

أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي على الاستدامة البيئية في الجزائر: دراسة قياسية للفترة "1990-2023"

The effect of the transformation towards the digital economy on environmental sustainability in Algeria: econometric study during the period (1990-2023)

لزهر ساحلي^{1*}، سهام بوصبع²

¹ جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة (الجزائر)، مخبر تمويل المؤسسات الناشئة في ظل اقتصاد المعرفة، l.sahli@univ-skikda.dz

² جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة (الجزائر)، مخبر اقتصاد، مالية وإدارة الأعمال، si.bousba@univ-skikda.dz

تاريخ النشر: 2025/06/30

تاريخ القبول: 2025/06/23

تاريخ الاستلام: 2025/04/05

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى قياس وتحليل أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي في الاستدامة البيئية في الجزائر للفترة الزمنية الممتدة ما بين عامي 1990 و2023، ولتحقيق ذلك تم استخدام نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية المتباطئة الموزعة (ARDL) الذي يتميز بقدرة كبيرة على التعامل مع عدد مشاهدات صغير، والبيانات المستقرة عند المستوى أو عند الفرق الأول، أو المزيج من الاثنين معا.

وقد توصلت الدراسة إلى وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة، حيث جاءت العلاقة إيجابية ومعنوية بين انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ونسبة الأفراد الذين يستخدمون الإنترنت، واشتراكات الهواتف الخلوية المتنقلة لكل 100 نسمة، في حين كانت العلاقة إيجابية وغير معنوية مع اشتراكات الهاتف الثابت لكل 100 نسمة، وعلاقة سلبية ومعنوية مع عدد طلبات تسجيل براءات الاختراع للمقيمين. ومثلما كان متوقعا فإن معامل تصحيح الخطأ جاء سالبا ومعنويا، وهو ما يدل على أن النموذج المقدر يتضمن آلية العودة إلى التوازن من جديد.

الكلمات المفتاحية: اقتصاد رقمي؛ تنمية مستدامة؛ استدامة بيئية؛ ARDL.

تصنيف JEL: Q01, O33, O13, C32.

Abstract:

This study aims to measure and analyses the effect of the transformation towards the digital economy on environmental sustainability in Algeria during the period (1990-2023), has been using Autoregressive Distributed Lag Model (ARDL) because of this form of advantages is the suitability for small samples and data of stationary in the first-difference or the level or a combination of the two.

In addition to that, this study arrives to a long-term balanced relationship between the study variables, as the positive relationship and significant between the carbon dioxide emissions, individuals using the internet (%) and mobile-cellular subscriptions per 100 inhabitants, while the relationship was positive and not significant with fixed-telephone subscriptions per 100 inhabitants, and relationship negative and significant with the number of patents for residents. And as expected, the error correction factor was negative and significant, which indicates that the estimated model includes a mechanism for returning to balance again.

Keywords: Digital Economy; Sustainable Development; Environmental Sustainability; ARDL.

Jel Classification Codes: C32; O13; O33; Q01.

*لزهر ساحلي.

مقدمة:

إن التغيرات المتسارعة والمتلاحقة التي عاشها ولا يزال الاقتصاد العالمي منذ عدة عقود من الزمن، والتي كانت مصاحبة لتلك التطورات الهائلة في مجالات التكنولوجيا والمعرفة، فرضت تحديات جديدة على الاقتصادات الوطنية وألزمها بضرورة التكيف مع نظام اقتصادي عالمي جديد كان بالأمس قائما بصفة أساسية على الصناعة إلى نظام اقتصادي مبني بشكل كبير جدا على الرقمنة. لقد خلق الاقتصاد الرقمي الكثير من الفرص المثيرة، التي تستحق ربما المجازفة بشأها، وأتاح فوائد اقتصادية كبيرة قد تشكل دفعة قوية للغاية باتجاه تحقيق معدلات نمو اقتصادي مجزية. لكن وبالمقابل، فإن التحول نحو الاقتصاد الرقمي صاحبه الكثير من التأثيرات التي كانت في أحيان كثيرة عميقة جدا على واقع ومسار التنمية المستدامة وعلى وجه الخصوص الاستدامة البيئية. بدليل أن التوسع في النشاطات الاقتصادية المختلفة - وخاصة النشاطات الصناعية المعتمدة أساسا على الطاقة - خلق الكثير من الآثار السلبية على واقع البيئة كنتيجة متوقعة للآثار الملوثة للبيئة والتي تخلفها انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وهنا أصبحت رقمنة الاقتصاد حالة قد تكون مَرَضِيَّة لواقع الاقتصاد ككل. فالاعتماد على الاقتصاد الرقمي بشكل مبالغ فيه أدى إلى استهلاك المزيد من الطاقة والنتيجة مزيد من ملوثات البيئة. بناء على ما سبق فإنه يبدو من المهم جدا تسليط الضوء على مختلف الآثار - إيجابية كانت أم سلبية - المتوقعة للانتقال نحو الاقتصاد الرقمي خصوصا على مستقبل الاستدامة البيئية، ومحاولة فهم أليات وكيفيات توظيف الاقتصاد الرقمي بصورة تسمح بالحفاظ على منظومة بيئية سليمة ومستدامة.

إن الاقتصاد الجزائري اليوم عليه مواجهة حتمية الانخراط في الاقتصاد الرقمي، مع مراعاة طبيعة النتائج التي قد تنجر عن ذلك، والتي قد تكون معاكسة تماما لما هو متوقع، وهنا سوف تحاول هذه الدراسة تحليل وقياس تأثير التحول نحو الاقتصاد الرقمي على واقع التنمية المستدامة وبشكل خاص في بعدها البيئي.

محور الأول: الإطار العام للدراسة

أولا: مشكلة الدراسة

بناء على ما تقدم، تأتي هذه الورقة البحثية كمحاولة لسد النقص الموجود في الدراسات ذات الصلة بالاقتصاد الجزائري والمتعلقة بالعلاقة بين الاقتصاد الرقمي والتنمية المستدامة في بعدها البيئي، بالإضافة إلى محاولة تحديد أثر ذلك التحول على الاستدامة البيئية هل هو إيجابي أم سلبي، خصوصا وأن طبيعة هذا الأثر يختلف من اقتصاد وطني لآخر، ولم يثبت بشكل قطعي هل هو إيجابي أم سلبي. ومن خلال كل هذه الملاحظات سوف يتم بناء نموذج قياسي كلي يحلل أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي في الاستدامة البيئية في الجزائر للفترة (1990 - 2023)، وذلك باستخدام نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية المتباطئة الموزعة (ARDL). محاولين بذلك الإجابة على الإشكالية الرئيسة التالية:

"ما أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي على الاستدامة البيئية في الجزائر خلال الفترة (1990 - 2023)؟".

ثانيا: فرضية الدراسة

لا يوجد أي أثر معنوي للتحول نحو الاقتصاد الرقمي على الاستدامة البيئية في الجزائر خلال الفترة (1990 - 2023)؛

ثالثا: أهمية الدراسة

تنعكس الأهمية النظرية للدراسة في التوجه العالمي الراهن نحو التحول إلى الاقتصاد المبني على الرقمنة كضرورة حتمية أملتها الظروف الاقتصادية العالمية، والمنافسة الشديدة التي أضحت تميز الأسواق. في حين تنعكس الأهمية التطبيقية لهذه الدراسة أن تقدم توصيات ومقترحات تهم واضعي السياسات الاقتصادية في الجزائر من شأنها المساعدة في بلوغ مستويات عليا في مجال الاقتصاد الرقمي واستخدام هذا الأخير في التأثير بشكل إيجابي في الاستدامة البيئية والتقليل قدر الإمكان من الانبعاثات الملوثة.

رابعاً: أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي في الاستدامة البيئية في الجزائر وذلك للفترة (1990 - 2023) مع تحديد طبيعة هذا الأثر هل هو إيجابي أم سلبي، واختبار مدى وجود علاقة طويلة وقصيرة الأجل بين نصيب الفرد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والذي تم اعتماده كمؤشر للتعبير عن الاستدامة البيئية، ونسبة الأفراد الذين يستخدمون الإنترنت، عدد اشتراكات الهاتف الثابت والهواتف الخلوية المتنقلة لكل 100 نسمة وعدد براءات الاختراع المسجلة للمقيمين، واختبار قدرة نموذج الانحدار الذاتي للإبطاء الزمني الموزع في تحليل السلاسل الزمنية. إضافة إلى محاولة عرض أهم المصطلحات والمفاهيم ذات الصلة بموضوع الدراسة (الاقتصاد الرقمي، التنمية المستدامة والاستدامة البيئية).

خامساً: منهج الدراسة

سوف يتم استخدام المنهج الوصفي والتحليلي المبني على الاطلاع على عدة دراسات تطبيقية تناولت موضوع الدراسة، بالإضافة إلى المنهج القياسي والذي تم فيه توظيف نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية المتباطئة الموزعة (ARDL) وقد تم الحصول على بيانات السلاسل الزمنية الخاصة بمتغيرات الدراسة: نسبة الأفراد الذين يستخدمون الإنترنت، عدد اشتراكات الهاتف الثابت والهواتف الخلوية المتنقلة لكل 100 نسمة وعدد براءات الاختراع المسجلة للمقيمين، من الموقع الرسمي لقاعدة بيانات البنك الدولي على شبكة الإنترنت. في حين تم الحصول على بيانات نصيب الفرد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من إحصاءات الطاقة العالمية على شبكة الإنترنت. وتم إجراء التطبيق باستخدام البرنامج الإحصائي Eviews 13.

سادساً: حدود الدراسة

اعتمدت الدراسة على الفترة الزمنية (1990 - 2023) وهي فترة تسمح بدراسة وتحليل أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي في الاستدامة البيئية في الجزائر. ونشير هنا إلى أن البيانات التي سوف تستند إليها الدراسة هي نصف سنوية.

سابعاً: الدراسات السابقة

- دراسة Rosario & Dias (2023)، بعنوان: "The New Digital Economy and Sustainability: Challenges and Opportunities"

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الترابط بين مفهومي الاقتصاد الرقمي والاستدامة، وحاولت استكشاف الطرق العديدة التي يمكن من خلالها استخدام التقنيات الرقمية لمعالجة قضايا الاستدامة، معتمدة في ذلك على مراجعة منهجية للأدبيات الاقتصادية في هذا المجال، حيث تم فحص عينة من 92 دراسة مفهومة في قاعدة بيانات SCOPUS لتحديد النشاط البحثي حول هذا الموضوع موقوفة إلى غاية شهر أفريل من العام 2023.

وعند التعمق في بحث الدراسات، توصلت الدراسة إلى تحديد فرص متعددة لهذا الترابط، مثل تطوير الطاقات المتجددة والحلول التكنولوجية المستدامة، والمدن الذكية والتحضر المستدام، والاستهلاك المستدام. فاستخدام هذه التقنيات الرقمية يتيح فرصاً للشركات لاعتماد استراتيجيات أعمال مستدامة وتطوير منتجات مستدامة. وعلى الرغم من هذه الفرص، فإن الاقتصاد الرقمي يطرح الكثير من التحديات التي قد تعيق الجهود المبذولة لتحقيق أهداف الاستدامة، مثل زيادة النفايات الإلكترونية، وارتفاع استهلاك الطاقة وارتفاع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، والفجوة الرقمية، وانعدام الأمن الوظيفي، وتزايد الاحتكارات، وحماية البيانات. وهي قضايا تحتاج لمعالجة صارمة من أجل التمكين للاستخدام الأمثل للفرص التي يتيحها الاقتصاد الرقمي تعزيزاً للاستدامة.

- دراسة Salah Aly & Amany Salah (2022)، بعنوان: "The Relation between digital transformation and sustainable Development study Egypt case"

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل وقياس أثر التحول الرقمي على التنمية المستدامة في مصر للفترة (2000-2020)، وتم توظيف نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية المتباطئة الموزعة (ARDL). واعتمدت الدراسة في عرض حالة التطور الرقمي في مصر على مؤشرات: الحكومة الإلكترونية، المشاركة الإلكترونية، والجاهزية الشبكية، في حين تم التعبير عن التنمية المستدامة من خلال مؤشرات: متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي بالأسعار الثابتة، متوسط العمر المتوقع عند الميلاد ومتوسط نصيب الفرد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

وأظهرت النتائج التطبيقية وجود علاقة تكامل مشترك بين مؤشر التحول الرقمي في مصر والتنمية المستدامة بأبعادها الثلاث: البعد الاقتصادي، البعد الاجتماعي والبعد البيئي، وذلك في الأجلين القصير والطويل.

- دراسة Truong (2022)، بعنوان: "The Impact of Digital Transformation on Environmental Sustainability"

هدفت هذه الدراسة لمعالجة الفجوة المعرفية المتعلقة بالدراسات العلمية والأكاديمية التي تصب في مجرى بحث التحول الرقمي في مجال الاستدامة البيئية. وبخنت هذه الدراسة في آثار التحول الرقمي على الاستدامة البيئية، بما في ذلك الآثار الإيجابية والسلبية. وسلطت النتائج الضوء على التحولات التي تحافظ على البيئة في ثلاثة مجالات رئيسية هي: إدارة النفايات ومعالجتها، ومنع التلوث والسيطرة عليه، وإدارة الموارد المستدامة. كما ناقشت هذه الدراسة أيضا الفرص المتاحة والتحديات المفروضة في هذا المجال، والتي تحاول تقديم رؤية لمزيد من الأبحاث والدراسات العميقة.

هدفت هذه الدراسة إلى سد الفجوة الحالية من خلال التحقيق في العلاقة بين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتعقيد الاقتصادي والبصمة البيئية في حالة اقتصادات مجموعة السبع (الرقمية). فالدراسات البحثية السابقة تستند عادةً إلى انبعاثات الكربون لقياس الاستدامة البيئية، بينما هذه الدراسة استخدمت البصمة البيئية كمؤشر للتدهور البيئي. باستخدام نماذج بيانات بانل (panel data) خلال الفترة من 2001 إلى 2018. تتحقق النتائج التجريبية لاختبارات التكامل المشترك (Pedroni) و(Kao) من وجود علاقة طويلة الأجل بين البصمة البيئية واستيراد تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتصدير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتعقيد الاقتصادي، والنمو الاقتصادي. وتشير الأدلة التجريبية التي تم الحصول عليها من النموذج المقدر بطريقة OLS المعدل بالكامل إلى أن تصدير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتعقيد الاقتصادي والنمو الاقتصادي يعززان من كثافة البصمة البيئية، في حين أن استيراد تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والبحث والتطوير (RD) والتجارة مفيدة في تقليل البصمة البيئية فيالدول عينة الدراسة.

- دراسة Li & al (2021)، بعنوان: "Digital Economy and Environmental Quality: Evidence from 217 Cities in China"

هدفت هذه الدراسة لفهم العلاقة بين الاقتصاد الرقمي والبيئة في إطار تحقيق التنمية المستدامة، حيث تم دراسة العلاقة بين تطوير الاقتصاد الرقمي والجودة البيئية لمجموعة من المدن في الصين الشعبية وعددها 217 مدينة وذلك للفترة الزمنية الممتدة ما بين عامي 2003 و2018. وتوصلت الدراسة إلى أن التحضر والكثافة السكانية والتنمية الاقتصادية كانت سببا في إحداث آثار العتبة، فعندما يتجاوز معدل التحضر والكثافة السكانية حدا معيناً، فإن الاقتصاد الرقمي يثبط بشكل كبير مؤشر الجودة البيئية. في المقابل، عندما يتجاوز نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي حدا معيناً فإن الاقتصاد الرقمي يعزز بشكل كبير الجودة البيئية. كما توصلت إلى أن الاقتصاد الرقمي يؤثر بشكل أساسي على انبعاثات الملوثات من خلال التأثيرات المباشرة والتكنولوجية.

من خلال الدراسات المعروضة سابقاً، تحاول هذه الدراسة قياس أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي (والذي تم قياسه من خلال عدة مؤشرات لم تكن جميعها مجتمعة في دراسة واحدة من بين الدراسات السابقة) على الاستدامة البيئية والتي تم قياسها من خلال

انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وهو مؤشر مستخدم في كل الدراسات السابقة -تقريباً-، والفجوة هنا هي فجوة قياسية تتمثل بصفة أساسية في متغيرات وفترة الدراسة.

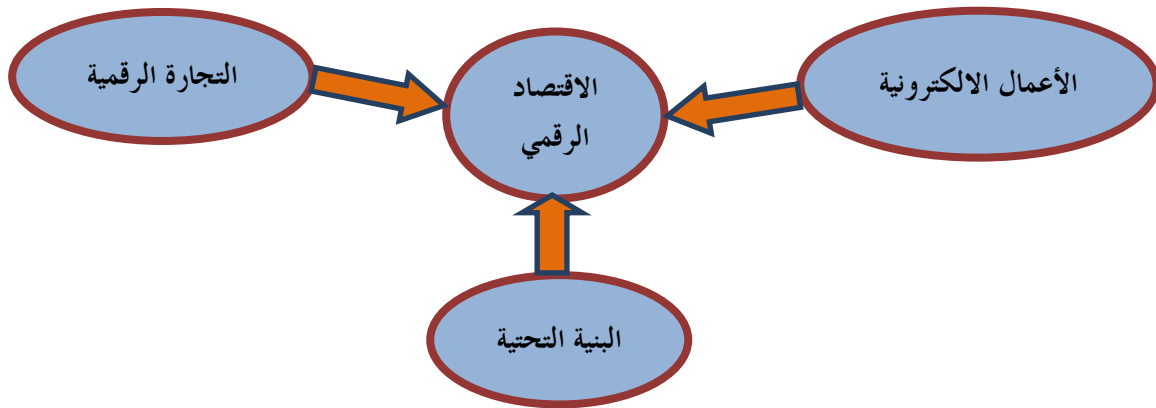
المحور الثاني: الإطار النظري للدراسة

في خضم العمل على بناء الاقتصادات الرقمية ينبغي على الحكومات والدول عدم إهمال محور الحفاظ على البيئة، وتوظيف التقنيات الحديثة لصالح تحقيق أهداف الاستدامة. فقد كشف استطلاع للرأي أجراه المنتدى الاقتصادي العالمي مؤخراً أن 40% من قادة الأعمال يعتقدون أن التقنيات الرقمية تسهم في تحقيق أهداف الاستدامة في شركاتهم. وهنا تشير الأرقام المتوفرة ما بين عامي 2017 و2021 إلى أن عدد الأفراد الذين تسوقوا عبر الخط (Online) ارتفع من 1,3 إلى 2,3 بليون شخصاً (أي من 24% إلى 39% من الأفراد فوق 15 سنة). (United Nation, 2022, p. 03) وفي هذا الجزء من الدراسة سوف يتم التطرق بنوع من الدقة والتركيز إلى مفاهيم الاقتصاد الرقمي والاستدامة البيئية ومختلف الجوانب المحيطة بكل مفهوم.

أولاً: الاقتصاد الرقمي

1. **مفهوم الاقتصاد الرقمي:** بناء على وجهات نظر عدد من المفكرين والأكاديميين يراد بالاقتصاد الرقمي "الاقتصاد القائم على التكنولوجيا الرقمية ويركز على عدة مكونات منها البنية التحتية، الأجهزة، البرمجيات والشبكات، بالإضافة إلى الآليات الرقمية التي تتم من خلالها الأعمال التجارية والاقتصادية ومنها التجارة الإلكترونية والمعاملات الإلكترونية التي تتم بالكامل على شبكة الإنترنت". (Bukht & Heeks, 2018, p. 09) كما يعرف الاقتصاد الرقمي على أنه "الاقتصاد الذي يتعامل مع المعلومات الرقمية، الزبائن الرقبيين، والشركات الرقمية، التكنولوجيا والمنتجات الرقمية". (حسين، صفحة 02) يعرف الاقتصاد الرقمي كذلك على أنه: "الاقتصاد الذي يوصف بالدرجة الأولى التكنولوجيا الرقمية، خاصة التعاملات الإلكترونية باستخدام الإنترنت". (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، 2017، صفحة 03) نجمل فنقول أن الاقتصاد الرقمي هو ذلك الاقتصاد القائم بصفة أساسية على مختلف دعائم التكنولوجيا الرقمية. ويتميز الاقتصاد الرقمي بمجموعة من الخصائص المهمة والتي تميزه عن الاقتصاد التقليدي، فهو يتكون من ثلاث مكونات أساسية تشكل في مجملها مميزات الاقتصاد الرقمي، وهي: البنية التحتية الداعمة، الأعمال الإلكترونية والتجارة الرقمية، وبهذا فإن الاقتصاد الرقمي يحول كل عمليات الأعمال وخدمة الزبائن. ويوضح الشكل رقم (01) تلك المكونات.

الشكل رقم (01): مكونات الاقتصاد الرقمي



المصدر: من إعداد الباحثين

وتعتبر البيانات الرقمية أيضا سمة مميزة للاقتصاد الرقمي، كما تربط لاتصالات اللاسلكية بين الأصول، الموردين، العاملين والمساهمين، مما يسمح للأفراد باتخاذ القرارات التي تعتمد على المعلومات، كما يحسن من السلامة، الكفاءة والرؤية داخل المؤسسات وخارجها. (Limna et al, 2022, p. 04)

2. متطلبات الاقتصاد الرقمي: وحتى يتمكن الاقتصاد الرقمي من السير بوتيرة تسمح بتحقيق الأهداف المرجوة من هذا التحول، لا بد من توفر مجموعة من العناصر والتي تشكل في مجملها متطلبات الاقتصاد الرقمي، ومن بينها التالي: (الهادي و البحيطي، 2022، صفحة 707)

- تنمية تكنولوجيا المعلومات الاقتصادية؛
- المؤسسات المالية الإلكترونية؛
- التطور التكنولوجي العلمي والمعلومات الاستثمارية؛
- توفر البنية التحتية التكنولوجية ومختلف وسائل الدفع الإلكترونية، وتوفر الكوادر البشرية اللازمة لذلك؛
- توفر البيئة القانونية والتشريعية الملائمة، والقوانين التي تحفظ حقوق الملكية وبراءة الاختراع؛

3. ملامح الاقتصاد الرقمي: مثلما رأينا سابقا، فالإقتصاد الرقمي هو نتيجة حتمية لتلك الآثار التحويلية للتقنيات التكنولوجية الحديثة مثل الحوّل التوليدي المُدرَّب مسبقا (GPT) في مجالات المعلومات والاتصالات. فأثّرت بذلك على جميع مناحي الحياة الاقتصادية، فشبكة الإنترنت مثالا دور كبير وفعال في تمكين الأشخاص بطريقة جديدة ومختلفة لإنشاء أفكارهم ومشاركتها، مما يؤدي إلى ظهور محتوى جديد ورجال أعمال وأسواق. وبهذا الخصوص فإن استحضار تاريخ الاقتصاد الرقمي يظهر وأنه بني على الابتكارات التكنولوجية السابقة في صورة أجهزة الكمبيوتر الشخصية والاتصالات عبر الألياف البصرية أو الكابلات أو اللاسلكي. إلى جانب مختلف أنواع البرامج المطورة والتي تحتاج دوما لاختراعات وابتكارات جديدة ومتجددة، حيث يتم استخدام برامج محددة وتطويرها على مستويات مختلفة بشكل يسمح بتوليد تكامل للأنشطة على مستوى الموارد، وإمكانية الوصول، والتطبيقات المختلفة، وهو الأمر الذي يساهم في رفع القيمة المضافة والتي تجعل من نماذج الأعمال المحددة مجزية ومربحة بدرجة كبيرة. (European Commission, 2014, p. 03) من هنا تحديدا سوف نحاول في الجانب التطبيقي من هذه الورقة البحثية التركيز بصفة أساسية التعرف على أهم ملامح الاقتصاد الرقمي والجاهزية للتحول نحوه، عبر رصد التطور في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من خلال معرفة عدد المشتركين في خطوط الهاتف الثابت والهواتف الخلوية لكل (100) نسمة، ومعرفة النسبة المئوية لمستخدمي شبكة الإنترنت وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، إضافة إلى معرفة عدد براءات الاختراع المسجلة خصوصا بالنسبة للمقيمين.

ثانيا: الاستدامة البيئية

1. التنمية المستدامة

تقدم التنمية المستدامة حلولاً للعديد من المشاكل التي تواجه الكثير من الدول، مشاكل تختلف تداعياتها ونتائجها من دولة لأخرى. وهنا سوف نحاول تقديم تعريف للتنمية المستدامة وتوضيح محدداتها وأبعادها الثلاثة.

- مفهوم التنمية المستدامة: إن الإحاطة بمفهوم التنمية المستدامة يفرض التعريف بالتنمية بمعناها العام إضافة إلى التعريف بمصطلح الاستدامة، فالتنمية وبناء على وجهات نظر عدد من المفكرين تمثل "إجراء تحويلات هيكلية، وأحداث تنمية للموارد البشرية، وتنمية ديمقراطية وحوكمة، إضافة إلى أحداث استدامة بيئية". في حين يراد بمصطلح الاستدامة القدرة على المحافظة على المخرجات، والعمليات لمدة من الزمن، إضافة إلى تدعيم النشاطات التي لا تؤدي إلى استنزاف الموارد (Klarin, 2018, p. 69)..

أما التنمية المستدامة فتعرف على أنها "التنمية التي تقابل احتياجات الجيل الحالي دون المساس باحتياجات الجيل اللاحق" (Soubbotina, 2004, p. 9)، يمثل هذا التعريف المقدم للتنمية المستدامة تعريف كلاسيكي لها والذي قدم من طرف المنظمة الألفية للبيئة والتنمية (WCED) عام 1987، في تقرير رئيسها آنذاك "Gro Harlem Brundtland"، الذي دعا من خلال تقريره إلى توفير الحاجات الإنسانية الأساسية لكل الأفراد (المسكن، الماء، الملبس...) وضمان حياة أفضل لهم، كما شدد أيضا على ضرورة عقلنة ومراقبة استخدام الموارد الأولية لأطول فترة ممكنة وحماية وحفظ الطبيعة، بالإضافة إلى استخدام التكنولوجيا والصناعة دون المساس قدر الإمكان بالبيئة... (Elliott, 2013, p. 19)، بعدها تم تقديم العديد من التعاريف من بينها التعريف الذي قدمه Duran وآخرون عام 2015 واعتبروا فيه أن التنمية المستدامة هي التنمية التي تركز على حماية البيئة والحفاظ عليها، وهذا من منطلق أن البيئة المستدامة تقود إلى تحقيق تنمية مستدامة. (Klarin, 2018, p. 77) إذن تعبر التنمية المستدامة عن تلك التنمية التي تهتم بحقوق الأجيال اللاحقة من الموارد، إضافة إلى الاهتمام بالبيئة. كما تعرف أيضا على أنها "مجموعة السياسات والإجراءات التي تتخذ للانتقال بالمجتمع إلى وضع أفضل باستخدام التكنولوجيا المناسبة للبيئة، من أجل تحقيق التوازن بين بناء الموارد الطبيعية وهدم الإنسان لها، في ظل سياسة محلية وعالمية للمحافظة على هذا التوازن". (مدحت و ياسمين، 2017، صفحة 81)

- **أبعاد التنمية المستدامة:** من أجل تحقيق تنمية مستدامة أشار الباحثون في مجال الاقتصاد إلى ضرورة التركيز على ثلاثة أبعاد أساسية أكد عليها من قبل تقرير "Gro Harlem Brundtland" عام 1987 وهي:

o **البعد الاقتصادي:** ويركز على الاستهلاك ومدى الإسهام الذي تقدمه الموارد الطبيعية في عملية الإنتاج (Kaimuri & Kosimbei, 2017, p. 21)، بمعنى أنه يركز على نظام الإنتاج الذي يمكن من تلبية الاستهلاك الحاضر دون المساس بالاحتياجات المستقبلية، فالنمو الاقتصادي لا يجب أن يكون على حساب البيئة، ويركز هذا البعد على تغطية أربعة مواضيع رئيسية هي: النمو الاقتصادي المستدام، كفاءة رأس المال، اشباع الحاجات الأساسية وتحقيق العدالة الاقتصادية. (مسعودي، مسعودي، و قعيد، 2019، صفحة 2)

o **البعد الاجتماعي:** ويهتم بعدة مفاهيم كالعدالة، التمكين، المشاركة، الهوية الثقافية، حقوق الإنسان وصحة الأفراد، كما أنه يحاول الربط بين الظروف الاجتماعية والبيئة، ومن خلال هذا البعد فإن التخفيف من حدة الفقر لا يحدث بوجود تدهور بيئي وعدم استقرار اقتصادي. إن هذا البعد لا يعني بالضرورة تلبية كل احتياجات الأفراد بصفة كاملة، وإنما يعني توفير الظروف التي تمكن أي شخص من تحقيق وتلبية احتياجاته. كما أن العمل على فهم الطبيعة الديناميكية للمجتمع وتركيبته البيئية يساعد كثيرا في الوصول إلى أهداف هذا البعد. (Mensah, 2019, pp. 9-10)

o **البعد البيئي:** تقوم فلسفة التنمية من منظور البيئة على فكرة مفادها أن البيئة من الأسس المهمة للتنمية الاقتصادية، فهذه التنمية ترتبط بصفة مباشرة بسلامة النظام البيئي والحفاظ على قدرة المحيط الطبيعي الذي يمكن استخدامه من ضمن المدخلات الاقتصادية. (Mensah, 2019, p. 10) ووفقا للبعد البيئي فإن نقطة الانطلاق الأولى للتنمية الاقتصادية هي تحديد حدود النظام للعديد من الأنشطة الاقتصادية. فالحفاظ على التنوع البيئي يمكن من حماية التوازن الطبيعي ومرونة النظام البيئي ككل. (Ciegis, Ramanauskiene, & Martinkus, 2009, p. 33)

2. مؤشرات الاستدامة البيئية

- **الوعي بالاستدامة البيئية:** في هذا الإطار تعتبر برامج التوعية بالاستدامة البيئية محفزا كبيرا على الوعي الأخلاقي وعلاجها مهما لجميع القضايا الاجتماعية والاقتصادية، فالوعي البيئي المتزايد والشعور بالمسؤولية الأخلاقية، يجعل المستهلكون يبحثون دائما عن فرص "خضراء" لأنماط حياتهم وأنماط حياتهم الروتينية. على وجه الخصوص. باختصار، يُنظر إلى الاستهلاك "الأخضر" المدعوم

بحملات التوعية، بدلا من التخفيضات في مستويات الاستهلاك المطلقة، على أنه أمر أساسي للقضاء على التهديدات البيئية. وهنا قد يكون لقضايا "دمج برامج التوعية البيئية في جميع التخصصات" والمراجعة الشاملة للمناهج الدراسية، النصيب الأكبر من اهتمام صناع القرارات في حكومات الدول. بالإضافة إلى ذلك، تعتقد منظمة اليونسكو (2004) أن التعليم من أجل التنمية المستدامة يجب أن يكون مستنيرا "بحساسية لحدود وإمكانات النمو الاقتصادي وتأثيرها على المجتمع والبيئة" وبالاهتمام المتزايد بقضايا العدالة الاجتماعية. (Murphy, 2014, pp. 40-41)

- تقليل التلوث: تعد عملية الحد من النفايات أهم عنصر من عناصر الاستدامة البيئية حيث تساعد عمليات إعادة التدوير من إنتاج مواد جديدة بدلا من رمي تلك التالفة، كما توفر عمليات إعادة التدوير مزايا أخرى في صورة تقليل مستويات التكاليف العالمية، فقد أثبتت دراسات تطبيقية أن طن واحد من الكرتون المسترجع يوفر حوالي 25 طن من خشب الغابات، وكل ورقة مسترجعة توفر على الأقل لترا من الماء، كما توفر أيضا استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل كبير، وكل ذلك سيكون له أثر بالغ على البيئة من خلال تقليل انبعاثات الملوثات وتقنين الاستهلاك البشري للموارد الطبيعية المختلفة وتحقيق عدالة اجتماعية أكبر من خلال تحقيق التوازن الطبيعي للثروات. (الزيدي و حمزة، 2021، صفحة 84)

3. العلاقة بين الاستدامة البيئية والاقتصاد الرقمي

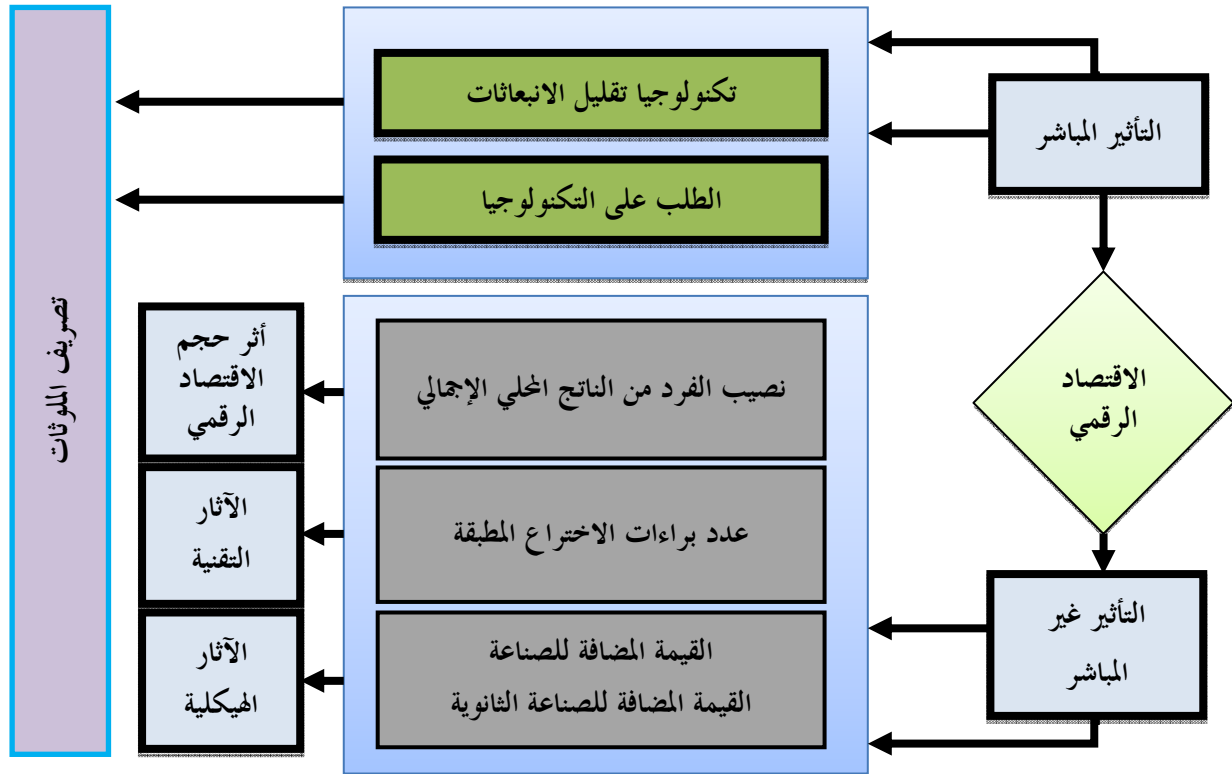
في ظل التوجه الحديث نحو الاقتصاد الرقمي، طفت إلى السطح الكثير من النقاشات الأكاديمية بخصوص أهمية الاقتصاد الرقمي في الدفع بعجلة التنمية في شتى المجالات، لما تتيحه تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من مزايا مثيرة. ووفقا لجوزيف شومبيتر فإن ظهور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتي تعتبر أحد أكبر دعائم الاقتصاد الرقمي في الوقت الراهن، سوف يساهم بشكل إيجابي في عملية النمو الاقتصادي المستدام والتنمية. وذلك عبر عصنة القطاعات الاقتصادية من خلال التخلص من القطاعات الاقتصادية المنخفضة وغير الكفؤة وتعويضها بقطاع جديد يكون على درجة عالية من التقدم والحداثة. فرقمنة الاقتصاد يمكن أن تساهم في تقليل تكاليف الإنتاج من خلال توفير تكاليف منخفضة أو معدومة للمعاملات ونظام أفضل للاتصال (البيع والشراء عبر الإنترنت أو التجارة الإلكترونية... إلخ)، توسيع قطاع الأعمال خصوصا في الصناعة والزراعة بإنتاج أكثر مهارة ودراية، تحويل جميع الموارد وخاصة الموارد المالية إلى أصحاب المصالح الأكثر نشاطا وتشجيع الشمول المالي. ومع ذلك، فإن الكثير من الباحثين والأكاديميين قد حذروا وعلى نطاق واسع جدا من التأثيرات غير المرغوبة للاقتصاد الرقمي على مستقبل التنمية المستدامة وتحديدًا على مستقبل الاستدامة البيئية. فقد ذكرت عدة دراسات أن ظهور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات كأحد أكبر مرتكزات الاقتصاد الرقمي كان له أثر أكثر ضررا من ظهور الآلات والمعدات الأخرى. (Khan & Ximei, 2022, p. 6)

يشير الواقع التطبيقي أن للاقتصاد الرقمي بصمته البيئية الخاصة، الأمر الذي دفع بواضعي السياسات الاقتصادية إلى البحث الحثيث عن السبل التي من شأنها التقليل من الآثار السلبية وتدعيم الآثار الإيجابية، وعموما يمكن تلخيص الآثار التي يحدثها الاقتصاد الرقمي في البيئة في الشكل رقم (02).

بملاحظة الشكل أدناه يتبين أن للاقتصاد الرقمي آثارا مباشرة وأخرى غير مباشرة في البيئة، فالتأثير المباشر يكمن فيما توفره التكنولوجيا الرقمية من حلول تساهم بشكل واضح في الاستدامة البيئية، حيث يتم الاستعانة بتطبيقات يكون لها دور فعال في مجال البيئة، وبهذا توفر تكنولوجيا الأنترنت المطبقة في هذا المجال فرصا لتحسين إدارة الموارد الطبيعية والتقليل من الانبعاثات. أما عن التأثير غير المباشر فيمكن تقسيمه إلى أثر حجم الاقتصاد الرقمي، الأثر الهيكلي، والأثر التقني، وهذه العناصر الثلاث إما أن يكون لها أثر إيجابي وإما أن يكون لها أثر سلبي على البيئة، فتوسع حجم الاقتصاد الرقمي يؤدي إلى نتيجتين، الأولى تتعلق بزيادة القدرة الانتاجية للاقتصاد ما يرفع من استخدام موارد الانتاج ومنها الموارد الطبيعية وفي إضرار بالبيئة، أما الثانية فتتعلق بزيادة الانبعاثات الملوثة بسبب الإفراط في التصنيع، وفيما يخص التأثيرات الهيكلية فتتجلى في انتقال الاقتصاد من الزراعة إلى الصناعات الثقيلة المستخدمة للطاقت

بكثافة، والانتقال من هذه الأخيرة إلى الصناعات الخدمية الأقل تلويثا والمستخدمة للمعرفة بكثافة، إن هذا التحول يحمل في طياته تقليل الأضرار البيئية حيث تستهلك الصناعات الخدمية موارد أقل وتكون الانبعاثات الملوثة أقل أيضا، وبالنسبة للتأثيرات التقنية فيتيح الاقتصاد الرقمي تطبيقات تساهم في تخفيض التلوث، كما أن التكنولوجيا المستخدمة في العملية الانتاجية تكون نظيفة وبهذا تكون الطاقة المستخدمة أقل وترتفع معها كفاءة المؤسسات في استهلاك الطاقة.

الشكل رقم (02): آليات لتطور الاقتصاد الرقمي وانبعاثات الملوثة



Source: (Li, Li, & Wen, 2021, p. 4)

من خلال ما نعلم، يحسن العولمة العلاقة بين التحول نحو الاقتصاد الرقمي والاستدامة البيئية معقدة جدا، وليست بالبساطة التي قد يتصورها البعض، فالاقتصاد الرقمي لديه بصمته الخاصة على البيئة، حيث يؤدي الطلب المتزايد على الأجهزة الرقمية ومراكز البيانات والبنية التحتية للحوسبة السحابية إلى استهلاك الطاقة وتوليد النفايات الإلكترونية. فإنتاج الأجهزة الإلكترونية واستخدامها والتخلص منها يساهم في استنزاف الموارد وانبعاثات الكربون والنفايات الخطرة. وهنا يبدو الاهتمام بتحقيق التوازن بين فوائد الاقتصاد الرقمي وتأثيره البيئي أمرا بالغ الأهمية لضمان التنمية المستدامة. ومن جانب آخر، فإن التقدم التكنولوجي السريع ودورة الحياة الأقصر للأجهزة الرقمية يساهمان في تفاقم مشكلة النفايات الإلكترونية والتي تحتوي على مواد خطرة جدا يمكن أن تضر بالبيئة وصحة الإنسان إذا لم تتم إدارتها بشكل صحيح. وهنا تعد الأنظمة الفعالة لإدارة النفايات الإلكترونية، بما في ذلك إعادة التدوير وممارسات التخلص السليمة، ضرورية للغاية ضمن متطلبات التخفيف من الآثار البيئية والصحية السلبية ذات الارتباط بالنفايات الإلكترونية. ويمكن للتكنولوجيا الرقمية أن تساهم وبشكل فعال في تحقيق الاستدامة البيئية. التطبيقات والحلول الرقمية ستوفر، وبكل تأكيد، فرصا حقيقية لتحسين إدارة الموارد الطبيعية وتقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

وسوف نحاول في الجانب التطبيقي من هذه الورقة البحثية دراسة وتحليل أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي على الاستدامة

البيئية في الجزائر.

المحور الثالث: الإطار التطبيقي للدراسة

أولاً: منهجية الدراسة

ومن أجل تحليل أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي في الاستدامة البيئية في الجزائر، ستوظف هذه الدراسة نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية المتباطئة الموزعة، والذي يعد من أفضل نماذج القياس الاقتصادي المستخدمة في اختبار التكامل المشترك في إطار منهج الحدود (Bounds Test). وهذا النموذج تم تطويره من قبل بيرسان وشين (Pesaran & Shin, 1999)، وبيسران وسميث (Pesaran & Smith, 2001) (Pesaran, Shin, & Smith, pp. 289-326).

ثانياً: توصيف نموذج الدراسة

من أجل تحليل أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي في الاستدامة البيئية في الجزائر، تمت صياغة النموذج التالي:

$$CO_2 = f(IU; Fix; Mob; P)$$

هذا النموذج يمكن ترجمته من الناحية الاقتصادية كمايلي:

$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 IU_t + \beta_2 Fix_t + \beta_3 Mob_t + \beta_4 P_t + \varepsilon_t$$

ويمكن تحويل هذه العلاقة إلى الشكل الدالي التالي:

$$\Delta CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \sum_{t=1}^n \Delta IU_{t-1} + \beta_2 \sum_{t=1}^n \Delta Fix_{t-1} + \beta_3 \sum_{t=1}^n \Delta Mob_{t-1} + \beta_4 \sum_{t=1}^n P_{t-1} + \beta_5 ECM_{t-1} + \varepsilon_t$$

CO₂: يمثل مؤشر التلوث كمقياس للتدهور البيئي مقاساً بنصيب الفرد من انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون من الطاقة وانبعاثات العمليات والميثان والحرق في الغلاف الجوي بالطن المتري، وتصدر الانبعاثات من حرق الوقود الأحفوري وصناعة الأسمنت، وتشمل الانبعاثات المنطلقة أثناء استهلاك أصناف الوقود الصلبة والسائلة والغازية وحرق الغاز؛

IU: يمثل نسبة الأفراد الذين يستخدمون الإنترنت والذي يتم حسابه بناء على نتائج مسح الأسر الوطنية. ويجب أن يعكس العدد إجمالي عدد سكان البلد، أو الأفراد على الأقل من 5 سنوات فما فوق؛

Fix: يمثل اشتراكات الهاتف الثابت لكل 100 نسمة والذي يضم العدد النشط لخطوط الهاتف الثابت التماثلية، اشتراكات نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت، اشتراكات الحلقة المحلية اللاسلكية الثابتة، معادلات قناة ISDN الصوتية والهواتف العمومية الثابتة، كان هذا المؤشر يسمى سابقاً خطوط الهاتف الرئيسية قيد التشغيل؛

Mob: يمثل اشتراكات الهواتف الخلوية المتنقلة لكل 100 نسمة. يتضمن المؤشر (وينقسم إلى) عدد اشتراكات الدفع الآجل، وعدد حسابات الدفع المسبق النشطة (أي التي تم استخدامها خلال الأشهر الثلاثة الماضية). ينطبق المؤشر على جميع الاشتراكات الخلوية المتنقلة التي تقدم اتصالات صوتية. يستثنى الاشتراكات عبر بطاقات البيانات أو أجهزة المودم USB، الاشتراكات في خدمات البيانات المتنقلة العامة، راديو محمول خاص متعدد القنوات، نقطة تليفونية. خدمات الترحيل اللاسلكي والقياس عن بعد؛

P: يمثل عدد طلبات تسجيل براءات الاختراع للمقيمين، وهي طلبات براءة الاختراع على مستوى العالم والمقدمة من خلال معاهدة التعاون بشأن براءات الاختراع أو لدى أحد المكاتب الوطنية لبراءات الاختراع لتسجيل الملكية الخاصة لابتكار ما - سواء أكان منتجاً أم عملية تتضمن طريقة جديدة لصنع شيء ما أو تقدم حلاً فنياً جديداً لمشكلة ما. وتتيح براءة الاختراع حماية الاختراع لصالح مالك براءة الاختراع لفترة محدودة، تصل إلى 20 عاماً؛

ثالثا: دراسة الاستقرارية (جذر الوحدة) لمتغيرات الدراسة

يوضح الجدول رقم (01) و(02) نتائج اختبار ديكي فوللر الموسع (ADF) وفيلبس وبيرون (PP) لجذور الوحدة لمتغيرات الدراسة. وتشير النتائج إلى استقرار السلاسل الزمنية المتمثلة في: (CO₂)، (IU)، (Fix) و(Mob) عند الفرق الأول، بينما استقرت السلسلة الزمنية المتمثلة في (P) عند المستوى. وبالتالي فإنه لا يوجد أي متغير من متغيرات الدراسة مستقرا عند الفرق الثاني، وهو ما يجعل إمكانية تقدير نموذج الدراسة محققة.

الجدول رقم (01): نتائج اختبار جذر الوحدة عند المستوى

متغيرات الدراسة	اختبار ديكي فوللر الموسع (ADF)			اختبار فيلبس وبيرون (PP)		
	حد ثابت فقط	حد ثابت واتجاه عام	دون حد ثابت واتجاه عام	حد ثابت فقط	حد ثابت واتجاه عام	دون حد ثابت واتجاه عام
	Prob	Prob	Prob	Prob	Prob	Prob
CO ₂	0.8462	0.6881	0.9416	0.8469	0.6827	0.9485
IU	1.0000	0.9929	0.6977	1.0000	0.9916	1.0000
Fix	0.9936	0.9133	0.9997	0.9948	0.8925	0.9998
Mob	0.6735	0.2069	0.6169	0.8642	0.7303	0.8500
P	0.9965	0.0178**	0.9992	0.9782	0.0230**	0.9935

**معنوية عند مستوى دلالة 5%

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد مخرجات البرنامج الإحصائي Eviews 13

الجدول رقم (02): نتائج اختبار جذر الوحدة عند الفرق الأول

متغيرات الدراسة	اختبار ديكي فوللر الموسع (ADF)			اختبار فيلبس وبيرون (PP)		
	حد ثابت فقط	حد ثابت واتجاه عام	دون حد ثابت واتجاه عام	حد ثابت فقط	حد ثابت واتجاه عام	دون حد ثابت واتجاه عام
	Prob	Prob	Prob	Prob	Prob	Prob
CO ₂	0.0001*	0.0007*	0.0000*	0.0001*	0.0007*	0.0000*
IU	0.4837	0.0109**	0.3306	0.1615	0.0106**	0.1072
Fix	0.0003*	0.0011*	0.0004*	0.0003*	0.0012*	0.0005*
Mob	0.1360	0.0792***	0.1001	0.0188**	0.0792***	0.0067*

*معنوية عند مستوى دلالة 10% **معنوية عند مستوى دلالة 5% ***معنوية عند مستوى دلالة 1%

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي Eviews 13

رابعا: تحديد عدد فترات الإبطاء المثلى لمتغيرات الدراسة

هناك عدة معايير إحصائية تستعمل لتحديد عدد فترات الإبطاء، ومن بينها: Schwarz-Akaike (AIC)، Hannan-Quinn (HQ) informatincriteria، Bayesian (BIC) وفي النموذج الذي سيتم تقديره في الدراسة الحالية، يتمثل المتغير المفسر (التابع) في مؤشر الاستدامة البيئية (CO₂)، بينما المتغيرات التفسيرية (المستقلة) فتتمثل في: نسبة الأفراد الذين يستخدمون الإنترنت (IU)، عدد اشتراكات الهاتف الثابت لكل 100 نسمة (Fix)، عدد اشتراكات الهواتف الخلوية المتنقلة لكل 100 نسمة (Mob) وعدد براءات الاختراع المسجلة للمقيمين (P)، وحسب قيم معيار Akaike تعطي أقل قيمة لهذا المعيار حيث يتم تحديدها بشكل تلقائي في البرنامج الإحصائي الجاهز Eviews 13، وتشير القيم (2)، (2)، (0)، (3) و(3) إلى عدد فترات الإبطاء المثلى لمتغيرات الدراسة وبحسب الترتيب. مثلما يوضحه الجدول رقم (03).

الجدول رقم (03): فترات الإبطاء المثلى التي حددها معيار Akaike تلقائياً لنموذج (ARDL)

النموذج	فترات الإبطاء المثلى المختارة
$CO_2 = f(IU; Fix; Mob; P)$	(2; 2; 0; 3; 3)

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي Eviews 13

خامساً: اختبار حدود التكامل المشترك (Bounds Test)

هنا سوف يتم استخدام اختبار الحدود من أجل التأكد من وجود تكامل مشترك من عدمه، ويرتكز منهج الحدود على اختبار الفرضية الصفرية (H_0) التي تشير إلى عدم وجود تكامل مشترك بين متغيرات الدراسة، بينما الفرضية البديلة (H_1) فتشير إلى وجود تكامل مشترك، وهنا يتم مقارنة قيمة إحصائية فيشر المحسوبة للمعلمات طويلة الأجل مع قيم إحصائية فيشر الجدولية المناظرة عند مستويات المعنوية 1%، 5% و 10%، فإذا كانت قيمة (F) المحسوبة أقل من قيم (F) الجدولية عند الحدود الدنيا، فإننا نقبل الفرضية (H_0)، بينما إذا كانت قيمة (F) المحسوبة أكبر من قيم (F) الجدولية عند الحدود العليا، فإننا سوف نرفض الفرضية (H_0)، في حين أننا لا نستطيع الحسم إذا وقعت قيمة (F) المحسوبة بين قيم (F) الجدولية الدنيا والعليا، والجدول (05) يوضح بالتفصيل نتائج الاختبار.

الجدول رقم (04): نتائج اختبار التكامل المشترك باستخدام منهجية الحدود لنموذج ARDL

F-statistic = 4.916008						
	10%		5%		1%	
Sample Size	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
30	2.525	3.560	3.058	4.223	4.280	5.840
Asymptotic	2.200	3.090	2.560	3.490	3.290	4.370

* $I(0)$ and $I(1)$ are respectively the stationary and non-stationary bounds.

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي Eviews 13

تشير النتائج أعلاه إلى أن قيمة إحصائية فيشر (F) المحسوبة والمقدرة بـ (4.916008) أكبر من الحدود العليا الجدولية المناظرة وذلك عند مستويات الدلالة (1%، 5% و 10%)، وهنا سوف يتم رفض الفرضية الصفرية وقبول الفرضية البديلة التي تشير إلى وجود تكامل مشترك بين متغيرات الدراسة في الأجل الطويل.

سادساً: تقدير العلاقة قصيرة الأجل في إطار نموذج تصحيح الخطأ

تتمثل العلاقة قصيرة الأجل في تقدير نموذج تصحيح الخطأ الذي يعبر عن المتغيرات بصيغة الفرق الأول، بالإضافة إلى معامل تصحيح الخطأ والذي يكون مبطاً لفترة زمنية واحدة باعتباره متغيراً تفسيرياً، وهنا نشير إلى أن معامل تصحيح الخطأ يقيس لنا سرعة تكيف الاختلالات التي تحدث في الأجل القصير إلى التوازن في الأجل الطويل، فالوصول على حد تصحيح الخطأ بإشارة سالبة (-) ومعنوي يدل على تقارب النموذج الحركي في المدى القصير، بينما تشير القيمة المطلقة لمعامل حد تصحيح الخطأ إلى سرعة استعادة حالة التوازن من جديد. وتظهر نتائج تقدير العلاقة قصيرة الأجل في الجدول أدناه.

الجدول رقم (05): تقدير نموذج تصحيح الخطأ والعلاقة قصيرة الأجل لنموذج ARDL

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
COINTEQ*	-1.218424	0.192577	-6.326955	0.0000
D(CO2(-1))	0.397307	0.130246	3.050432	0.0066
D(IU)	0.066672	0.010525	6.334496	0.0000
D(IU(-1))	0.051575	0.013290	3.880568	0.0010
D(MOB)	0.001183	0.002032	0.582383	0.5672
D(MOB(-1))	-0.008213	0.002724	-3.014775	0.0071
D(MOB(-2))	-0.006263	0.002451	-2.555713	0.0193
D(P)	-0.001830	0.000888	-2.059478	0.0534
D(P(-1))	0.010310	0.001507	6.841082	0.0000
D(P(-2))	0.006767	0.001411	4.794948	0.0001
CE - CO2(-1)-0.009127*IU(-1)+0.029540*FIX+0.007506*MOB(-1)-0.008295*P(-1) + 2.903558)				

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي Eviews 13

توضح نتائج نموذج تصحيح الخطأ والمرونة في الأجل القصير إلى معنوية جميع متغيرات الدراسة عند مستويات دلالة محصورة بين 1% و 10%، باستثناء عدد مشترك في الهاتف النقال لكل 100 نسمة (MOB) الذي جاء تأثيره إيجابيا وغير معنوي إحصائيا في بداية الفترة (t=0). أما بالنسبة لمعامل تصحيح الخطأ فقد جاءت قيمته سالبة (-1.218424) وهذه الإشارة تكشف وجود تكامل مشترك بين متغيرات النموذج المقدر، كما أنها معنوية إحصائيا حيث بلغت القيمة الاحتمالية (0.0001) وهي أقل من مستوى الدلالة 1%، وهذا ما يدل على أن النموذج المقدر يتضمن آلية العودة إلى الحالة التوازنية من جديد.

سابعا: تقدير العلاقة طويلة الأجل

يشير الجدول رقم (06) إلى نتائج تقدير العلاقة طويلة الأجل، حيث يظهر وأن تأثير نسبة الأفراد الذين يستخدمون الإنترنت (IU) إيجابي ومعنوي على مؤشر الاستدامة البيئية (CO₂). كما تشير نتائج التقدير أيضا إلى أن عدد المشتركين في الهاتف الثابت لكل 100 نسمة (FM) يؤثر بشكل إيجابي لكنه غير معنوي إحصائيا في مؤشر الاستدامة البيئية (CO₂)، في حين أن عدد المشتركين في الهواتف الخلوية المتنقلة لكل 100 نسمة (FM) يؤثر بشكل إيجابي ومعنوي في مؤشر الاستدامة البيئية (CO₂). بينما تشير النتائج إلى أن تأثير طلبات تسجيل براءات الاختراع للمقيمين سلبا ومعنوي إحصائيا في مؤشر الاستدامة البيئية (CO₂).

الجدول رقم (06): نتائج تقدير العلاقة طويلة الأجل لنموذج ARDL

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
IU(-1)	0.009127	0.004129	2.210331	0.0369
FIX	0.029540	0.034463	0.857145	0.3998
MOB(-1)	0.007506	0.001059	7.089516	0.0000
P(-1)	-0.008295	0.002374	-3.493464	0.0019
C	2.903558	0.143822	20.18854	0.0000

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي Eviews 13

ثامنا: اختبارات التشخيص

توضح بيانات الجدول أدناه نتائج الاختبارات التشخيصية للنموذج المقدر، حيث يشير اختبار Breusch-Godfrey Serial Correlation LM إلى أن نموذج الدراسة المقدر لا يعاني من مشكلة الارتباط التسلسلي، بينما يشير اختبار Heteroskedasticity Test: ARCH إلى ثبات حد الخطأ العشوائي، ويشير اختبار Ramsey RESET إلى أن سلامة الشكل الدالي للنموذج المقدر، في حين يشير اختبار Jarque-Bera إلى أن سلسلة البواقي تتبع التوزيع الطبيعي.

الجدول رقم (07): نتائج الاختبارات التشخيصية

الاختبارات التشخيصية	
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	F=0.255384(p-value=0.6218) Prob. Chi-Square(1) = 0.4548
HeteroskedasticityTest: ARCH	F=0.091884 (p-value=0.7642)
Ramsey RESET Test	F=0.022948(p-value=0.8819)
Jarque-Bera	$\chi^2=0.708691$ (pvalue=0.701633)

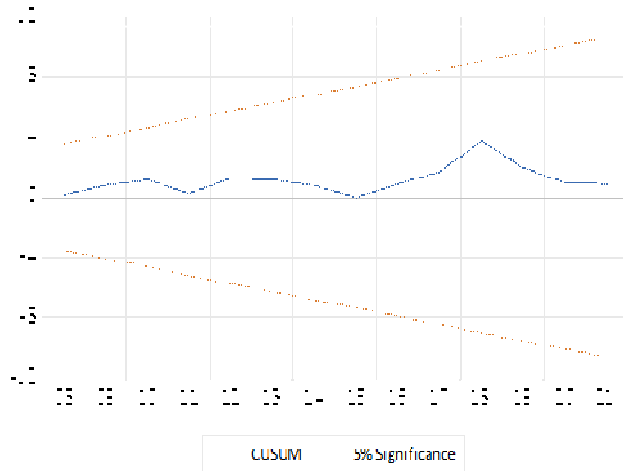
المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي Eviews 13

تاسعا: اختبار السكون للنموذج المقدر (Stability Test)

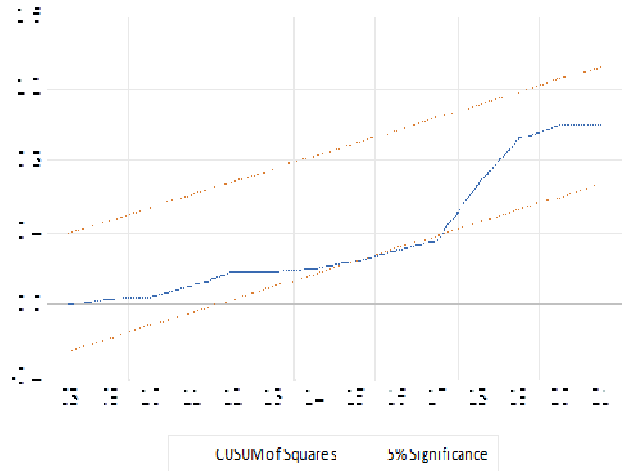
سنحاول الآن التأكد من عدم احتواء البيانات على أي تغيرات هيكلية، وأن العلامات قصيرة الأجل مستقرة ومنسجمة تماما مع العلامات طويلة الأجل، ومن أجل التحقق من ذلك سوف نعتمد على اختبار المجموع التراكمي للبواقي المعادة (CUSUM) واختبار المجموع التراكمي لمربعات البواقي المعادة (CUSUM of Squares)، ويحدث الاستقرار الهيكلي هنا للمعاملات المقدرة لصيغة تصحيح الخطأ لنموذج (ARDL) إذا فقط إذا وقع الشكل البياني لكل اختبار داخل إطار الحدود الحرجة عند مستوى معنوية 5%، أي قبول الفرضية الصفرية التي تشير إلى أن جميع العلامات المقدرة مستقرة، ويظهر الشكلين رقم (03) و(04) نتائج تلك الاختبارات.

من الملاحظ أن الرسم البياني للمجموع التراكمي للبواقي المعادة يقع داخل إطار الحدود الحرجة عند مستوى معنوية 5%، كما يبدو الرسم البياني للمجموع التراكمي لمربعات البواقي المعادة أنه واقع داخل إطار الحدود الحرجة عند مستوى معنوية 5% ما عدا الفترة الممتدة ما بين عامي 2016 و2017. وهو ما يدل على استقرار العلامات قصيرة وطويلة الأجل، بما معناها انسجام نتائج الأجل الطويل مع نتائج الأجل القصير.

الشكل رقم (04): المجموع التراكمي لمربعات البواقي المعادة



الشكل رقم (03): المجموع التراكمي للبواقي المعادة



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي EViews 13

خاتمة:

حاولنا في هذه الورقة البحثية تحليل أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي في الاستدامة البيئية في الجزائر وذلك للفترة الزمنية (1990-2023)، باستخدام نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية المتباطئة الموزعة، حيث تم تقدير تأثير نسبة الأفراد الذين يستخدمون الإنترنت، عدد اشتراكات الهاتف الثابت والهواتف الخلوية المتنقلة لكل 100 نسمة وعدد براءات الاختراع المسجلة للمقيمين في نصيب الفرد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والذي تم اعتماده كمؤشر للتعبير عن الاستدامة البيئية. وبشكل عام، فإن الدراسة الحالية تؤكد على أن التحول نحو الاقتصاد الرقمي يتيح فرصا مثيرة تستحق المجازفة بشأنها، وإمكانات هائلة لتحقيق أهداف الاستدامة البيئية في الجزائر. لكنه، وبالمقابل، يحمل في طياته الكثير من التحديات التي تحتاج ربما لمزيد من الجهد في التعامل معها، كما تحتاج أيضا إلى مزيد من الدراسات المتعمقة من أجل استكشاف كيفية تأثير الاقتصاد الرقمي في مجالات أخرى ذات علاقة بالاستدامة.

نتائج الدراسة: فيما يلي أهم النتائج النظرية والتطبيقية للدراسة:

- تقدير النموذج القياسي الذي يجسد أثر التحول نحو الاقتصاد الرقمي في الاستدامة البيئية في الجزائر يعتبر مقبولا اقتصاديا وإحصائيا، بدليل اتساق النتائج التطبيقية مع كثير من الأدبيات والنظريات الاقتصادية السابقة؛
- أظهرت نتائج نموذج تصحيح الخطأ والمرونة معنوية جميع متغيرات الدراسة بين مستوى دلالة 1% و 10%، باستثناء عدد مشترك الهاتف الثابت لكل 100 نسمة والذي لم يكن معنويا عند بداية الفترتين (t=0). وجاء معامل تصحيح الخطأ سالبا ومعنويا، وهو ما يدل على وجود آلية العودة إلى التوازن في النموذج المقدر؛
- توضح معلمات الأجل الطويل إلى أن تأثير نسبة الأفراد الذين يستخدمون الإنترنت في مؤشر الاستدامة البيئية إيجابي ومعنوي، وهذه النتيجة تحمل دليلا تجريبيًا بخصوص الدور السلبي الذي يمكن أن يلعبه الاستخدام المفرط لشبكة الإنترنت في الجزائر، فبينما يتزايد عدد المستخدمين، فإن تطوير الألياف البصرية الداعمة لتطوير شبكة الإنترنت قد يؤدي إلى جعل الوضع العام أسوأ وبكثير بسبب الاستهلاك المتزايد للطاقة وما ينتج عنه من تلويث للبيئة.
- توضح معلمات الأجل الطويل إلى أن تأثير عدد المشتركين في الهاتف الثابت لكل مائة 100 نسمة في مؤشر الاستدامة البيئية إيجابي لكنه غير معنوي إحصائيا (غير مهم اقتصاديا)، وهذه النتيجة تحمل في طياتها دليلا تجريبيًا بخصوص عدم وجود روابط بين

الاشترابات في شبكات الهاتف الثابت والأنظمة البيئية. وهنا يمكن التأكيد على أن تأثيرات استخدام الهاتف الثابت على النظام البيئي في الجزائر تبدو غير موجودة، وهذا يعود ربما لقلة استخدام الهاتف الثابت خصوصا مع توافر العديد من التكنولوجيات الأخرى في صورة الهواتف المحمولة وأجهزة الكمبيوتر والأجهزة الإلكترونية الأخرى. كما أن الهواتف الثابتة تحتاج إلى طاقة أقل لتشغيلها وليس لديها بطاريات تحتاج إلى شحن متكرر، ولديها عمر أطول لعدم تعرضها لعوامل التلف، إضافة إلى أنها لا تحتوي على مكونات مضرّة بالنظام البيئي (حتى وإن تضمنت بعض المواد السامة فهي بنسب ضعيفة جدا) وبالتالي فهي قابلة لإعادة التدوير وبسهولة؛

- توضح معلمات الأجل الطويل إلى أن تأثير عدد المشتركين في الهواتف الخلوية المتنقلة لكل مائة 100 نسمة في مؤشر الاستدامة البيئية إيجابي ومعنوي، وهذه النتيجة تحمل في طياتها دليلا تجريبيا بخصوص وجود روابط بين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ممثلة في عدد الاشتراكات الهواتف الذكية بالأنظمة البيئية. وهنا يمكن التأكيد على أن استخدام الهواتف الذكية يمكن أن يتسبب في استهلاك مزيد من الطاقة، فهي عادة ما تحتاج إلى طاقة للشحن والتشغيل، واستهلاك الكهرباء مما يتسبب في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. كذلك يتطلب إنتاج الهواتف الذكية استخدام كبير للموارد الطبيعية والتي قد تكون في أحيان كثيرة متاحة بشكل محدود كالمعادن والبلاستيك والمياه وهو ما قد يشكل استنزافا لموارد يكون للأجيال القادمة حق فيها.

- توضح معلمات الأجل الطويل إلى أن تأثير عدد طلبات تسجيل براءات الاختراع للمقيمين في مؤشر الاستدامة البيئية سلبي ومعنوي إحصائيا (مهم اقتصاديا). وتشير النتيجة المتوصل إليها لأهمية متغير عدد طلبات براءات الاختراع المسجلة في الحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجزائر، وهنا توجد دلالات قوية جدا بأن واضعي السياسات وصناع القرار في الجزائر أصبح لديهم فعلا اهتمام كافي بالقضايا ذات الصلة ببراءات الاختراع ومحاولة تطبيقها على أرض الواقع وبالتالي الاستفادة منها في تحسين الوضع البيئي القائم.

توصيات الدراسة: بناء على نتائج الدراسة، يمكن تثبيت التوصيات التالية:

- ينبغي على السلطات العليا في البلاد تبني سياسات اقتصادية كلية فعالة ضمن مساعي استهداف تنمية مستدامة دعامتها الأولى اقتصاد رقمي قد يصبح قوة دافعة جديدة، وزيادة الاستثمار في مختلف شبكات الإنترنت، وإنترنت الأشياء، والبيانات الضخمة، والاقتصاد التشاركي وتعزيز بناء البنية التحتية الرقمية من خلال الانتقال إلى خدمة 5G، وإنشاء و/أو تحسين تدفق المعلومات وأنظمة الأمن السيبراني وتطبيق الذكاء الاصطناعي. لتعزيز تكنولوجيا المعلومات بشكل أكبر، كما يمكن للحكومة في الجزائر فعل الكثير والمساهمة في تقليل استهلاك الطاقة والانبعاثات من خلال تعزيز التبادل عبر شبكة الإنترنت وتقليل القيود المفروضة على استيراد المعدات والتقنيات الحديثة التي تسهل مثل هذه العمليات. وهنا قد يكون البحث عن تقنيات جديدة أقل استهلاكاً للطاقة أمراً مفيداً جداً، ولو أن الأمر هنا يبدو بعيد المنال، ولا يرجى تحقيقه على الأقل في المدى المنظور لأن حل الاقتصادات الوطنية اليوم تفضل الخيارات التي يتيحها التوسع الاقتصادي والذي تمكنه هذه التكنولوجيات الرقمية، وأعتقد هنا بل وأجزم أن دولة مثل الجزائر تظل بعيدة جدا عن التفكير بل وحتى الدراية بمثل هكذا قضايا ذات صلة باستخدامات الإنترنت ومختلف دعائم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات؛

- توصلت الدراسة إلى أن تأثير عدد طلبات تسجيل براءات الاختراع للمقيمين على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون سلبي ومهم اقتصاديا، وهنا سوف يقع على عاتق السلطات العليا في البلاد ضرورة المضي قدما في ذات التوجه وتقديم مزيد من الدعم لحاضنات الأعمال التكنولوجية ضمن مساعي التشجيع على الابتكارات وإيجاد الحلول الإبداعية والتي سوف تساهم بكل تأكيد في التقليل من تلك الانبعاثات المضرّة. بمستقبل البيئة والمساهمة في استبدال التقنيات القديمة الحالية بتقنيات ذكية تقلل أيضاً من استهلاك الطاقة وبالتالي التقليل من الانبعاثات الملوثة للبيئة؛

- ينبغي على واضعي السياسات وصناع القرارات في البلاد الاهتمام أكثر بالدعائم المادية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في صورة شبكات الهاتف الثابت والهواتف الذكية، وذلك من خلال وضع استراتيجيات وسياسات بمعالم واضحة ودقيقة وبأهداف محددة وذات جدول زمني لتحقيقها، خدمة للهدف الأكبر وهو تحسين جودة البيئة في الاقتصادات، وهنا قد يكون لزيادة الاتفاق العام على مشاريع البحث والتطوير دور حاسم بل ومركزي لتعزيز نمو البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وقد يكون على عاتق القطاع العام الجهد الأكبر في تنفيذ مشاريع البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتي غالبا ما تكون ضخمة وتحتاج لأموال كبيرة، لكن ذلك له تأثير استراتيجي في التخفيف من التدهور البيئي. وهنا قد تحتاج السلطات العليا في البلاد إلى ضرورة فصل أهداف النمو الاقتصادي عن أهداف الحد من التدهور البيئي، هذا الأخير يتطلب تصميم سياسات مناسبة لإدارة النفايات الإلكترونية، ومحاولة توفير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لمنصات رقمية لتطوير الأدوات الحديثة التي يمكن للخبراء الاستفادة منها للحد من الآثار البيئية المترتبة على الاستغلال المفرط لموارد الطاقة المضرة بالبيئة؛
- على واضعي السياسات الاهتمام بضرورة التقليل من استهلاك الطاقة اللازمة لاستخدام الهواتف الذكية والثابتة عبر استخدام أجهزة تكون متوافقة مع معايير الطاقة الفعالة وشحنها وذلك من خلال استخدام مصادر طاقة نظيفة مثل الطاقة الشمسية، وقد يتطلب الأمر هنا تغيير العادات السيئة في الاستخدام المفرط لتلك الأجهزة مثل تخفيض أوقات استخدام وسائل التواصل الاجتماعي. كما يمكن الحفاظ على الموارد الطبيعية المستخدمة في إنتاج تلك الأجهزة من خلال التوجه نحو إعادة تدوير الأجهزة القديمة واقتناء الأجهزة الحديثة التي تعتمد على صناعة مستدامة، أو التوجه نحو صيانة الأجهزة القديمة بدلا من شراء أخرى جديدة. وقد تكون هذه الإجراءات غير كافية إذا لم تكن مصحوبة بتوعية جميع شرائح المجتمع من المستخدمين بضرورة الاستعمال العقلاني لتلك الأجهزة وبصورة تكون صديقة للبيئة.

قائمة المراجع باللغة العربية:

1. أبو النصر مدحت، و مدحت محمد ياسمين. (2017). التنمية المستدامة: مفهومها، أبعادها، مؤشراتنا. القاهرة، جمهورية مصر العربية: المجموعة العربية للتدريب والنشر.
2. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا ESCWA. (11 و 12 فيفري 2017). الاقتصاد الرقمي والتحول نحو المجتمعات الذكية في المنطقة العربية. دبي. الإمارات العربية المتحدة.
3. دعاء عبد اللطيف مصطفى الهادي، وعبد الرحيم الشحات البحطيطي. (2022). دور الاقتصاد الرقمي في تحقيق التنمية المستدامة في اليابان في الفترة من 2020 حتى 2022. مجلة الزقازيق للبحوث الزراعية. 49(05).
4. غني دحام تناي الزبيدي، و محمد فليح حمزة. (2021). تحقيق الاستدامة البيئية وفق ممارسات إدارة الموارد البشرية الخضراء. مجلة كلية بغداد للعلوم الاقتصادية الجامعة(63).
5. محمد مسعودي، علي مسعودي، و ابراهيم قعيد. (2-3 ديسمبر 2019). العلاقة بين أبعاد التنمية المستدامة: إطار تحليلي. ورقة عمل مقدمة ضمن فعالية المنتدى الدولي: الاتجاهات الحديثة للتجارة الدولية وتحديات التنمية المستدامة نحو رؤى مستقبلية واعدة للدول النامية. الجزائر.
6. نغين حسين. (بلا تاريخ). تقرير الاقتصاد الرقمي في الإمارات. وزارة الاقتصاد، الإمارات العربية المتحدة.
7. قاعدة بيانات البنك الدولي على شبكة الإنترنت (<https://data.albankaldawli.org/indicator>)
8. إحصاءات الطاقة العالمية على شبكة الإنترنت (<https://www.bp.com>)

References in english

9. Abeer, M. (2022). The Role of the Digital Economy in Sustainable Development. International Journal Of Humanities And Language Research, 05(02), 13-25.
10. Asif Khan and Wu Ximei. Digital Economy and Environmental Sustainability: Do Information Communication and Technology (ICT) and Economic Complexity Matter? Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, 19, 12301. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912301>
11. Ciegis, R., Ramanauskienė, J., & Martinkus, B. (2009). The Concept of Sustainable Development and its Use for Sustainability. Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics. The Economic Conditions Of Enterprise Functioning(02).
12. Elliott, J. (2013). An Introduction to Sustainable Development. U.S.A.: Routledge.
13. EUROPEAN COMMISSION. (Meeting to be held on 13-14 March 2014). Working Paper: Digital Economy - Facts & Figures. Expert Group On Taxation Of The Digital Economy. Berlaymont Building, Brussels. Récupéré sur <https://taxation-customs.ec.europa.eu/>
14. Klarin, T. (2018). The Concept of Sustainable Development: From its Beginning to the Contemporary Issues. Zagreb International Review of Economics & Business, Vol. 21(No. 1).
15. Kaimuri, B., & Kosimbei, G. (2017). Determinants of Sustainable Development in Kenya. Journal of Economics and Sustainable Development, 08(24).
16. Kozhan, R. (2010). Financial Econometrics With Eviews. (V. p. ApS, Ed.) bookboon.
17. Li, Z., Li, N., & Wen, H. (2021). Digital Economy and Environmental Quality: Evidence from 217 Cities in China. Sustainability, 13(8058).
18. Limna, P., Kraivanit, T., & Siripipatthanakul, S. (2022, June). The Growing Trend of Digital Economy: A Review Article. International Journal of Computing Sciences Research.
19. Murphy, K. (2014). The Social Pillar of Sustainable Development A literature review and framework for policy analysis and framework for policy analysis. (I. o. Blanchardstown, Éd.) The ITB Journal, 15(01), 40-41. doi:doi:10.21427/D7PX60
20. Mensah, J. (2019, August). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars and implications for human action. Literature review.
21. Nation, U. (Edition 2022). Digital Economy Report Pacific. Récupéré sur <https://unctad.org/publication/digital-economy-report-pacific-edition-2022>.
22. Pesaran, M., Shin, Y., & Smith, R. (n.d.). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. Journal of Applied Econometrics(16).
23. Rosário, A., & Dias, J. (2023). The New Digital Economy and Sustainability: Challenges and Opportunities. sustainability, 15(10902), 1-23. doi:https://doi.org/10.3390/
24. Rumana Bukht & Richard Heeks. (September 2018). Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy. International Organizations Research.
25. Salah Aly, A. E., & Amany Salah, M. (2022). The Relation between digital transformation and sustainable Development study Egypt case. Scientific Journal for Economic & Commerce, 52(04), 13-42.
26. Soubbotina, T. (2004). Beyond Economic Growth An Introduction to Sustainable Development (éd. Second Edition). Washington, U.S.A.: The International Bank for Reconstruction.
27. Thanh Cong Truong. The Impact of Digital Transformation on Environmental Sustainability. Hindawi Advances in Multimedia. Volume 2022, Article ID 6324325. <https://doi.org/10.1155/2022/6324325>
28. Zihanxin Li. Nuoyan Li and Huwei Wen. H.Digital Economy and Environmental Quality: Evidence from 217 Cities in China. Sustainability 2021, 13, 8058. <https://doi.org/10.3390/su13148058>