دراسة استقرارية السلاسل الزمنية

أصبحت مهمة الاقتصاد تتمثل في محاولة التوسع في البيئة الاقتصادية لفهم متغيراتها وضبط اتجاهاتها من خلال استخدام أساليب القياس الاقتصادي، حيث أن علم الاقتصاد لم يعد مبنيا على استعراض مختلف النظريات الاقتصادية التي تبنى أحكامها على المنطق والاستنباط.

I - مفهوم استقرارية السلاسل الزمنية

أغلب السلاسل الزمنية المتعلقة بالحياة الاقتصادية تعاني من عدم الاستقرار – أي تحتوي على جذر وحدة الذي يتمثل في كون متوسط وتباين المتغير غير مستقلين عن الزمن – مما يؤدي إلى وجود ارتباط زائف و مشكلات في التحليل و الاستدلال القياسي يسبب صعوبة نمذجة تلك السلاسل الزمنية.

يقصد باستقرار السلاسل الزمنية عدم وجود اتجاه عام للظاهرة صعودا ونزولا في المسار الزمني للسلسلة إضافة إلى وجود تقلبات موسمية، أي أن خصائصها لا تتغير عبر الزمن، مما يجعل البيانات تتذبب حول وسط حسابي مستقل عن الزمن، لهذا يجب التحقق من استقرار السلسلة الزمنية لكل متغير في النموذج، لكي تكون السلسلة الزمنية مستقرة يجب أن تمتلك الخصائص التالية[1]:

- ثبات متوسط قيم السلسلة عبر الزمن $(Y_t) = \mu$
- ثبات التباين عبر الزمن $Var(Yt) = (Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$
- امتلاك السلسلتين ارتباط مشترك (COV) معتمد على الإزاحة (K) فقط (ثبات التغاير).

حيث أن :

μ: الوسط الحسابي؛

σ^2 : التباين؛

γ_k: معامل التباين المشترك (التغاير).

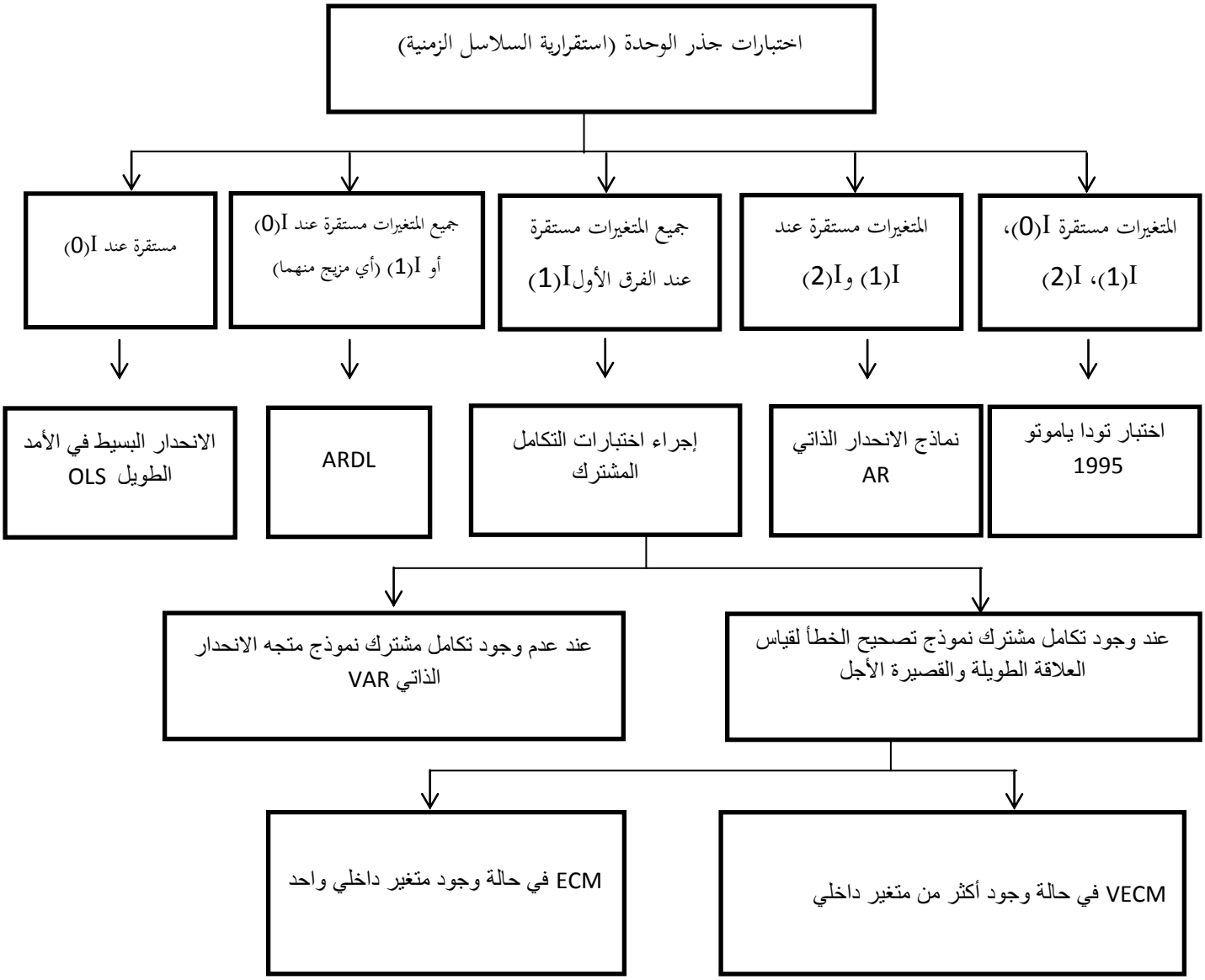
توجد عدة مؤشرات تدل على أن تقدير النموذج يكون زائف بسبب عدم استقرار السلاسل الزمنية منها:

[1] Greene,W.H, « Econometric Analysis », 7th Edition, International Edition, New York, 2012, p 907.

- قيمة معامل التحديد R^2أكبر من إحصائية دربن واتسن (DW) أي أن $(R^2 > DW)$.
- وجود ارتباط تسلسلي ذاتي يظهر في قيمة دربن واتسون.
- زيادة المعنوية الاحصائية بدرجة كبيرة للمعلمات المقدرة.

يحدد استقرار السلسلة الزمنية عند المستوى الأصلي أو عند الفرق الأول نوع النموذج الاحصائي المستخدم في القياس والتقدير وهو ما يمكن توضيحه في الشكل التالي:

الشكل (4–1): مخطط هيكل الاختبارات القياسية



Source : Muhammad Saeed Ass Meo, Superior University Lahore, Pakistan.

يتحدد نوع الاختبار المناسب بعد اجراء اختبارات السكون (الاستقرارية)، يوجد عدة اختبارات يمكن بواسطتها اختبار استقرارية السلاسل الزمنية وهي:

I - 1 -الرسم البياني

يمكّن الرسم البياني من:

- إعطاء تصور أولي عن مدى استقرارية السلاسل الزمنية.

- القدرة على تبيين وجود اتجاه عام تصاعدي أو تنازلي للسلسلة الزمنية الناجم عن اختلاف متوسطات العينات الزمنية للسلسلة ككل، وهو ما يعني عدم استقرار السلسلة الزمنية.

يصعب في بعض الأحيان تحديد طبيعة السلسلة ما إذا كانت مستقرة أو غير مستقرة بالملاحظة البسيطة أو حتى بالرسم البياني، في هذه الحالة يتم اللجوء إلى استعمال معايير أخرى منها دالة الارتباط الذاتي واختبار جذر الوحدة[2].

I - 2-دالة الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF)

تعتبر دالة الارتباط الذاتي والجزئي ذات أهمية كبيرة في إبراز بعض الخصائص العامة للسلسلة الزمنية[3] حيث:

- تفسر الارتباط الموجود بين المشاهدات لمختلف الفترات.
- تعد دالة الارتباط الذاتي من الاختبارات المهمة والبسيطة المستخدمة في التحقق من مدى استقرار السلاسل الزمنية وتأخذ الصيغة التالية:

حيث:

γ_k: التباين المشترك عند التأخر (الابطاء) (k)لسلسلة زمنية معينة ويحسب وفق الصيغة التالية:

حيث:

n: حجم العينة؛

$\overline{Y}$: متوسط العينة؛

k: عدد مدة التباطؤ الزمني؛

γ_0: التباين للسلسلة الزمنية نفسها، و يحسب وفق الصيغة التالية:

---

[2] Dahlhaus R, « Graphical Interraction Models for Multivariate Time Series », Mutrical Vol (51) No(2), p 51.

[3] Gugarati ,Damoddar, **"Basic Economics"**, 5th Edition, McGraw Hill Education, New York. 2005, 808

إذا كانت بيانات السلسلة الزمنية مستقرة فإن[4]:

- مقدار معامل الارتباط الذاتي المحتسب للعينة غالبا ما يكون له توزيع طبيعي متوسطه الحسابي 0 و تباينه $\frac{1}{n}$.
- حدود الثقة عند مستوى معنوية (5%) لعينة كبيرة الحجم هي $\left(\mp 1{,}96;\sqrt{\frac{1}{n}}\right)$، إذا كانت تقع خارج هذه الحدود ترفض فرضية العدم التي تنص على استقرارية السلسلة الزمنية.

تعتبر دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) أداة مهمة أيضا في تحليل استقرارية السلاسل الزمنية وهي لا تقل أهمية عن دالة الارتباط الذاتي.

I - 3-اختبارات جذر الوحدة

تهدف اختبارات جذر الوحدة إلى فحص خواص السلسلة الزمنية لكل متغير من متغيرات النموذج المدروس خلال المدة الزمنية للمشاهدات، وهذا من أجل التأكد من استقراريتها وتحديد درجة الاستقرارية (رتبة التكامل) بهدف تحديد المنهجية المستخدمة للدراسة.

- إذا كانت السلسلة الزمنية مستقرة في قيمتها الأصلية أي عند المستوى فإنها متكاملة من الدرجة صفر أي I(0).
- إذا استقرت السلسلة بعد أخذ الفرق الأول فإن السلسلة الأصلية تكون متكاملة من الدرجة الأولى أي I(1).
- إذا استقرت السلسلة بعد أخذ الفرق الثاني فإن السلسلة الأصلية تكون متكاملة من الدرجة الثانية أي I(2).

من أجل فهم اختبارات جذر الوحدة لابد أولا من التعرف على نوعين من السلاسل الزمنية الغير مستقرة هما[5]:

- سلاسل زمنية غير ساكنة من النوع (TS) (*Trend Stationary*): تبرز هذه السلاسل عدم استقرارية تحديدية (*Determinist*) وتستخدم غالبا طريقة المربعات الصغرى من أجل إعادتها مستقرة، تأخذ الصيغة التالية

[4] عطية، عبد القادر محمد عبد القادر، " الاقتصاد القياسي بين النظرية والتطبيق"، الدار الجامعية، مصر، 2005، ص 655.

[5] شيخي محمد، "طرق الاقتصاد القياسي: محاضرات وتطبيقات"، الطبعة 1، دار الحامد للنشر، عمان، 2012، ص 207.

- سلاسل زمنية غير ساكنة من النوع (*Difference Stationary*)(DS): تبرز هذه السلاسل عدم استقرارية عشوائية (*Random*) في مركبة الاتجاه العام، تستخدم عادة معادلة الفروق الأولى من أجل إعادتها مستقرة، تأخذ الصيغة التالية:

تنطلق نقطة البدء للكشف عن وجود جذر الوحدة في بيانات السلسلة الزمنية من خلال المعادلة التالية:

حيث أن: $-1 \ll \rho \ll 1$

μ_t: حد الخطأ العشوائي يتوزع توزيعا طبيعيا بوسط حسابي مساوي للصفر: $E(\quad_t) = 0$، تباين ثابت $var(\mu_t) = \sigma^2$، وتباين مشترك مساوي للصفر $cov(\mu_t, \mu_{t-k}) = 0$.

تبين المعادلة السابقة (32) عملية الانحدار لسلسلة المتغير (Y_t) بوصفه متغير تابع مع المتغير نفسه ولكن بتباطؤ مدة واحدة، إذا كانت المعلمة (ρ) المقدرة تساوي واحد فهذا يعني أن السلسلة الزمنية للمتغير (Y_t) تحتوي على جذر الوحدة، إذا فهذه السلسلة الزمنية غير مستقرة، وهذه هي فكرة اختبار جذر الوحدة بصورة عامة ومبسطة.

لاختبار استقرارية السلاسل الزمنية وتحديد رتبة تكاملها يتم التطرق إلى أهم اختبارات جذر الوحدة وهي:

1 اختبار ديكي فولر الموسع *Augmented Dickey – Fuller test (ADF)*: طور كل من (*Dickey – Fuller*) عام1981 صيغتهم البسيطة لاختبار طبيعة السلاسل الزمنية، وذلك من أجل تفادي السلبيات التي تحتويها تلك الصيغة والمتمثلة في عدم اهتمام هذه الطريقة بمشكلة الارتباط الذاتي في حد الخطأ العشوائي، إذ أن البواقي في نموذج الانحدار البسيط غالبا ما تكون مرتبطة ذاتيا، ولتفادي ذلك يتم إجراء اختبار ديكي فولر الموسع (*ADF*) عن طريق تضمين دالة الاختبار عددا معينا من فروقات المتغير التابع [6]، ويطبق اختبار ديكي فولر الموسع (*ADF*) باستخدام طريقة المربعات الصغرى (*MCO*) من خلال تقدير نموذج أو أكثر من النماذج التالية[7]:

- النموذج الأول: بدون الحد الثابت والاتجاه الزمني.
- النموذج الثاني: وجود حد ثابت بدون اتجاه زمني.
- النموذج الثالث: وجود حد ثابت واتجاه زمني.

---

[6] Dickey D.A, Fuller W.A, "Likelihood Ratio Statistical For Autoregressive Time Series With a Unit Root", Econometrical. 1981, p 1057

[7] Enders, Walter, "Applied Econometric Time Series", 4th Edition, Hoboken, NJ Wiley, USA, 2015, p 221.

- النموذج الرابع: وجود حد ثابت وميل تربيعي.

يمكن توضيح ذلك في المعادلات التالية على التوالي:

حيث أن:

Δ: الفرق الأول؛

يكون القرار في المعادلات المذكورة أعلاه بمقارنة قيمة (t) المحتسبة مع قيمة (t^*) الجدولية بعد تقدير الصيغ السابقة باستخدام طريقة المربعات الصغرى، فإذا كانت القيمة المطلقة المحتسبة ل (t) أكبر من القيمة الجدولية (t^*) فإننا نرفض فرضية العدم $H_0: B = 0$ ونقبل الفرضية البديلة $H_1: B > 0$ مما يدل على معنوية المعلمة الاحصائية و عدم وجود جذر الوحدة، أي أن السلسلة الزمنية للمتغير المدروس مستقرة والعكس صحيح ، في حالة ما إذا كانت القيمة المطلقة المحتسبة ل (t) أصغر من القيمة الجدولية (t^*) فإننا نقبل فرضية العدم $H_0: B = 0$ ونرفض الفرضية البديلة$H_1: B > 0$ أي أن السلسلة الزمنية للمتغير المدروس غير مستقرة، لهذا نقوم باختبار استقرارية الفرق الأول للمعادلات السابقة وإذا كانت غير مستقرة نكرر الاختبار للفرق الثاني وهكذا[8].

- إذا كانت السلسلة مستقرة عند المستوى يقال عنها مجموعة متكاملة من الدرجة صفر أي $I(0)$.
- إذا كانت السلسلة غير مستقرة عند المستوى، يتم أخذ الفرق الأول ويجرى لها اختبار جذر الوحدة فإذا تحققت صفة الاستقرارية عند الفرق الأول يقال عنها مجموعة متكاملة من الدرجة الأولى أي $I(1)$.

[8] Dickey D.A, Fuller W.A, op.cit, p 251.

- إذا استقرت السلسلة عند الفرق الثاني يقال عنها مجموعة متكاملة من الدرجة الثانية أي I(2)[9].

القيم الحرجة ل (t)لاختبار فرضية العدم تعتمد على قيم ماكينون(Machinnon)

2 -اختبار فيليبس بيرون (*Phillips-Perron test*): ظهر هذا الاختبار عام 1988 ومكّن من التخلص من آثار الارتباط الذاتي في بواقي معادلة اختبار جذر الوحدة من خلال إجراء تعديل معلمي لتباين النموذج، حيث يتم الأخذ بعين الاعتبار وجود الارتباط الذاتي، وأيضا من أجل أن يعكس الطبيعة الديناميكية في السلسلة.

- يستند هذا الاختبار على طريقة إحصائية لا معلمية (*Non-Parametric*) لتباين النموذج على عكس إختبار (*ADF*) الذي يستخدم طريقة إحصائية معلمية.
- اختبار (*PP*)أكثر دقة من اختبار (*ADF*) فيما يخص العينات صغيرة الحجم وهذا لأنه لا يحتوي على قيم متباطئة للفروق.
- اختبار (*PP*)غير حساس لعدم توافر شروط توزيع حد الخطأ العشوائي التقليدية.
- يتطلب هذا الاختبار تقدير المعادلة التالية[10]:

يتم اتخاذ القرار بطريقة مشابهة لخطوات (*ADF*)، فالاختبارين لهما نفس التوزيع في العينات الكبيرة فقط ، علما أن القيم الحرجة ل (t)لاختبار فرضية العدم تعتمد على قيم ماكينون(*Machinnon*) أيضا.

- في حالة رفض فرضية العدم $(H_0: B = 0)$، فإن السلسلة الزمنية تكون مستقرة، وخلاف ذلك يدل على أن بيانات السلسلة الزمنية تكون غير مستقرةو تحتوي على جذر الوحدة.

3 -اختبار *KPSS*:اقترح هذا الاختبار عام 1992 من قبل *Kwiatkowski-Phillips-Schmidt & Shin*

- يعتمد هذا الاختبار على مضاعف لاكرانج (*LM*).
- يرتكز على فرضية العدم التي تنص على سكون السلسلة الزمنية خلافا للاختبارين (*ADF*) و(*PP*) السابقين.
- يعالج بعض أوجه الضعف في فاعلية الاختبارين (*ADF*) و(*PP*) في حالة وجود ارتباط ذاتي بين الأخطاء العشوائية.

---

[9] Dickey D.A, Fuller W.A, ”Distribution of The Estimators For Autoregressive Series a Unit Root”, Journal of The American Statistical Association, Vol (74), No(366), Jun, 1979, p 433.

[10]القدير خالد، "العلاقة بين كمية النقود والناتج المحلي الاجمالي في قطر: دراسة تطبيقية باستخدام التكامل المشترك"، مجلة الدراسات الاقتصادية جامعة الملك سعود، المجلد (4)، العدد (8)، المملكة العربية السعودية، 2006، ص 210.

– نتائج هذه الاختبارات تكمل بعضها البعض إضافة إلى اتفاقها على نتيجة واحدة وبهذا تصبح النتيجة أكثر دقة.

يقوم اختبار$KPSS$ على المراحل التالية[11]:

أ – احتساب المجموع الجزئي للبواقي بعد تقدير النماذج في الاختبارين (ADF) و(PP)

ب تقدير التباين طويل الأجل S_t^2 بنفس طريقة اختبار فيليبس بيرون (PP):

ج– تحتسب إحصائية اختبار ($KPSS$) من العلاقة التالية:

تعتمد القيم الحرجة لهذا الاختبار على قيم ($LM\ Statistic$) مقارنة بقيم ($KPSS$):

– ترفض فرضية السكون (العدم) إذا كانت الاحصائية (LM) المحتسبة أكبر من القيمة الحرجة المستخرجة من الجدول المعدل من قبل ($KPSS$) عام 1992.

– تقبل فرضية السكون (الاستقرارية) إذا كانت الاحصائية (LM) المحتسبة أصغر من القيمة الحرجة

حيث أن فرضية العدم تعني أن السلسلة الزمنية مستقرة عكس اختبار (ADF) الذي تكون فيه السلسلة غير مستقرة في فرضية العدم

الأساليب المستخدمة في تثبيت استقرارية السلسلة الزمنية تتمثل في[12]:

[11] Bourbonnais Régis,"Econometric : cours et exercices corrigés", 9eme, Edition, Dunod, Paris, 2015, p 233.

[12] الغنام احمد بن عبد الله، "تحليل السلسلة الزمنية لمؤشر أسعار الأسهم في المملكة العربية السعودية باستخدام منهجية Box-Jenkins"، مجلة جامعة الملك سعود، العدد (2)، السعودية، 2003، ص 6.

1 -في حالة عدم ثبات التباين: من أهم التحويلات المستخدمة في تثبيت تباين السلسلة هو الحصول على اللوغاريتم الطبيعي لبيانات السلسلة، أو الحصول على الجذر الطبيعي لها، أو استخدام مقلوب بيانات السلسلة.

2 -في حالة الاتجاه العام من الطرق المستخدمة للتخلص من الاتجاه العام:

- طريقة الانحدار الخطي في تقدير الاتجاه العام ثم عزله والتعامل مع البواقي كسلسلة زمنية مستقرة وتسمى هذه العملية (*Detrending*).
- طريقة الفروق من خلال طرح قيم المشاهدات من بعضها البعض لفترات إبطاء معينة، كالفروق من الدرجة الأولى أو الثانية، وقد يلجأ إلى تطبيق (d)من الفروق للتخلص من الاتجاه العام للحصول على سلسلة زمنية مستقرة.
- إزالة التقلبات الموسمية باستخدام طريقة الفرق الموسمي، وذلك بطرح القيم من بعضها البعض حسب فترات الابطاء المتسقة مع نوع البيانات للحصول على الفروق ربع سنوية أو فروق شهرية.