطاقة بسبب انخفاض تكاليف الطاقة ، وهي ظاهرة تعرف باسم تأثير الارتداد. في حين أن موارد الطاقة المتجددة أكثر ملاءمة للبيئة لكل وحدة من الطاقة، فإن الوفورات الناتجة عن تحسينات الكفاءة يمكن أن تشجع على زيادة استهلاك الطاقة بشكل عام، مما يعوض إلى حد ما الفوائد البيئية. ويمكن أن ينطوي الانتقال إلى تحديد الطاقة على تكاليف بيئية كبيرة في البداية، على سبيل المثال يتطلب تصنيع وتركيب الألواح الشمسية وتوربينات الرياح والبطاريات كميات كبيرة من الطاقة والمواد، مما يؤدي إلى زيادة أولية في البصمة البيئية. وعلى الرغم من أن هذه التكاليف يمكن استردادها بمرور الوقت من خلال إنتاج طاقة أنظف، فإنها يمكن أن تخفف من تأثير استهلاك الطاقة المتجددة على البصمة البيئية. بالإضافة الى ذلك، قد يلعب الهيكل الاقتصادي للبلد دورا أيضا. ففي البلدان التي تهيمن فيها الصناعات الثقيلة، قد لا يكون التحول إلى الطاقة المتجددة كافيا للحد بشكل كبير من

[1] Sahar Afshan, Ilhan Ozturk, and Tanzeela Yaqoob, "Facilitating Renewable Energy Transition, Ecological Innovations and Stringent Environmental Policies to Improve Ecological Sustainability: Evidence from MM-QR Method," *Renewable Energy* 196 (August 1, 2022): 151–60, https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.125.

[2] Rajesh Sharma, Op.Cit.

[3] Chandrashekar Raghutla et al., "The Effect of Renewable Energy Consumption on Ecological Footprint in N-11 Countries: Evidence from Panel Quantile Regression Approach," *Renewable Energy* 197 (September 1, 2022): 125–37, https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.100.

البصمة البيئية ، خاصة إذا استمرت هذه الصناعات في الاعتماد على الممارسات الضارة بيئيا. وبالمثل، إذا كان النمو الاقتصادي لبلد ما مدفوعا إلى حد كبير بقطاعات يصعب إزالة الكربون منها (مثل الطيران والشحن)، فإن فوائد زيادة استهلاك الطاقة المتجددة يمكن أن تكون خافتة. ويمكن أن تؤثر السياسات واللوائح المحيطة بالطاقة المتجددة وحماية البيئة في بلد ما على العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة والبصمة البيئية. على سبيل المثال، إذا كان لدى بلد ما لوائح بيئية قوية، فإن التحول إلى الطاقة المتجددة يمكن أن يؤدي إلى انخفاض كبير في البصمة البيئية. في المقابل، إذا كانت اللوائح متساهلة ، فقد لا يتم تحفيز الشركات على العمل بطريقة صديقة للبيئة ، حتى مع زيادة استهلاك الطاقة المتجددة.

من الضروري إدراك أن الانتقال إلى الطاقة المتجددة لا يحدث بمعزل عن غيره. وتشكل هذه الأعمال جزءا لا يتجزأ من الديناميات الاجتماعية والاقتصادية الأوسع نطاقا، وقد تتولد آثارا اقتصادية مباشرة وغير مباشرة على حد سواء. أولا، لا يمكن التقليل من أهمية البنية التحتية. غالبا ما تتطلب أنظمة الطاقة المتجددة بنية تحتية جديدة، بما في ذلك أنظم الشبكات ومرافق التخزين وخطوط النقل، وقد تترتب على ذلك تكاليف اقتصادية كبيرة ويتطلب استثمارا كبيرا في البداية لا سيما في المناطق الأقل نموا من الناحية الاقتصادية رغم ما تؤدي إلى تخفيضات طويلة الأجل في الأثر البيئي. ثانيا يكون لطبيعة العمالة في قطاع الطاقة والاقتصاد الأوسع آثارا أيضا. عادة ما تكون أنظمة الطاقة المتجددة أكثر كثافة في العمالة من أنظمة الوقود التقليدية. لذلك يؤدي التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة إلى خلق فرص عمل ، مما يساهم بشكل إيجابي في النمو الاقتصادي. ومع ذلك من الأهمية بمكان أن نتذكر أن هذه الوظائف الجديدة قد تتطلب مهارات مختلفة عن تلك الموجودة في قطاع الطاقة التقليدي. ويمكن أن تؤدي ضرورة تنمية المهارات وتدريب القوى العاملة إلى تكاليف إضافية وتأخيرات زمنية في تحقيق الفوائد البيئية الكاملة لاستهلاك الطاقة المتجددة.

بالإضافة إلى ذلك تلعب أسعار الطاقة وديناميكيات السوق دورا كبيرا. وفي حين أصبحت تكنولوجيات الطاقة المتجددة تنافسية من حيث التكلفة بشكل متزايد، فإن تشوهات السوق، مثل دعم الوقود الأحفوري، يمكن أن تثبط التحول إلى الطاقة المتجددة. هذه التشوهات يمكن أن تحد من تأثير استهلاك الطاقة المتجددة على الحد من البصمة البيئية. بالإضافة الى ذلك فإن طبيعة مصادر الطاقة المتجددة تنطوي على تشتت جغرافي أكبر من الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري، التي غالبا ما تتركز في مناطق أو بلدان محددة. ويمكن أن تؤدي هذه اللامركزية إلى توزيع أكثر توازنا لتوليد الطاقة وبالتالي الدخل، مما يعزز الاستقرار الاقتصادي. ومع ذلك فإنه يعني أيضا ضرورة وجود بنية تحتية أكثر تطورا وقوة لنقل الطاقة. بالإضافة الى ذلك فإن عولمة الاقتصاد تؤثر أيضا على الانتقال إلى الطاقة المتجددة. فعلى سبيل المثال، قد تستورد البلدان تكنولوجيات متجددة بدلا من إنتاجها محليا، مما يؤدي إلى انخفاض البصمة البيئية محليا، ولكن يحتمل زيادتها في أماكن أخرى.

ايضا يؤثر الابتكار والتقدم التكنولوجي بشكل كبير على فعالية الطاقة المتجددة، وبالتالي يؤثر على البصمة البيئية. في حين أنه من المتوقع أن تؤدي التطورات في التقنيات المتجددة إلى تحسين الكفاءة وخفض التكاليف، إلا أن وتيرة واتجاه هذه الابتكارات يمكن أن تكون غير مؤكدة وتتأثر بعدد لا يحصى من العوامل ، مثل استثمارات البحث والتطوير والسياسة العامة وطلب السوق.

تعد قدرة الطاقة المتجددة متغيرا حاسما يرتبط ارتباطا وثيقا بالأبعاد البيئية للتنمية المستدامة، خاصة في البلدان الصناعية. عادة ما تمتلك الدول الصناعية القدرات الاقتصادية والتكنولوجية للاستثمار في تقنيات الطاقة المتجددة وتوسيع نطاقها. عندما تزيد هذه البلدان من قدرتها على الطاقة المتجددة، فإنها تقلل من اعتمادها على الوقود الأحفوري، مما قد يؤدي إلى انخفاض كبير في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. وهذا بدوره يسهم إسهاما إيجابيا في أحد الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة وهي التخفيف من آثار تغير المناخ. في حين ان زيادة القدرة على الطاقة المتجددة يمكن أن يكون لها أيضا آثار على الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية، وهو بعد بيئي أساسي آخر للتنمية المستدامة. يتم تسخير الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية من مصادر طبيعية وفيرة وقابلة للتجديد. من خلال تنويع مزيج الطاقة وزيادة حصة الطاقة المنتجة من مصادر متجددة، يمكن للدول الصناعية تقليل الضغط على الموارد غير المتجددة مثل النفط والفحم والغاز الطبيعي. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الانتقال نحو قدرة أكبر في مجال الطاقة المتجددة يمكن أن يؤثر أيضا تأثيرا إيجابيا على حفظ التنوع البيولوجي، وهو بعد بيئي آخر للتنمية المستدامة. يمكن أن يؤدي استخراج الوقود الأحفوري واستهلاكه إلى تدمير الموائل والتلوث، مما قد يضر بالتنوع البيولوجي. من ناحية أخرى، في حين أن منشآت الطاقة المتجددة يمكن أن تشكل أيضا بعض المخاطر على النظم الإيكولوجية المحلية والحياة البرية ، إلا أنها عموما يكون لها تأثير أقل على الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري ، خاصة إذا تم تنفيذ استراتيجيات تحديد المواقع والتخفيف المناسبة. فيما يتعلق بصحة الإنسان ، وهو عنصر رئيسي آخر للبيئة ، يمكن أن تؤدي زيادة قدرة الطاقة المتجددة إلى تقليل انبعاث المواد ذات الجزيئات الضارة بصحة الإنسان ، مثل ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأكاسيد النيتروجين (NO_x) والجسيمات. يمكن أن يؤدي تقليل هذه الانبعاثات إلى تحسين جودة الهواء وتقليل حدوث المشكلات الصحية. ومع ذلك ، من المهم ملاحظة أن الانتقال إلى الطاقة المتجددة لا يخلو من التحديات. على سبيل المثال ، تتطلب قضايا انقطاع الامداد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح الى استثمارات كبيرة في تقنيات تخزين الطاقة أو أنظمة الطاقة الاحتياطية. وبالمثل ، فإن إنتاج معدات الطاقة المتجددة والتخلص منها يتطلب أيضا إدارة دقيقة لتقليل الآثار البيئية إلى أدنى حد. ويجب إدارة هذه التحديات بفعالية لضمان مساهمة الزيادة في قدرة الطاقة المتجددة بشكل إيجابي في التنمية المستدامة.

ومن وجهة نظر اقتصادية، هناك بعض العوامل التي قد تساهم في التأثير الضعيف ظاهريا لإجمالي استهلاك الطاقة المتجددة على الأبعاد البيئية للتنمية المستدامة. أولا، هناك مسألة الحجم. على الرغم من أن تكنولوجيات الطاقة المتجددة قد شهدت نموا كبيرا ، إلا أن حصتها الإجمالية في مزيج الطاقة في العديد من البلدان الصناعية لا تزال

صغيرة نسبيا مقارنة بالوقود الأحفوري. من المهم ملاحظة أنه في حين أن استهلاك الطاقة المتجددة قد يكون في حالة ارتفاع ، فإن هذا لا يعادل بالضرورة انخفاضا نسبيا في استهلاك الوقود الأحفوري ، خاصة إذا كان الطلب الإجمالي على الطاقة يرتفع أيضا. لذلك ، قد يتم تعويض الفوائد البيئية المكتسبة من استهلاك الطاقة المتجددة من خلال الضرر البيئي المستمر (وربما المتزايد) الناجم عن الوقود الأحفوري. ثانيا ، من المهم مراعاة المبدأ الاقتصادي لتكاليف الفرصة البديلة. رأس المال المستثمر في الطاقة المتجددة هو رأس المال الذي لا يتم استثماره في أي مكان آخر في الاقتصاد. إذا كان من الممكن أن تحقق هذه الاستثمارات المحتملة الأخرى فوائد بيئية أكبر (على سبيل المثال ، في تحسين كفاءة الطاقة أو مبادرات الحفظ) ، فإن التأثير العام لاستهلاك الطاقة المتجددة على التنمية المستدامة قد يكون أقل من المتوقع. ثالثا ، هناك إخفاقات في السوق والتنظيم قد تحد من الفوائد البيئية للطاقة المتجددة. على سبيل المثال ، إذا كانت أسعار الطاقة لا تعكس بالكامل التكاليف البيئية للوقود الأحفوري (بسبب الدعم ، على سبيل المثال) ، فقد لا يكافئ السوق الطاقة المتجددة بقدر ما ينبغي بناء على فوائدها البيئية. وبالمثل ، إذا كانت هناك حواجز تنظيمية أمام نشر الطاقة المتجددة (مثل عمليات التصاريح المرهقة) ، فقد يكون استيعابها أبطأ وتأثيرها البيئي أقل وضوحا. أخيرا ، تجدر الإشارة أيضا إلى أنه في حين أن تقنيات الطاقة المتجددة عادة ما تكون أنظف من الوقود الأحفوري ، إلا أنها لا تخلو من آثارها البيئية. على سبيل المثال ، ينطوي ناتج الألواح الشمسية وتوربينات الرياح على استخراج الموارد ويمكن أن يولد النفايات ، ويمكن أن يكون لأنواع معينة من الطاقة الحيوية تأثيرات كبيرة على استخدام الأراضي والتنوع البيولوجي. إذا لم تتم إدارة هذه الآثار بشكل فعال ، فإنها يمكن أن تتصدى لبعض الفوائد البيئية لاستهلاك الطاقة المتجددة. في الختام ، في حين أن الطاقة المتجددة تلعب بالتأكيد دورا رئيسيا في تعزيز الاستدامة البيئية ، إلا أن تأثيرها قد يكون أقل وضوحا أو أضعف مما كان متوقعا بسبب مجموعة من العوامل الاقتصادية والسوقية. وهذا يؤكد الحاجة إلى سياسات طاقة شاملة ومدروسة جيدا تأخذ في الاعتبار الصورة الأكبر لنظام الطاقة وتفاعله مع الاقتصاد والبيئة.

- **أثر النمو الاقتصادي على البصمة البيئية:**

كشفت النتائج عن وجود علاقة طردية بين النمو الاقتصادي والبصمة البيئية وهذا يمكن أن يفسر على هذا النحو حيث لطالما اعتبر النمو الاقتصادي هدفا أساسيا للدول في جميع أنحاء العالم. في حين أنه يجلب مجموعة من الفوائد، فإنه يمكن أن يفرض أيضا تكاليف بيئية كبيرة. وهناك العديد من الأسباب الاقتصادية وراء ذلك. أولا، غالبا ما يرتبط النمو الاقتصادي بزيادة الإنتاج والاستهلاك، اللذين يعتمدان تقليديا اعتمادا كبيرا على استغلال الموارد الطبيعية من الوقود الأحفوري. وهذا يؤدي إلى زيادة انبعاثات غازات الدفيئة والملوثات الأخرى، مما يؤدي إلى تغير المناخ وتلوث الهواء والماء ومشاكل بيئية أخرى ، وبالتالي تتوسع البصمة البيئية ويتفاقم هذا التأثير بسبب حقيقة أن العديد من الاقتصادات تعتمد بطريقة لا تأخذ في الاعتبار التكاليف البيئية للأنشطة الاقتصادية بشكل كامل. وغالبا ما يتم التعامل مع البيئة على أنها "خارجية" ، مما يعني أن التكلفة التي تتكبدها بسبب التلوث أو نضوب

الموارد لا تنعكس في أسعار السوق للسلع والخدمات. وهذا يؤدي إلى الإفراط في الاستهلاك والإفراط في الإنتاج بما يتجاوز ما يمكن أن يكون مستداما، مما يؤدي إلى تفاقم البصمة البيئية .

يقدم مفهوم منحنى كوزنتس البيئي (EKC) أيضا نظرة ثاقبة للعلاقة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي. تشير فرضية EKC إلى أنه مع تطور الاقتصاد يزداد التدهور البيئي والتلوث في البداية ، ولكن بعد الوصول إلى مستوى معين من النمو الاقتصادي ، يبدأ المجتمع في تحسين علاقته بالبيئة وتنخفض مستويات التدهور البيئي. وفي المراحل المبكرة من التنمية، غالبا ما تركز البلدان على النمو والتوسع الصناعي، وغالبا ما يكون ذلك على حساب البيئة. ومع ذلك ، عندما يصبح البلد أكثر ثراء ، قد تتغير القيم المجتمعية ، ويصبح المزيد من الموارد متاحا للاستثمار في التقنيات والبنية التحتية الأنظف ، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى انخفاض في التأثير البيئي. ومن المهم أن نتذكر أن نقطة التحول التي يبدأ فيها التدهور البيئي في الانخفاض يمكن أن تكون عند مستوى دخل مرتفع للغاية ، والذي قد يستغرق وقتا طويلا للوصول إليه وقد لا يزال يعاني من أضرار بيئية كبيرة. كما أن الانخفاض في البصمة البيئية قد يعزى إلى الاستعانة بمصادر خارجية للصناعات الملوثة إلى بلدان أخرى، غالبا ما تكون أكثر فقرا. وبينما يبدو أن التأثير البيئي قد انخفض ، فقد يكون قد تم نقله إلى موقع آخر. بالإضافة الى ذلك يؤدي النمو الاقتصادي إلى ما يعرف باسم "تأثير الارتداد". مع تحسن التكنولوجيا، غالبا ما تصبح أكثر كفاءة في استخدامنا للموارد ، وهو أمر مفيد للحد من التأثير البيئي. ومع ذلك تؤدي مكاسب الكفاءة هذه إلى انخفاض التكاليف ، مما يمكن أن يحفز الطلب الإضافي ، مما يعوض بشكل أساسي فوائد زيادة الكفاءة.

- **أثر مستوى التعليم على البصمة البيئية:**

تظهر نتيجة مستوى التعليم تأثيرا عكسيا على البصمة البيئية. تتماشى هذه النتيجة مع دراسة Balaguer & Cantavella(2018) [1]يمكن تفسير هذه العلاقة العكسية من خلال فرضية منحنى كوزنتس البيئي ، والتي تنص على أنه مع تطور الاقتصاد ، ويزداد التدهور البيئي في البداية ، ثم يصل إلى ذروته ، ثم ينخفض لاحقا. في هذا السياق يعد متغير التعليم عاملا أساسيا في التنمية المجتمعية والوعي. مع زيادة مستوى التعليم في المجتمع، من المرجح أن يزداد فهم ووعي القضايا البيئية بين السكان ولا سيما في المجالات المتصلة بالعلوم البيئية والاستدامة أن يعزز فهما أكبر للآثار البيئية للإجراءات الفردية والجماعية. تؤثر هذه المعرفة والوعي على السلوك تجاه ممارسات أكثر صداقة للبيئة، وبالتالي تقليل البصمة البيئية. علاوة على ذلك، من المرجح أن يكون المجتمع المتعلم مبتكرا وقابلا للتكيف مع التغييرات. يمكن لمستويات التعليم العالي أن تحفز التقدم التكنولوجي والابتكار، مما قد يؤدي إلى تطوير عمليات إنتاج وعادات استهلاك أكثر كفاءة وأقل كثافة في الاستخدام، مما يقلل مرة أخرى من البصمة البيئية. وللتعليم أيضا أن يوفر المهارات اللازمة للأفراد والمجتمعات للتكيف مع التكنولوجيات والممارسات

[1] Jacint Balaguer and Manuel Cantavella, "The Role of Education in the Environmental Kuznets Curve. Evidence from Australian Data," *Energy Economics* 70 (February 1, 2018): 289–96, https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.01.021.

الجديدة الأكثر استدامة بيئيا. بالإضافة إلى ذلك تؤدي المستويات الأعلى من التعليم إلى تغييرات في القيم والمواقف تجاه البيئة. قد يعطي الأفراد المتعلمون الأولوية للجودة البيئية والاستدامة أكثر من أولئك الذين لديهم مستويات تعليمية منخفضة، مما يؤدي إلى خيارات تقلل من تأثيرهم البيئي. على سبيل المثال، قد يفضلون شراء السلع والخدمات من الشركات ذات السجلات البيئية القوية، أو استخدام وسائل النقل العام ، أو إعادة التدوير ، أو الانخراط في سلوكيات أخرى مؤيدة للبيئة. وبالإضافة الى ذلك كثيرا ما ترتبط المجتمعات ذات مستويات التعليم العالي بمؤسسات أقوى، وحوكمة أفضل، وتنفيذ أكثر فعالية للتنظيمات البيئية، وكل ذلك يسهم في خفض البصمة البيئية. ويمكن للتعليم العالي أن يؤثر على القرارات السياسية والسياسية المتعلقة بحماية البيئة.

- **أثر العولمة على البصمة البيئية:**

كشفت النتائج عن وجود تأثير إيجابي للمؤشر العولمة والبصمة البيئية على البصمة البيئية عبر جميع الكميات، مما يعني أنه كلما أصبحت البلدان أكثر عولمة تميل بصمتها البيئية إلى الزيادة ويمكن تفسير ذلك من خلال مفهوم العولمة حيث ان زيادة التكامل والترابط بين الاقتصادات التي تتميز بالتدفق غير المقيد للسلع والخدمات ورأس المال، وفي بعض الحالات العمالة عبر الحدود. حيث أدت هذه الظاهرة إلى ارتفاع كبير في حجم التجارة العالمية، وتدفقات الاستثمار الدولي، وانتشار التكنولوجيا والابتكار عبر الحدود. ومن النتائج المباشرة للعولمة الطابع الصناعي والنمو الاقتصادي في العديد من البلدان، ولا سيما في العالم النامي. وغالبا ما كان هذا مصحوبا بزيادة الطلب على الطاقة والمواد الخام والموارد الأخرى، مما أدى بدوره إلى مستويات أعلى من التلوث والتدهور البيئي. وعلى الرغم من أن أوجه التقدم في التكنولوجيا والأنظمة البيئية الأكثر صرامة في بعض البلدان قد ساعدت على الحد من الأثر البيئي لكل وحدة من الإنتاج، فإن الحجم العام للإنتاج والاستهلاك غالبا ما طغى على هذه المكاسب الناتجة عن الكفاءة، مما أدى إلى زيادة صافية في البصمة البيئية. ثانيا حفزت العولمة على التوسع السريع في التجارة الدولية، مما أدى إلى سلاسل توريد عالمية أكثر اتساعا. في حين أن هذه السلاسل ساهمت بشكل كبير في النمو الاقتصادي، فقد أدت أيضا إلى آثار بيئية كبيرة. إن نقل البضائع عبر مسافات طويلة، والذي غالبا ما ينطوي على مراحل متعددة من الإنتاج في بلدان مختلفة، يستهلك طاقة كبيرة ويساهم بشكل كبير في انبعاثات غازات الدفيئة العالمية. وبالإضافة الى ذلك فإن التغليف والتخزين والنفايات المرتبطة بالمنتجات المهملة تضيف إلى البصمة البيئية. ويمكن أن تؤدي العولمة أيضا إلى "سباق نحو القاع" من حيث المعايير البيئية. وقد تستسلم بعض الشركات المتعددة الجنسيات لإغراء نقل عملياتها إلى بلدان ذات أنظمة بيئية أضعف لخفض تكاليفها، مما يؤدي إلى تفاقم التلوث والمشاكل البيئية الأخرى في هذه البلدان المضيفة. وبالإضافة إلى ذلك يمكن للمنافسة الشديدة التي تجريها العولمة أن تضغط على الشركات لقطع الزوايا في حماية البيئة لتوفير التكاليف والحفاظ على القدرة التنافسية. وايضا تؤدي العولمة إلى تغييرات في أنماط الاستهلاك، وغالبا ما تعزز ثقافة استهلاكية تفضل المنتجات القابلة للاستهلاك وتشجع الاستهلاك المفرط. هذا لا يؤدي فقط إلى الاستخدام المفرط للموارد، ولكن أيضا يولد نفايات كبيرة، مما يضيف إلى البصمة البيئية

- **أثر الانفتاح التجاري على البصمة البيئية:**

بالنسبة للانفتاح التجاري قد أظهرت النتائج أن الأثر معنوي احصائيا ويرتبط بعلاقة عكسية مع والبصمة البيئية عبر الكميات. وهذا يشير إلى أنه عندما يصبح الاقتصاد أكثر انفتاحا على التجارة الدولية، فإنه يميل إلى تقليل بصمته البيئية. وقد تفسر هذه النتيجة من خلال هو ما يسمى "فرضية ملاذ التلوث". ووفقا لهذه النظرية، فإن الشركات في البلدان المتقدمة، حيث اللوائح البيئية صارمة، تنقل عمليات الإنتاج كثيفة التلوث إلى البلدان ذات اللوائح البيئية الأكثر تساهلا. ولذلك ترتبط زيادة الانفتاح التجاري بالاستعانة بمصادر خارجية للتلوث وبالتالي انخفاض الأثر البيئي المحلي. هناك تفسير معقول آخر مرتبط بفرضية "منحنى كوزنتس البيئي" (EKC). ويشير التصنيف الاقتصادي لمخاطر البيئة إلى أنه مع نمو نصيب الفرد من الدخل في بلد ما، يزداد التدهور البيئي أولا ثم ينخفض بعد بلوغه عتبة معينة للدخل. في سياق التجارة المفتوحة، يمكن أن يعزى الانخفاض في البصمة البيئية إلى اقتصاد يتحرك على طول EKC. عندما ينفتح بلد ما على التجارة، قد يواجه في البداية تدهورا بيئيا متزايدا بسبب التصنيع وزيادة استخدام الموارد. ومع ذلك تواصل البلاد تطوير وزيادة دخلها ، ويمكنها تحمل تقنيات أكثر كفاءة ، وفرض لوائح بيئية أكثر صرامة ، والتحول نحو قطاعات أقل كثافة في التلوث. ويمكن أن يكون هناك أيضا تفسير "هبة عوامل الإنتاج"، الذي ينص على أن البلدان ستميل إلى تصدير السلع التي تتطلب مدخلات لديها بوفرة. فالبلدان الغنية بالموارد الطبيعية ستصدر سلعا كثيفة الاستخدام للموارد، في حين أن البلدان الغنية برأس المال ستصدر سلعا كثيفة رأس المال. وهكذا، من خلال الانفتاح على التجارة الحرة، يمكن للبلدان أن تتخصص في إنتاج وتصدير ما هي أكثر كفاءة فيه، مما قد يقلل من بصمتها البيئية. فعلى سبيل المثال، يمكن لبلد فقير الموارد، ولكنه غني برأس المال أن يقلل من بصمته البيئية عن طريق استيراد سلع كثيفة الاستخدام وإنتاج سلع أكثر كثافة في رأس المال. وأخيرا، يمكن للانفتاح التجاري أن يحفز الابتكار والتقدم التكنولوجي، مما قد يقلل من البصمة البيئية. توفر التجارة المفتوحة زيادة الوصول إلى التقنيات المتقدمة وتحفز الابتكار المحلي من خلال الضغوط التنافسية. ويمكن للبلدان استيراد تكنولوجيات أنظف أو تطوير تكنولوجيات خاصة بها، مما يقلل من الأثر البيئي لكل وحدة من الإنتاج. ومع ذلك فان التأثير الفعلي للانفتاح التجاري على البصمة البيئية يمكن ان يكون من خلال عوامل أخرى مثل تنفيذ اللوائح البيئية والجودة المؤسسية والمعايير الاجتماعية تجاه حماية البيئة أن تؤثر بشكل كبير على العلاقة بين الانفتاح التجاري والبصمة البيئية.

خلاصة الفصل الثالث

في هذا الجزء من الدراسة قمنا بتقدير النماذج القياسية باستخدام برنامج الاحصائي Stata.17، لمتغيرات مصادر الطاقة المتجددة وقياس أثرها على بعض من المتغيرات البيئية التي تعكس الابعاد البيئية للتنمية المستدامة حيث بينت نتائج تقدير نماذج البصمة الكربونية المقدرة بواسطة طريقة CS-ARDL انه وعلى المدى الطويل ان مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والوقود الحيوي وإجمالي الطاقة المتجددة لها تأثير سلبي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. اذ تعمل الطاقة المتجددة على تقليل انبعاثات الكربون بشكل فعال وتأخذ دورًا محوريًا في تحقيق الاستدامة البيئية. وهذا مهم بشكل خاص في ضوء اتفاقيات المناخ العالمية مثل اتفاقية باريس. بالإضافة الى ذلك يؤدي التقدم المستمر في التكنولوجيا المتجددة، وخاصة في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، إلى زيادة إنتاج الطاقة مع تقليل الانبعاثات المرتبطة بها. وقد يكون الانتقال من الاستخدام التجريبي إلى الاستخدام التجاري المتقدم لمصادر الطاقة المتجددة عاملاً مساهماً في الانخفاض الملحوظ في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

وتشير نتائج اختبار السببية للبانل غير المتجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012) ان كل متغيرات نموذج البصمة الكربونية لها علاقة سببية ثناية الاتجاه مع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ماعدا متغير استخدام طاقة الوقود الحيوية فان له سببية أحادية الاتجاه يتجه من استخدام طاقة الوقود الحيوية الى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

كما أظهر نتائج تقديرMM-QR لنماذج البصمة البيئية ان مصادر الطاقة المتجددة لها أثر عكسي على البصمة البيئية في معظم الكميات، ويؤدي استخدام مصادر الطاقة المتجددة إلى تقليل تعطيل الموائل وزيادة الحفاظ على الأنواع المحلية. بالإضافة الى ذلك فبالمقارنة مع مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والطاقة النووية، فإن مصادر الطاقة المتجددة، وخاصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية، تستهلك كميات أقل بكثير من المياه. وتعتبر النفايات الناتجة عن البنية التحتية للطاقة المتجددة، مثل إنتاج الألواح الشمسية، أقل ضررا بكثير من النفايات الناتجة عن الفحم أو الطاقة النووية. ويؤدي اعتماد الطاقة المتجددة إلى تحسين جودة الهواء والتربة وتقليل استنزاف الموارد لأنها تستغل دورات الطبيعة التي لا نهاية لها، على عكس الوقود الأحفوري.

وتشير نتائج اختبار السببية للبانل غير المتجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012) ان كل متغيرات النموذج الثاني لها علاقة سببية ثناية الاتجاه مع البصمة البيئية، ماعدا متغير العولمة والانفتاح التجاري فان لهما سببية أحادية الاتجاه تتجه من العولمة والانفتاح التجاري نحو البصمة البيئية.

الخاتمة

في الأخير، وبشكل عام عند استكشاف تأثير استهلاك الطاقة المتجددة على البيئة والمناخ والتنمية المستدامة، تترسخ حقيقتين. تؤكد الحقيقة الأولى أن استخدام الطاقة المتجددة مسألة حاسمة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة، مما يسهم إسهاما كبيرا في التخفيف من آثار تغير المناخ، ولا سيما في البلدان النامية. وهذا ما تؤكده الدراسات المختلفة ومبادرات الاستدامة. وتتعلق الحقيقة الثانية بالطبيعة اللامركزي لإنتاج الطاقة، ويؤدي إنتاج الطاقة المتجددة، الموزعة جغرافيا وفقا للموارد الطبيعية المتاحة، إلى تنويع مصادر الطاقة، وبالتالي تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. واليوم تنمو حصة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمي بشكل متزايد، مما يمثل خطوة مهمة إلى الأمام في تحقيق أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (SDGs)، لا سيما في مكافحة تغير المناخ وتعزيز الاقتصاد الأخضر والشامل.

ومن خلال هذه الدراسة حاولنا الإجابة على الإشكالية المطروحة والمتمثلة في أثر الطاقات المتجددة على الابعاد البيئية للتنمية المستدامة وذلك بدراسة عينة من 29 دولة من مختلف قارات العالم خلال الفترة الممتدة من 1990إلى 2021 وفيما يلي أهم نتائجها، الى جانب التوصيات وآفاق البحث

أولا: اختبار الفرضيات: وفقا لما جاء في الدراسة التطبيقية فإن نتائج اختبار الفرضيات كالتالي

- **اختبار الفرضية الأولى:** الأدلة تدعم بشكل قوي أن زيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة، بما في ذلك الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، والطاقة الكهرومائية، بالإضافة إلى الطاقة الحيوية، تسهم بشكل مباشر وفعّال في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير والطويل. هذا التقليل في الانبعاثات يعزز التقدم نحو تحقيق الأهداف البيئية للتنمية المستدامة، من خلال تحسين نوعية الهواء وخفض تركيزات الغازات الدفيئة. على الرغم من الانبعاثات غير المباشرة المحتملة، خاصة في الطاقة الكهرومائية، تبقى الفوائد البيئية لاستخدام هذه المصادر أعظم بكثير من الأنظمة القائمة على الوقود الأحفوري، مما يدعم استمرار الانتقال نحو حلقة طاقة مستدامة ومحايدة للكربون
- **اختبار الفرضية الثانية:** يؤدي الانتقال نحو مصفوفة الطاقة التي تهيمن عليها مصادر الطاقة المتجددة، والتي تشتمل على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والوقود الحيوي والمصادر المتجددة الأخرى، إلى انخفاض صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. نظرا لأن التقنيات المتجددة تحل محل طرق توليد الطاقة التقليدية القائمة على الوقود الأحفوري، فإن البصمة الكربونية الإجمالية لقطاع الطاقة تتضاءل. حيث ان التكامل بين مصادر متجددة المختلفة يمنح لكل منها مزاياه الخاصة، مما يخلق نظاما قويا يقلل من الاعتماد على توليد الطاقة كثيفة الكربون، وبالتالي تعزيز أهداف الاستدامة البيئية. وهو ما يُثبت صحة الفرضية الثانية

- **اختبار الفرضية الثالثة:** الأدلة تُظهر بوضوح أن زيادة استخدام كل مصدر من مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، والطاقة الكهرومائية، بالإضافة إلى الطاقة الحيوية، تؤدي دوراً محورياً في تقليل البصمة البيئية. استخدام هذه المصادر يعزز مسارات التنمية المستدامة والنمو الأخضر من خلال تخفيض الانبعاثات والتقليل من الآثار البيئية غير المباشرة. رغم وجود بعض التحديات البيئية المحتملة، خاصة مع الطاقة الكهرومائية، إلا أن الفوائد البيئية لهذه المصادر تفوق السلبيات بشكل كبير، مما يدعم بقوة استمرار التوجه نحو اعتماد أكبر على الطاقة المتجددة كجزء من استراتيجيات التنمية العالمية المستدامة
- **اختبار الفرضية الرابعة:** إن التحول الشامل نحو هيكل الطاقة المدعوم بشكل بارز بمصادر الطاقة المتجددة يوفر وسيلة واعدة للحد من البصمة البيئية، وتعزيز البعد البيئي للتنمية المستدامة. وهو ما يُثبت صحة الفرضية الرابعة

ثانيا: نتائج الدراسة:

1.النتائج النظرية :يمكن تلخيص أهم هذه النتائج فيما يلي:

- توفر الطاقة المتجددة فوائد متعددة الأبعاد منها تقليل انبعاثات غازات الدفيئة، وتحسين أمن الطاقة، وخلق فرص عمل، وتنمية اقتصادية مستدامة.
- الطاقة المتجددة لها دوراً محورياً في تحقيق أهداف التنمية المستدامة مثل الحد من الفقر وعدم المساواة وحماية البيئة.
- مصادر الطاقة المتجددة الرئيسية تشمل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الحيوية، ولكل منها تأثيرات بيئية مختلفة يجب مراعاتها.
- على المستوى العالمي، شهدت الطاقة المتجددة نمواً كبيراً في العقدين الماضيين وتمثل الآن حوالي ثلث إجمالي طاقة الكهرباء المولدة.
- التحدي الرئيسي أمام انتشار الطاقة المتجددة هو منافسة مصادر الوقود الأحفوري المدعومة وانخفاض تكلفتها.
- الاستثمارات المتزايدة والسياسات الداعمة ستساعد على زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمي.
- التحول إلى الطاقة المتجددة ضروري لكن يجب مراعاة التحديات البيئية لكل مصدر لضمان استدامة شاملة.
- تعتبر الطاقة المتجددة عنصرا أساسيا في التحول إلى اقتصاد أخضر ومنخفض الكربون.

- تساعد الطاقة المتجددة الموزعة في المناطق الريفية على سد فجوة الطاقة وتحسين مستوى المعيشة.
- توفر الطاقة المتجددة فرصا للابتكار والتطوير التكنولوجي في مجالات مثل تخزين الطاقة وشبكات الطاقة الذكية.
- أصبح استثمار القطاع الخاص في مشاريع الطاقة المتجددة أكثر جاذبية مع انخفاض التكاليف وتحسن العوائد.
- تتيح الشراكات الدولية نقل المعرفة والتمويل لدعم انتشار الطاقة المتجددة في البلدان النامية.
- تعتمد سرعة التحول إلى الطاقة المتجددة على السياسات واللوائح الحكومية الداعمة للقطاع.
- من المتوقع أن تصل حصة الطاقة المتجددة إلى ما يقرب من 85% من إمدادات الطاقة العالمية بحلول عام 2050.

2.النتائج التطبيقية: إجمالا تمثلت النتائج التطبيقية فيما يلي:

- على المدى القصير وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الشمسية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة الشمسية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0185. وعلى المدى الطويل وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الشمسية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة الشمسية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0230
- على المدى القصير وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام طاقة الرياح وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام طاقة الرياح بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0498 وعلى المدى الطويل وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام طاقة الرياح وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام طاقة الرياح بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0230
- على المدى القصير وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الكهرومائية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة الكهرومائية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0670. وعلى المدى الطويل وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة الكهرومائية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة الكهرومائية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.0741
- على المدى القصير وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام طاقة الوقود الحيوي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام طاقة الوقود الحيوي بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني

أكسيد الكربون بـ 0.0779 وعلى المدى الطويل وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام طاقة الوقود الحيوية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الوقود الحيوية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.1586

- على المدى القصير وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة المتجددة الكلية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة الكلية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.1025 وعلى المدى الطويل وجود علاقة معنوية عكسية بين كل استخدام الطاقة المتجددة الكلية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث ان الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة الكلية بوحدة واحدة تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بـ 0.2065
- على المدى القصير وجود علاقة معنوية طردية بين كل من النمو الاقتصادي وانبعاث ثاني أكسيد الكربون أي ان التغير في الناتج المحلي الإجمالي له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى القصير يميل إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وعلى المدى الطويل لا يزال النمو الاقتصادي له تأثير إيجابي ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. هذا يشير إلى أن النمو الاقتصادي على المدى الطويل يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
- على المدى القصير وجود علاقة معنوية إيجابية بين التنمية المالية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، أي ان الزيادة في التنمية المالية يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وعلى المدى الطويل وجود علاقة معنوية إيجابية بين التنمية المالية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، أي ان الزيادة في التنمية المالية يزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
- على المدى القصير وجود علاقة معنوية عكسية بين كل مؤشر التنمية البشرية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، وهذا يشير الى ان ارتفاع مؤشر التنمية البشرية تخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وعلى المدى الطويل وجود علاقة عكسية بين كل من مؤشر التنمية البشرية وانبعاث ثاني أكسيد الكربون غير دال احصائيا
- على المدى القصير وجود علاقة معنوية عكسية بين كل من مؤشر التنمية البشرية، نفقات البحث في مجال الطاقة المتجددة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، وهذا يشير الى ان ارتفاع مؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة تقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وعلى المدى الطويل وجود علاقة معنوية عكسية بين كل نفقات البحث في مجال الطاقة المتجددة وانبعاث ثاني أكسيد الكربون، وهذا يشير الى ان الزيادة في نفقات البحث في تقنيات الطاقة المتجددة تقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

- تشير نتائج اختبار السببية لبيانات البانل غير المتجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012) الذي يحدد السببية بين المتغيرات المختلف والبصمة الكربونية والتي كشفت على وجود علاقة سببية أحادية الاتجاه تنطلق من طاقة الكتلة الحيوي الى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ووجود علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين طاقة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية، مجموع الطاقة المتجددة، الناتج المحلي الإجمالي، التنمية المالية، مؤشر التنمية البشرية ونفقات البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة نحو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام الطاقة الشمسية ومؤشر البصمة البيئية للكميات0.1 و0.2 و0.3 و0.4 و0.5 و0.6 و0.7 أي ان الزيادة في استخدام الطاقة الشمسية تخفض البصمة البيئية. في حين ان العلاقة عكسية وغير دالة احصائيا في الكمية 0.8 والعلاقة طردية وغير دالة احصائيا بين كل من استخدام الطاقة المتجددة ومؤشر البصمة البيئية في الكمية 0.9 .
- يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام طاقة الرياح ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في استخدام طاقة الرياح تخفض البصمة البيئية.
- يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام الطاقة الكهرومائية ومؤشر البصمة البيئية عبر الكميات من 0.1 الى 0.7 أي ان الزيادة في استخدام الطاقة الكهرومائية تخفض البصمة البيئية. وغير دال احصائيا عند الكميات 0.8 و0.9
- يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام طاقة الوقود الحيوي ومؤشر البصمة البيئية عبر الكميات من 0.1 الى 0.8 أي ان الزيادة في استخدام طاقة الوقود الحيوي تخفض البصمة البيئية. وغير دال احصائيا عند الكمية 0.9
- يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من استخدام الطاقة المتجددة الكلية ومؤشر البصمة البيئية عبر الكميات من 0.1 الى 0.8 أي ان الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة الكلية تخفض البصمة البيئية. وغير دال احصائيا عند الكمية 0.9
- يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من النمو الاقتصادي ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في النمو الاقتصادي تزيد من البصمة البيئية.
- يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من مستوى التعليم ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في مستوى التعليم تقلل البصمة البيئية.

- يشير المعامل الايجابي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة طردية معنوية بين كل من مؤشر العولمة ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات أي ان الزيادة في مؤشر العولمة تزيد من البصمة البيئية.
- يشير المعامل السلبي وذو الدلالة الإحصائية انه توجد علاقة عكسية معنوية بين كل من الانفتاح التجاري ومؤشر البصمة البيئية عبر كل الكميات، أي ان الزيادة في الانفتاح التجاري تقلل البصمة البيئية.
- تشير نتائج اختبار السببية لبيانات البانل غير المتجانسة حسب (Dumitrescu & Hurlin, 2012) الذي يحدد السببية بين مختلف المتغيرات والبصمة البيئية والتي كشفت على وجود علاقة سببية أحادية الاتجاه تنطلق من مؤشر العولمة و الانفتاح التجاري الى البصمة البيئية وهذا يعني ان مؤشر العولمة و الانفتاح التجاري له تأثير سببي على البصمة البيئية ولكن ليس العكس ، ووجود علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين طاقة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية، طاقة الكتلة الحيوي الطاقة المتجددة الكلية، الناتج المحلي الإجمالي، مستوى التعليم نحو البصمة البيئية. وهذا يعني أن التغيرات في هذه العوامل يمكن أن تؤثر على البصمة البيئية، وعلى العكس من ذلك، يمكن أن يكون للتغيرات في البصمة البيئية تأثير على هذه المتغيرات

ثالثا: التوصيات :حتى تكون استخدام الطاقة المتجددة أداة فعالة لتحقيق الابعاد البيئية للتنمية المستدامة خلصت الدراسة الى التوصيات التالية:

- **صياغة السياسات:**

- **تحفيز الطاقة المتجددة** ينبغي لواضعي السياسات تقديم تخفيضات ضريبية أو حوافز للشركات والأسر التي تستخدم مصادر الطاقة المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، فإن معاقبة الصناعات ذات البصمة الكربونية العالية يمكن أن يعيد توجيه الموارد نحو ممارسات أكثر استدامة.
- **تعزيز التعليم:** يمكن للمناهج الدراسية المحسنة في المدارس التي تؤكد على التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة غير المتجددة أن تشكل جيلاً أكثر ميلاً نحو الاستدامة.

- **التعاون الصناعي:**

- **شراكة البحث والتطوير:** إقامة شراكات بين المؤسسات البحثية والصناعات لتسريع التقدم في تكنولوجيا الطاقة المتجددة. النظر في إنشاء مركز أبحاث مشترك يتمتع بالتمويل والخبرة الكافية.
- **نقل التكنولوجيا:** تسهيل نقل التقنيات المتجددة المتقدمة بين البلدان، مما يضمن حصول الدول الأقل نمواً على خيارات الطاقة المتجددة الفعالة.

- **التوعية والتثقيف العام:**

- **ورش العمل المجتمعية:** تنظيم ورش عمل وندوات مجتمعية تؤكد على التطبيق العملي وفوائد استخدام الطاقة المتجددة.
- **الحملات الإعلامية:** التعاون مع وكالات الإعلام لإنشاء حملات توعية واسعة النطاق، بما في ذلك الأفلام الوثائقية والرسوم البيانية والمنصات التفاعلية.

- **مزيد من البحوث:**

- **الدراسات الطولية:** إجراء دراسات طولية لتتبع تأثير السياسات المطبقة مع مرور الوقت، مما يضمن فعالية السياسات على المدى الطويل.
- **تحليل الآلية:** من المهم التعمق في الآليات الأساسية التي تسبب العلاقات الملحوظة في البيانات. وقد يشمل ذلك تعاونًا متعدد التخصصات، يجمع بين رؤى من الاقتصاد وعلم الاجتماع والعلوم البيئية.

- **الشراكات العالمية:**

- **برامج تبادل المعرفة:** تنفيذ برامج تبادل المعرفة بين الدول، مع التركيز على أفضل الممارسات والدروس المستفادة في مجال تنفيذ الطاقة المتجددة.
- **المبادرات البحثية المشتركة:** تعزيز المبادرات البحثية الدولية حيث تتعاون العديد من البلدان في المشاريع، وتجميع الموارد، والخبرات والبيانات.

- **التحليل الإقليمي:**

- **توصيات السياسة المحلية:** ينبغي تصميم السياسات لتناسب مناطق محددة، مع الأخذ في الاعتبار الظروف الاجتماعية والاقتصادية المحلية، واحتياجات الطاقة، والموارد المتاحة.
- **جمع البيانات الإقليمية:** تعزيز جمع البيانات على المستوى الإقليمي للحصول على فهم دقيق للتحديات والفرص التي تقدمها كل منطقة.

- **الجوانب الاقتصادية:**

- **الناتج المحلي الإجمالي الأخضر:** دراسة نماذج "الناتج المحلي الإجمالي الأخضر" الذي يدمج الاعتبارات البيئية في مقاييس النمو الاقتصادي. وهذا من شأنه أن يعطي تمثيلاً أكثر صحة للنمو المستدام.
- **الاستثمار في التكنولوجيا الخضراء:** ينبغي للحكومات أن تفكر في تخصيص جزء من ناتجها المحلي الإجمالي للاستثمار في التكنولوجيات الخضراء، وبالتالي تحفيز النمو الاقتصادي دون تضخيم البصمة البيئية.

- **الابتكارات التكنولوجية:**

- **الشركات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء:** تشجيع الشركات الناشئة التي تركز على التقنيات الخضراء من خلال تمويل المشاريع وبرامج الإرشاد.
- **تطوير البنية التحتية:** الاستثمار في البنية التحتية التي تدعم الطاقة المتجددة مثل الشبكات الذكية، ومرافق تخزين الطاقة، وشبكات النقل الفعالة.

- **الاستراتيجيات الخاصة بالقطاع:**

- **القطاعات عالية التأثير:** تحديد القطاعات ذات البصمة البيئية الأعلى وتطوير استراتيجيات مخصصة. على سبيل المثال، قد يستفيد قطاع النقل من البنية التحتية للسيارات الكهربائية، في حين قد يحتاج القطاع الصناعي إلى عمليات تصنيع أنظف.

رابعا: آفاق الدراسة:

يمكننا أن نقول بأن هذه الدراسة وبعد تطرقنا لعديد الجوانب المهمة منها ما هي إلا محاولة تبقى لها بعض النقائص، كما تعتبر بمثابة محاولة أخرى لفتح المجال لبحوث ودراسات أخرى حول هذا الموضوع الذي يبقى مجاله واسع للدراسة والتعمق في البحث، نأمل أن تكون دراسات أخرى نذكر منها

- تحليل الفوائد الاجتماعية والاقتصادية للانتقال إلى الاقتصاد الأخضر: دراسة مقارنة بين الدول الصناعية
- تقييم أثر سياسات الطاقة المتجددة على خلق فرص العمل والنمو الاقتصادي في الدول الصناعية
- تعزيز النمو الاقتصادي المستدام: استراتيجيات دمج تكنولوجيات الطاقة المتجددة في البلدان النامية
- دور استثمارات الطاقة المتجددة في دفع التعافي الاقتصادي بعد الجائحة
- تقييم الجدوى الاقتصادية للتحول إلى الطاقة المتجددة: التحديات والفرص في الدول الصناعية
- دراسة تأثير استخدام الطاقة المتجددة على عدم المساواة في الدخل في الدول الصناعية
- ديناميكيات التجارة والطاقة المتجددة: تحليل الآثار الاقتصادية لسياسات التجارة الخضراء
- استكشاف الأبعاد الاقتصادية لأمن الطاقة وتكامل الطاقة المتجددة في الدول الصناعية
- الطاقة المتجددة والمرونة الاقتصادية: استراتيجيات التخفيف من آثار تغير المناخ على الاقتصاد
- الابتكار التكنولوجي في الطاقة المتجددة: الآفاق الاقتصادية وفرص الاستثمار

المراجع

المراجع باللغة العربية

I. الكتب

1. أحمد أبو اليزيد الرسول ، **التنمية المتواصلة : الأبعاد والمنهج**، مكتبة بستان المعرفة، القاهرة، 2007.
2. عبد الرزاق مقري، **مشكلات التنمية والبيئة والعلاقات الدولية**، دار الخلدونية للنشر والتوزيع، الجزائر، 2008.
3. عبد القادر رزيق المخادمي، **التلوث البيئي مخاطر الحاضر وتحديات المستقبل**، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر،2006
4. كاميلية سايغي، **دور التمويل الأصغر في تحقيق التنمية المستدامة**، الفا للوثائق، عمان، الأردن، 2021.
5. مدحت أبو النصر، ياسمين مدحت محمد، التنمية المستدامة مفهومها – ابعادها – مؤشرتها، المجموعة العربية للتدريب والنشر، القاهرة، 2017.
6. مصطفى يوسف كافي، التنمية المستدامة، دار الاكاديميون للنشر والتوزيع، القاهرة ،2017
7. ميشيل تودارو، **التنمية الاقتصادية**، تعريب محمود حسن حسني ومحمود حامد محمود عبد الرزاق، دار المريخ للنشر، الرياض، السعودية،2006.
8. نزار عوني اللبدي، التنمية المستدامة استغلال الموارد الطبيعية والطاقة المتجددة، دار دجلة للنشر والتوزيع، الأردن ، 2015.
9. شارلس كولستاد (ترجمة أحمد يوسف عبد الخير)، **الاقتصاد البيئي**، النشر العلمي والمطابع، السعودية، الجزء الأول، 2005.

II. الرسائل والاطروحات

1. بوزاهر نسرين، **ترقية العرض السياحي الوطني في ظل مشاريع التنمية المستدامة للسياحة منطقة الزيبان**، أطروحة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية، جامعة بسكرة ،2017
2. لخضر بن علية، **دور الاستثمار السياحي في تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر**، أطروحة دكتوراه علوم في علوم التسيير تخصص الإدارة البيئية والسياحية، جامعة الجزائر، 2017/2018 .

III. المقالات

1. العربي حجام، سميحة طري, **التنمية المستدامة في الجزائر قراءة تحليلية في المفهوم والمعوقات, مجلة أبحاث ودراسات التنمية**، المجلد6 ،العدد2، ديسمبر 2019.

2. فريد بختي . رضا بهياني، **صناعة الطاقات المتجددة ودورها في تجسيد التنمية المستدامة في الجزائر مع الإشارة إلى البرنامج الوطني للطاقات المتجددة (2030-2011)**، مجلة الاقتصاد والبيئة، جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم، المجلد01، العدد01، 2018

3. نوال زربيطة وياسمينة بغريش، **الأهداف الايكولوجية للتنمية الحضرية المستدامة**، مجلة الفكر المتوسطي، المجلد 11، العدد 01، 2022

4. عابد العبدلي، **محددات التجارة البينية للدول الإسلامية باستخدام منهج تحليل البانل**، مجلة دراسات اقتصادية إسلامية، المعهد الإسلامي للبحوث والتدريب، البنك الإسلامي للتنمية، جدة، مجلد16، عدد1، 2010.

IV. التقارير:

1. تقرير أهداف التنمية المستدامة 2022.

2. تقرير أهداف التنمية المستدامة 2023

V. المؤتمرات والملتقيات

1. الأمير محمد علي، **المردود البيئي للتقنيات الحديثة للطاقة**، مؤتمر الوطن العربي والتقنيات الحديثة للطاقة من أجل ازدهار البيئة، جامعة حلوان، مصر، 2005

2. حرفوش سهام ، صحراوي ايمان و بوباية ذهبية ريمة ، **الإطار النظري للتنمية المستدامة ومؤشرات استخدامها** ، مداخلة مقدمة للمؤتمر الموسوم بـ التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة ، جامعة فرحات عباس سطيف ، يومي 07و2008/04/08

3. محمد زيدان و فرج شعبان، **حماية البيئة كمدخل للتنمية المستدامة**، الملتقى الوطني حول البيئة والتنمية المستدامة، جامعة الشلف، 2008

المراجع باللغة الأجنبية

I. Books

1. Pesaran, M. Hashem. "**General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels**." *SSRN Electronic Journal*, 2004. https://doi.org/10.2139/ssrn.572504.
2. Khan, BH. ***Non-Conventional Energy Resources***. Tata McGraw-Hill Education, 2006.
3. Koy, Thompson. "**The Rio Declaration on Environment and Development**." In *The'Earth Summit'Agreements: A Guide and Assessment*, 85–96. Routledge, 2019.
4. Stober, Ingrid, and Kurt Bucher. "**History of Geothermal Energy Use**." In *Geothermal Energy: From Theoretical Models to Exploration and Development*, edited by Ingrid Stober and Kurt Bucher, 15–24. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13352-7_2

II. Articles

1. Abid, Mehdi, Habib sakrafi, Zouheyr Gheraia, and Hanane Abdelli. "**Does Renewable Energy Consumption Affect Ecological Footprints in Saudi Arabia? A Bootstrap Causality Test**." Renewable Energy 189 (April 1, 2022): 813–21. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.043.
2. Afshan, Sahar, Ilhan Ozturk, and Tanzeela Yaqoob. "**Facilitating Renewable Energy Transition, Ecological Innovations and Stringent Environmental Policies to Improve Ecological Sustainability: Evidence from MM-QR Method**." Renewable Energy 196 (August 1, 2022): 151–60. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.125.
3. Agbedahin, Adesuwa Vanessa. "**Sustainable Development, Education for Sustainable Development, and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Emergence, Efficacy, Eminence, and Future**." Sustainable Development 27, no. 4 (2019): 669–80. https://doi.org/10.1002/sd.1931.
4. Al-Qahtani, Amjad, Andrés González-Garay, Andrea Bernardi, Ángel Galán-Martín, Carlos Pozo, Niall Mac Dowell, Benoit Chachuat, and Gonzalo Guillén-Gosálbez. "**Electricity Grid Decarbonisation or Green Methanol Fuel? A Life-Cycle Modelling and Analysis of Today′s Transportation-Power Nexus**." Applied Energy 265 (May 1, 2020): 114718. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114718.
5. Al-Shetwi, Ali Q., M. A. Hannan, Ker Pin Jern, M. Mansur, and T. M. I. Mahlia. "**Grid-Connected Renewable Energy Sources: Review of the Recent Integration Requirements and Control Methods**." Journal of Cleaner Production 253 (April 20, 2020): 119831. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119831.
6. Alvarado-Herrera, Alejandro, Enrique Bigne, Joaquín Aldas-Manzano, and Rafael Curras-Perez. "**A Scale for Measuring Consumer Perceptions of Corporate Social Responsibility Following the Sustainable Development Paradigm**." Journal of Business Ethics 140 (2017): 243–62.
7. Azarpour, Abbas, Omid Mohammadzadeh, Nima Rezaei, and Sohrab Zendehboudi. "**Current Status and Future Prospects of Renewable and Sustainable Energy in North America: Progress and Challenges**." Energy Conversion and Management 269 (October 1, 2022): 115945. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115945.
8. Atike Elanur Hızarcı and Feyyaz Zeren, "**The Nexus between Electricity Consumption and Financial Development: Further Evidence from G-20 Countries**," The Electricity Journal 33, no. 6 (July 1, 2020): 106776, https://doi.org/10.1016/j.tej.2020.106776.
9. Baird, Ian G., and W. Nathan Green. "**The Clean Development Mechanism and Large Dam Development: Contradictions Associated with Climate Financing in Cambodia**." Climatic Change 161, no. 2 (July 1, 2020): 365–83. https://doi.org/10.1007/s10584-019-02621-4.
10. Bakken, Tor Haakon, Håkon Sundt, Audun Ruud, and Atle Harby. "**Development of Small Versus Large Hydropower in Norway– Comparison of Environmental Impacts**." Energy Procedia 20 (2012): 185–99. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.03.019.

11. Balaguer, Jacint, and Manuel Cantavella. "**The Role of Education in the Environmental Kuznets Curve. Evidence from Australian Data**." Energy Economics 70 (February 1, 2018): 289–96. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.01.021.
12. Bashir, Muhammad Farhan, Benjiang Ma, Hafezali Iqbal Hussain, Muhammad Shahbaz, Kemal Koca, and Irum Shahzadi. "**Evaluating Environmental Commitments to COP21 and the Role of Economic Complexity, Renewable Energy, Financial Development, Urbanization, and Energy Innovation: Empirical Evidence from the RCEP Countries**." Renewable Energy 184 (January 1, 2022): 541–50. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.11.102.
13. Bauen, A., G. Berndes, M. Junginger, M. Londo, F. Vuille, R. Ball, T. Bole, C. Chudziak, A. Faaij, and H. Mozaffarian. "**Bioenergy: A Sustainable and Reliable Energy Source. A Review of Status and Prospects**." Bioenergy: A Sustainable and Reliable Energy Source. A Review of Status and Prospects., 2009. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113044518.
14. Bélaïd, Fateh, and Meriem Youssef. "**Environmental Degradation, Renewable and Non-Renewable Electricity Consumption, and Economic Growth: Assessing the Evidence from Algeria**." Energy Policy 102 (March 1, 2017): 277–87. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.012.
15. Berglund, Teresa, and Niklas Gericke. "**Separated and Integrated Perspectives on Environmental, Economic, and Social Dimensions–an Investigation of Student Views on Sustainable Development**." Environmental Education Research 22, No8 (2016):1115–38.
16. Botelho, Anabela, Paula Ferreira, Fátima Lima, Lígia M. Costa Pinto, and Sara Sousa. "**Assessment of the Environmental Impacts Associated with Hydropower**." Renewable and Sustainable Energy Reviews 70 (April 1, 2017): 896–904. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.271.
17. Breusch, T. S., and A. R. Pagan. "**The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics**." The Review of Economic Studies 47, No. 1 (1980): 239–53. https://doi.org/10.2307/2297111.
18. Blomquist, J., & Westerlund, J. (2013). **Testing slope homogeneity in large panels with serial correlation**. Volume 121, Issue 3, pp. 374-378.
19. Caglar, Abdullah Emre, Bulent Guloglu, and Ayfer Gedikli. "**Moving towards Sustainable Environmental Development for BRICS: Investigating the Asymmetric Effect of Natural Resources on CO2**." Sustainable Development 30, No. 5 (2022): 1313–25. https://doi.org/10.1002/sd.2318.
20. Çakmak, Eyüp Ensar, and Samet Acar. "**The Nexus between Economic Growth, Renewable Energy and Ecological Footprint: An Empirical Evidence from Most Oil-Producing Countries.**" Journal of Cleaner Production 352 (June 2022): 131548. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131548.
21. Chang, Wei-Ru, Jenn-Jiang Hwang, and Wei Wu. "**Environmental Impact and Sustainability Study on Biofuels for Transportation Applications**." Renewable and Sustainable Energy Reviews 67 (January 1, 2017): 277–88. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.020.

22. Cheng, Jao-Hong, Chung-Hsing Yeh, and Chia-Wen Tu. "**Trust and Knowledge Sharing in Green Supply Chains**." Supply Chain Management: An International Journal 13, No. 4 (2008): 283–95.

23. Choudhary, Piyush, and Rakesh Kumar Srivastava. "**Sustainability Perspectives- a Review for Solar Photovoltaic Trends and Growth Opportunities**." Journal of Cleaner Production 227 (August 1, 2019): 589–612. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.107.

24. Chudik, Alexander, Kamiar Mohaddes, M. Hashem Pesaran, and Mehdi Raissi. "**Is There a Debt-Threshold Effect on Output Growth?**" The Review of Economics and Statistics 99, no. 1 (2017): 135–50.

25. Chudik, Alexander, and M. Hashem Pesaran. "**Common Correlated Effects Estimation of Heterogeneous Dynamic Panel Data Models with Weakly Exogenous Regressors**." Journal of Econometrics, Heterogeneity in Panel Data and in Nonparametric Analysis in honor of Professor Cheng Hsiao, 188, no. 2 (October 1, 2015): 393–420. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2015.03.007.

26. Chudik, Alexander, and M. Hashem Pesaran,**Large Panel Data Models with Cross-Sectional Dependence: A Survey**. Globalization Institute Working Papers, 2013. https://ideas.repec.org//p/fip/feddgw/153.html.

27. Cook, David, and Brynhildur Davíðsdóttir. "**An Appraisal of Interlinkages between Macro-Economic Indicators of Economic Well-Being and the Sustainable Development Goals**." Ecological Economics 184 (2021): 106996.

28. Dalton, Gordon, Grant Allan, Nicola Beaumont, Aliki Georgakaki, Nick Hacking, Tara Hooper, Sandy Kerr, et al. "**Economic and Socio-Economic Assessment Methods for Ocean Renewable Energy: Public and Private Perspectives**." Renewable and Sustainable Energy Reviews 45 (May 1, 2015): 850–78. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.068.

29. Dhar, Amalesh, M. Anne Naeth, P. Dev Jennings, and Mohamed Gamal El-Din. "**Perspectives on Environmental Impacts and a Land Reclamation Strategy for Solar and Wind Energy Systems**." Science of The Total Environment 718 (May 20, 2020): 134602. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134602.

30. Dogan, E., and R. Inglesi-Lotz. "**Analyzing the Effects of Real Income and Biomass Energy Consumption on Carbon Dioxide (CO2) Emissions: Empirical Evidence from the Panel of Biomass-Consuming Countries**." Energy 138 (2017): 721–27. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.136.

31. Emas, Rachel. "**The Concept of Sustainable Development: Definition and Defining Principles**." Brief for GSDR 2015 (2015): 10–13140.

32. Farghali, Mohamed, Ahmed I. Osman, Zhonghao Chen, Amal Abdelhaleem, Ikko Ihara, Israa M. A. Mohamed, Pow-Seng Yap, and David W. Rooney. "**Social, Environmental, and Economic Consequences of Integrating Renewable Energies in the Electricity**

Sector: A Review." Environmental Chemistry Letters 21, No 3 (June 1, 2023): 1381–1418. https://doi.org/10.1007/s10311-023-01587-1.

33. Fujii, Masahiko, Soichiro Tanabe, Makoto Yamada, Taketoshi Mishima, Takahiro Sawadate, and Shinji Ohsawa. "**Assessment of the Potential for Developing Mini/Micro Hydropower: A Case Study in Beppu City, Japan.**" Journal of Hydrology: Regional Studies, Water, energy, and food nexus in the Asia-Pacific region, 11 (June 1, 2017): 107–16. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.10.007.
34. Galdeano-Gómez, Emilio, Juan Carlos Pérez-Mesa, and Ángeles Godoy-Durán. "**The Social Dimension as a Driver of Sustainable Development: The Case of Family Farms in Southeast Spain**." Sustainability Science 11 (2016): 349–62.
35. Golusin, Mirjana, and Olja Munitlak Ivanović. "**Definition, Characteristics and State of the Indicators of Sustainable Development in Countries of Southeastern Europe**." Agriculture, Ecosystems & Environment 130, No 1 (March 1, 2009): 67–74. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.11.018.
36. Ha, Kwangtae, Hoai Vu Anh Truong, Tri Dung Dang, and Kyoung Kwan Ahn. "**Recent Control Technologies for Floating Offshore Wind Energy System: A Review**." International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology 8, no. 1 (January 1, 2021): 281–301. https://doi.org/10.1007/s40684-020-00269-5.
37. Hák, Tomáš, Svatava Janoušková, and Bedřich Moldan. "**Sustainable Development Goals: A Need for Relevant Indicators**." Ecological Indicators 60 (January 1, 2016): 565–73. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003.
38. Hannan, M. A., Ali Q. Al-Shetwi, R. A. Begum, Pin Jern Ker, S. A. Rahman, M. Mansor, M. S. Mia, K. M. Muttaqi, and Z. Y. Dong. "**Impact Assessment of Battery Energy Storage Systems towards Achieving Sustainable Development Goals**." Journal of Energy Storage 42 (October 1, 2021): 103040. https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103040.
39. Hannan, M. A., Ali Q Al-Shetwi, Pin Jern Ker, R. A. Begum, M. Mansor, S. A. Rahman, Z. Y. Dong, S. K. Tiong, T. M. Indra Mahlia, and K. M. Muttaqi. "**Impact of Renewable Energy Utilization and Artificial Intelligence in Achieving Sustainable Development Goals**." Energy Reports 7 (November 1, 2021): 5359–73. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.172.
40. Hashem Pesaran, M., and Takashi Yamagata. "**Testing Slope Homogeneity in Large Panels.**" Journal of Econometrics 142, No. 1 (2008): 50–93.
41. Hemer, Mark A., Richard Manasseh, Kathleen L. McInnes, Irene Penesis, and Tracey Pitman. "**Perspectives on a Way Forward for Ocean Renewable Energy in Australia**." Renewable Energy 127 (November 1, 2018): 733–45. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.036.
42. Heming, Li, Paul Waley, and Phil Rees. "**Reservoir Resettlement in China: Past Experience and the Three Gorges Dam**." The Geographical Journal 167, no. 3 (September 2001): 195–212. https://doi.org/10.1111/1475-4959.00018.
43. Hernandez, Rebecca R, SB Easter, Michelle L Murphy-Mariscal, Fernando T Maestre, M Tavassoli, Edith B Allen, Cameron W Barrows, Jayne Belnap, Ravi Ochoa-Hueso, and

Sujith Ravi. "**Environmental Impacts of Utility-Scale Solar Energy**." Renewable and Sustainable Energy Reviews 29 (2014): 766–79.

44. Hosseini, Seyed Ehsan. "**An Outlook on the Global Development of Renewable and Sustainable Energy at the Time of COVID-19**." Energy Research & Social Science 68 (October 2020): 101633. https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101633.
45. Huang, Yongming, Mohammad Haseeb, Muhammad Usman, and Ilhan Ozturk. "**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 (February 1, 2022): 101853. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101853.
46. Hussain, Jamal, Anwar Khan, and Kui Zhou. "**The Impact of Natural Resource Depletion on Energy Use and CO2 Emission in Belt & Road Initiative Countries: A Cross-Country Analysis**." Energy 199 (May 15, 2020): 117409. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117409.
47. Hussain, Muzzammil, Tongrui Lu, Ye Chengang, and Yiwen Wang. "**Role of Economic Policies, Renewable Energy Consumption, and Natural Resources to Limit Carbon Emissions in Top Five Polluted Economies**." Resources Policy 83 (June 1, 2023): 103605. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103605.
48. Jaiswal, Krishna Kumar, Chandrama Roy Chowdhury, Deepti Yadav, Ravikant Verma, Swapnamoy Dutta, Km Smriti Jaiswal, SangmeshB, and Karthik Selva Kumar Karuppasamy. "**Renewable and Sustainable Clean Energy Development and Impact on Social, Economic, and Environmental Health**." Energy Nexus 7 (September 1, 2022): 100118. https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100118.
49. Karlilar, Selin, and Firat Emir. "**Exploring the Role of Coal Consumption, Solar, and Wind Power Generation on Ecological Footprint: Evidence from India Using Fourier ADL Cointegration Test**." Environmental Science and Pollution Research 30, no. 9 (February 1, 2023): 24077–87. https://doi.org/10.1007/s11356-022-23910-z.
50. Katsaprakakis, Dimitris Al. "**A Review of the Environmental and Human Impacts from Wind Parks. A Case Study for the Prefecture of Lasithi, Crete**." Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, no. 5 (June 1, 2012): 2850–63. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.041.
51. Kirikkaleli, Dervis, and Tomiwa Sunday Adebayo. "**Do Renewable Energy Consumption and Financial Development Matter for Environmental Sustainability? New Global Evidence**." Sustainable Development 29, No 4 (July 2021): 583–94. https://doi.org/10.1002/sd.2159.
52. Komasi, Hossein, Sarfaraz Hashemkhani Zolfani, and Alireza Nemati. "**Evaluation of the Social-Cultural Competitiveness of Cities Based on Sustainable Development Approach**." Decision Making: Applications in Management and Engineering 6, no. 1 (April 8, 2023): 583–602. https://doi.org/10.31181/dmame06012023k.
53. Kumar, Atul, and S.R. Samadder. "**A Review on Technological Options of Waste to Energy for Effective Management of Municipal Solid Waste**." Waste Management 69 (November 2017): 407–22. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.046.

54. Kuşkaya, Sevda, and Faik Bilgili. "**The Wind Energy-Greenhouse Gas Nexus: The Wavelet-Partial Wavelet Coherence Model Approach**." Journal of Cleaner Production 245 (February 1, 2020): 118872. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118872
55. Kuznets, S. Economic Growth and Income Inequality. The American Economic Review, 45(1).1955
56. Le, Hoang Phong, and Ilhan Ozturk. "**The Impacts of Globalization, Financial Development, Government Expenditures, and Institutional Quality on CO2 Emissions in the Presence of Environmental Kuznets Curve**." Environmental Science and Pollution Research 27, no. 18 (June 1, 2020): 22680–97. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08812-2.
57. Leiren, Merethe Dotterud, Stine Aakre, Kristin Linnerud, Tom Erik Julsrud, Maria-Rosaria Di Nucci, and Michael Krug. "**Community Acceptance of Wind Energy Developments: Experience from Wind Energy Scarce Regions in Europe**." Sustainability 12, no. 5 (January 2020): 1754. https://doi.org/10.3390/su12051754.
58. Liu, Jicheng, Sijia Wang, Qiushuang Wei, and Suli Yan. "**Present Situation, Problems and Solutions of China's Biomass Power Generation Industry**." Energy Policy 70 (July 1, 2014): 144–51. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.03.028.
59. Ma, Hongting, Yang Cao, Xinyu Lu, Zequn Ding, and Weiye Zhou. "**Review of Typical Municipal Solid Waste Disposal Status and Energy Technology**." Energy Procedia, CUE 2015 - Applied Energy Symposium and Summit 2015: Low carbon cities and urban energy systems, 88 (June 1, 2016): 589–94. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.083.
60. Machado, José A. F., and J. M. C. Santos Silva. "**Quantiles via Moments**." Journal of Econometrics, Annals: In Honor of Roger Koenker, 213, no. 1 (November 1, 2019): 145–73. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2019.04.009.
61. Magazzino, Cosimo, Pierluigi Toma, Giulio Fusco, Donatella Valente, and Irene Petrosillo. "**Renewable Energy Consumption, Environmental Degradation and Economic Growth: The Greener the Richer?**" Ecological Indicators 139 (June 2022): 108912. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108912.
62. Mandley, S. J., V. Daioglou, H. M. Junginger, D. P. van Vuuren, and B. Wicke. "**EU Bioenergy Development to 2050**." Renewable and Sustainable Energy Reviews 127 (July 1, 2020): 109858. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109858.
63. Miao, Yang, Asif Razzaq, Tomiwa Sunday Adebayo, and Abraham Ayobamiji Awosusi. "**Do Renewable Energy Consumption and Financial Globalisation Contribute to Ecological Sustainability in Newly Industrialized Countries?"** Renewable Energy 187 (March 2022): 688–97. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.073.
64. Mirziyoyeva, Ziroat, and Raufhon Salahodjaev. "**Renewable Energy and CO2 Emissions Intensity in the Top Carbon Intense Countries.**" Renewable Energy 192 (June 1, 2022): 507–12. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.137.
65. Moriarty, Patrick, and Damon Honnery. "**Feasibility of a 100% Global Renewable Energy System**." Energies 13, no. 21 (January 2020): 5543. https://doi.org/10.3390/en13215543.

66. Mutascu, Mihai. "**A Bootstrap Panel Granger Causality Analysis of Energy Consumption and Economic Growth in the G7 Countries**." Renewable and Sustainable Energy Reviews 63, no. C (2016): 166–71.

67. Namahoro, J. P., Q. Wu, and H. Su. "**Wind Energy, Industrial-Economic Development and CO2 Emissions Nexus: Do Droughts Matter?"** Energy 278 (September 1, 2023): 127869. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127869.

68. Nathaniel, Solomon, and Syed Abdul Rehman Khan. "**The Nexus between Urbanization, Renewable Energy, Trade, and Ecological Footprint in ASEAN Countries**." Journal of Cleaner Production 272 (November 1, 2020): 122709. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122709.

69. Nathaniel, Solomon Prince, Kürşat Yalçiner, and Festus Victor Bekun. "**Assessing the Environmental Sustainability Corridor: Linking Natural Resources, Renewable Energy, Human Capital, and Ecological Footprint in BRICS**." Resources Policy 70 (March 2021): 101924. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101924.

70. Nazir, Muhammad Shahzad, Nisar Ali, Muhammad Bilal, and Hafiz M. N. Iqbal. "**Potential Environmental Impacts of Wind Energy Development: A Global Perspective**." Current Opinion in Environmental Science & Health, Environmental Monitoring Assessment: Water-energy-food nexus, 13 (February 1, 2020): 85–90. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.01.002.

71. Nazir, Muhammad Shahzad, Ziad M. Ali, Muhammad Bilal, Hafiz M. Sohail, and Hafiz M. N. Iqbal. "**Environmental Impacts and Risk Factors of Renewable Energy Paradigm—a Review.**" Environmental Science and Pollution Research 27, no. 27 (September 1, 2020): 33516–26. https://doi.org/10.1007/s11356-020-09751-8.

72. Olabi, Abdul Ghani, Montaser Mahmoud, Bassel Soudan, Tabbi Wilberforce, and Mohamad Ramadan. "**Geothermal Based Hybrid Energy Systems, toward Eco-Friendly Energy Approaches**." Renewable Energy 147 (March 1, 2020): 2003–12. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.140.

73. Omer, Abdeen Mustafa. "**Built Environment: Relating the Benefits of Renewable Energy Technologies**." International Journal of Automotive and Mechanical Engineering 5 (2012): 561–75.

74. Ortega-Izquierdo, Margarita, and Pablo del Río. "**An Analysis of the Socioeconomic and Environmental Benefits of Wind Energy Deployment in Europe**." Renewable Energy 160 (November 1, 2020): 1067–80. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.06.133.

75. Oryani, Bahareh, Yoonmo Koo, Shahabaldin Rezania, and Afsaneh Shafiee. "**Barriers to Renewable Energy Technologies Penetration: Perspective in Iran**." Renewable Energy 174 (August 1, 2021): 971–83. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.052.

76. Osman, Ahmed I., Lin Chen, Mingyu Yang, Goodluck Msigwa, Mohamed Farghali, Samer Fawzy, David W. Rooney, and Pow-Seng Yap. "**Cost, Environmental Impact, and Resilience of Renewable Energy under a Changing Climate: A Review**." Environmental Chemistry Letters 21, no. 2 (April 1, 2023): 741–64. https://doi.org/10.1007/s10311-022-01532-8.

77. Pata, Ugur Korkut, and Mucahit Aydin. "**Testing the EKC Hypothesis for the Top Six Hydropower Energy-Consuming Countries: Evidence from Fourier Bootstrap ARDL Procedure**." Journal of Cleaner Production 264 (August 10, 2020): 121699. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121699.

78. Paulillo, Andrea, Aberto Striolo, and Paola Lettieri. "**The Environmental Impacts and the Carbon Intensity of Geothermal Energy: A Case Study on the Hellisheiði Plant**." Environment International 133 (December 1, 2019): 105226. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105226.

79. Pesaran, M. Hashem. "**Testing Weak Cross-Sectional Dependence in Large Panels**." Econometric Reviews 34, no. 6–10 (May 22, 2015): 1089–1117. https://doi.org/10.1080/07474938.2014.956623.

80. Pesaran, M. Hashem. "**A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence.**" Journal of Applied Econometrics 22, no. 2 (2007): 265–312.

81. Pesaran, Mohammad, Aman Ullah, and Takashi Yamagata."**A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence**." Econometrics Journal 11, no. 1(2008): 105–27.

82. Qazi, Atika, Fayaz Hussain, Nasrudin ABD. Rahim, Glenn Hardaker, Daniyal Alghazzawi, Khaled Shaban, and Khalid Haruna. "**Towards Sustainable Energy: A Systematic Review of Renewable Energy Sources, Technologies, and Public Opinions**." IEEE Access 7 (2019): 63837–51. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2906402.

83. Raghutla, Chandrashekar, P. Padmagirisan, P. Sakthivel, Krishna Reddy Chittedi, and Smrutisikta Mishra. "**The Effect of Renewable Energy Consumption on Ecological Footprint in N-11 Countries: Evidence from Panel Quantile Regression Approach**." Renewable Energy 197 (September 1, 2022): 125–37. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.100.

84. Reid, Walter V., Mariam K. Ali, and Christopher B. Field. "**The Future of Bioenergy**." Global Change Biology 26, no. 1 (2020): 274–86. https://doi.org/10.1111/gcb.14883.

85. Sachs, Jeffrey D., Guido Schmidt-Traub, Mariana Mazzucato, Dirk Messner, Nebojsa Nakicenovic, and Johan Rockström. "**Six Transformations to Achieve the Sustainable Development Goals**." Nature Sustainability 2, no. 9 (September 2019): 805–14. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9.

86. Salar, Mahmoud, Roxana J Javid, and Hamid Noghanibehambari. "**He Nexus between CO2 Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth in the U.S**." Economic Analysis and Policy 69 (2021): 182–94. https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.12.007.

87. Satapathy, Liza Rani, Bateshwar Singh, and KB Singh. "**A Study on The Dimensions and Criteria For Sustainable Development of Clean Development Mechanism (CDM) Projects**," 386–91. IEEE, 2023.

88. Sayed, Enas Taha, Tabbi Wilberforce, Khaled Elsaid, Malek Kamal Hussien Rabaia, Mohammad Ali Abdelkareem, Kyu-Jung Chae, and A. G. Olabi. "**A Critical Review on Environmental Impacts of Renewable Energy Systems and Mitigation Strategies: Wind, Hydro, Biomass and Geothermal.**" Science of The Total Environment 766 (April 20, 2021): 144505. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144505.

89. Sharma, Aarti, Mridul Dharwal, and Tanu Kumari. "**Renewable Energy for Sustainable Development: A Comparative Study of India and China**." Materials Today: Proceedings 60 (2022): 788–90. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.242.

90. Sharma, Rajesh, Avik Sinha, and Pradeep Kautish. "**Does Renewable Energy Consumption Reduce Ecological Footprint? Evidence from Eight Developing Countries of Asia**." Journal of Cleaner Production 285 (February 2021): 124867. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124867.

91. Sharma, Rajesh, Avik Sinha, and Pradeep Kautish, **Does Renewable Energy Consumption Reduce Ecological Footprint? Evidence from Eight Developing Countries of Asia**." Journal of Cleaner Production 285 (February 20, 2021): 124867. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124867.

92. Shi, Longyu, Linwei Han, Fengmei Yang, and Lijie Gao. "**The Evolution of Sustainable Development Theory: Types, Goals, and Research Prospects**." Sustainability 11, no. 24 (January 2019): 7158. https://doi.org/10.3390/su11247158.

93. Shouman, Enas R. "**International and National Renewable Energy for Electricity with Optimal Cost Effective for Electricity in Egypt**." Renewable and Sustainable Energy Reviews 77 (September 1, 2017): 916–23. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.107.

94. Sinaga, Obsatar, Omar Alaeddin, and Noor H. Jabarullah. "**The Impact of Hydropower Energy on the Environmental Kuznets Curve in Malaysia**." International Journal of Energy Economics and Policy 9, no. 1 (2019): 308–15.

95. Swamy, P. a. V. B. "**Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model**." Econometrica 38, no. 2 (1970): 311–23.

96. Syed Anees Haider Zaidi et al., "**Dynamic Linkages between Globalization, Financial Development and Carbon Emissions: Evidence from Asia Pacific Economic Cooperation Countries**," Journal of Cleaner Production 228 (August 10, 2019): 533–43, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.210

97. Solow, R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. The Quarterly Journal of Economics, 70(1), 65-94.(1956).

98. Tanaka, Kentaro, Chihiro Haga, Keiko Hori, and Takanori Matsui. "**Renewable Energy Nexus: Interlinkages with Biodiversity and Social Issues in Japan**." Energy Nexus 6 (June 16, 2022): 100069. https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100069.

99. Tang, Bijian, Donghai Wu, Xiang Zhao, Tao Zhou, Wenqian Zhao, and Hong Wei. "**The Observed Impacts of Wind Farms on Local Vegetation Growth in Northern China**." Remote Sensing 9, no. 4 (2017): 332.

100. Tsoutsos, Theocharis, Niki Frantzeskaki, and Vassilis Gekas. "**Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies**." Energy Policy 33, no. 3 (2005): 289–96.

101. Ullah, Asad, Qingyu Zhang, Syed Ali Raza, and Sajid Ali. "**Renewable Energy: Is It a Global Challenge or Opportunity? Focusing on Different Income Level Countries through Panel Smooth Transition Regression Model.**" Renewable Energy 177 (November 1, 2021): 689–99. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.132.

102. Umar, Muhammad, Abraham Ayobamiji Awosusi, Oluwatayomi Rereloluwa Adegboye, and Opeoluwa Seun Ojekemi. "**Geothermal Energy and Carbon Emissions Nexus in Leading Geothermal-Consuming Nations: Evidence from Nonparametric Analysis**." Energy & Environment, February 13, 2023, 0958305X231153972. https://doi.org/10.1177/0958305X231153972.

103. Ummalla, Mallesh, Asharani Samal, and Phanindra Goyari. "**Nexus among the Hydropower Energy Consumption, Economic Growth, and CO2 Emissions: Evidence from BRICS Countries**." Environmental Science and Pollution Research 26, no. 34 (December 1, 2019): 35010–22. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06638-1.

104. Usman, Muhammad, Muhammad Sohail Amjad Makhdum, and Rakhshanda Kousar. "**Does Financial Inclusion, Renewable and Non-Renewable Energy Utilization Accelerate Ecological Footprints and Economic Growth? Fresh Evidence from 15 Highest Emitting Countries**." Sustainable Cities and Society 65 (February 2021): 102590. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102590.

105. Usman, Ojonugwa, Paul Terhemba Iorember, Gylych Jelilov, Abdurrahman Isik, George N. Ike, and Samuel Asumadu Sarkodie. "**Towards Mitigating Ecological Degradation in G-7 Countries: Accounting for Economic Effect Dynamics, Renewable Energy Consumption, and Innovation**." Heliyon 7, No. 12 (December 2021): 08592. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08592.

106. Vargas, Soraida Aguilar, Gheisa Roberta Telles Esteves, Paula Medina Maçaira, Bruno Quaresma Bastos, Fernando Luiz Cyrino Oliveira, and Reinaldo Castro Souza. "**Wind Power Generation: A Review and a Research Agenda**." Journal of Cleaner Production 218 (May 1, 2019): 850–70. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.015.

107. Wang, Like, Yee Van Fan, Peng Jiang, Petar Sabev Varbanov, and Jiří Jaromír Klemeš. "**Virtual Water and CO2 Emission Footprints Embodied in Power Trade: EU-27**." Energy Policy 155 (August 1, 2021): 112348. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112348.

108. Wang, Shifeng, Sicong Wang, and Jinxiang Liu. "**Life-Cycle Green-House Gas Emissions of Onshore and Offshore Wind Turbines**." Journal of Cleaner Production 210 (February 10, 2019): 804–10. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.031.

109. Wang, XuGuang. "**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 (June 2021): 111111. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111111.

110. Waris, Abdul, Sher Khan, Martin Hronec, and Marian Suplata. "**The Impact of Hydro-Biofuel-Wind-Solar Energy Consumption and Coal Consumption on Carbon**

Emission in G20 Countries." Environmental Science and Pollution Research 30, no. 28 (June 1, 2023): 72503–13. https://doi.org/10.1007/s11356-023-27442-y.

111. Westerlund, Joakim. "**Testing for Error Correction in Panel Data."** Oxford Bulletin of Economics and Statistics 69, no. 6 (2007): 709–48. https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x.

112. Xu, B., R. Zhong, and H. Qiao. "**The Impact of Biofuel Consumption on CO2 Emissions: A Panel Data Analysis for Seven Selected G20 Countries**." Energy and Environment 31, no. 8 (2020): 1498–1514. https://doi.org/10.1177/0958305X20915426.

113. Xu, Xiaofeng, Zhifei Wei, Qiang Ji, Chenglong Wang, and Guowei Gao. "**Global Renewable Energy Development: Influencing Factors, Trend Predictions and Countermeasures**." Resources Policy 63 (October 1, 2019): 101470. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101470.

114. Yasukawa, Kasumi, Tae Jong Lee, Toshihiro Uchida, and Yoonho Song. "**Environmental Barriers to Geothermal Development in Eastern and South-Eastern Asia**," 2020.

115. Yu, Jinna, Yuk Ming Tang, Ka Yin Chau, Raima Nazar, Sajid Ali, and Wasim Iqbal. "**Role of Solar-Based Renewable Energy in Mitigating CO2 Emissions: Evidence from Quantile-on-Quantile Estimation**." Renewable Energy 182 (January 1, 2022): 216–26. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.002.

116. Zaidi, Syed Anees Haider, Muzzammil Hussain, and Qamar Uz Zaman. "**Dynamic Linkages between Financial Inclusion and Carbon Emissions: Evidence from Selected OECD Countries**." Resources, Environment and Sustainability 4 (June 1, 2021): 100022. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100022.

117. Zarfl, Christiane, Alexander E. Lumsdon, Jürgen Berlekamp, Laura Tydecks, and Klement Tockner. "**A Global Boom in Hydropower Dam Construction**." Aquatic Sciences 77, No 1 (January 1, 2015) 161–70. https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0.

118. Zhang, Yang, Majed Alharthi, Syed Ahtsham Ali, Qaiser Abbas, and Farhad Taghizadeh-Hesary. "**The Eco-Innovative Technologies, Human Capital, and Energy Pricing: Evidence of Sustainable Energy Transition in Developed Economies**." Applied Energy 325 (November 1, 2022): 119729. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119729.

119. Zhu, Huiming, Zheng Li, and Peng Guo. "**The Impact of Income, Economic Openness and Interest Rates on Housing Prices in China: Evidence from Dynamic Panel Quantile Regression.**" Applied Economics 50, no. 38 (August 15, 2018): 4086–98. https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1441512.

120. Zhu, Xiaofeng, Detao Zhang, Chih-Jung Chen, Qingran Zhang, Ru-Shi Liu, Zhenhai Xia, Liming Dai, Rose Amal, and Xunyu Lu. "**Harnessing the Interplay of Fe–Ni Atom Pairs Embedded in Nitrogen-Doped Carbon for Bifunctional Oxygen Electrocatalysis**." Nano Energy 71 (May 1, 2020): 104597. https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.104597.

III.Reports and working papers.

1. AWEA. "**Clean Power Annual Market Report 2022**."

2. Bank, W. "**Access to Electricity (% of Population)**." World Bank Global Electrification Database Portal. Available Online at: Https://Data. Worldbank. Org/Indicator/EG. ELC.ACCS. ZS, 2019.
3. **Hydropower Status Report 2022**.
4. IRENA – **International Renewable Energy Agency** ,Renewable Capacity Statistics 2023.
5. IEA. "**Wind Electricity – Analysis**.".
6. Mekonnen, M. M., and A. Y. Hoekstra. "**The Water Footprint of Electricity from Hydropower**." Preprint. Water Resources Management/Modelling approaches, September 8, 2011. https://doi.org/10.5194/hessd-8-8355-2011.
7. Murdock, Hannah E., Duncan Gibb, Thomas Andre, Janet L. Sawin, Adam Brown, Lea Ranalder, Thomas Andre, et al. "**Renewables 2021 - Global Status Report**." France, 2021.
8. Socio-Economic Footprint of the Energy Transition: Southeast Asia,
9. **The Sustainable Development Goals Report 2020**
10. **The Sustainable Development Goals Report 2023**
11. UN, SDG. "**Sustainable Development Goal 7 SDG7 Affordable and Clean Energy**," 2019.
12. UN Statistics, "**Global Indicator Framework for the Sustainable Development Goals and Targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development**." Developmental Science and Sustainable Development Goals for Children and Youth, 2019, 439

IV.websites

1. **https://leap.unep.org/knowledge/glossary/renewable-energy.**
2. **https://www.ipcc.ch/report/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/.**
3. **www.irena.org**
4. **https://policycommons.net/artifacts/459617/bioenergy/1432529/.**
5. **https://github.com/owid/co2-data**
6. **https://data.footprintnetwork.org**
7. **https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators**
8. **https://kof.ethz.ch/en/forecasts-and-indicators/indicators/kof-globalisation-index.html**
9. **https://ourworldindata.org/human-development-index**

الملاحق

الملحق رقم 1 الإحصاءات الوصفية لنموذج الأول

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
CO2	928	665392.2	1515352	27330	1.07e+07
solar	928	12.06707	55.08063	0	855.653
wind	928	34.73514	122.4578	0	1715.493
hydro	928	217.4863	424.6175	0	3471.19
biofuel	928	21.62358	60.03914	0	415.87
TOT_REN	928	309.057	610.2253	.271	6545.095
FIN	928	96.41274	50.031	3.956824	217.7609
HDI	928	.8242112	.1121174	.434	.962
RDERET	928	3348.8	2001.648	72.46093	7930.181

الملحق رقم 2 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
------------------------------------------------------------------------------
             Delta           p-value
             5.823             0.000
 adj.        7.911             0.000
------------------------------------------------------------------------------
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 1.7241379
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 3 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Bootstrapping critical values under H0..........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests..........

Results for H0: no cointegration
With 29 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-2.964	-4.053	0.000	0.000
Ga	-10.724	0.701	0.758	0.006
Pt	-15.668	-4.530	0.000	0.000
Pa	-11.296	-2.210	0.013	0.001

الملحق رقم 4 تقدير CS-ARDL لنموذج اثر الطاقة الشمسية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
(Dynamic) Common Correlated Effects Estimator -  (CS-ARDL)

Panel Variable (i): pays                        Number of obs      =       928
Time Variable (t): year                         Number of groups   =        29

Degrees of freedom per group:                   Obs per group:
 without cross-sectional avg. min   = 6                        min =        13
                              max   = 16                       avg =        20
 with cross-sectional avg.    min   = 1                        max =        23
                              max   = 11
Number of                                       F(300, 188)        =      1.40
 cross-sectional lags               = 0         Prob > F           =      0.01
 variables in mean group regression = 150       R-squared          =      0.31
 variables partialled out           = 150       R-squared (MG)     =      0.97
                                                Root MSE           =      0.02
                                                CD Statistic       =      4.74
                                                   p-value         =    0.6527
------------------------------------------------------------------------------
        ln_CO2|      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
--------------+---------------------------------------------------------------
 Short Run Est.|
--------------+---------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
          CO2|   .1069413   .0506667     2.11   0.035      .0076365   .2062462
          gdp|   .4450599   .1797465     2.48   0.013      .0927632   .7973566
        Solar| -.0185528   .0103581    -1.79   0.073     -.0388544   .0017488
          FIN|   .0746477   .0792515     0.94   0.346     -.0806823   .2299778
       RDERET| -.2545756   .1348216    -1.89   0.059      -.518821   .0096699
          HDI|   .2010451   1.104272     0.18   0.856     -1.963289   2.365379
--------------+---------------------------------------------------------------
 Adjust. Term  |
--------------+---------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
       lr_CO2| -.8930587   .0506667   -17.63   0.000     -.9923635  -.7937538
--------------+---------------------------------------------------------------
 Long Run Est. |
--------------+---------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
    lr_RDERET| -.3015386   .1594877    -1.89   0.059     -.6141287   .0110514
       lr_HDI|  1.121388   1.521154     0.74   0.461      -1.86002   4.102796
    lr_RDERET|   .132576   .1051738     1.26   0.207     -.0735608   .3387129
     lr_Solar| -.023048   .0130355    -1.77   0.077      -.048597   .0025011
      lr_ gdp|  .6686203    .279496     2.39   0.017      .1208183   1.216422
------------------------------------------------------------------------------
```

الملحق رقم 5 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
------------------------------------------
         Delta          p-value
         12.844           0.000
 adj.    16.564           0.000
------------------------------------------
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 1.9259259
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 6 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Bootstrapping critical values under H0..........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests..........

Results for H0: no cointegration
With 27 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-2.937	-3.771	0.000	0.000
Ga	-10.341	0.936	0.825	0.008
Pt	-12.248	-2.023	0.022	0.033
Pa	-7.204	0.541	0.706	0.150

الملحق رقم 7 تقدير CS-ARDL لنموذج اثر طاقة الرياح على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
(Dynamic) Common Correlated Effects Estimator -  (CS-ARDL)

Panel Variable (i): pays                        Number of obs      =       928
Time Variable (t): year                         Number of groups   =        29

Degrees of freedom per group:                   Obs per group:
 without cross-sectional avg. min   = 6                        min =        13
                              max   = 16                       avg =        20
 with cross-sectional avg.    min   = 1                        max =        23
                              max   = 11
Number of                                       F(276, 164)        =      4.23
 cross-sectional lags               0 to 0      Prob > F           =      0.00
 variables in mean group regression = 138       R-squared          =      0.12
 variables partialled out           = 138       R-squared (MG)     =      0.98
                                                Root MSE           =      0.01
                                                CD Statistic       =      2.07
                                                   p-value         =    0.1386
------------------------------------------------------------------------------
         CO2|      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
------------+-----------------------------------------------------------------
 Short Run Est.|
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
        D.CO2|   .4505491   .0373952    12.05   0.000      .3772559    .5238423
          gdp|    .943557   .1925324     4.90   0.000      .5662004    1.320914
          FIN| -.0299806   .0829179    -0.36   0.718     -.1924966    .1325354
          HDI| -.5956319   .8595082    -0.69   0.488     -2.280237    1.088973
      RDERET| -.0763812   .0916283    -0.83   0.405     -.2559694     .103207
         wind| -.0498263   .0200182    -2.49   0.013     -.0890613   -.0105912
------------+-----------------------------------------------------------------
 Adjust. Term  |
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
       lr_CO2| -.5494509   .0373952   -14.69   0.000     -.6227441   -.4761577
------------+-----------------------------------------------------------------
 Long Run Est. |
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
       lr_FIN| -.1982791   .2030574    -0.98   0.329     -.5962643    .1997061
       lr_HDI| -2.176664   2.548046    -0.85   0.393     -7.170742    2.817415
    lr_RDERET| -.0153118   .1850149    -0.08   0.934     -.3779344    .3473108
       lr_gdp|  1.943993   .5059954     3.84   0.000        .95226    2.935725
      lr_wind| -.0852444   .0322015    -2.65   0.008     -.1483582   -.0221306
------------------------------------------------------------------------------
```

الملحق رقم 8 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
------------------------------------------
         Delta          p-value
          9.715           0.000
 adj.    12.475           0.000
------------------------------------------
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 1.9285714
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 9 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Bootstrapping critical values under H0.........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests.........

Results for H0: no cointegration
With 28 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-3.479	-2.670	0.004	0.008
Ga	-11.658	4.365	1.000	0.064
Pt	-19.451	-4.730	0.000	0.001
Pa	-12.484	1.875	0.970	0.019

الملحق رقم 10 تقدير CS-ARDL لنموذج اثر الطاقة الكهرومائية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
(Dynamic) Common Correlated Effects Estimator -  (CS-ARDL)

Panel Variable (i): pays                        Number of obs      =       928
Time Variable (t): year                         Number of groups   =        29

Degrees of freedom per group:                   Obs per group:
 without cross-sectional avg. min   = 7                        min =        15
                              max   = 15                       avg =        20
 with cross-sectional avg.    min   = 2                        max =        23
                              max   = 10
Number of                                       F(299, 153)        =      1.63
 cross-sectional lags               = 0         Prob > F           =      0.00
 variables in mean group regression = 161       R-squared          =      0.24
 variables partialled out           = 138       R-squared (MG)     =      0.97
                                                Root MSE           =      0.02
                                                CD Statistic       =      4.77
                                                   p-value         =    0.3098
------------------------------------------------------------------------------
         CO2|      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
------------+-----------------------------------------------------------------
Short Run Est.|
------------+-----------------------------------------------------------------
  Mean Group: |
      LD.CO2|   .0839015   .0576345     1.46   0.145    -.0290601    .1968631
        gdp|   .6427185   .1922477     3.34   0.001       .26592    1.019517
      hydro|  -.0670091   .0295512    -2.27   0.023    -.1249285   -.0090898
        FIN|   .0561838   .0731842     0.77   0.443    -.0872546    .1996222
     RDERET|  -.4215625   .1099022    -3.84   0.000    -.6369668   -.2061581
        HDI|  -3.478074   1.110347    -3.13   0.002    -5.654315   -1.301833
------------+-----------------------------------------------------------------
Adjust. Term  |
------------+-----------------------------------------------------------------
  Mean Group: |
      lr_CO2|  -.9160985   .0576345   -15.89   0.000     -1.02906   -.8031369
------------+-----------------------------------------------------------------
Long Run Est. |
------------+-----------------------------------------------------------------
  Mean Group: |
      lr_FIN|   .0744586   .0809665     0.92   0.358    -.0842328    .2331501
      lr_HDI|  -3.682377   1.314761    -2.80   0.005    -6.259262   -1.105492
   lr_RDERET|  -.4782917   .1259324    -3.80   0.000    -.7251146   -.2314687
      lr_gdp|   1.068552    .495818     2.16   0.031     .0967661    2.040337
    lr_hydro|  -.0740528   .0386308    -1.92   0.055    -.1497678    .0016622
------------------------------------------------------------------------------
```

الملحق رقم 11 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر الطاقة الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
------------------------------------------------
          Delta           p-value
           9.493             0.000
 adj.     13.265             0.000
------------------------------------------------
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 1.75
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 12 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Bootstrapping critical values under H0.........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests.........

Results for H0: no cointegration
With 20 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-2.715	-2.272	0.011	0.003
Ga	-9.685	1.188	0.883	0.021
Pt	-10.596	-1.785	0.037	0.055
Pa	-8.874	-0.474	0.318	0.033

الملحق رقم 13 تقدير CS-ARDL لنموذج اثر الوقود الحيوي على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
(Dynamic) Common Correlated Effects Estimator -  (CS-ARDL)

Panel Variable (i): pays                        Number of obs      =       928
Time Variable (t): year                         Number of groups   =        29

Degrees of freedom per group:                   Obs per group:
 without cross-sectional avg. min   = 6                        min =        13
                              max   = 15                       avg =        17
 with cross-sectional avg.    min   = 0                        max =        22
                              max   = 9
Number of                                       F(156, 41)         =      2.42
 cross-sectional lags                0 to 1     Prob > F           =      0.00
 variables in mean group regression = 72        R-squared          =      0.10
 variables partialled out           = 84        R-squared (MG)     =      0.99
                                                Root MSE           =      0.01
                                                CD Statistic       =      1.72
                                                   p-value         =    0.1853
------------------------------------------------------------------------------
         CO2|      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
------------+-----------------------------------------------------------------
 Short Run Est.|
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
        D.CO2|   .4224559   .0467172     9.04   0.000      .3308919    .5140198
         gdp|   1.280184   .4743644     2.70   0.007      .3504471    2.209921
     biofuel|  -.0778973   .0407935    -1.91   0.056     -.1578512    .0020566
         FIN|   .1122007   .2201382     0.51   0.610     -.3192623    .5436637
         HDI|   -.184453   1.816686    -0.10   0.919     -3.745091    3.376185
      RDERET|   .4637716   .2847276     1.63   0.103     -.0942841    1.021827
------------+-----------------------------------------------------------------
 Adjust. Term  |
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
       lr_CO2|  -.5775441   .0467172   -12.36   0.000     -.6691081   -.4859802
------------+-----------------------------------------------------------------
 Long Run Est. |
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
       lr_FIN|   .3761158   .4713588     0.80   0.425     -.5477305    1.299962
       lr_HDI|  -.1563306   2.878548    -0.05   0.957      -5.79818    5.485519
    lr_RDERET|   .7368294   .6041757     1.22   0.223     -.4473331    1.920992
  lr_biofuel|  -.1585988   .0740679    -2.14   0.032     -.3037692   -.0134284
       lr_gdp|   2.319769   .8875075     2.61   0.009      .5802866    4.059252
------------------------------------------------------------------------------
```

الملحق رقم 14 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
------------------------------------------------
         Delta          p-value
         11.281           0.000
 adj.    14.439           0.000
------------------------------------------------
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 1.9310345
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 15 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
Bootstrapping critical values under H0..........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests..........

Results for H0: no cointegration
With 29 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-2.818	-3.277	0.001	0.001
Ga	-10.791	0.654	0.744	0.001
Pt	-12.470	-1.913	0.028	0.058
Pa	-8.016	0.011	0.504	0.073

الملحق رقم 16 تقدير CS–ARDL لنموذج اثر الطاقة المتجددة الكلية على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

```
(Dynamic) Common Correlated Effects Estimator -  (CS-ARDL)

Panel Variable (i): pays                        Number of obs      =       928
Time Variable (t): year                         Number of groups   =        29

Degrees of freedom per group:                   Obs per group:
 without cross-sectional avg. min   = -1                      min =         6
                              max   = 15                      avg =        19
 with cross-sectional avg.    min   = -7                      max =        22
                              max   = 9
Number of                                       F(312, 126)        =      1.43
 cross-sectional lags               0 to 1      Prob > F           =      0.01
 variables in mean group regression = 144       R-squared          =      0.22
 variables partialled out           = 168       R-squared (MG)     =      0.97
                                                Root MSE           =      0.02
                                                CD Statistic       =      3.45
                                                   p-value         =    0.8127
------------------------------------------------------------------------------
         CO2|      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
------------+-----------------------------------------------------------------
 Short Run Est.|
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
       LD.CO2|   .0562526   .0718881     0.78   0.434    -.0846455    .1971506
         gdp|   1.517635   .3702138     4.10   0.000     .7920291    2.243241
     TOT_REN|  -.1025393   .0406581    -2.52   0.012    -.1822277   -.0228509
         FIN|   .1433004   .0803033     1.78   0.074    -.0140912    .3006919
         HDI|  -3.259794     1.8311    -1.78   0.075    -6.848685     .329096
     RDERET|  -.2837219   .1097687    -2.58   0.010    -.4988645   -.0685793
------------+-----------------------------------------------------------------
 Adjust. Term  |
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
       lr_CO2|  -.9437474   .0718881   -13.13   0.000    -1.084645   -.8028494
------------+-----------------------------------------------------------------
 Long Run Est. |
------------+-----------------------------------------------------------------
   Mean Group: |
       lr_FIN|   .1366088   .0790671     1.73   0.084    -.0183598    .2915774
       lr_HDI|  -1.502346   2.062551    -0.73   0.466    -5.544872    2.540181
    lr_RDERET|  -.4495874   .2083507    -2.16   0.031    -.8579473   -.0412274
   lr_TOT_REN|  -.2065846   .1085244    -1.90   0.057    -.4192884    .0061192
       lr_gdp|   2.075814   .6905797     3.01   0.003      .722303    3.429326
------------------------------------------------------------------------------
```

الملحق رقم 17 الإحصاءات الوصفية لنموذج الثاني

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
EFB	928	8.171998	.5728508	7.155969	9.743578
solar	928	12.06707	55.08063	0	855.653
wind	928	34.73514	122.4578	0	1715.493
hydro	928	217.4863	424.6175	0	3471.19
biofuel	928	21.62358	60.03914	0	415.87
TOT_REN	928	309.057	610.2253	.271	6545.095
KOFGI	928	75.72665	12.27429	32.01538	91.14088
SEC	928	64.3587	24.25446	35.957	125.8518
TRADE	928	84.14679	67.10161	13.75305	437.3267

الملحق رقم 18 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر الطاقة الشمسية على البصمة البيئية

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
------------------------------------------------
         Delta           p-value
         12.561            0.000
 adj.    15.385            0.000
------------------------------------------------
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 2.137931
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 19 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر الطاقة الشمسية على البصمة البيئية

```
Bootstrapping critical values under H0..........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests..........

Results for H0: no cointegration
With 29 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-3.132	-4.939	0.000	0.000
Ga	-10.776	0.665	0.747	0.001
Pt	-18.542	-6.882	0.000	0.000
Pa	-12.299	-2.890	0.002	0.001

الملحق رقم 20 تقدير MM-QR لنموذج اثر الطاقة الشمسية على البصمة البيئية

MM-qreg Estimator
Number of obs = 495
Quantile: .

EFB	Coefficient	Std. err.	z	P>|z|	[95% conf.	interval]
location						
GDP	.3260782	.0363596	8.97	0.000	.2548147	.3973417
solar	-.0170521	.0042957	-3.97	0.000	-.0254715	-.0086327
SEC	-.3734124	.0314647	-11.87	0.000	-.435082	-.3117427
KOFGI	1.290271	.1889086	6.83	0.000	.9200167	1.660525
TRADE	-.2810444	.0282063	-9.96	0.000	-.3363279	-.225761
_cons	-2.804251	.3321021	-8.44	0.000	-3.455159	-2.153342
scale						
GDP	-.0308201	.0220085	-1.40	0.161	-.0739559	.0123157
solar	.0137778	.0026002	5.30	0.000	.0086815	.018874
SEC	.0046334	.0190456	0.24	0.808	-.0326953	.0419621
KOFGI	-.3382171	.1143464	-2.96	0.003	-.562332	-.1141022
TRADE	-.0142378	.0170733	-0.83	0.404	-.0477009	.0192252
_cons	1.092086	.2010216	5.43	0.000	.6980913	1.486081
qtile__1						
GDP	.3743146	.0453796	8.25	0.000	.2853723	.4632569
solar	-.0386156	.0054923	-7.03	0.000	-.0493804	-.0278509
SEC	-.3806641	.0392023	-9.71	0.000	-.4574993	-.303829
KOFGI	1.819613	.2375056	7.66	0.000	1.354111	2.285116
TRADE	-.2587608	.0351609	-7.36	0.000	-.3276748	-.1898468
_cons	-4.513472	.4256044	-10.60	0.000	-5.347642	-3.679303
qtile__2						
GDP	.3593243	.0396538	9.06	0.000	.2816043	.4370443
solar	-.0319144	.0047129	-6.77	0.000	-.0411514	-.0226773
SEC	-.3784105	.0343005	-11.03	0.000	-.4456382	-.3111829
KOFGI	1.655111	.2063444	8.02	0.000	1.250683	2.059538
TRADE	-.2656858	.0307529	-8.64	0.000	-.3259605	-.2054112
_cons	-3.982302	.3644722	-10.93	0.000	-4.696654	-3.267949
qtile__3						
GDP	.3469378	.0367301	9.45	0.000	.2749481	.4189275
solar	-.0263771	.0043979	-6.00	0.000	-.0349969	-.0177573
SEC	-.3765484	.0317553	-11.86	0.000	-.4387876	-.3143092
KOFGI	1.519182	.1916152	7.93	0.000	1.143623	1.894741
TRADE	-.271408	.0284747	-9.53	0.000	-.3272175	-.2155985
_cons	-3.543394	.3404725	-10.41	0.000	-4.210708	-2.87608
qtile__4						
GDP	.3377409	.0358163	9.43	0.000	.2675422	.4079395
solar	-.0222658	.0042716	-5.21	0.000	-.030638	-.0138935
SEC	-.3751657	.0309734	-12.11	0.000	-.4358724	-.3144591
KOFGI	1.418256	.1865723	7.60	0.000	1.052581	1.783931
TRADE	-.2756567	.027772	-9.93	0.000	-.3300888	-.2212246
_cons	-3.217509	.3304633	-9.74	0.000	-3.865205	-2.569812
qtile__5						
GDP	.3279527	.0361813	9.06	0.000	.2570387	.3988668
solar	-.0178901	.004342	-4.12	0.000	-.0264003	-.0093798
SEC	-.3736942	.0312752	-11.95	0.000	-.4349926	-.3123959
KOFGI	1.310842	.1888478	6.94	0.000	.9407069	1.680977
TRADE	-.2801785	.0280461	-9.99	0.000	-.3351479	-.225209
_cons	-2.870674	.3361497	-8.54	0.000	-3.529515	-2.211832
qtile__6						
GDP	.318224	.0378371	8.41	0.000	.2440648	.3923833
solar	-.013541	.0045531	-2.97	0.003	-.0224649	-.004617
SEC	-.3722316	.0327004	-11.38	0.000	-.4363233	-.3081399
KOFGI	1.20408	.1976861	6.09	0.000	.8166218	1.591537
TRADE	-.2846728	.0293255	-9.71	0.000	-.3421497	-.2271959
_cons	-2.525944	.3526456	-7.16	0.000	-3.217116	-1.834771
qtile__7						
GDP	.3052135	.0417752	7.31	0.000	.2233357	.3870914
solar	-.0077248	.0050079	-1.54	0.123	-.0175402	.0020906
SEC	-.3702756	.0361139	-10.25	0.000	-.4410575	-.2994938
KOFGI	1.061303	.2180084	4.87	0.000	.6340144	1.488592
TRADE	-.2906832	.032384	-8.98	0.000	-.3541546	-.2272118
_cons	-2.064926	.3877324	-5.33	0.000	-2.824867	-1.304984
qtile__8						
GDP	.2929114	.0468976	6.25	0.000	.2009937	.384829
solar	-.0022252	.0055835	-0.40	0.690	-.0131687	.0087182
SEC	-.3684262	.0405613	-9.08	0.000	-.4479249	-.2889274
KOFGI	.9263004	.244168	3.79	0.000	.4477399	1.404861
TRADE	-.2963664	.0363676	-8.15	0.000	-.3676456	-.2250872
_cons	-1.629009	.4318801	-3.77	0.000	-2.475478	-.7825391
qtile__9						
GDP	.276594	.0550804	5.02	0.000	.1686385	.3845496
solar	.0050692	.0064186	0.79	0.430	-.0075111	.0176495
SEC	-.3659731	.0477054	-7.67	0.000	-.4594739	-.2724722
KOFGI	.7472353	.284599	2.63	0.009	.1894316	1.305039
TRADE	-.3039045	.0427589	-7.11	0.000	-.3877103	-.2200986
_cons	-1.050816	.4946924	-2.12	0.034	-2.020395	-.0812369

الملحق رقم 21 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر طاقة الرياح على البصمة البيئية

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
```

	Delta	p-value
	13.383	0.000
adj.	15.368	0.000

```
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 3
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 22 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر طاقة الرياح على البصمة البيئية

```
Bootstrapping critical values under H0..........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests..........

Results for H0: no cointegration
With 27 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-2.680	-2.461	0.007	0.000
Ga	-7.920	2.574	0.995	0.160
Pt	-14.446	-3.821	0.000	0.000
Pa	-8.663	-0.413	0.340	0.010

الملحق رقم 23 تقدير MM–QR لنموذج اثر طاقة الرياح على البصمة البيئية

```
MM-qreg Estimator
Number of obs = 573
Quantile:  .
```

EFB	Coefficient	Std. err.	z	P>|z|	[95% conf.	interval]
location						
GDP	.2650816	.0308651	8.59	0.000	.2045871	.3255762
wind	-.0124666	.0040427	-3.08	0.002	-.0203902	-.0045429
SEC	-.3411705	.028195	-12.10	0.000	-.3964316	-.2859094
KOFGI	1.351662	.1770069	7.64	0.000	1.004735	1.698589
TRADE	-.260139	.0283836	-9.17	0.000	-.3157699	-.2045081
_cons	-2.406496	.2863579	-8.40	0.000	-2.967747	-1.845245
scale						
GDP	.0174526	.0184157	0.95	0.343	-.0186415	.0535468
wind	.0006326	.0024121	0.26	0.793	-.0040951	.0053602
SEC	-.0086847	.0168226	-0.52	0.606	-.0416564	.0242869
KOFGI	-.2575367	.1056116	-2.44	0.015	-.4645315	-.0505418
TRADE	.0385774	.0169351	2.28	0.023	.0053851	.0717697
_cons	.3405887	.170856	1.99	0.046	.005717	.6754604
qtile__1						
GDP	.2347269	.0470408	4.99	0.000	.1425287	.3269251
wind	-.0135667	.0061636	-2.20	0.028	-.0256472	-.0014863
SEC	-.3260654	.0429814	-7.59	0.000	-.4103074	-.2418234
KOFGI	1.799587	.2691916	6.69	0.000	1.271981	2.327193
TRADE	-.3272354	.043199	-7.58	0.000	-.4119038	-.242567
_cons	-2.99887	.4359554	-6.88	0.000	-3.853327	-2.144413
qtile__2						
GDP	.2456761	.0390502	6.29	0.000	.1691392	.322213
wind	-.0131699	.0051117	-2.58	0.010	-.0231887	-.0031511
SEC	-.3315139	.0356563	-9.30	0.000	-.4013991	-.2616288
KOFGI	1.638017	.224771	7.29	0.000	1.197474	2.07856
TRADE	-.3030332	.0360106	-8.42	0.000	-.3736126	-.2324538
_cons	-2.785196	.3630474	-7.67	0.000	-3.496756	-2.073636
qtile__3						
GDP	.2533573	.0346216	7.32	0.000	.1855003	.3212144
wind	-.0128915	.0045317	-2.84	0.004	-.0217736	-.0040094
SEC	-.3353363	.0316113	-10.61	0.000	-.3972933	-.2733792
KOFGI	1.524669	.19935	7.65	0.000	1.13395	1.915388
TRADE	-.2860544	.0319353	-8.96	0.000	-.3486464	-.2234625
_cons	-2.635296	.3219392	-8.19	0.000	-3.266285	-2.004306

qtile__4						
GDP	.260507	.031825	8.19	0.000	.1981311	.3228829
wind	-.0126324	.004166	-3.03	0.002	-.0207977	-.0044671
SEC	-.338894	.0290596	-11.66	0.000	-.3958498	-.2819383
KOFGI	1.419167	.1831533	7.75	0.000	1.060193	1.778141
TRADE	-.2702508	.029346	-9.21	0.000	-.3277679	-.2127338
_cons	-2.49577	.2958572	-8.44	0.000	-3.075639	-1.915901
qtile__5						
GDP	.2662947	.03075	8.66	0.000	.2060257	.3265636
wind	-.0124226	.0040263	-3.09	0.002	-.020314	-.0045312
SEC	-.3417741	.0280827	-12.17	0.000	-.3968152	-.286733
KOFGI	1.333762	.1767112	7.55	0.000	.9874142	1.680109
TRADE	-.2574577	.0283252	-9.09	0.000	-.3129741	-.2019412
_cons	-2.382823	.2856383	-8.34	0.000	-2.942664	-1.822982
qtile__6						
GDP	.2715384	.0308001	8.82	0.000	.2111712	.3319055
wind	-.0122325	.0040346	-3.03	0.002	-.0201402	-.0043249
SEC	-.3443834	.0281371	-12.24	0.000	-.3995312	-.2892357
KOFGI	1.256384	.1765351	7.12	0.000	.9103821	1.602387
TRADE	-.245867	.0283163	-8.68	0.000	-.301366	-.1903681
_cons	-2.280493	.2856871	-7.98	0.000	-2.840429	-1.720556
qtile__7						
GDP	.276084	.0316573	8.72	0.000	.2140369	.3381311
wind	-.0120678	.0041459	-2.91	0.004	-.0201936	-.003942
SEC	-.3466454	.0289154	-11.99	0.000	-.4033185	-.2899723
KOFGI	1.189308	.1817085	6.55	0.000	.8331657	1.54545
TRADE	-.2358194	.0291343	-8.09	0.000	-.2929215	-.1787172
_cons	-2.191785	.2938665	-7.46	0.000	-2.767752	-1.615817
qtile__8						
GDP	.2828166	.0341623	8.28	0.000	.2158597	.3497734
wind	-.0118238	.0044709	-2.64	0.008	-.0205866	-.0030609
SEC	-.3499956	.0311885	-11.22	0.000	-.411124	-.2888673
KOFGI	1.08996	.1968901	5.54	0.000	.7040623	1.475857
TRADE	-.2209376	.0315339	-7.01	0.000	-.282743	-.1591323
_cons	-2.060398	.3178363	-6.48	0.000	-2.683346	-1.437451
qtile__9						
GDP	.2928027	.0399235	7.33	0.000	.2145542	.3710513
wind	-.0114618	.0052274	-2.19	0.028	-.0217074	-.0012163
SEC	-.3549649	.0364603	-9.74	0.000	-.4264258	-.2835041
KOFGI	.9426008	.2294341	4.11	0.000	.4929182	1.392283
TRADE	-.1988642	.0367765	-5.41	0.000	-.2709447	-.1267836
_cons	-1.865518	.3708583	-5.03	0.000	-2.592387	-1.138649

الملحق رقم 24 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
```

	Delta	p-value
	18.216	0.000
adj.	20.919	0.000

```
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 3
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 25 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية

```
Bootstrapping critical values under H0..........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests..........

Results for H0: no cointegration
With 28 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-2.729	-2.761	0.003	0.001
Ga	-7.586	2.852	0.998	0.299
Pt	-14.343	-3.590	0.000	0.003
Pa	-8.091	-0.040	0.484	0.059

الملحق رقم 26 تقدير MM–QR لنموذج اثر الطاقة الكهرومائية على البصمة البيئية

MM-qreg Estimator
Number of obs = 680
Quantile: .

EFB	Coefficient	Std. err.	z	P>|z|	[95% conf.	interval]
location						
GDP	.2456376	.0312529	7.86	0.000	.184383	.3068922
hydro	-.0207297	.0040373	-5.13	0.000	-.0286426	-.0128168
SEC	-.3565384	.0282502	-12.62	0.000	-.4119078	-.301169
KOFGI	1.072442	.154958	6.92	0.000	.7687301	1.376154
TRADE	-.3042648	.0296844	-10.25	0.000	-.362445	-.2460845
_cons	-1.441356	.2071219	-6.96	0.000	-1.847308	-1.035405
scale						
GDP	.0003243	.0179717	0.02	0.986	-.0348994	.0355481
hydro	.0130797	.0023216	5.63	0.000	.0085294	.0176299
SEC	.0122562	.016245	0.75	0.451	-.0195834	.0440958
KOFGI	-.3580147	.0891069	-4.02	0.000	-.5326611	-.1833684
TRADE	.0839511	.0170697	4.92	0.000	.0504952	.117407
_cons	.499587	.1191032	4.19	0.000	.266149	.7330249
qtile__1						
GDP	.2451023	.0440454	5.56	0.000	.1587749	.3314298
hydro	-.042316	.0056553	-7.48	0.000	-.0534001	-.0312319
SEC	-.3767657	.0398184	-9.46	0.000	-.4548083	-.298723
KOFGI	1.663299	.2166509	7.68	0.000	1.238671	2.087927
TRADE	-.4428152	.0414842	-10.67	0.000	-.5241227	-.3615077
_cons	-2.26586	.2899573	-7.81	0.000	-2.834166	-1.697554
qtile__2						
GDP	.2452724	.0379912	6.46	0.000	.1708111	.3197337
hydro	-.0354582	.0049626	-7.15	0.000	-.0451848	-.0257316
SEC	-.3703396	.0343445	-10.78	0.000	-.4376536	-.3030256
KOFGI	1.475589	.1898415	7.77	0.000	1.103506	1.847671
TRADE	-.3987989	.0364514	-10.94	0.000	-.4702423	-.3273554
_cons	-2.003922	.2537059	-7.90	0.000	-2.501176	-1.506668
qtile__3						
GDP	.2454095	.0342365	7.17	0.000	.1783073	.3125118
hydro	-.0299286	.0045003	-6.65	0.000	-.038749	-.0211083
SEC	-.3651581	.030951	-11.80	0.000	-.4258211	-.3044952
KOFGI	1.324234	.1719491	7.70	0.000	.9872198	1.661248
TRADE	-.3633075	.0330535	-10.99	0.000	-.4280912	-.2985239
_cons	-1.792716	.2297239	-7.80	0.000	-2.242966	-1.342465
qtile__4						
GDP	.2455377	.0319848	7.68	0.000	.1828486	.3082267
hydro	-.0247599	.0042022	-5.89	0.000	-.0329961	-.0165237
SEC	-.3603148	.0289162	-12.46	0.000	-.4169895	-.3036401
KOFGI	1.182756	.1604826	7.37	0.000	.868216	1.497296
TRADE	-.3301323	.0308508	-10.70	0.000	-.3905987	-.2696659
_cons	-1.595292	.2144499	-7.44	0.000	-2.015606	-1.174978
qtile__5						
GDP	.2456539	.0312253	7.87	0.000	.1844534	.3068544
hydro	-.0200733	.0040781	-4.92	0.000	-.0280662	-.0120805
SEC	-.3559233	.0282292	-12.61	0.000	-.4112515	-.3005951
KOFGI	1.054477	.1558819	6.76	0.000	.7489538	1.36
TRADE	-.300052	.0299354	-10.02	0.000	-.3587243	-.2413797
_cons	-1.416287	.2083781	-6.80	0.000	-1.8247	-1.007873
qtile__6						
GDP	.2457572	.0316538	7.76	0.000	.1837169	.3077975
hydro	-.0159085	.00412	-3.86	0.000	-.0239835	-.0078335
SEC	-.3520207	.0286159	-12.30	0.000	-.4081068	-.2959346
KOFGI	.9404778	.157615	5.97	0.000	.6315581	1.249398
TRADE	-.2733203	.030248	-9.04	0.000	-.3326054	-.2140353
_cons	-1.257208	.2107179	-5.97	0.000	-1.670208	-.8442089
qtile__7						
GDP	.245857	.0330194	7.45	0.000	.1811401	.3105739
hydro	-.0118821	.0043128	-2.76	0.006	-.0203349	-.0034292
SEC	-.3482477	.0298504	-11.67	0.000	-.4067535	-.289742
KOFGI	.830266	.1649368	5.03	0.000	.5069959	1.153536
TRADE	-.2474767	.031671	-7.81	0.000	-.3095507	-.1854027
_cons	-1.103415	.2204445	-5.01	0.000	-1.535478	-.6713515
qtile__8						
GDP	.2459829	.0358995	6.85	0.000	.1756211	.3163446
hydro	-.0068073	.0046537	-1.46	0.144	-.0159284	.0023137
SEC	-.3434925	.0324532	-10.58	0.000	-.4070996	-.2798854
KOFGI	.6913614	.1782224	3.88	0.000	.342052	1.040671
TRADE	-.2149049	.034175	-6.29	0.000	-.2818867	-.147923
_cons	-.9095822	.2382944	-3.82	0.000	-1.376631	-.4425338
qtile__9						
GDP	.246127	.0404411	6.09	0.000	.1668639	.32539
hydro	-.000997	.0053357	-0.19	0.852	-.0114547	.0094608
SEC	-.3380479	.0365639	-9.25	0.000	-.4097119	-.266384
KOFGI	.5323208	.2033688	2.62	0.009	.1337252	.9309163
TRADE	-.1776113	.0391357	-4.54	0.000	-.2543159	-.1009067
_cons	-.687651	.2718044	-2.53	0.011	-1.220378	-.1549242

الملحق رقم 27 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر الطاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
------------------------------------------------
         Delta           p-value
         10.327            0.000
 adj.    11.856            0.000
------------------------------------------------
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 2.95
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 28 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر الطاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية

```
Bootstrapping critical values under H0..........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests..........

Results for H0: no cointegration
With 20 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-2.744	-2.397	0.008	0.003
Ga	-8.901	1.644	0.950	0.088
Pt	-14.203	-4.737	0.000	0.003
Pa	-12.225	-2.358	0.009	0.004

الملحق رقم 29 تقدير MM-QR لنموذج اثر الطاقة الوقود الحيوي على البصمة البيئية

```
MM-qreg Estimator
Number of obs = 488
Quantile:  .
```

EFB	Coefficient	Std. err.	z	P>|z|	[95% conf.	interval]
location						
GDP	.5109699	.0354782	14.40	0.000	.4414339	.5805058
Biofuel	-.0035796	.0012642	-2.83	0.005	-.0060574	-.0011017
SEC	-.564995	.0322121	-17.54	0.000	-.6281295	-.5018606
KOFGI	.8660807	.1459226	5.94	0.000	.5800777	1.152084
TRADE	-.3829604	.0258806	-14.80	0.000	-.4336855	-.3322353
_cons	-2.795751	.204927	-13.64	0.000	-3.1974	-2.394101
scale						
GDP	.045037	.0218839	2.06	0.040	.0021454	.0879286
Biofuel	.0012295	.0007798	1.58	0.115	-.0002989	.0027579
SEC	-.0379517	.0198693	-1.91	0.056	-.0768947	.0009914
KOFGI	-.2639611	.090009	-2.93	0.003	-.4403754	-.0875468
TRADE	.0082443	.0159639	0.52	0.606	-.0230443	.039533
_cons	.2545908	.1264045	2.01	0.044	.0068425	.502339
qtile__1						
GDP	.4410518	.0476616	9.25	0.000	.3476368	.5344668
Biofuel	-.0054883	.0016901	-3.25	0.001	-.0088008	-.0021758
SEC	-.5060766	.0432134	-11.71	0.000	-.5907733	-.42138
KOFGI	1.275869	.1983185	6.43	0.000	.8871722	1.664566
TRADE	-.3957594	.0344036	-11.50	0.000	-.4631893	-.3283295
_cons	-3.190992	.2750347	-11.60	0.000	-3.73005	-2.651934
qtile__2						
GDP	.4651873	.0403569	11.53	0.000	.3860892	.5442854
Biofuel	-.0048294	.001438	-3.36	0.001	-.0076479	-.0020109
SEC	-.5264151	.0366403	-14.37	0.000	-.5982287	-.4546015
KOFGI	1.134412	.1660133	6.83	0.000	.8090314	1.459792
TRADE	-.3913412	.0294349	-13.30	0.000	-.4490326	-.3336498
_cons	-3.054556	.233118	-13.10	0.000	-3.511459	-2.597653
qtile__3						
GDP	.4800224	.0374646	12.81	0.000	.4065932	.5534516
Biofuel	-.0044244	.0013343	-3.32	0.001	-.0070396	-.0018093
SEC	-.5389163	.0340098	-15.85	0.000	-.6055742	-.4722584
KOFGI	1.047463	.154297	6.79	0.000	.7450468	1.34988
TRADE	-.3886255	.0272969	-14.24	0.000	-.4421265	-.3351245
_cons	-2.970695	.2163849	-13.73	0.000	-3.394801	-2.546588

qtile__4						
GDP	.4962339	.0357124	13.90	0.000	.426239	.5662289
Biofuel	-.0039819	.0012713	-3.13	0.002	-.0064737	-.0014901
SEC	-.5525774	.032415	-17.05	0.000	-.6161097	-.4890451
KOFGI	.9524476	.1472345	6.47	0.000	.6638734	1.241022
TRADE	-.3856579	.0259959	-14.84	0.000	-.4366088	-.3347069
_cons	-2.879052	.2062482	-13.96	0.000	-3.283291	-2.474813
qtile__5						
GDP	.5110124	.035513	14.39	0.000	.4414083	.5806165
Biofuel	-.0035784	.001265	-2.83	0.005	-.0060578	-.001099
SEC	-.5650309	.0322391	-17.53	0.000	-.6282184	-.5018435
KOFGI	.865831	.1462021	5.92	0.000	.5792802	1.152382
TRADE	-.3829526	.0258835	-14.80	0.000	-.4336833	-.3322219
_cons	-2.79551	.2051287	-13.63	0.000	-3.197555	-2.393465
qtile__6						
GDP	.5218711	.0363076	14.37	0.000	.4507095	.5930327
Biofuel	-.003282	.0012935	-2.54	0.011	-.0058172	-.0007468
SEC	-.5741813	.0329619	-17.42	0.000	-.6387853	-.5095772
KOFGI	.8021888	.1494228	5.37	0.000	.5093256	1.095052
TRADE	-.3809648	.0264707	-14.39	0.000	-.4328465	-.3290832
_cons	-2.734127	.2097243	-13.04	0.000	-3.145179	-2.323075
qtile__7						
GDP	.5392385	.0391372	13.78	0.000	.4625309	.615946
Biofuel	-.0028079	.0013933	-2.02	0.044	-.0055387	-.0000771
SEC	-.5888164	.0355238	-16.58	0.000	-.6584418	-.5191909
KOFGI	.7003988	.16135	4.34	0.000	.3841585	1.016639
TRADE	-.3777856	.0284896	-13.26	0.000	-.4336243	-.3219469
_cons	-2.63595	.2260267	-11.66	0.000	-3.078955	-2.192946
qtile__8						
GDP	.5567448	.0435098	12.80	0.000	.4714671	.6420224
Biofuel	-.00233	.0015479	-1.51	0.132	-.0053637	.0007038
SEC	-.6035686	.0394856	-15.29	0.000	-.6809589	-.5261782
KOFGI	.5977946	.1796665	3.33	0.001	.2456548	.9499344
TRADE	-.374581	.0316272	-11.84	0.000	-.436569	-.3125929
_cons	-2.536989	.2512373	-10.10	0.000	-3.029405	-2.044573
qtile__9						
GDP	.5828481	.0517143	11.27	0.000	.48149	.6842063
Biofuel	-.0016174	.0018431	-0.88	0.380	-.0052298	.001995
SEC	-.6255653	.0469534	-13.32	0.000	-.7175922	-.5335383
KOFGI	.4448031	.212638	2.09	0.036	.0280403	.861566
TRADE	-.3698025	.0377328	-9.80	0.000	-.4437576	-.2958475
_cons	-2.389428	.2987476	-8.00	0.000	-2.974963	-1.803894

الملحق رقم 30 اختبار تجانس الميول لنموذج اثر الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية

```
Testing for slope heterogeneity
(Blomquist, Westerlund. 2013. Economic Letters)
H0: slope coefficients are homogenous
------------------------------------------
         Delta           p-value
         18.229            0.000
 adj.    20.933            0.000
------------------------------------------
HAC Kernel: bartlett
with average bandwith 3
Variables partialled out: constant
```

الملحق رقم 31 اختبار التكامل المشترك للجيل الثاني لنموذج اثر الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية

```
Bootstrapping critical values under H0..........
Calculating Westerlund ECM panel cointegration tests..........

Results for H0: no cointegration
With 29 series and 5 covariates
```

Statistic	Value	Z-value	P-value	Robust P-value
Gt	-3.094	-4.738	0.000	0.000
Ga	-9.831	1.327	0.908	0.006
Pt	-18.243	-6.637	0.000	0.000
Pa	-12.222	-2.837	0.002	0.000

الملحق رقم 32 تقدير MM–QR لنموذج اثر الطاقة المتجددة الكلية على البصمة البيئية

MM-qreg Estimator
Number of obs = 691
Quantile: .

EFB	Coefficient	Std. err.	z	P>|z|	[95% conf.	interval]
location						
GDP	.2878505	.0304525	9.45	0.000	.2281647	.3475363
TOT_REN	-.0434634	.007419	-5.86	0.000	-.0580043	-.0289225
SEC	-.3787012	.0269456	-14.05	0.000	-.4315136	-.3258888
KOFGI	1.04601	.1457782	7.18	0.000	.76029	1.33173
TRADE	-.2927935	.0264889	-11.05	0.000	-.3447108	-.2408762
_cons	-1.722396	.2145959	-8.03	0.000	-2.142996	-1.301796
scale						
GDP	-.0017163	.0174244	-0.10	0.922	-.0358675	.032435
TOT_REN	.0228823	.004245	5.39	0.000	.0145622	.0312024
SEC	.0062968	.0154179	0.41	0.683	-.0239216	.0365153
KOFGI	-.4348901	.083412	-5.21	0.000	-.5983746	-.2714056
TRADE	.0901227	.0151565	5.95	0.000	.0604164	.119829
_cons	.6704784	.1227884	5.46	0.000	.4298175	.9111393
qtile__1						
GDP	.2906879	.0428931	6.78	0.000	.2066188	.3747569
TOT_REN	-.0812927	.0103036	-7.89	0.000	-.1014873	-.0610981
SEC	-.3891112	.0379557	-10.25	0.000	-.463503	-.3147195
KOFGI	1.764976	.2013865	8.76	0.000	1.370266	2.159686
TRADE	-.4417855	.0366019	-12.07	0.000	-.5135239	-.3700471
_cons	-2.83084	.2968677	-9.54	0.000	-3.41269	-2.24899
qtile__2						
GDP	.2897416	.0367541	7.88	0.000	.2177049	.3617783
TOT_REN	-.0686762	.0091051	-7.54	0.000	-.0865218	-.0508305
SEC	-.3856394	.0325222	-11.86	0.000	-.4493818	-.321897
KOFGI	1.525192	.1792937	8.51	0.000	1.173782	1.876601
TRADE	-.3920948	.0326575	-12.01	0.000	-.4561024	-.3280872
_cons	-2.46116	.2639616	-9.32	0.000	-2.978515	-1.943804
qtile__3						
GDP	.2889836	.0330545	8.74	0.000	.224198	.3537693
TOT_REN	-.0585713	.0081661	-7.17	0.000	-.0745767	-.042566
SEC	-.3828587	.0292486	-13.09	0.000	-.4401849	-.3255325
KOFGI	1.333144	.1607336	8.29	0.000	1.018111	1.648176
TRADE	-.3522965	.0292674	-12.04	0.000	-.4096596	-.2949334
_cons	-2.165075	.2366423	-9.15	0.000	-2.628886	-1.701265
qtile__4						
GDP	.2883645	.0311365	9.26	0.000	.2273382	.3493908
TOT_REN	-.0503164	.0077305	-6.51	0.000	-.0654679	-.0351649
SEC	-.380587	.0275517	-13.81	0.000	-.4345873	-.3265867
KOFGI	1.176253	.1522207	7.73	0.000	.8779064	1.4746
TRADE	-.319784	.0277408	-11.53	0.000	-.374155	-.265413
_cons	-1.923195	.2241369	-8.58	0.000	-2.362495	-1.483895
qtile__5						
GDP	.2877234	.0304187	9.46	0.000	.2281038	.3473429
TOT_REN	-.0417686	.0075194	-5.55	0.000	-.0565062	-.0270309
SEC	-.3782348	.0269167	-14.05	0.000	-.4309905	-.3254791
KOFGI	1.013798	.1479188	6.85	0.000	.7238824	1.303713
TRADE	-.2861182	.0269482	-10.62	0.000	-.3389356	-.2333007
_cons	-1.672734	.2178368	-7.68	0.000	-2.099686	-1.245782
qtile__6						
GDP	.2871723	.030904	9.29	0.000	.2266015	.3477431
TOT_REN	-.0344215	.0075498	-4.56	0.000	-.0492189	-.0196242
SEC	-.376213	.027346	-13.76	0.000	-.4298102	-.3226159
KOFGI	.8741638	.1482211	5.90	0.000	.5836557	1.164672
TRADE	-.2571817	.0269664	-9.54	0.000	-.3100349	-.2043285
_cons	-1.457458	.2183112	-6.68	0.000	-1.88534	-1.029575
qtile__7						
GDP	.2867302	.0320022	8.96	0.000	.2240069	.3494534
TOT_REN	-.028527	.0078499	-3.63	0.000	-.0439126	-.0131415
SEC	-.374591	.0283176	-13.23	0.000	-.4300924	-.3190895
KOFGI	.7621358	.1542698	4.94	0.000	.4597725	1.064499
TRADE	-.233966	.028074	-8.33	0.000	-.2889901	-.1789419
_cons	-1.284742	.2271781	-5.66	0.000	-1.730003	-.839481
qtile__8						
GDP	.2860202	.0349209	8.19	0.000	.2175765	.3544639
TOT_REN	-.0190607	.0085135	-2.24	0.025	-.035747	-.0023745
SEC	-.371986	.0309003	-12.04	0.000	-.4325494	-.3114226
KOFGI	.5822236	.1671058	3.48	0.000	.2547023	.909745
TRADE	-.1966826	.0303918	-6.47	0.000	-.2562495	-.1371157
_cons	-1.007368	.246117	-4.09	0.000	-1.489748	-.5249874
qtile__9						
GDP	.285389	.0384741	7.42	0.000	.2099811	.3607969
TOT_REN	-.0106461	.0095121	-1.12	0.263	-.0292894	.0079973
SEC	-.3696704	.034045	-10.86	0.000	-.4363973	-.3029435
KOFGI	.4222987	.1870508	2.26	0.024	.055686	.7889115
TRADE	-.1635412	.034087	-4.80	0.000	-.2303506	-.0967319
_cons	-.7608085	.2755114	-2.76	0.006	-1.300801	-.2208161