أثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي على التعقيد الاقتصادي: دراسة حالة دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا باستخدام نماذج بيانات البانل خلال الفترة 2015–2023

The Impact of Digital Transformation and Artificial Intelligence on Economic Complexity: A Panel Data Analysis of Middle East and North Africa (MENA) Countries, 2015–2023

أمينة هني *

مخبر استراتيجية التحول إلى اقتصاد أخضر، جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم – الجزائر

amina.henni@univ-mosta.dz

شاشوة فضلون

مخبر استراتيجية التحول إلى اقتصاد أخضر، جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم – الجزائر

fadloun.chachoua@univ-mosta.dz

تاريخ الإستلام:2026/02/27 تاريخ القبول: 2026/05/09 تاريخ النشر: 2026/05/31

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي على التعقيد الاقتصادي دراسة حالة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا خلال الفترة: 2015- 2023. أظهرت اختبارات جذر الوحدة أن جميع المتغيرات غير مستقرة عند المستوى لكنها تصبح مستقرة عند الفرق الأول، ما يعني تكاملها من الدرجة الأولى *I(1)* وأكد اختبار *Pedroni* للتكامل المشترك وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات، مما يبرر الانتقال إلى تقدير نموذج بانل ديناميكي.

ولقد أظهرت النتائج أن الذكاء الاصطناعي يرفع التعقيد الاقتصادي بنسبة 0.17% عند زيادة 1% في منشورات الذكاء الاصطناعي، بينما يسهم انتشار الإنترنت بنسبة 0.006% والانفتاح الاقتصادي بنسبة 0.12% في رفع التعقيد الاقتصادي في الأجل الطويل. أما في الأجل القصير، فكانت التأثيرات إيجابية أيضا لكن بأحجام أقل، وعليه فإن أن تعزيز البحث في الذكاء الاصطناعي وتوسيع البنية الرقمية والانفتاح الاقتصادي يساهم في رفع التعقيد الاقتصادي وتحسين التنافسية.

الكلمات المفتاحية: التعقيد الاقتصادي، الرقمنة، الذكاء الاصطناعي، منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا؛ نماذج البانل.

تصنيف JEL: C33، O50.

Abstract:

This study aims to analyze the impact of digital transformation and artificial intelligence on economic complexity in the Middle East and North Africa (MENA) region during the period 2015–2023. Unit root tests indicate that all variables are non-stationary at level but become stationary at first difference, implying that they are integrated of order one I(1). The Pedroni cointegration test confirms the existence of a long-run equilibrium relationship among the variables, which justifies the estimation of a dynamic panel model.

In the long run, the results show that artificial intelligence increases economic complexity by 0.17% following a 1% rise in AI publications. Internet penetration contributes 0.006%, while economic openness raises economic complexity by 0.12%. In the short run, the effects are also positive but of smaller magnitude. Therefore, strengthening AI research, expanding digital infrastructure, and promoting economic openness contribute to enhancing economic complexity and improving competitiveness.

Keywords: Economic Complexity; Digitalization; Artificial Intelligence; MENA Countries; Panel Data Models

Jel Classification Codes : C33 ; O50.

* المؤلف المراسل.

1. مقدمة:

تسعى الدول النامية جاهدة إلى تضييق فجوة التنمية الاقتصادية واللحاق بركب الدول المتقدمة من خلال تبني مجموعة من السياسات الاقتصادية، وتؤكد العديد من النظريات إمكانية تحقيق هذا اللحاق الاقتصادي كنظرية "تأثير اللحاق بالركب" ونظرية الدفعة القوية ونظرية التبعية الاقتصادية, ولا ترجع فجوة التنمية الاقتصادية ما بين الدول المتقدمة والدول النامية إلى ارتفاع مستويات التنوع والإنتاجية فحسب وإنما أيضا إلى درجة أعلى من التعقيد الاقتصادي، حيث تمتلك هذه الدول القدرة على انتاج سلع وخدمات كثيفة المعرفة وتتطلب مستويات رفيعة من المهرات والتكنولوجيات والتنظيم، وعليه، فيمكن اعتبار جزء من تأخر مسار التنمية الاقتصادية في الدول النامية نتيجة لضعف مستوى التعقيد الاقتصادي.

فالتعقيد الاقتصادي كما عرفه (Hausmann, et al., 2013) ما هو إلا كمية المعرفة المدمجة في الهيكل الإنتاجي لاقتصاد ما. بعبارة أخرى، فإن التعقيد الاقتصادي يعبر عن المعرفة الإنتاجية المتواجدة في المجتمع والتي تنعكس في منتجاته. ويتم قياس هذا الرصيد المعرفي من خلال تقييم درجة تنوع وتعقيد سلة منتجات هذا البلد (AlOtaibi, 2025). وعليه، فإن مؤشر التعقيد الاقتصادي يعبر على درجة تعقيد اقتصاد ما بناء على متوسط درجة تعقيد النشطات التي يتخصص فيها الاقتصاد (Hidalgo & Stojkoski, 2025)، وهذا بناء على مستوى التكنولوجيا والمعرفة المستعملة.

وفي ظل التحولات العميقة التي يشهدها الاقتصاد العالمي، برز كل من التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي كعوامل حاسمة في إعادة تشكيل الهياكل الإنتاجية ورفع مستويات التعقيد الاقتصادي، لا سيما في الاقتصادات الساعية إلى تنويع قواعدها الإنتاجية وتقليص اعتمادها على الموارد التقليدية، كما هو الحال في دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ومن خلال ما سبق، يمكن طرح الإشكالية الآتية:

ما مدى تأثير التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي على مستوى التعقيد الاقتصادي في دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا خلال الفترة الممتدة من 2015 إلى 2023؟

وللإجابة على هذه الإشكالية، قمنا بوضع الفرضيتين الآتين:

الفرضية الأولى: توجد علاقة تكامل مشتركة بين التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي وبين التعقيد الاقتصادي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا: خلال الفترة 2015–2023.

الفرضية الثانية: يوجد أثر ذو دلالة معنوية بين التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي وبين التعقيد الاقتصادي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا: خلال الفترة 2015–2023.

أهمية الدراسة

تستمد هذه الدراسة أهميتها من الاهتمام العالمي المتزايد في الآونة الأخيرة بدور التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في إحداث قفزة نوعية في القدرة الإنتاجية للدول وإعادة تشكيل الهياكل الإنتاجية، خاصة أن دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تواجه عدة تحديات كإشكالية التنويع الاقتصادي وعصرنة الهياكل الإنتاجية. وما يزيد من أهمية هذا الموضوع هو تركيز الدراسة على مؤشر التعقيد الاقتصادي الذي يعتب مؤشرا هام نظرا لقدرته على تفسير النمو الاقتصادي طويل الأجل. وفي هذا السياق، لا بد من الإشارة لأهمية التحليل القياسي باعتباره أداة علمية دقيقة لفهم طبيعة العلاقات السببية بين هذه المتغيرات، وقياس حجم واتجاه تأثيرها على التعقيد الاقتصادي.

أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق جملة من الأهداف والتي نذكر منها ما يلي:

- تحليل العلاقة التي تربط التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي بالتعقيد الاقتصادي في دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا؛
- قياس ما مدى مساهمة التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في تعزيز التعقيد الاقتصادي في دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا خلال الفترة 2015-2023؛
- اختبار العلاقة ما بين التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي من جهة، والتعقيد الاقتصادي من جهة أخرى في الأجل القصير والأجل الطويل؛
- اثراء الأدبيات الاقتصادية من حيث الدراسات التطبيقية حول التحول الرقمي، والذكاء الاصطناعي والتعقيد الاقتصادي في دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

منهج الدراسة

لقد تم الاعتماد في هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من أجل تحليل واستقراء الدراسات السابقة وتحليل الإحصاءات المتوفرة عن الموضوع. كما تم الاستعانة بالمنهج القياسي من خلال نماذج بيانات البانل، وذلك لقياس أثر المتغيرات المستقلة الخاصة بالتحول الرقمي والذكاء الاصطناعي على المتغير التابع والمتمثل في التعقيد الاقتصادي بدول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا خلال الفترة 2015-2023.

الإحصاءات ومصادر المعلومات

من أجل تحقيق الأهداف المسطرة لهذه الدراسة، تم الاعتماد على عدة متغيرات، حيث تم استعمال نسبة الأفراد مستخدمي الانترنت (بالنسبة للمجتمع) وعددا لمنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعي كمتغيرات مستقلة و درجة الانفتاح الاقتصادي كمتغير ضابط، بينما تم الاعتماد على مؤشر التعقيد الاقتصادي كمتغير تابع. وعليه، فإن مصادر البيانات متعددة ومتمثلة في بيانات البنك الدولي، ومواقع متخصصة مثل موقع (Our World in Data) وموقع (The Observatory of Economic Complexity).

2. الدراسات السابقة:

2. 1. دراسات سابقة حول التعقيد الاقتصادي:

حضي موضوع التعقيد الاقتصادي باهتمامات واسعة منذ دراسة (Hidalgo و Hausmann، The building blocks of economic complexity، 2009) والتي من خلالها تم تطوير مؤشر التعقيد الاقتصادي كمقياس لدجة المعرفة المتجسدة في البنية الإنتاجية للاقتصاد. ولقد أظهرت النتائج أن الدول الأكثر تعقيدا اقتصاديا لها امكانية تحقيق نمو اقتصادي أعلى على المدى الطويل مقارنة مع الدول أقل تعقيدا.

كما أثبتت دراسة (Hidalgo، Economic complexity theory and applications، 2021) أن التعقيد الاقتصادي يعتبر مؤشرا هاما للنمو الاقتصادي طويل الأجل. كما أوضحت الدراسة مدى ارتباط مؤشر التعقيد الاقتصادي بعدة متغيرات أخرى متعلقة بالتنمية الاقتصادية، التنوع الإنتاجي والقدرة على الابتكار.

2.2. دراسات سابقة حول التحول الرقمي والتعقيد الاقتصادي:

اختلفت الدراسات في مجال التعقيد الاقتصادي وعلاقته بمختلف المتغيرات، ولعل أهم هذه الدراسات والتي لها ارتباط مباشرة مع موضوع هذا البحث هي تلك التي عالجت العلاقة ما بين التحول الرقمي والتعقيد الاقتصادي، والتي من بينها:

- دراسة (Oumbé، Djeunankan، و Ndzana، 2023)، والتي استخدمت بيانات البانل من 112 دولة لتحليل أثر جودة وكمية تكنولوجيا المعلومات والاتصال على التعقيد الاقتصادي، ولقد أكدت النتائج أن لتكنولوجيا المعلومات والاتصال أثر موجب ذو دلالة إحصائية على التعقيد الاقتصادي في المدى الطويل. كما تم توضيح أن المورد الطبيعية الريعية تؤثر سلبا على التعقيد الاقتصادي. ولقد أكد اختبار سببية غرانجر وجود علاقة ثنائة الحد ما بين تكنولوجيا المعلومات والاتصال والتعقيد الاقتصادي.

- دراسة (Ha، 2023)، والتي أثبتت هي الأخرى أن الرقمنة في قطاع الأعمال تؤثر إيجابيا على التعقيد الاقتصادي في الدول الأوروبية خلال الفترة من 2011-2019. كما تشير النتائج إلى وجود علاقة تكامل مشترك طويلة الأجل بين الأعمال الرقمية والتعقيد الاقتصادي. كما أكدت الدراسة على أن تحسن النمو الاقتصادي، وتطور القطاع المالي، وكذا انخفاض مستوى الفساد، تمثل قنوات انتقال التي من خلالها ينعكس الأثر الإيجابي للرقمنة في قطاع الأعمال على أداء التعقيد الاقتصادي. ومن جهة أخرى، أكدت نتائج هذه الدراسة على أن التعقيد الاقتصادي يساهم في تسريع عملية الرقمنة في قطاع الأعمال. وأن هذه الآثار لا تظهر إلا على المدى الطويل.

3.2. دراسات سابقة حول التعقيد الاقتصادي في دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا:

إن التحول الرقمي في دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا يمثل أداة استراتيجية هامة من أجل تنويع اقتصاداتها وتعزيز الإنتاجية، كما أشار إلية تقرير (World Bank، 2010)، إلا أن الاستفادة منه لا تزال محدودة بسبب الفجوة الرقمية وضعف البنية التكنولوجية. كما أن الدراسات حول التعقيد الاقتصادي في هذه المنطقة لا تزال ضئيلة، والتي نذكر منها دراسة (AlOtaibi، 2025) التي ركزت على قياس أثر التعقيد الاقتصادي على التطور الاقتصادي في المملكة العربية السعودية حيث أظهرت النتائج أن محدودية التنوع الإنتاجي وضعف المحتوى التكنولوجي للصادرات يفسران انخفاض مستويات التعقيد الاقتصادي في المنطقة مقارنة بالدول المتقدمة. إلى جانب دراسة (Yalta & Yalta, 2021) التي ساهمت في استكشاف محددات التعقيد الاقتصادي في منطقة MENA خلال الفترة 1970–2015، وذلك باستخدام منهجية المربعات الصغرى المعممة النظامية (System GMM). وأكدت النتائج عن وجود علاقة إيجابية بين رأس المال البشري والتعقيد الاقتصادي. وفي المقابل، يظهر أن ريع الموارد الطبيعية يؤثر سلبا على التعقيد الاقتصادي، والذي يعتمد بدوره بدرجة كبيرة على مستوى تراكم رأس المال البشري.

ومن خلال هذه الدراسة، سنحاول المساهمة في سد فجوة واضحة في الأدبيات الاقتصادية، إذ لا تزال الدراسات التطبيقية التي تربط بين التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي من جهة، والتعقيد الاقتصادي من جهة أخرى، باستخدام نماذج بيانات البانل في دول MENA، محدودة، خاصة خلال الفترة الحديثة الممتدة من 2015 إلى 2023. وإلى جانب أهميتها العلمية، تكتسب الدراسة بعدا عمليا من خلال تقديم نتائج يمكن أن تساعد صانعي السياسات في تصميم استراتيجيات رقمية فعالة لدعم التحول الهيكلي وتعزيز القدرة التنافسية للاقتصادات في المنطقة.

3. التحليل الساكن لأثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي على مستوى التعقيد الاقتصادي

تهدف هذه الدراسة إلى اعتماد المقاربة القياسية لاختبار أثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي على مؤشر التعقيد الاقتصادي، من خلال استخدام نماذج بيانات البانل الديناميكية التي تجمع بين البعدين الزمني والمقطعي، بما يسمح باستغلال أكبر قدر ممكن من المعلومات المتاحة، ويعزز من كفاءة التقدير ودقته مقارنة بالنماذج الزمنية أو المقطعية التقليدية. كما تتيح

نماذج البانل التحكم في عدم التجانس غير المشاهد بين الدول، وأخذ الخصائص الهيكلية والمؤسسية الخاصة بكل دولة بعين الاعتبار.

ويبرز اللجوء إلى النماذج القياسية في هذا الجانب لقدرتها على كشف العلاقات الديناميكية والتفاعلات المعقدة بين المتغيرات محل الدراسة، خاصة في ظل التفاوت الكبير في مستويات الرقمنة والاستعداد لتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي بين دول المنطقة. وعليه، تعتمد الدراسة على نماذج بانل ساكنة وديناميكية، يتم اختيارها بناء على طبيعة البيانات ونتائج الاختبارات التشخيصية، بما في ذلك اختبارات السكون، واختبار هوسمان للمفاضلة بين نماذج التأثيرات الثابتة والعشوائية (Badi H. Baltagi, 2023, pp. 2-3).

وفي ضوء ما سبق، يساهم التوظيف المنهجي للنماذج القياسية في تقديم نتائج أكثر موثوقية حول الدور الذي يلعبه التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في تعزيز التعقيد الاقتصادي، كما يتيح استخلاص دلالات اقتصادية يمكن الاعتماد عليها في صياغة السياسات التنموية الرقمية لدول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

1.3. اختبار ارتباط بين المقاطع العرضية لمتغيرات الدراسة:

يعد اختبار الارتباط بين المقاطع العرضية CDS من الأساليب الاحصائية المناسبة لتحليل متغيرات الدراسة، فنتائج أشهر الاختبارات المعدة لهذا الغرض، حيث تعد قيم احصائيات تلك الاختبارات، تقتضي رفض فرضية العدم، مما يعني وجود ارتباط عرضي بين سلاسل مقاطع الدراسة ، وهذا راجع إلى معنوية المعلمات لهذه المقدرات لهذا الاختبار، كما نلاحظ والجدول أدناه يوضح ذلك:

الجدول رقم 1: اختبار ارتباط المقاطع العرضية

المتغير	BREUSCH–PAGAN LM	PESARAN SCALED LM	Pesaran Cd
المتغير التابع			
مؤشر التعقيد الاقتصادي ECI	**246..26** **0.00**	**6.68** **0.00**	**4.13** **0.00**
المتغيرات المستقلة والضابطة			
عددا لمنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعي AIP	**938.23** **0.00**	**48.64** **0.00**	**30.42** **0.00**
نسبة الأفراد مستخدمي الانترنت (بالنسبة للمجتمع) IPR	**993.51** **0.00**	**51.99** **0.00**	**24.55** **0.00**
الانفتاح الاقتصادي Openness	**296.84** **0.00**	**9.75** **0.00**	**7.24** **0.00**

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVIEWS.13

2.3. اختبار التجانس HSIAO 1986 :

،يستخدم اختبار Hsiao (Cheng, 1986) كأداة منهجية لتحديد درجة تجانس أو عدم تجانس معاملات نموذج بيانات البانل، وهو اختبار أساسي قبل اختيار طريقة تقدير مناسبة (مثل PMG أو MG أو DFE). يقوم الاختبار على مقارنة نموذجين: نموذج

موحد (متجانس) حيث تفترض معاملات ثابتة عبر الوحدات المقطعية، مقابل نموذج غير متجانس يسمح باختلاف المعاملات بين الدول أو الوحدات. ويشمل الاختبار ثلاث فرضيات متسلسلة:

- H1: اختبار التجانس الكامل مقابل عدم التجانس
- H2: مقارنة نموذج التجانس الجزئي مقابل عدم التجانس
- H3: اختبار التجانس الكامل مقابل التجانس الجزئي

وتحسب إحصائية F لكل فرضية، وتستخدم القيم الاحتمالية (p-value) لاتخاذ قرار رفض أو قبول فرضية العدم. وفي حال كانت القيم الاحتمالية أقل من مستوى المعنوية (5% أو 1%)، يتم رفض فرضية التجانس، مما يعني أن البيانات لا تسمح بافتراض معاملات موحدة عبر الوحدات المقطعية. وتعد هذه النتيجة مهمة لأنها تؤثر مباشرة على اختيار نموذج التقدير؛ فرفض التجانس يبرر استخدام نماذج تسمح بعدم التجانس مثل MG أو PMG، بينما قبول التجانس يدعم استخدام نماذج ذات معاملات موحدة مثل DFE.

من الناحية الاقتصادية، فإن اختيار التوصيف يسمح لنا بمعرفة هل النموذج النظري المدروس متطابق بالنسبة لجميع العينات أو العكس أي وجود لخصائص ومميزات مختلفة لكل عينة.

الجدول رقم 2: نتائج اختبار التجانس لـ Hsiao, C. (1986)

Specification Tests of Hsiao (1986)

H1 = Null Hypothesis : panel is homogeneous vs Alternative Hypothesis : H2
H2 = Null Hypothesis : H3 vs Alternative Hypothesis : panel is heterogeneous
H3 = Null Hypothesis : panel is homogeneous vs Alternative Hypothesis : panel is partially homogeneous

Hypotheses	F-Stat	P-Value
H1	33.85848	5.21E-41
H2	2.473536	0.000132
H3	83.57036	3.61E-61

This program has developed by Brahim KHOUILED
University of Ouargla, Algeria

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVIEWS.13

ولدى اعتماد الاختبار المقترح من قبل Hsiao (1986) للتحقق من مدى تجانس معاملات نموذج بيانات البانل، أظهرت نتائج الاختبار رفض فرضية التجانس التام، حيث بلغت قيمة إحصائية F للفرضية الأولى (H1) 33.86 مع قيمة احتمالية قدرها 0.00مما يدل على وجود عدم تجانس معنوي بين الوحدات المقطعية. كما أسفرت نتائج الفرضية الثانية (H2) عن قيمة F = 2.47 وقيمة احتمالية بلغت 0.00، وهو ما يؤدي إلى رفض فرضية العدم ويؤكد عدم تماثل معاملات النموذج بين الوحدات. إضافة إلى ذلك، سجلت الفرضية الثالثة (H3) قيمة إحصائية مرتفعة بلغت 83.57 مع قيمة احتمالية قدرها 0.00، مما يقود إلى رفض فرضية التجانس الكلي لصالح فرضية التجانس الجزئي. وتشير هذه النتائج مجتمعة إلى أن بيانات البانل المدروسة تتسم بعدم التجانس، مع وجود معاملات مشتركة وأخرى خاصة بكل وحدة مقطعية، الأمر الذي يبرر منهجيا الاعتماد على نماذج بانل تسمح بعدم التجانس الجزئي، مثل نموذج Pooled Mean Group (PMG) أو Mean Group (MG)، باعتبارها أكثر ملاءمة لتمثيل الخصائص الهيكلية للبيانات محل الدراسة.

3.3 تحديد النموذج الملائم لبيانات الساكن:

نحصل على نموذج البانل الخاصة بالمتغير التابع التعقيد الاقتصادي (ECI)

$$\text{Openness} + Y_t + \mu_i + \mathcal{E}_{i,t} ECI = a + \beta 1 AIP + + \beta 2 IPR + \beta 3$$

حيث تمثل:

- ECI : التعقيد الاقتصادي (متغير تابع)
- AIP: عددا لمنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعي
- IPR: نسبة الأفراد مستخدمي الانترنت (بالنسبة للمجتمع)
- Opennes: الانفتاح الاقتصادي (متغير ضابط أو متحكم)
- a: معلمة القاطع العام في النموذج
- β_i : معاملات المتغيرات التفسيرية.
- μ_i : الآثار أو الاختلافات المقطعية (cross-section effets) غير الملاحظة والتي تتفاوت من بلد الى أخر لكنها تظل ثابتة خلال الفترة الزمنية نفسها.
- Y_t : الآثار والاختلافات الزمنية (time effects) غير الملاحظة والمشـتركة بين الدول محل الدراسـة والتي تتغير عبر الزمن.
- $\mathcal{E}_{i,t}$: حد الخطأ العشوائي حيث يشترط فيه أن يكون مستقلا وموزعا بشكل متماثل.

يتحدد النموذج المرافق لطبيعة بيانات العينة وفق كيفية التعامل مع الآثار الفردية أو عدم التجانس الغير الملاحظ سنقوم بتقدير المعادلة المذكورة أعلاه بطريقة المربعات الصـغرى، وعلى أسـاس بيانات الدراسـة طويلة فإننا نميز ثلاثة نماذج البانل الساكن (النموذج التجميعي POOLED، نموذج الأثر الثابت MEF، ونموذج الأثر العشوائي MEA)، تقدير النموذج الأول والثاني بطريقة المربعات الصغرى العادية، أما النموذج الثالث فيتم تقديره بطريقة المربعات الصغرى المعممة، وبعدها نقوم بالمفاضلة بين النماذج :

الجدول رقم3: تقدير النموذج الملائم لبيانات عينة الدراسة

المتغير التابع: التعقيد الاقتصادي ECI			
الفترة الزمنية: 2023/2015 T= 09 N= 17 عدد المشاهدات N*T=153			
المتغيرات التفسيرية	النموذج التجميعي	نموذج الاثر الثابت	نموذج الاثر العشوائي
عدد المنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعي (AIP)	0.0001 0.00	1.54 0.94	1.50 0.94
نسبة الأفراد مستخدمي الانترنت (بالنسبة للمجتمع) (IPR)	0.01 0.00	0.0006 0.54	0.001 0.13
الانفتاح الاقتصادي (Openness)	-4.81 0.99	0.001 0.13	0.001

الحد الثابت **C**	-1.40	-0.47 0.00	-0.55
R-squared	0.53	0.95	0.05
S.E.of regression	0.62	0.62	0.15
F-statistic	56.13	157.83	2.61
Prob (F-statistic)	0.00	0.00	0.05

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVIEWS.13

- **المفاضلة بين النماذج الثلاثة المقدرة:**

نعمل في البداية على تحديد وجود أو عدم وجود أثر فردي ضمن بيانات عينة الدراسة، وسنستخدم اختبار من نوع فيشر الذي تكون فرضية العدمية تلائم نموذج التجانس الكلي، أي عدم وجود أي أثر للأفراد في العينة المدروسة، كما ان احصائية هذا الاختبار تتمثل في:

H0: نموذج الانحدار التجميعي هو النموذج المناسب

H1: نموذج التأثيرات الثابتة أو العشوائية هو المناسب

$$F_1 = \frac{(R2MNC - R2MC)/(N-1)}{1-R2MNC/(N\times T-n-k)}:$$

حيث أن:

- N: يمثل عدد الدول (في حالتنا 17 دولة).
- T: تمثل طول السلسلة الزمنية المقترحة في الدراسة (في حالتنا 09 سنوات).
- K: عدد المتغيرات الخارجية في النموذج في حالتنا لدينا 03 متغيرات مستقلة.
- R2FEM: يمثل معامل التحديد المضاعف اي في ظل فرضية العدم ، في هذه الحالة هو نموذج بدون أثر أي نموذج التجانس الكلي (R2FEM= 0.53) .
- R2PRM: يمثل معامل التحديد المضاعف للنموذج الغير مقيد أي في ظل الفرضية العكسية في هذه الحالة هو نموذج الأثر الثابت (R2PRM =0.95).
- وعند تطبيق قانون فيشر تعطي لنا قيمة فيشر المحسوبة Fc=68.82، أما الاحصائية المجدولة فقد بلغت Ftab =1.90، وعليه نرفض الفرضية الصفرية بمستوى معنوية 5% ونقول أن هناك أثر فردي ضمن بيانات العينة.

- **اختبارتحديد نوعية الأثر:**

- **اختبارHAUSMAN:**

يعد إجراء اختبار فيشر والذي بين وجود أثر فردي نقوم بتحديد نوعية الأثر وهذا باستعمال اختبار هوسمان (HAUSMAN test) من أجل الاختيار بين نموذج الأثر الثابت أو الأثر العشوائي ونتيجة هذا الاختبار كالتالي:

H0 : نموذج التأثيرات العشوائي هو الملائم

H1 : نموذج التأثيرات الثابتة هو الملائم

الجدول رقم 4: نتائج اختبار Hausman

Correlated Random Effects - Hausman Test
Pool: POOOL
Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	30.692138	3	0.0000

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج EVIEWS.13

من خلال نتائج برنامج أفيوز EVIEWS.13، وبناء على اختبار HAUSMAN، حيث نلاحظ أن الاحصائية المحسوبة square-Chi=30.69، أقل من الاحصائية المجدولة التي تساوي 7.81، وهذا عند مستوى ثقة 0.05 ومنه نقبل الفرضية البديل أي أنه يوجد بين المتغيرات المفسرة والأثر الفردي، ومنه يكون النموذج الملائم لبيانات عينة الدراسة هو من نوع الأثر الثابت، وكذا ارتفاع معامل التحديد، وعليه يكون لكل مقطع أثر ثابت خاص به، ويمثل الجدول أدناه نتائج التأثيرات الثابتة للنموذج لكل دولة:

الجدول رقم 5: نتائج التأثيرات الثابتة للنموذج لكل دولة

الدولة	الأثر
ALGERIA	-0.588286
EGYPT	0.266078
IRAN	0.381395
IRAQ	-0.402255
JORDAN	0.314025
KUWAIT	0.493332
LEBANON	0.666291
LIBYA	-0.805932
MAURITANIA	-0.792851
MOROCCO	-0.193391
OMAN	0.077268
QATAR	0.215169
SAUDI ARABIA	1.181034
SUDAN	-0.940541
TUNISIA	0.411230
UNITED ARAB EMIRATES	0.384005

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVEIWS13

نلاحظ من خلال الجدول السابق، تظهر نتائج نموذج الأثر الثابت (Fixed Effects) في الجدول رقم 5 توزيعا واضحا للتأثيرات الخاصة بكل دولة على المتغير التابع، مما يدل على وجود اختلافات هيكلية بين الدول داخل العينة. فبعض الدول سجلت تأثيرات إيجابية قوية، مثل السعودية (1.181034) ولبنان (0.666291) وإيران (0.381395)، مما يعكس مساهمة إيجابية أكبر لهذه الدول في تفسير التغيرات في المتغير التابع مقارنة بمتوسط العينة. في المقابل، ظهرت دول أخرى بتأثيرات سلبية ملحوظة، مثل السودان (-0.940541) وليبيا (-0.805932) وموريتانيا (-0.792851)، وهو ما يشير إلى أن هذه الدول تسهم بشكل سلبي في تفسير المتغير التابع مقارنة بمتوسط العينة. وبشكل عام، تؤكد هذه النتائج وجود تغاير غير متجانس بين الدول، مما يبرر اختيار نموذج الأثر الثابت كأنسب إطار تقديري للتعامل مع الاختلافات غير الملاحظة بين الدول، وذلك بدلا من نموذج التجانس الكلي الذي يفترض وحدة أثر موحدة عبر الدول.

تقييم نموذج التأثيرات الثابت (Fixed Effects Model)

بعد أن تبين أن النموذج المناسب هو نموذج التأثيرات الثابتة من خلال نتائج الاختبارات السابقة، وبناء عليه يمكن كتابة معادلة النموذج بالشكل التالي:

$$1.54\text{AIP} + 0.0006\text{IPR} - 0.001\text{OPENNESS} + e_{it} eci = 0.47$$

- **التقييم الاقتصادي:**

من خلال نتائج تقدير نموذج الأثر الثابت المدونة في المعادلة السابقة تبن أن ما يلي:

- يشير هذا المعامل إلى أن زيادة وحدة واحدة في مؤشر الابتكار/الذكاء الصناعي ترتبط بزيادة مؤشر التعقيد الاقتصادي بمقدار 1.54وحدة، مع بقاء بقية المتغيرات ثابتة. ، ويعني ذلك أن الابتكار والتكنولوجيا والذكاء الصناعي يعدان محركا قويا لتعزيز التعقيد الاقتصادي، لأنه يساهمان في رفع مستوى الإنتاجية، وتطوير منتجات أكثر تعقيدا، وزيادة القيمة المضافة في الاقتصاد.
- تشير قيمة المعامل إلى أن زيادة وحدة واحدة في مؤشر استخدام الأفراد للأنترنت ترتبط بزيادة طفيفة في مؤشر التعقيد الاقتصادي بمقدار0.0006 وحدة. ويمكن تفسير ذلك بأن انتشار استخدام الانترنت يخلق بيئة مؤسسية تحفز الابتكار وتعزز من جودة البحث العلمي والتطوير، لكنها قد تحتاج إلى تكامل مع عوامل أخرى (مثل جودة التعليم، الاستثمار في التكنولوجيا، البنية التحتية وحجم الاقتصاد) حتى يكون تأثيرها أكبر.
- يشير هذا المعامل إلى أن زيادة وحدة واحدة في الانفتاح الاقتصادي يرتبط بانخفاض مؤشر التعقيد الاقتصادي بمقدار 0.001وحدة، مع ثبات المتغيرات الأخرى. وهذا يعني أن الانفتاح الاقتصادي وحده لا يضمن تحسين التعقيد الاقتصادي، وقد يحدث انخفاض في التعقيد إذا كان الانفتاح مرتبطا بزيادة الواردات للسلع البسيطة أو عدم تنويع الصادرات، أو إذا كان الاقتصاد يعتمد على تصدير الموارد الطبيعية دون تطوير صناعات عالية التعقيد.

- .**التقييم الاحصائي:**

✓ يوضح معامل التحديد أن R2= %95 هذا يعني أن المتغيرات الحاصلة في متغير التعقيد الاقتصادي ECI تتحدد داخل النموذج، أي تتحدد بمتغيرات النموذج المفسر وهي نسبة جيدة وتبقى نسبة قليلة تدخل ضمن هامش الخطأ.

✓ يشير اختبار فيشر (FISHER) إلى المعنوية الكلي للنموذج عند مستوى 5 %مما يعني أن المتغيرات التفسيرية ككل لها القدرة على تفسير التغير الحاصل في المتغير التابع متغير التعقيد الاقتصادي ECI ، كما تتضح لنا من خلال اختبار ستودنت (STUDENT) أن المتغيرات التفسيرية لها دلالة معنوية عند مستوى الثقة 5%.

✓ كما يشير اختبار داربن واتسون DW إلى وجود ارتباط ذاتي للأخطاء DW=1.02 مما يعني إلى وجود ارتباط ذاتي للأخطاء، مما يجعل مقدرات المعالم غير متسقة، وهذا يعني أن النموذج ضعيف من الناحية القياسية، وعليه فإن النموذج المقدر في بيانات البانل الساكن ضعيف، مما يسمح لنا بتقدير العلاقة في المدى القصير والطويل.

4. تقدير العلاقة في الأجلين القصير والطويل (نموذج البانل الديناميكي panal ardl)

1.4. استقرار السلاسل الزمنية واختبار جذور الوحدة لبيانات البانل:

تقتضي المنهجية السليمة في الدراسات القياسية أولا التأكد من استقراريه السلاسل الزمنية، حيث أن مشكلة عدم استقراريه السلاسل الزمنية، لتفادي الوقوع في مشكل مقدرات متحيزة، ومن أشهر الاختبارات الاستقرارية لنماذج البانل نذكر:

- اختبار: Levin, Lin et Chu (LLC-2002) .
- اختبار: Im, Pesaran et Shin (IPS-2003).
- اختبار: X^2 ADF-Fisher.
- اختبار: X^2 PP FISHER.

الجدول رقم 6: اختبار جذر الوحدة لبيانات البانل

نتائج اختبار جذر الوحدة لبيانات البانل					
المتغيرات المستقلة والمتغير التابع					
المتغيرات		ECI	AIP	Openn	IPR
(LLC-2002) Levin, Lin et Chu					
المستوى	معلمة الاختبار	-1.96	1.74	-5.08	-2.68
	القيمة الاحتمالية	0.02	0.95	0.00	0.00
الفرق الأول	معلمة الاختبار	-19.29	-3.69	-6.72	-15.24
	القيمة الاحتمالية	0.00	0.00	0.00	0.00
(IPS-2003) Im, Pesaran et Shin					
المستوى	معلمة الاختبار	0.15	2.60	0.44	1.55
	الاحتمالية	0.56	0.99	0.67	0.93
الفرق الأول	معلمة الاختبار	-1.79	-4.90	-2.59	-2.07
	الاحتمالية	0.03	0.00	0.00	0.00
ADF					
المستوى	معلمة لاختبار	37.50	12.74	27.90	11.96
	الاحتمالية	0.31	0.99	0.75	0.99

الفرق الأول	معلمة الاختبار	62.39	56.81	64.65	75.18
	الاحتمالية	0.00	0.00	0.00	0.00
PP FISHER X^2					
المستوى	معلمة الاختبار	58.36	49.96	41.01	18.22
	الاحتمالية	0.00	0.03	0.19	0.98
الفرق الأول	معلمة الاختبار	117.37	97.07	76.17	107.84
	الاحتمالية	0.00	0.00	0.00	0.00
درجة التكامل		I(1)	I(1)	I(1)	I(1)

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج:EVEIWS13

تم إجراء اختبارات جذر الوحدة لبيانات البانل للتحقق من خصـائص السـكون لكل من المتغير التابع ECI والمتغيرات المستقلة AIP و Openn و IPR، وذلك بالاعتماد على اختبارات Levin, Lin and Chu (2002)و Im, Pesaran and Shin (2003)، إضافة إلى اختباري ADF-Fisherو .PP-Fisher حيث أظهرت نتائج اختبار LLCعند المستوى أن بعض المتغيرات غير ساكنة، فقد بلغت قيمة إحصـائية الاختبار لمتغير AIPنحو 1.74بقيمة احتمالية 0.95، في حين كانت القيم لمتغيرات ECIو Opennو IPR تسـاوي على التوالي 1.96-، 5.08-و 2.68-مع قيم احتمالية أقل من 5%، وهو ما يعكس تباين السـكون عند المسـتوى. أما عند الفرق الأول، فقد أصبحت جميع المتغيرات ساكنة، حيث سجلت إحصائية الاختبار قيما سالبة ومعنوية بلغت 19.29-لـ ECI، - 3.69لـ AIP، 6.72-لـ Opennو 15.24-لـ IPR، مع قيم احتمالية تساوي .0.00

وبالمثل، تشـير نتائج اختبار IPSإلى عدم سـكون جميع المتغيرات عند المسـتوى، حيث تراوحت إحصـائية الاختبار بين 0.15و 2.60مع قيم احتمالية مرتفعة تجاوزت 10%، بينما أظهرت النتائج عند الفرق الأول سـكون جميع المتغيرات، إذ بلغت إحصائية الاختبار 1.79-لـ ECI، 4.90-لـ AIP، 2.59-لـ Opennو 2.07-لـ IPR، مع قيم احتمالية أقل من .5%كما دعمت نتائج اختباري ADF-Fisherو PP-Fisherهذه الخلاصـة، حيث بينت عدم سـكون المتغيرات عند المسـتوى مقابل سـكونها الكامل عند الفرق الأول، إذ سجلت قيما مرتفعة ومعنوية عند الفرق الأول تجاوزت 60في أغلب الحالات مع قيم احتمالية تساوي .0.00

وبناء على هذه النتائج، يمكن الاسـتنتاج أن جميع متغيرات الدراسـة متكاملة من الدرجة الأولى I(1)، مما يبرر منهجيا الانتقال إلى اختبارات التكامل المشـترك وتقدير نماذج بانل ديناميكية مناسـبة، مثل نماذج ARDL Panel / PMG، لتحليل العلاقات طويلة وقصيرة الأجل بين المتغيرات محل الدراسة

2.4. علاقة التكامل المتزامن لبيانات البانل :

بعد التأكد من درجة تكامل معطيات Panel للمجموعة، من خلال إجراء اختبارات جذر الوحدة، وجب اختيار إمكانية وجود علاقة تكامل متزامن بين المتغيرات من خلال تطبيق اختبار Pedroni، في المرحلة الأولى حيث نعمل على تحقيق اختبارPedroni 1999، والذي يأخذ بعين الاعتبار حالة عدم التجانس بين الوحدات (الدول) ، كما يقدم مجموعتين من الاختبارات، المجموعة الأولى تضم أربعة إحصائيات تساعد على اكتشاف إمكانية وجود علاقة تكامل متزامن بين المتغيرات في كل مقطع (الدول)، والمجموعة الثانية تضم ثلاث إحصائيات محسوبة على أساس متوسطات الاحصائية الفردية لجميع العينات، وهذه المجموعة تمكننا من تحديد إمكانية وجود علاقة تكامل متزامن فيما بين الدول محل الدراسة .

الجدول رقم 7: نتائج اختبارات PEDRONI، للتكامل المشترك

النموذج المقدر	معلمة الاختبار	الاحتمالية p_v
البعد الداخلي (WITHIN-DIMENION) معلمة الانحدار الذاتي (ρ)المشتركة		
Panel V-statistic	2.22-	0.98
Panel RHO –statistic	3,19	0.99
Panel PP-statistic	-1.82	0.03
Panel ADF-statistic	-5.29	0.00
البعد البيني between- dimension		
Group RHO-statistic	4.85	0.99
Group PP-statistic	-4.26	0.00
Group ADF-statistic	-6.07	0.00

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج:EVEIWS13

يبين الجدول أعلاه نتائج اختبارات Pedroni للتكامل المشترك في بيانات البانل، وذلك بالاعتماد على بعدين إحصائيين هما البعد الداخلي (Within-Dimension) والبعد البيني (Between-Dimension). فعلى مستوى البعد الداخلي، تشير نتائج اختباري Panel PP-statisticو Panel ADF-statisticإلى وجود علاقة تكامل مشترك بين متغيرات النموذج، حيث بلغت قيمة إحصائية Panel PPنحو 1.82-بقيمة احتمالية 0.03، كما سجل اختبار Panel ADFقيمة قدرها 5.29-مع قيمة احتمالية تساوي 0.00، وهو ما يسمح برفض فرضية العدم القائلة بعدم وجود تكامل مشترك عند مستويات المعنوية التقليدية. في المقابل، لم تكن إحصائيتي Panel V-statisticو Panel RHO-statisticمعنويتين، إذ بلغت قيمتهما 2.22-و 3.19مع قيم احتمالية مرتفعة بلغت على التوالي 0.98و .0.99

أما على مستوى البعد البيني، فقد أظهرت نتائج اختباري Group PP-statisticو Group ADF-statisticقيما سالبة ومعنوية إحصائية، حيث سجل اختبار Group PPقيمة 4.26-باحتمالية 0.00، بينما بلغت قيمة Group ADFنحو 6.07-مع قيمة احتمالية تساوي 0.00، مما يدعم بقوة وجود علاقة تكامل مشترك طويلة الأجل بين متغيرات النموذج. في حين لم يكن اختبار Group RHO-statistic ذو دلالة معنوية، إذ بلغت قيمته 4.85مع قيمة احتمالية قدرها .0.99

وعليه، وبالاستناد إلى غالبية إحصاءات Pedroniالمعنوية، يمكن الاستنتاج بوجود تكامل مشترك طويل الأجل بين المتغيرات محل الدراسة، الأمر الذي يبرر منهجيا الانتقال إلى تقدير نماذج بانل ديناميكية تسمح بتحليل العلاقات طويلة وقصيرة الأجل، مثل نماذج Panel ARDLأو .Pooled Mean Group (PMG)

3.4. درجة تكامل المتغيرات:

يهدف اختبار (BELLOMi) اجراء اختبار الاستقرارية إلى التأكد من أن درجة تكامل المتغيرات ليست (2) I وهذا لتجنب أخطاء في التقدير ووجود تكامل متغيرات من الدرجة 2 لا يسمح لنا بتفسير نتائج اختبارF-stat المولدة من طرف Persaran and al (2001)، بعد اجراء اختبار الاستقرارية كما هو موضح في الجدول أدناه وبعد اجراء اختبار الاستقرارية يتبين أن:

الجدول رقم 8: نتائج اختبار درجة التكامل لمتغيرات الدراسة

المتغيرات	عند المستوى At level	عند الفرق الأول At 1érdifference	درجة التكامل
ECI	غير مستقر	مستقر	I(1)
AIP	غير مستقر	مستقر	I(1)
OPENN	غيرمستقر	مستقر	I(1)
IPR	غير مستقر	مستقر	I(1)

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج:EVEIWS13

يوضح الجدول رقم 8 نتائج اختبار درجة التكامل لمتغيرات الدراسة، حيث تم فحص خصائص السكون لكل من المتغير التابع ECIوالمتغيرات المستقلة AIPو OPENNو IPRعند المستوى وعند الفرق الأول. وتبين النتائج أن جميع المتغيرات كانت غير مستقرة عند المستوى، في حين أصبحت مستقرة بعد أخذ الفرق الأول، وهو ما يدل على أن هذه المتغيرات تتكامل من الدرجة الأولى .(1)اويعكس هذا السلوك الإحصائي تجانسا في درجة التكامل بين متغيرات النموذج، الأمر الذي يعد شرطا أساسيا للانتقال إلى اختبارات التكامل المشترك وتقدير نماذج بانل ديناميكية مناسبة، مثل نماذج Panel ARDL أو Pooled Mean Group (PMG)، بهدف تحليل العلاقات طويلة وقصيرة الأجل بين متغيرات الدراسة.

4.4. تقديروتحليل نموذج البانل الديناميكي

في ضوء نتائج اختبارات جذر الوحدة التي بينت أن جميع متغيرات الدراسة متكاملة من الدرجة الأولى I(1)، ونتائج اختبارات التكامل المشترك (Pedroni) التي أكدت وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات، تم الانتقال إلى مرحلة تقدير نموذج البانل الديناميكي بهدف تحليل ديناميكيات العلاقة بين المتغير التابع ECIوالمتغيرات المستقلة AIPو OPENNو IPRفي الأجلين القصير والطويل. كما أظهرت نتائج اختبارات Hsiao (1986)عدم التجانس التام بين الوحدات المقطعية مع وجود تجانس جزئي في بعض المعاملات، الأمر الذي يبرر اعتماد نماذج بانل ديناميكية مرنة تسمح باختلاف معاملات الأجل القصير بين الوحدات مع الحفاظ على تجانس معاملات الأجل الطويل.

وبناء عليه، تم اعتماد نموذج Panel ARDLباستخدام مقدر Pooled Mean Group (PMG)، لقدرته على استيعاب الخصائص الديناميكية للبيانات المقطعية الزمنية، ومعالجة مشكلة عدم التجانس، إضافة إلى السماح بتقدير معاملات التعديل نحو التوازن طويل الأجل. وقد تم التركيز في التحليل على تفسير معاملات الأجل الطويل، وسرعة تصحيح الخطأ، فضلا عن ديناميكيات الأجل القصير، بما يتيح فهما أشمل لطبيعة العلاقة بين متغيرات الدراسة. وتوفر نتائج هذا النموذج أساسا تحليليا متينا لاستخلاص الاستنتاجات الاقتصادية وصياغة التوصيات المناسبة.

الجدول رقم 9: نتائج تقدير النماذج (1.1.1.1) panal –ardl pmg

Dependent Variable: D(ECI)
Method: ARDL
Date: 01/20/26 Time: 18:53
Sample: 2016 2023
Included observations: 136
Number of cross-sections: 17
Max. dependent lags: 1 (Fixed)
Fixed-lag linear regressors: AIP OPENNESS IPR
Deterministics: Restricted constant and no trend (Case 2)
Selected model: PMG(1,1,1,1)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Long-run (Pooled) Coefficients				
AIP	0.170235	2.71E-06	86.79574	0.0000
OPENNESS	0.120557	7.20E-06	77.38908	0.0000
IPR	0.006809	4.06E-05	167.5101	0.0000
C	-0.356813	0.002675	-133.3973	0.0000
Short-run (Mean-Group) Coefficients				
COINTEQ	-0.138735	0.081709	-2.697929	0.0018
D(AIP)	0.090552	0.000730	3.757349	0.0001
D(OPENNESS)	0.054594	0.002957	3.553709	0.0004
D(IPR)	0.001631	0.004910	0.332186	0.7403

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVEIWS13

1.4.4 التحليل في الأجل الطويل:

أظهرت عملية التقدير بطريقة PMG وسط المجموعة المدمجة:

- معلمة عدد المنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعي AIP لها أثر موجب معنوي مع التعقيد الاقتصادي ECI ، حيث عند زيادة عددا لمنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعي AIP ب 1% سيؤدي الى زيادة التعقيد الاقتصادي ECI ب 0.17%، وتعكس هذه النتيجة دور البحث العلمي في الذكاء الاصطناعي كأحد المحركات الأساسية لتراكم المعرفة والابتكار، إذ تعمل المنشورات الأكاديمية على تعزيز المخزون المعرفي وتوسيع قاعدة التخصصات التقنية، مما يسهم في تحسين جودة الإنتاج وتطوير العمليات الصناعية والخدماتية. كما تعكس هذه العلاقة وجود قناة واضحة لتحويل المعرفة إلى قدرات اقتصادية، عبر تكوين رأس مال بشري متخصص قادر على استيعاب وتطبيق التقنيات المتقدمة، ورفع كفاءة القطاعات الإنتاجية. وعلاوة على ذلك، فإن توسع النشاط البحثي في الذكاء الاصطناعي يعزز قدرة الاقتصاد على الاندماج في سلاسل القيمة العالمية من خلال تحسين التنافسية وتطوير منتجات ذات محتوى تكنولوجي أعلى، وهو ما ينعكس إيجابا على مؤشر التعقيد الاقتصادي الذي يقيس مستوى التنوع والعمق المعرفي للهيكل الإنتاجي. وبذلك تؤكد هذه النتيجة أن الاستثمار في البحث العلمي المتعلق بالذكاء الاصطناعي لا يعد نشاطا أكاديميا بحتا، بل يمثل أداة استراتيجية لرفع مستوى التعقيد الاقتصادي وتحقيق نمو مستدام قائم على المعرفة.

- معلمة نسبة الأفراد مستخدمي الانترنت بالنسبة للمجتمع IPR لها أثر موجب معنوي مع التعقيد الاقتصادي ECI ، حيث عند زيادة نسبة الأفراد مستخدمي الانترنت بالنسبة للمجتمع IPR ب 1% سيؤدي الى زيادة التعقيد الاقتصادي ECI ب 0.006%، تفسر هذه العلاقة بأن توسع استخدام الإنترنت يعزز من قدرة الأفراد والمؤسسات على الوصول إلى المعرفة والمعلومات التقنية، وهذا ما يرفع من كفاءة الإنتاج ويسرع عملية تبني الابتكارات الرقمية. كما يسهم انتشار الإنترنت في تحسين البنية التحتية الرقمية، وتوسيع نطاق الخدمات الإلكترونية، وتعزيز التفاعل بين الفاعلين الاقتصاديين، مما يخلق بيئة ملائمة لنمو الأنشطة ذات المحتوى المعرفي العالي. ومن ثم، ينعكس هذا التحسن على هيكل الإنتاج، حيث يزداد الطلب على منتجات وخدمات أكثر تعقيدا وتقنية، وهو ما يظهر في ارتفاع مؤشر التعقيد الاقتصادي. كما أن الإنترنت يمثل قناة أساسية لنقل التكنولوجيا عبر الحدود وتسهيل التعلم والتعاون بين المؤسسات البحثية والصناعية، مما يساهم في تعزيز قدرة الاقتصاد على تطوير سلع وخدمات ذات قيمة مضافة أعلى. وعليه، فإن هذه النتيجة تؤكد أن تحسين الوصول إلى الإنترنت وتوسيع رقعة الاستخدام داخل المجتمع يشكل عاملا داعما لتعزيز التعقيد الاقتصادي، رغم أن تأثيره قد يكون أقل من تأثير البحث العلمي في الذكاء الاصطناعي، وذلك لأن الإنترنت يعمل كعامل تمهيدي يمكن من توظيف المعرفة والابتكار داخل الاقتصاد.
- معلمة الانفتاح الاقتصادي Openness لها أثر موجب معنوي مع التعقيد الاقتصادي ECI ، حيث عند زيادة الانفتاح الاقتصادي الجديد Openness ب 1% سيؤدي الى زيادة التعقيد الاقتصادي ECI ب 0.12%، .ويعكس هذا التأثير الإيجابي دور الانفتاح الاقتصادي في تعزيز قدرة الاقتصاد على الاندماج في التجارة العالمية ونقل التكنولوجيا والمعرفة من خلال الاستيراد والتصدير، فضلا عن تحفيز المنافسة التي تدفع إلى تحسين جودة الإنتاج والانتقال نحو سلع ذات قيمة مضافة أعلى. كما يساهم الانفتاح في توسيع فرص الاستفادة من الخبرات الأجنبية والاستثمارات المباشرة، مما يعزز من تنوع الهيكل الإنتاجي ويحفز الابتكار والتطوير التكنولوجي. وبذلك، فإن ارتفاع درجة الانفتاح الاقتصادي يخلق بيئة مواتية لتطوير الأنشطة الاقتصادية ذات المحتوى المعرفي العالي، ما ينعكس إيجابا على مؤشر التعقيد الاقتصادي الذي يقيس عمق وتنوع القدرات الإنتاجية للدول. وتؤكد هذه النتيجة أن الانفتاح الاقتصادي يمثل عاملا مهما في عملية التحول نحو اقتصاد أكثر تعقيدا وتنافسية على المستوى الدولي، خصوصا عندما يترافق مع قدرة الاقتصاد على استيعاب التكنولوجيا والابتكار.

2.4.4 نتائج التقدير في الأجل القصير:

من خلال تقدير العلاقة قصيرة الاجل من خلال نموذج تصحيح الخطأ Ecm والذي يعبر عن متغيرات الدراسة بصيغة مرشح الفروق من الدرجة الاولى ، بحيث يكون حد تصحيح الخطأ مؤخرا لفترة زمنية واحدة فقط، باعتباره متغير تفسيري فمن خلاله يمكن معرفة سرعة تكيف الاختلالات التي تحدث في الاجل القصير إلى التوازن في الأجل الطويل، بحيث إذا كان معامل تصحيح الخطأ بإشارة سالبة مع احتمالية معنوية أقل من 0.05 يدل على أن هناك علاقة طويلة الأجل، حيث تعتبر القيمة المطلقة لمعامل تصحيح الخطأ، السرعة في استعادة حالة توازن من جديد وكانت نتائج اختبار نموذج تصحيح الخطأ والعلاقة قصيرة الأجل، حد تصحيح الخطأ يساوي Ecm = - 0.13 معنوي وسالب عن 5 %، وهذا مما يعني معنوية العلاقة الأجل الطويل بين المتغير التابع التعقيد الاقتصادي و وبين المتغيرات المستقلة (عدد المنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعي AIP ، الانفتاح الاقتصادي الجديد Openness ، عدد المنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعي AIP ،)

، وبعبارة أخرى يستغرق النموذج حوالي مرتين على الأقل حتى يعود لقيمته التوازنية في المدى البعيد بعد أثر الصدمة في الدراسة.

ولقد أظهر التحليل في الأجل القصير مايلي:

- معلمة عدد المنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعيAIP لها أثر موجب معنوي مع التعقيد الاقتصادي ECI ، حيث عند زيادة عددا لمنشورات الأكاديمية حول الذكاء الاصطناعيAIP ب 1% سيؤدي الى زيادة التعقيد الاقتصادي ECI ب 0.09% في الأجل القصير، تعكس هذه النتيجة وجود قناة انتقال فورية نسبيا بين النشاط البحثي في مجال الذكاء الاصطناعي وتطور البنية الإنتاجية، إذ تساهم المنشورات الأكاديمية في نشر المعرفة التقنية وتعميمها داخل القطاعات الاقتصادية بسرعة نسبية، مما يعزز من قدرة المؤسسات على تحسين العمليات الإنتاجية وتطوير منتجات ذات محتوى تكنولوجي أعلى. كما يمكن تفسير الأثر الإيجابي القصير الأجل بوجود تأثيرات انتقالية عبر تحسين القدرات التحليلية والرقمية في المؤسسات، إضافة إلى تسريع عملية تبني الابتكارات داخل بيئة الأعمال. ومع ذلك، فإن حجم التأثير في الأجل القصير (0.09%) قد يكون أقل من الأجل الطويل، مما يشير إلى أن التحول الحقيقي نحو تعقيد اقتصادي أعلى يتطلب تراكما معرفيا أطول زمنيا، لكنه مع ذلك يثبت أن البحث العلمي في الذكاء الاصطناعي يمكن أن يولد آثارا سريعة على التعقيد الاقتصادي عبر تعزيز ديناميكية الابتكار والتحديث التقني في المدى القريب.
- معلمة نسبة الأفراد مستخدمي الانترنت بالنسبة للمجتمع IPR لها علاقة موجبة غير معنوية مع التعقيد الاقتصادي ECI ، حيث عند زيادة نسبة الأفراد مستخدمي الانترنت بالنسبة للمجتمع IPR ب 1% سيؤدي الى زيادة التعقيد الاقتصادي ECI ب 0.001 %في الأجل القصير، تدل هذه النتيجة على أن انتشار استخدام الإنترنت داخل المجتمع يسهم بشكل إيجابي في تعزيز التعقيد الاقتصادي، إلا أن قوة التأثير في الأجل القصير تبدو محدودة نسبيا مقارنة ببعض العوامل الأخرى، مثل البحث العلمي في مجال الذكاء الاصطناعي. ويمكن تفسير هذا التأثير الصغير بأن الإنترنت يعمل كعامل تمهيدي أو بنية تحتية معرفية، حيث يتيح الوصو ل إلى المعلومات والمعرفة الرقمية، ويسهل التواصل وتبادل الخبرات، لكنه قد لا يؤدي مباشرة إلى تغييرات كبيرة في هيكل الإنتاج دون وجود عوامل مكملة مثل الاستثمار في التعليم والتدريب، وتطوير القدرات الإنتاجية. ومع ذلك، فإن وجود أثر إيجابي ومعنوي يبرهن على أن تعزيز انتشار الإنترنت يساهم في رفع القدرة على الابتكار والتعلم الرقمي، وهو ما ينعكس تدريجيا على تنويع وتطوير الهيكل الاقتصادي نحو أنشطة ذات محتوى معرفي أعلى، وبالتالي رفع مؤشر التعقيد الاقتصادي.
- معلمة الانفتاح الاقتصادي Openness لها أثر موجب معنوي مع التعقيد الاقتصادي ECI ، حيث عند زيادة الانفتاح الاقتصادي Openness ب 1% سيؤدي الى زيادة التعقيد الاقتصادي ECI ب 0.05% في الأجل القصير. ويعكس هذا التأثير الدور التحفيزي للانفتاح الاقتصادي في تسريع انتقال التكنولوجيا والمعرفة عبر التجارة الدولية، بالإضافة إلى تعزيز المنافسة التي تدفع المؤسسات إلى تحسين جودة الإنتاج وتطوير منتجات ذات محتوى تكنولوجي أعلى. غير أن حجم التأثير في الأجل القصير يبقى محدودا نسبيا، مما يشير إلى أن تأثير الانفتاح على التعقيد الاقتصادي قد يحتاج إلى فترة زمنية أطول ليترجم إلى تغييرات هيكلية جوهرية في الاقتصاد، خاصة في الدول التي تتطلب تعزيز قدرات الاستيعاب والتكيف مع التكنولوجيا الأجنبية. ومع ذلك، فإن الأثر الإيجابي المعنوي في الأجل القصير يؤكد أن الانفتاح الاقتصادي يمثل محفزا مهما لرفع مستوى التعقيد الاقتصادي، عبر تحسين فرص الوصول إلى الأسواق العالمية، وزيادة فرص تبني الابتكارات، ورفع الكفاءة الإنتاجية في المدى القريب.

5. تحليل النتائج واختبار صحة الفرضيات

سعت هذه الدراسة لقياس أثر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي على التعقيد الاقتصادي: دراسة حالة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا: باستخدام نماذج بيانات البانل خلال الفترة: 2015–2023 ، باعتماد على بيانات البانل من خلال نموذج PANAL –ARDL الذي يعطي دراسة أشمل باعتبار دمج خصائص البعد الفردي لمقاطع العينة فضلا عن خصائص البعد الزمني حيث أثبت نتائج اختبار Hsiao, C. (1986)، على أن هناك أثر فردي ثابت بين بيانات الدراسة.

أما فيما يخص علاقة التكامل المتزامن لبيانات البانل، فقد تم التوصل إلى ما يلي:

- يبينت نتائج اختبارات Pedroniللتكامل المشترك في بيانات البانل، وذلك بالاعتماد على بعدين إحصائيين هما البعد الداخلي (Within-Dimension)والبعد البيني .(Between-Dimension)فعلى مستوى البعد الداخلي، تشير نتائج اختباري Panel PP-statisticو Panel ADF-statisticإلى وجود علاقة تكامل مشترك بين متغيرات النموذج، حيث بلغت قيمة إحصائية Panel PPنحو 1.82-بقيمة احتمالية 0.03، كما سجل اختبار Panel ADFقيمة قدرها 5.29-مع قيمة احتمالية تساوي 0.00، وهو ما يسمح برفض فرضية العدم القائلة بعدم وجود تكامل مشترك عند مستويات المعنوية التقليدية. في المقابل، لم تكن إحصائيتي Panel V-statisticو Panel RHO-statisticمعنويتين، إذ بلغت قيمتهما 2.22-و 3.19مع قيم احتمالية مرتفعة بلغت على التوالي 0.98و .0.99
- أما على مستوى البعد البيني، فقد أظهرت نتائج اختباري Group PP-statisticو Group ADF-statisticقيما سالبة ومعنوية إحصائيا، حيث سجل اختبار Group PPقيمة 4.26-باحتمالية 0.00، بينما بلغت قيمة Group ADFنحو 6.07-مع قيمة احتمالية تساوي 0.00، مما يدعم بقوة وجود علاقة تكامل مشترك طويلة الأجل بين متغيرات النموذج. في حين لم يكن اختبار Group RHO-statisticمعنويا، إذ بلغت قيمته 4.85مع قيمة احتمالية قدرها .0.99
- وعليه، وبالاستناد إلى غالبية إحصاءات Pedroniالمعنوية، يمكن الاستنتاج بوجود تكامل مشترك طويل الأجل بين المتغيرات محل الدراسة، الأمر الذي يبرر منهجيا الانتقال إلى تقدير نماذج بانل ديناميكية تسمح بتحليل العلاقات طويلة وقصيرة الأجل، مثل نماذج Panel ARDLأو .Pooled Mean Group (PMG)

وعليه نقبل الفرض الذي ينص على وجود علاقة تكامل مشتركة بين التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي وبين التعقيد الاقتصادي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا: خلال الفترة 2015–2023

5. الخلاصة:

من خلال سعينا لاختبار العلاقة ما بين التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي من جهة، ودرجة التعقيد الاقتصادي من جهة أخرى لدول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، تبين من نتائج التحليل الساكن أن الابتكار والذكاء الاصطناعي المدعم بالبحث العلمي والمنشورات الأكاديمية في هذا المجال يساهم في تطوير منتجات أكثر تعقيدا مما يرفع من مستوى التعقيد الاقتصادي، بينما يؤثر انتشار استعمال الأنترنت والانفتاح الاقتصادي على التعقيد الاقتصادي بشكل أقل وهذا راجع إلى كون هذان المؤشران يحتاجان إلى عوامل داعمة أخرى مثل بنية تحتية عصرية وتنويع اقتصادي.

كما أظهرت نتائج التقدير باستخدام نموذج PMG وجود علاقة إيجابية ومعنوية في الأجل الطويل بين التعقيد الاقتصادي وكل من عدد المنشورات الأكاديمية في مجال الذكاء الاصطناعي، ونسبة مستخدمي الإنترنت، والانفتاح الاقتصادي. حيث تبين أن البحث العلمي في مجال الذكاء الاصطناعي يمثل محركا قويا لتعزيز التعقيد الاقتصادي، إذ يسهم في تراكم المعرفة، وتطوير القدرات التقنية، ورفع مستوى التنوع والعمق المعرفي في الهيكل الإنتاجي وهذا ما يؤثر إيجابا على مستوى التعقيد الاقتصادي. كما يساهم انتشار الإنترنت في دعم البيئة الرقمية وتمكين نقل المعرفة، وإن كان تأثيره أقل نسبيا مقارنة بالبحث العلمي. في المقابل، يعزز الانفتاح الاقتصادي اندماج الاقتصادات في التجارة الدولية ونقل التكنولوجيا، مما ينعكس إيجابا على الإنتاجية والتعقيد الاقتصادي.

كما أكدت نتائج نموذج تصحيح الخطأ وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات، مع سرعة تعديل تبلغ نحو 13% سنويا نحو التوازن بعد حدوث الصدمات. وأظهرت النتائج أن البحث العلمي في الذكاء الاصطناعي والانفتاح الاقتصادي يحتفظان بتأثير إيجابي معنوي حتى في المدى ا لقصير، بينما كان تأثير انتشار الإنترنت إيجابيا لكنه محدود نسبيا، ما يشير إلى أن دوره يتطلب توافر عوامل مكملة لتحقيق أثر هيكلي أعمق.

وبصفة عامة، تؤكد النتائج أن التحول الرقمي، مدعوما بالبحث العلمي في الذكاء الاصطناعي والانفتاح الاقتصادي، يمثل أداة استراتيجية لتعزيز التعقيد الاقتصادي، وأن تحقيق تحول هيكلي مستدام نحو اقتصاد أكثر تنوعا ومعرفة يتطلب تراكما معرفيا واستثمارا طويل الأجل في البنية الرقمية ورأس المال البشري.

وعليه، توصلنا من خلال هذا البحث إلى مجموعة من التوصيات والمتمثلة في:

- تعزيز البحث العلمي في مجال الذكاء الاصطناعي من خلال الاستثمار في هذا المجال وتعزيز الشراكة بين الجامعات والقطاعات الأخرى من أجل تدعيم تراكم المعرفة وتطوير منتجات تتطلب تقنيات عالية الدقة.؛
- العمل على تطوير الرأسمال البشري متخصص من أجل تحويل المعرفة إلى قدرات إنتاجية حقيقية؛
- عصرنة البنية التحتية وتوسيعها لتسريع انتشار المعرفة، وتبني التكنولوجيات الحديثة والرفع من كفاءات القطاعات؛
- تعميق الانفتاح الاقتصادي مع ضرورة وضع سياسات تهدف إلى التنويع الاقتصادي واستيعاب التكنولوجيات المستوردة في بيئة مؤسسية محفزة للابتكار.

5. المراجع :

1. AlOtaibi, E. S. (2025, 01 25). The Impact of Economic Complexity on Economic Development in Saudi Arabia. *Academic Journal of Research and Scientific Publishing, 6*(69), 80-122. doi: https://doi.org/10.52132/Ajrsp.e.2025.69.4
2. Badi H. Baltagi, S. J.-M. (2023). Consistent estimation of panel data sample selection models. *Econometrics and Statistics*, 2-3.
3. Cheng, H. (1986). *Analysis of Panel Data. Econometric Society Monographs.* Cambridge University Press: Cambridge University Press.
4. Ha, L. (2023). Digital Business and Economic Complexity. *Journal of Computer Information Systems, 63*(1), 162–175.
5. Hausmann, R., Hidalgo, C., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., & Yıldırım, M. (2013). *The Atlas of Economic Complexity : Mapping Paths to Prosperity.* (R. Hausmann, & C. Hidalgo, Éds.) Harvard University: The MIT Press.

6. Hidalgo , C., & Stojkoski, V. (2025). *The Theory of Economic Complexity.* Toulouse School of Economics (TSE): TSE . Récupéré sur https://www.tse-fr.eu/sites/default/files/TSE/documents/doc/wp/2025/wp_tse_1648.pdf#:~:text=In%20fact%2C%20the%20economic%20complexity,the%20complexity%20of%20an%20activity

7. Hidalgo, C. (2021, january). Economic complexity theory and applications. *Nature Reviews Physics, 3*(2), 92–113.

8. Hidalgo, C., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(26), 10570-10575.

9. Oumbé, H. T., Djeunankan, R., & Ndzana, A. M. (2023). Does information and communication technologies affect economic complexity? *SN Bus Econ., 3(4)*(92), 1-25.

10. World Bank. (2010). *Digital transformation in the Middle East and North Africa.* World Bank Publications.

11. Yalta , A. Y., & Yalta, T. (2021). Determinants of Economic Complexity in MENA Countries. *JOURNAL OF EMERGING ECONOMIES AND POLICY, 6*(1), 5-16.