

الإطار النظري لنموذج الانحدار الذاتي للإبطاء الموزع ARDL The theoretical framework of the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) .model

* كياز مريم

جامعة الجزائر 3- الجزائر

تاريخ النشر: 2025/12/31

تاريخ القبول: 2025/05/14

تاريخ الاستلام: 2025/02/02

المستخلص:

تتناول هذه الورقة البحثية نموذج الانحدار الذاتي للإبطاء الموزع ARDL من خلال تقديم إطار نظري ومنهجي شامل للنموذج، هذا لاعتباره أحد أهم النماذج القياسية المستخدمة في تحليل السلاسل الزمنية، حيث تم إبراز الأسس النظرية التي يقوم عليها النموذج من خلال عرض صيغته الرياضية وخصائصه الإحصائية وشروط تطبيقه إضافة إلى توضيح منهجية تقديره التي تشمل اختبار الاستقرار، اختبار الحدود للتكامل المشترك وتقدير نموذج تصحيح الخطأ والعلاقة طويلة الأجل والاختبارات التشخيصية هذا لضمان الحصول على نتائج دقيقة وقابلة للتفسير.

الكلمات المفتاحية: نموذج ARDL، نموذج تصحيح الخطأ، العلاقة الديناميكية

Abstract:

This research paper examines the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model by presenting a comprehensive theoretical and methodological framework for the model, as it is one of the most important standard models used in time series analysis. The paper highlights the theoretical foundations of the model by presenting its mathematical formulation, statistical properties, and conditions for application, in addition to clarifying its estimation methodology, which includes stability testing, the cointegration boundary test, the estimation of the error correction model, the long-run relationship, and diagnostic tests, in order to ensure accurate and interpretable results.

Keywords: Electronic consumer, ARDL model, error correction model, dynamic relationship.

JEL Classification Codes : C22 ; C32 ; D12 ; L81

مقدمة:

مع تطور العلوم لم يصبح علم الاقتصاد يعتمد فقط على النظريات الاقتصادية المختلفة في اتخاذ القرارات وبناء الأحكام، إنما أصبح يعتمد على أساليب الاقتصاد القياسي والتي تساعد على تعديل بعض النظريات القديمة واكتشاف نظريات جديدة.

يعتبر نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة أبرز أحد النماذج الحديثة في مجال الاقتصاد القياسي حيث ظهر كبديل مرّن لنماذج التكامل المشترك التقليدية وهذا لقدرته على تحليل العلاقات الاقتصادية الديناميكية بين المتغيرات في الجليل القصير والطويل حتى في حالة اخلاف درجة تكاملهما

لمعالجة موضوع بحثنا سنتطرق إلى دراسة استقراريه السلاسل الزمنية هذا لتفادي الوقوع في نتائج مضللة وكيفية تحديد العلاقة التوازنية بين المتغيرات في الأجل القصير ثم الوصول إلى علاقة طويلة الأجل.

1. اختبار سكون السلاسل الزمنية

يعد هذا الاختبار الخطوة الأولى لقياس العلاقات بين المتغيرات الاقتصادية بهدف التأكد من سكون السلاسل الزمنية، لتفادي الوقوع في الانحدار الزائف. لهذا سنتطرق إلى أشهر الاختبارات وأكثرها استعمالاً وهي اختبار ديكي فولر وديكي فولر الموسع واختبار فيليبس بيرون.

1.1. اختبار ديكي فولر

يسلط اختبار ديكي فولر (Dickey_Fuller1979) الضوء على خاصية السكون أو عدمها على السلاسل محل الدراسة من خلال تحديد الثابت أو الاتجاه العام.

يتمثل هذا الاختبار في ثلاث معادلات وهي كالتالي: (Bourbonnais, 2018)

- نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة 1 $X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots (1)$
- نموذج الانحدار الذاتي بوجود الثابت $X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \beta + \varepsilon_t \dots \dots (2)$
- نموذج الانحدار الذاتي بوجود الاتجاه العام $X_t = \varphi_1 X_{t-1} + bt + C + \varepsilon_t \dots \dots (3)$

يقوم اختبار DF على الفرضية التالية: $\begin{cases} H_0: \varphi = 1 \\ H_1: \varphi \neq 1 \end{cases}$

- إذا تحققت الفرضية الصفرية، السلسلة X_t غير مستقرة مهما كان نوع النموذج.
- من خلال النموذج الأخير (3) إذا تم قبول الفرضية H_1 المعامل b معنوي ($b \neq 0$) مسار X_t هو من نوع TS يمكن أن يكون مستقر إذا كانت الأخطاء تتبع ضجيج أبيض.

المعامل $b = 0$ المسار X_t مستقر بدون اتجاه عام

المعامل $b \neq 0$ والفرضية H_0 محققة أي $\varphi = 1$.

السلسلة X_t نوع من DS وهي غير مستقرة

يكتب من الشكل: يتمثل الاختبار في تقدير النماذج الثلاثة السابقة ذكرها بطريقة المربعات الصغرى العادية

$$X_t - X_{t-1} = a + bt + \varepsilon_t \dots \dots (4.4)$$

يصبح المعامل φ_1 ب المقدّر $\hat{\varphi}_1$ أين يتم مقارنة $t_{\hat{\varphi}_1}$ مع قيمة ستودنت المجدولة t_{Tab} . فإذا كانت $t_{\hat{\varphi}_1} > t_{Tab}$ يتم قبول H_0 ، هذا معناه أن السلسلة غير مستقرة، والعكس صحيح.

1.2. اختبار ديكي فولر الموسع

يتمثل اختبار ديكي فولر الموسع Dickey_Fuller Augmentés 1981 في تقدير النماذج التالية باستخدام طريقة المربعات الصغرى العادية تحت الفرضية البديلة $\varphi_1 < 1$ (Bouurbonnais، 2018)

$$\Delta X_t = \rho X_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta X_{t-j+1} + \varepsilon_t \dots \dots (5)$$

$$\Delta X_t = \rho X_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta X_{t-j+1} + C + \varepsilon_t \dots \dots (6)$$

$$\Delta X_t = \rho X_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta X_{t-j+1} + C + bt + \varepsilon_t \dots \dots (7)$$

مع $\varepsilon_t \rightarrow idd$

قام اختبار ADF باستخدام متغيرات وإبطاء للمتغيرات المفسرة لمعالجة مشكلة الارتباط الذاتي للأخطاء، ويتبع هذا الاختبار نفس خصائص اختبار DF

1.3. اختبار فيليبس بيرون

يعتبر هذا الاختبار غير المعلمي فعالاً، حيث يأخذ بعين الاعتبار التباين الشرطي للأخطاء، فهو يسمح بإلغاء التحيزات الناتجة عن المميزات الخاصة للتذبذبات العشوائية.

اعتمد Phillips and Perron 1988 نفس التوزيعات المحدودة لاختباري DF و ADF ويجري هذا الاختبار في أربعة مراحل: (محمد، 2011)

- تقدير بواسطة طريقة المربعات الصغرى العادية النماذج الثلاثة القاعدية لاختبار DF مع حساب الاحصائيات المرافقة.

- تقدير التباين قصير المدى $\hat{\delta} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2$ حيث $\hat{\varepsilon}_t$ تمثل البواقي

- تقدير المعامل المصحح S_i^2 المسمى التباين طويل المدى والمستخرج من خلال التباينات المشتركة لبواقي النماذج السابقة، حيث:

$$S_i^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2 + 2 \sum_{i=1}^I (1 - \frac{i}{I+1}) \frac{1}{T} \sum_{t=i+1}^T \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-1}$$

من أجل تقدير هذا التباين يجب إيجاد عدد التباطؤات Newey_West I المقدّر بدلالة عدد المشاهدات الكلية T

- حساب إحصائية PP

$$t_{\hat{\varphi}}^* = \sqrt{k} \frac{\hat{\varphi} - 1}{\hat{\delta}_{\hat{\varphi}}} + \frac{T(k-1)\hat{\delta}_{\hat{\varphi}}}{\sqrt{k}}$$

مع $k = \frac{\delta^2}{s_t^2}$ والذي يساوي 1 في الحالة التقاربية (Asymptotic) عندما يكون ε_t ضجيج ابيض، هذه الإحصائية تقارن مع القيمة الحرجة لجدول Mackinnon بعد اختبار PP أدق من DF و ADF فهو يعتمد على إحصائية غير معلمية في تصحيح الارتباط الذاتي.

2. التكامل المشترك باستخدام نموذج الانحدار الذاتي للإبطاء الموزع

قام كل من Pesaran 1997، Shinand and Sun 1998، Pesaran et al 2001 بتطوير منهجية ARDL وأصبح شائع الاستخدام في السنوات الأخيرة حيث لا يستلزم في هذا النموذج أن تكون السلسلة الزمنية قيد الدراسة من نفس الرتبة أي ساكنة من نفس الدرجة سواء في المستوى و/ أو الفرق الأول ولكن بشرط ألا تكون السلاسل الزمنية ساكنة في الفرق الثاني (J, 2007)

يتميز هذا النموذج بعدة خصائص نذكر منها: (Farayola, 2012)

- لا يتطلب تطبيق اختبار ARDL ان تكون السلاسل الزمنية المدروسة ساكنة في نفس الرتبة، علاوة عن إمكانية تقدير الأجل القصير والأجل الطويل في نفس الوقت في معادلة واحدة.
- يتميز الاختبار بإمكانية السماح للمتغيرات التفسيرية في النموذج بفترات تباطئ زمني مختلفة وهذا لا يحصل في باقي النماذج القياسية.
- يتمتع الاختبار بإمكانية تطبيقه في حالة حجم العينة صغيرة، كما يساعد على منع حدوث الارتباط الذاتي نتيجة المقدرات الناتجة من هذا الاختبار تكون كفؤة وغير متحيزة.
- يتميز بالبساطة في تقدير التكامل المشترك لسلاسل الزمنية المدروسة بواسطة طريقة المربعات الصغرى العادية بعد تحديد الحد الأقصى لمدة التباطؤ الزمني المثلى.

يظهر نموذج الانحدار الذاتي للإبطاء الموزع Lag Distributed والانحدار الذاتي Autoregressive عندما يكون هناك وجود حالة من التكييف في المتغير التابع Y_t يتأثر بالتغيرات التي تحدث بالمتغير التفسيري X_t وبقيم متباطئة للمدة الزمنية السابقة. أي تأثير المتغير التفسيري لا يكون للمدة الزمنية الحالية فقط وإنما خلال مدة زمنية متعددة سابقة. يأخذ نموذج ARDL الصيغة الرياضية التالية:

$$y_t = \beta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots (8)$$

السلوك الديناميكي يمكن التعبير عنه بواسطة القيم السابقة للمتغير التابع Y_t وهذا يعني أن المتغير التابع هو متغير مفسر ولكن بشكل مبطئ لمدة سابقة ويمثل ذلك نموذج الانحدار الذاتي ويأخذ الصيغة التالية:

$$Y_t = \lambda_1 Y_{t-1} + \lambda_2 Y_{t-2} + \dots + \lambda_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \dots \dots (9)$$

وفقا للمعادلة (8) يحتوي نموذج ARDL الجانب الأيمن على متغير تفسيري متباطئ زمني بالإضافة إلى المتغير التابع المبطئ زمنيًا. تصبح المعادلة من الشكل التالي:

$$Y_t = \alpha + \alpha_1 Y_{t-1} + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \dots \dots (10)$$

حيث X, Y تمثل المتغيرات الساكنة اما في المستوى أو الفرق الأول أو مزيج بينهما.

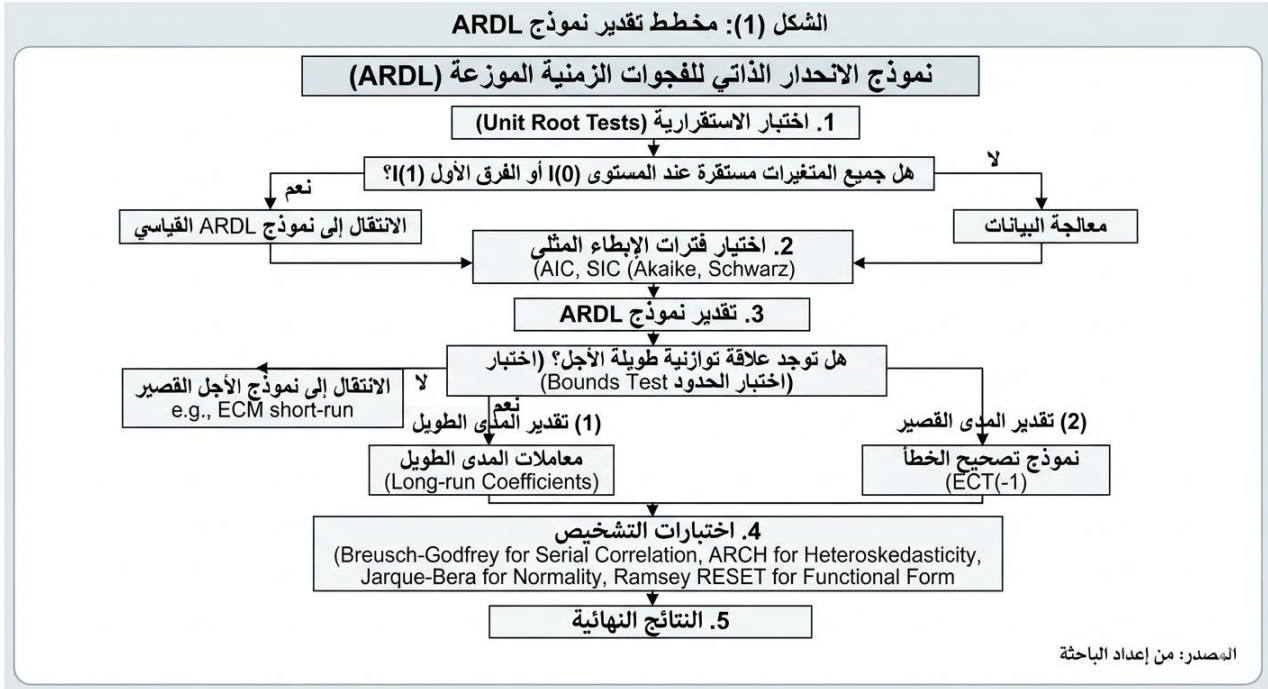
يعد اختبار إمكانية وجود علاقة طويلة الأجل بين المتغيرات المدروسة باستخدام نموذج ARDL سواء كانت المتغيرات الساكنة اما في المستوى أو الفرق الأول أو مزيج بينهما.

تبعاً لطريقة اختبار الحدود Bound test يتم تحديد حدود دنيا وحدود عليا لاختبار F_{stat} تحت فرضية العدم التي تعني إمكانية وجود علاقة تكامل مشترك في الأجل الطويل بين المتغيرات عندما تكون قيمة فيشر المحسوبة أكبر من القيم الحرجة نرفض فرضية العدم ونقبل الفرضية البديلة التي تعني وجود تكامل مشترك

3. خطوات تقدير نموذج ARDL

يقدم المخطط (Uko، 2016) أدناه شرح كامل للخطوات المتبعة لدراسة نموذج مقدر بطريقة الانحدار الذاتي ذات الابطاء الموزع

الشكل (1): مخطط تقدير نموذج ARDL



المصدر: من إعداد الباحثة

بعد تجميع البيانات الخاصة بالدراسة القياسية، بالاستعانة ببرنامج إحصائي مثل EViews يتم تحديد نموذج الدراسة انطلاقاً من الجانب النظري للموضوع والدراسات السابقة له. نقوم في البداية بدراسة استقرارية المتغيرات باتباع الخطوات السابقة ذكرها أين يشترط في هذا النوع من النماذج أن تكون السلاسل مستقرة في المستوى أو الفرق الأول أو مزيج بينهما.

بعد ذلك يتم تقدير نموذج ARDL، أين يتم ملاحظة معنوية المتغيرات ودرجة تفسير المتغيرات المستقلة للمتغير التابع من خلال معامل التحديد R-squared (قيمتها تكون عالية) وكذا معنوية النموذج ككل من خلال إحصائية فيشر أو احتمالها (prob F < 5%).

كخطوة أخرى نقوم باختبار الحدود Bounds test يتبين لنا عدد المتغيرات المستقلة (K^*) حيث يعتمد هذا الاختبار على قيمة F_stat عند درجة حرية مختلفة ($\alpha=1\%,5\%,10\%$) مع قيم الحدود الدنيا ($I(0)$) والعليا ($I(1)$)، يقوم هذا الاختبار على فرضيتين، الفرضية الصفرية تنص على عدم وجود علاقة طويلة الاجل تتجه من المتغيرات المستقلة نحو المتغير التابع أما الفرضية البديلة عكس ذلك إذا كان $I(1) < F_stat < I(0)$.

بعد ذلك نقوم بتقدير نموذج تصحيح الخطأ ARDL ECM يشترط فيه أن يكون معامل تصحيح الخطأ Coint Eq (-1) ذو قيمة سالبة ومعنوي إحصائيا. هذا يؤكد نتيجة اختبار الحدود على وجود علاقة توازنه على المدى البعيد، بعدها نقوم بتقدير العلاقة طويلة الأجل أين يتم تفسير النتائج إحصائيا واقتصاديا.

كمرحلة أخيرة نقوم باختبارات جودة النموذج والموضحة في الجدول أدناه:

الجدول (1): الاختبارات التشخيصية

الاختبار	الاحتمال	التفسير
Ramsey	أكبر من 0,05	يدل هذا على عدم وجود تغير هيكلي في السلاسل المدروسة، وإن وجدت فهي دالة إحصائيا.
Breusch Godfrey		معناه عدم وجود ارتباط ذاتي للأخطاء.
Breusch_Pagan_Godfrey		بمعنى أن تباين الأخطاء متجانس
Jarque_Bera		يدل على أن البواقي تتبع توزيع طبيعي، يتضح ذلك من خلال الشكل البياني الذي يأخذ شكل جرس.
Cusum, Cusum_Q		حسب اختبار Cusum، يعبر وسط خطي داخل حدود مجال الثقة، الذي يشير إلى أن النموذج مستقر عند حدود معنوية 5%. حسب اختبار Cusum_Q هو داخل مجال الثقة عند مستوى معنوية 5%， مما يبين استقرار وانسجام المعلومات طويلة الأجل مع قصيرة الأجل وعدم وجود تغيرات هيكلية في البيانات المستخدمة.

المصدر: من إعداد الباحثة

4. خلاصة:

من خلال التحليل النظري لنموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة ARDL، يتبين أن هذا النموذج هو أداة قياسية فعالة لتحليل العلاقات الاقتصادية الديناميكية، حيث يوفر إطار متكامل لدراسة الأجلين القصير والطويل. كما يتيح للباحثين بتجاوز كل القيود التي تفرضها النماذج التقليدية خاصة المرتبطة بضرورة تجانس درجة التكامل. إن إدماج مفهوم التكامل المشترك في نموذج ARDL ضمن اختبار *Bounds test* يسمح بالتمييز بين العلاقة بين المتغيرات في المدى القصير والطويل بالإضافة إلى الاختبارات التشخيصية التي ترفع من جودة النموذج هذا ما يسمح للباحثين باتخاذ قرارات أكثر دقة وفعالية، ضف إلى ذلك إمكانية تحويل البيانات إلى رؤى اقتصادية قابلة للتطبيق لوضع سياسات اقتصادية رشيدة

5. المراجع:

- شيخي محمد، طرق الاقتصاد القياسي-محاضرات وتطبيقات-، دار الحامد، الطبعة الأولى، 2011
- Duasa.J, Determinants of Malaysian trade balance: an ARDL bound testing approach, Journal of economic cooperation, 2007
 - Emeka Nkoro and Aham Kelvin Uko, Autoregressive Distributed Lag (ARDL), Journal of statistical and econometric Methods, Vol 5, no 4 ; 2016
 - Regis Bourbonnais, économétrie, Dunod, 10^{ème} édition, Paris, 2018