جامعة غليزان

جامـعة غليزان
كلية العلـوم الإقتصادية، التجارية وعلوم التسيير
قسم العلوم الاقتصادية

مطبوعة بيداغوجية بعنوان :

تحليل السلاسل الزمنية

موجهة لطلبة السنة الأولى ماستر اقتصاد نقدي ومالي/ ميدان العلـوم الإقتصادية، التجارية وعلوم التسيير

من إعداد

د. مزواغي جيلالي

السـنة الجامعية: 2024-2025

People`s Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and
Scientific Research
University of Relizane

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية
الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة غليزان

جامعة غليزان
RELIZANE UNIVERSITY

كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير
المجلس العلمي للكلية

غليزان في : 2025-02-24

رقم /07ج غ/ ك ع إ ت ع ت / 2025

مستخرج من محضر المجلس العلمي للكلية

بناءا على محضر اجتماع المجلس العلمي للكلية المؤرخ بتاريخ : 2025-02-23 في دورته الاستثنائية الأولى، صادق أعضاء المجلس العلمي للكلية على المطبوعة البيداغوجية الموسومة بـ : **"تحليل السلاسل الزمنية"** وفق المقرر الدراسي للمقياس، موجهة لطلبة سنة أولى ماستر، اقتصاد نقدي ومالي ميدان العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير جامعة غليزان، وبيان المطبوعة موضح أدناه :

الرقم	المطبوعة	إعداد الاستاذ (ة)	الخبراء	ملاحظات
01	تحليل السلاسل الزمنية	د.مزواغي جيلالي	د. دقيش جمال المدرسة العليا للاقتصاد وهران د. دشرة منصورة جامعة غليزان	مقبولة حسب تقارير الخبرة الايجابية

سلم هذا المستخرج للاستظهار بما يسمح به القانون

رئيس المجلس العلمي

رئيس المجلس العلمي للكلية
د. مزواري الطيب

مقدمة

تعتبر السلاسل الزمنية أداة حيوية في مجالات متعددة، بدءًا من الاقتصاد والتمويل إلى العلوم الاجتماعية. فهي تتيح لنا دراسة الظواهر المتغيرة مع الزمن، وفهم الأنماط والاتجاهات التي تساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة.

في هذه المطبوعة البيداغوجية، "دروس في تحليل السلاسل الزمنية"، نطمح أن نقدم للقارئ أساسيات تحليل السلاسل الزمنية بأسلوب بسيط ومباشر. يهدف إلى تزويد القارئ بالأدوات والنماذج اللازمة لفهم وتحليل البيانات الزمنية، بدءًا من المفاهيم الأساسية، ومركبات السلاسل الزمنية، خاصة ما تعلق بالاتجاه العام والفصلية، وسنركز على بعض طرق التنبؤ بواسطة السلاسل الزمنية لا سيما طريقة المربعات الصغرى العادية والتمهيد الأسي وطريقة المتوسطات المتحركة.

نهدف كذلك إلى تقديم مفاهيم حول الاستقرارية ودوال الارتباط الذاتي ونماذج الانحدار الذاتي للمتوسطات المتحركة، ومحاولة استعراض تطبيقات العملية والنماذج المختلفة المستخدمة في تحليل السلاسل الزمنية، مما يساعد في تعزيز الفهم النظري وتطبيقه في الحياة الواقعية.

من متطلبات تناول هذا المقياس، الالمام بتقنيات الاحصاء الوصفي والاستدلالي، كما يتطلب مهارات تقنيات البرمجيات الاحصائية.

الفهرس العام

المحتويات	الصفحة
الفصل الأول : مفاهيم عامة حول السلاسل الزمنية	
مفهوم السلاسل الزمنية	1
أنواع السلاسل الزمنية	1
التمثيل البياني للسلسلة الزمنية	2
المؤشرات الاساسية للسلاسل الزمنية	6
مركبات السلسلة الزمنية	11
تحليل السلاسل الزمنية	12
أهم طرق تحديد علاقة المركبات في السلسلة الزمنية	15
أهمية تحليل السلاسل الزمنية	16
الفصل الثاني : مركبة الاتجاه العام	
مركبة الاتجاه العام والكشف عنها	17
اختبار التوالي (التعاقب) RUN TEST	17
اختبار نقطة الانعطاف (Turning points)	21
اختبار دانيال	23
تقدير الاتجاه العام	29
الفصل الثالث : مركبة الفصلية	
مفاهيم حول مركبة الفصلية	30
الكشف عن مركبة الفصلية (الموسمية)	36
الفصل الرابع : نماذج التنبؤ بالسلاسل الزمنية62	
طريقة المربعات الصغرى العادية	42
طريقة التمهيد الأسي	58
طريقة المتوسطات المتحركة (Moving Average)	59
الفصل الخامس: استقرارية السلاسل الزمنية	
مفهوم استقرارية السلاسل الزمنية	62
دالة الارتباط الذاتي: (AutoCorrelation Function ACF)	62
دالة الارتباط الذاتي الجزئي: (Parcial AutoCorrelation Function ACF)	66
أنواع النماذج غير المستقرة (TS, DS)	
اختبارات استقرارية السلاسل الزمنية	67
نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة	71
طريقة بوكس جينكيز في التنبؤ	73

جامعة غليزان

الفصل الاول: مفاهيم عامة حول السلاسل الزمنية

1- مفهوم السلاسل الزمنية

السلسلة الزمنية تمثل مجموعة من البيانات المرتبة زمنياً، وتعتبر أداة أساسية في تحليل الظواهر المتغيرة عبر الزمن. هذا النوع من التحليل يسهم في فهم الأنماط السلوكية للبيانات، مما يساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة.

تتجلى أهمية السلاسل الزمنية في مجالات متعددة، منها الاقتصاد، حيث تُستخدم لتحليل التغيرات في الناتج المحلي الإجمالي، أو في الأسواق المالية لتوقع اتجاهات الأسعار. كما تلعب دوراً حيوياً في علم المناخ، من خلال تحليل درجات الحرارة أو هطول الأمطار على مدار سنوات.

عند تحليل السلسلة الزمنية، يتم النظر في عدة مكونات رئيسية، مثل الاتجاهات التي تعكس التحركات طويلة الأجل، والموسمية التي تظهر التغيرات الدورية في فترات معينة، والدورات التي تعكس التغيرات الاقتصادية بشكل عام (امطير، 2017، صفحة 111).

إن السلاسل الزمنية كفكرة علمية، هي عبارة عن مجموعة من المشاهدات والبيانات الوقتيّة. تعتبر واحداً أو مجموعة من المتغيرات، تكون تلك البيانات مرتبطة بمعنى معين. قد تكون السلسلة الزمنية متعلقة بظاهرة معينة، مثل البيانات الاقتصادية أو المناخية، حيث تتبع تغيرات عبر الزمن. (الشمرتي و الفضل، 2006، صفحة 173).

عند تحليل السلاسل الزمنية، يُعتبر أنه يمكن تمثيل الظاهرة من خلال العلاقة الرياضية، حيث يمكننا التعبير عن السلسلة الزمنية كالتالي:

$$Y_t = f(t, \varepsilon_t)$$

حيث: (t) يمثل الزمن؛

(ε_t) يمثل الخطأ العشوائي المعبر عن المتغيرات التي لا يمكن قياسها (العطل السنوية، حالة الطقس، ...الخ). ناهيك عن الأخطاء الواردة في جمع البيانات.

هذا النوع من التحليل يمكن أن يساعد في استنتاج الأنماط والتوجهات، ويعتبر أداة قوية للتنبؤ بالمستقبل بناءً على البيانات التاريخية المتاحة.

فمن خلال استخدام النماذج الرياضية والإحصائية لتقدير القيم المستقبلية بناءً على البيانات التاريخية، مما يزيد من دقة التوقعات.

يعتبر تحليل السلاسل الزمنية مهارة ضرورية للباحثين والمحللين، حيث يتطلب فهماً عميقاً للأدوات والأساليب الإحصائية. كما أن التكنولوجيا الحديثة، مثل التعلم الآلي، قد ساهمت في تحسين دقة التحليلات، مما يتيح استكشاف أبعاد جديدة من البيانات.

تمثل السلسلة الزمنية أداة قوية لا تقتصر على تقديم رؤى واضحة حول البيانات التاريخية فحسب، بل تساعد أيضاً في رسم توجهات مستقبلية، مما يجعلها ضرورية في عالم سريع التغير.

2- أنواع السلاسل الزمنية

تعتبر السلسلة الزمنية مجموعة من الملاحظات التي يتم قياسها بشكل متسلسل عبر الزمن، ويمكن تصنيفها إلى نوعين رئيسيين: السلاسل الزمنية المستمرة والسلاسل الزمنية المنقطعة.

أ- **السلاسل الزمنية المستمرة:** السلاسل المستمرة تُسجل البيانات بشكل متواصل، مثل قياسات نشاط الدماغ باستخدام جهازECG ، مما يسمح بتحليلها من خلال أخذ عينات دورية.

ب- **السلاسل الزمنية المنقطعة:** تشمل أنواعًا متعددة، مثل أخذ العينات من سلسلة مستمرة، والتجميع على مدى فترة زمنية، ووجود سلاسل منفصلة بطبيعتها. يتم تسجيل البيانات في السلاسل المنقطعة عادةً

على فترات زمنية متساوية، مما يسهل عملية التحليل ويضمن عدم فقدان معلومات هامة (Chatfield, 2000, pp. 11-12).

3- التمثيل البياني للسلسلة الزمنية

لدراسة أي ظاهرة معينة، سواء كانت اقتصادية أو اجتماعية، فإن من الضروري أولاً أن نقوم برسمها بيانياً لنتمكن من التعرف على الشكل العام لسلوك تلك الظاهرة.

أ- مخطط الزمن: مخطط الزمن هو تمثيل بصري للسلسلة الزمنية، حيث يتم رسم القيم على المحور الرأسي مقابل الزمن على المحور الأفقي.

ولتسهيل فهم السلسلة الزمنية، تُستخدم المحاور الزمنية التي تأخذ في الاعتبار الأبعاد الواقعية للظاهرة محل الدراسة. ثم يتم تحليل البيانات وفقاً لهذه الظواهر، مما يساعد في توضيح الاتجاهات والتغيرات عبر الزمن (الشمرتي و الفضل، 2006، صفحة 176).

ولاعطاء صورة أوضح حول تمثيل السلسلة الزمنية يمكن استعراض الشكل البياني لمعدل أسعار الاستهلاك العائلي في الجزائر.

معدل أسعار الاستهلاك The Consumer Price Index (CPI) هو مؤشر يقيس متوسط تغير الأسعار على مدار الزمن لسلة من السلع والخدمات. يُستخدم هذا المؤشر لتقدير التضخم أو الانكماش في الاقتصاد .السلة الاستهلاكية: تضم مجموعة من السلع والخدمات، مثل الأطعمة، الملابس، الإيجارات، والنقل. يستخدم (CPI) في قياس التضخم، تعديل سياسات الرواتب والمعاشات وتوجيه السياسات الاقتصادية.

الجدول رقم 01: معدل أسعار الاستهلاك (CPI).

years	CPI
dec-23	275.17
jan-24	274.32
feb-24	272.73
mars-24	277.1
apr-24	277.86
mai-24	278.26
jun-24	281.96
jul-24	284.3
aug-24	287.21
sept-24	287.43
oct-24	287.16
nov-24	285.45
dec-24	283.38

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى (ONS, Décembre 2024).

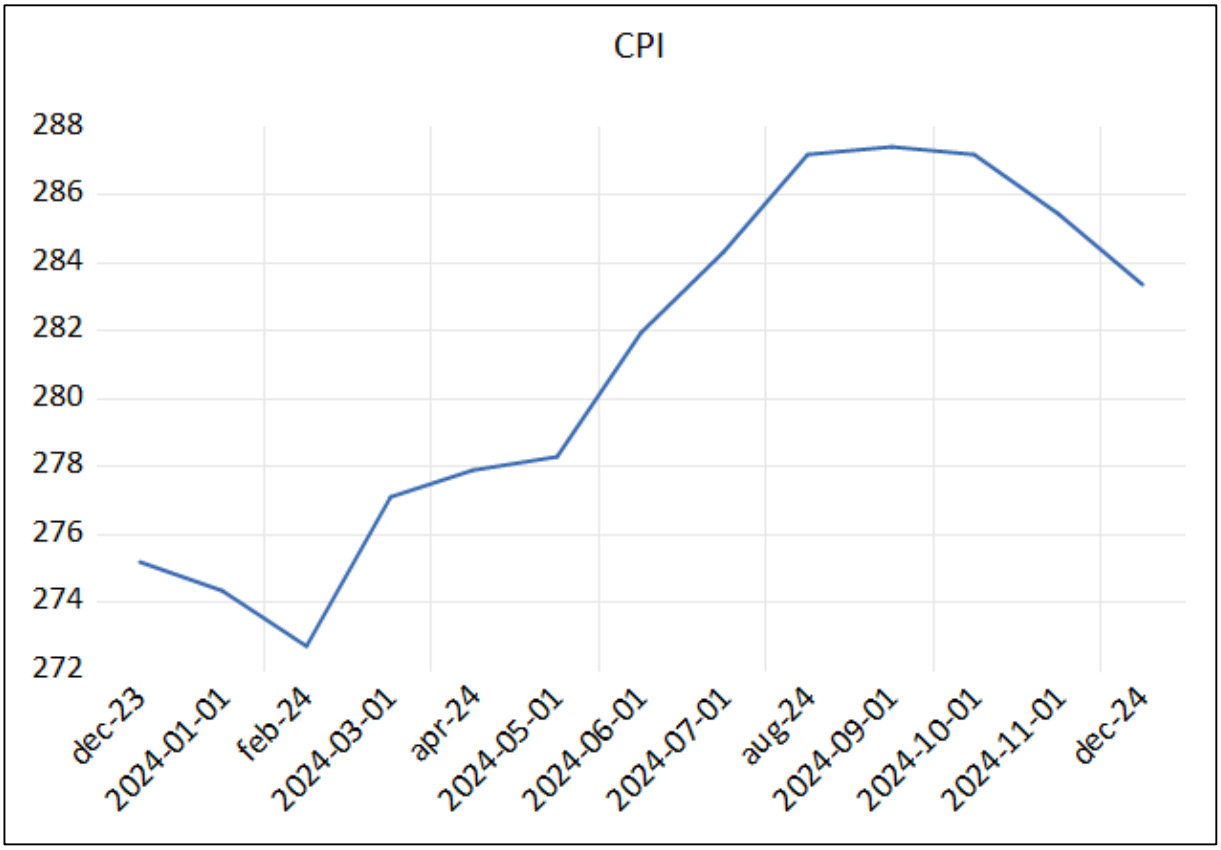
يمكن أن يعكس الرسم البياني التطورات التاريخية للظاهرة بشكل واضح، مما يسهل على الباحثين والمحللين فهم الديناميكيات المعقدة التي تؤثر على البيانات.

تبدأ أي دراسة لسلسلة زمنية بفحص الرسم البياني للسلسلة. يتم الحصول على هذا الرسم البياني عن طريق تمثيل قيم الملاحظات بالنسبة لتاريخ ملاحظتها في نظام من المحاور المتعامدة.

غالبًا ما يكشف فحص الرسم البياني للسلسلة عن الخصائص الأكثر أهمية فيها، مثل:

- اتجاه عام.
- تأثير موسمي.
- تغييرات في هيكل السلسلة.
- بيانات شاذة أو غير طبيعية (ينبغي التفكير في استبعاد هذه البيانات) (FARES, 2018, p. 1).

الشكل رقم 01: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية (CPI) خلال الفترة (ديسمبر 2023-ديسمبر 2024)



المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى الجدول رقم 01.

لتحليل نتائج معدل أسعار الاستهلاك (CPI) من البيانات المقدمة، سنقوم بمراجعة الاتجاهات والتحولات في القيم على مدى الأشهر المذكورة.

يمكن ملاحظة ارتفاع تدريجي في معدل أسعار الاستهلاك (CPI) من ديسمبر 2023 إلى جوان 2024، حيث ارتفع من 275.17 إلى 281.96. بعد ذلك، شهد المعدل ارتفاعاً إضافياً ليصل إلى 284.3 في جويلية و287.21 في أوت، لكنه استقر قليلاً في سبتمبر عند 287.43 ثم انخفض إلى 287.16 في أكتوبر. من نوفمبر، بدأ الانخفاض الملحوظ حيث وصل إلى 285.45 واستمر إلى 283.38 في ديسمبر 2024.

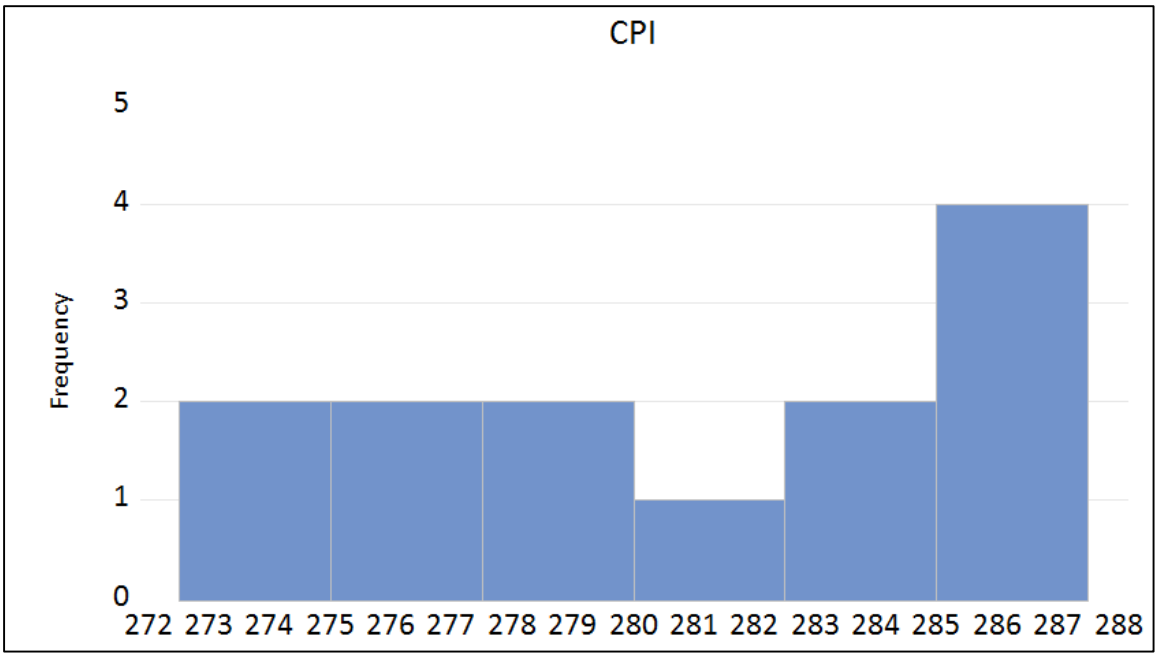
تشير هذه الاتجاهات إلى وجود تضخم مستمر خلال النصف الأول من 2024، مع بعض الاستقرار النسبي بعد جويلية. من الممكن أن تؤثر السياسات الاقتصادية أو الأحداث الكبرى على معدلاتCPI ، لذا يجب مراقبة العوامل الخارجية. يُنصح بمتابعة البيانات بشكل دوري لفهم الاتجاهات المستقبلية ودراسة العوامل المؤثرة، مثل السياسات المالية والنقدية وأسعار السلع الأساسية، بالإضافة إلى التفكير في تدابير للحد من تأثير التضخم على المستهلكين.

ب- المدرج التكراري (هيستوغرام Histogram)

يمكن استخدام الملاحظة بالعين المجردة لقدرتها كبيرة على اكتشاف الأنماط والشذوذ في الرسوم البيانية، خاصة مخطط الزمن الذي يُظهر ترتيب البيانات حسب الزمن، ولكن ترتيب البيانات يمكن أن يُصعب من استخدام أنواع أخرى من الرسوم البيانية مع السلاسل الزمنية.

على سبيل المثال، يُستخدم المدرج التكراري (Histogram) بشكل شائع في الإحصاءات العامة لعرض توزيع البيانات، لكن قيمته في تفسير السلاسل الزمنية محدودة. ذلك لأن الاتجاهات والتقلبات الدورية ستظهر عادةً أي توزيع غير منتظم. ومع ذلك، قد يكون مفيدًا استخدام المدرج التكراري لعرض القيم ومعرفة طبيعة توزيعاتها الاحتمالية (Chatfield, 2000, pp. 15-16).

الشكل رقم 02: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية (CPI) عن طريق المدرج التكراري).

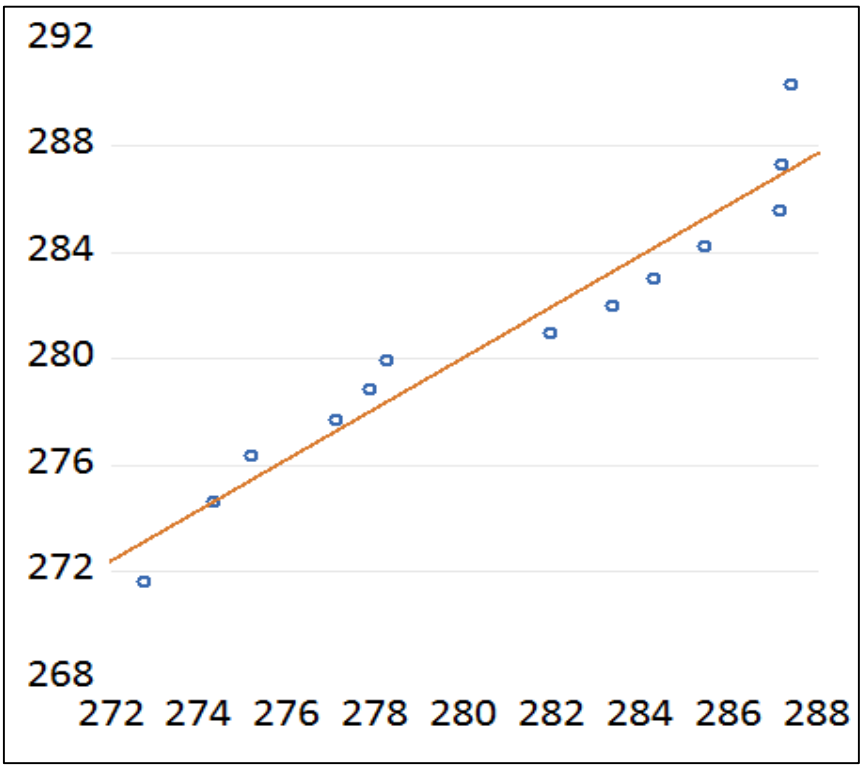


المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى الجدول رقم 01.

ج- مخطط السحابة النقطية (scatter plot)

نوع آخر معروف من الرسوم البيانية هو مخطط السحابة النقاطية (scatter plot) ، الذي يُستخدم لاستكشاف العلاقة بين متغيرين. يمكن اعتبار مخطط الزمن لمتغير واحد كنوع من مخطط النقاط، حيث يتم التعامل مع الزمن كمتغير ثانٍ. ومع ذلك، لا يُظهر مخطط النقاط بشكل طبيعي العلاقة بين السلاسل الزمنية المرتبة زمنياً، حيث يوجد في الواقع أربعة متغيرات: المتغيران الأساسيان ونقاط الزمن المقابلة لهما. وبالتالي، يُعتبر رسم العلاقات المتعددة الأبعاد في السلاسل الزمنية عملية معقدة تتطلب خبرة عملية (Chatfield, 2000, pp. 15-16).

الشكل رقم 03: التمثيل البياني للسلسلة (CPI) عن طريق مخطط السحابة النقطية (scatter plot).



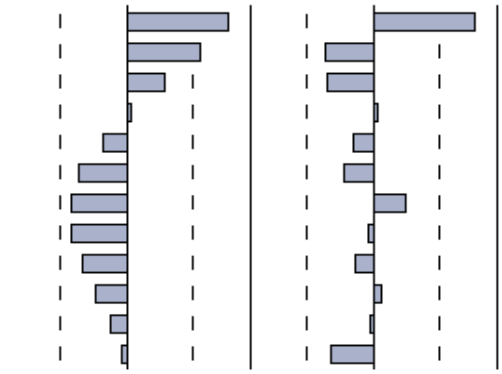
المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى الجدول رقم 01.

د- مخطط التصحيح الذاتي (correlogram)

نوع آخر من الرسوم البيانية التشخيصية هو ما يُعرف بـ "التصحيح الذاتي (correlogram)"، والذي سيتم مناقشته لاحقا في دوال الارتباط الذاتي (AutoCorrelation Function) ودوال الارتباط الذاتي الجزئي (Partial AutoCorrelation Function).

الشكل رقم 04: التمثيل البياني للسلسلة (CPI) عن طريق مخطط التصحيح الذاتي (correlogram)

Date: 02/06/25 Time: 10:25
Sample: 1 13
Included observations: 13



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.855	0.855	11.867	0.001
		2	0.621	-0.405	18.703	0.000
		3	0.314	-0.379	20.624	0.000
		4	0.043	0.036	20.663	0.000
		5	-0.200	-0.166	21.635	0.001
		6	-0.398	-0.245	26.054	0.000
		7	-0.474	0.274	33.341	0.000
		8	-0.463	-0.036	41.709	0.000
		9	-0.373	-0.141	48.508	0.000
		10	-0.256	0.068	52.771	0.000
		11	-0.126	-0.022	54.316	0.000
		12	-0.042	-0.360	54.660	0.000

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى الجدول رقم 01.

4-المؤشرات الاساسية للسلاسل الزمنية :

عند تحليل السلاسل الزمنية، هناك عدة مؤشرات أساسية يمكن استخدامها لفهم البيانات بشكل أفضل: (شرابي، 2000، الصفحات 23-25)

- التغير المطلق: هو الفرق بين القيمة الحالية والقيمة السابقة في السلسلة الزمنية. يتم حسابه بالعلاقة التالية:

التغير المطلق=القيمة الحالية–القيمة السابقة

$$\Delta = Y_t - Y_{t+1}$$

يساعد في معرفة مدى الزيادة أو النقصان في القيم بين فترتين زمنيتين، فاذا ان:

$\Delta < 0$ فإن هناك تناقص مطلق للظاهرة المدروسة.

$\Delta > 0$ فإن هناك تزايد مطلق للظاهرة المدروسة.

- معدل النمو السنوي: هو النسبة المئوية للتغير في القيمة بين فترتين زمنيتين تقدران بسنة واحدة. يتم حسابه بالعلاقة التالية:

معدل النمو=$\frac{(\text{القيمة الحالية– القيمة السابقة})}{\text{القيمة السابقة}}$ (100X)

$$\frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}} X100\%$$

يُستخدم لتحديد سرعة النمو أو التغير في القيمة على مر الزمن.

- معدل الزيادة: هو معدل التغير في قيمة السلسلة الزمنية خلال فترة محددة، وغالبًا ما يُعبر عنه كنسبة مئوية. يعتمد على السياق، لكنه غالبًا ما يكون مشابهًا لمعدل النمو. يتم حسابه بالعلاقة التالية:

$$= \frac{\Delta}{Y_{t-i}} = \frac{Y_t - Y_{t-i}}{Y_{t-i}} X100\%$$

يُستخدم لفهم الاتجاهات العامة في البيانات عبر فترات زمنية أطول وأكبر من سنة.

5- مركبات السلسلة الزمنية

تتألف السلسلة الزمنية لأي ظاهرة من عدة عوامل مؤثرة، حيث تتميز هذه القيم بتقلبات وتغيرات متنوعة. يمكن تصنيف هذه التغيرات إلى أربعة مكونات رئيسية تعكس طبيعة الظاهرة وسلوكها على مر الزمن (العزاوي، 2017، صفحة 339).

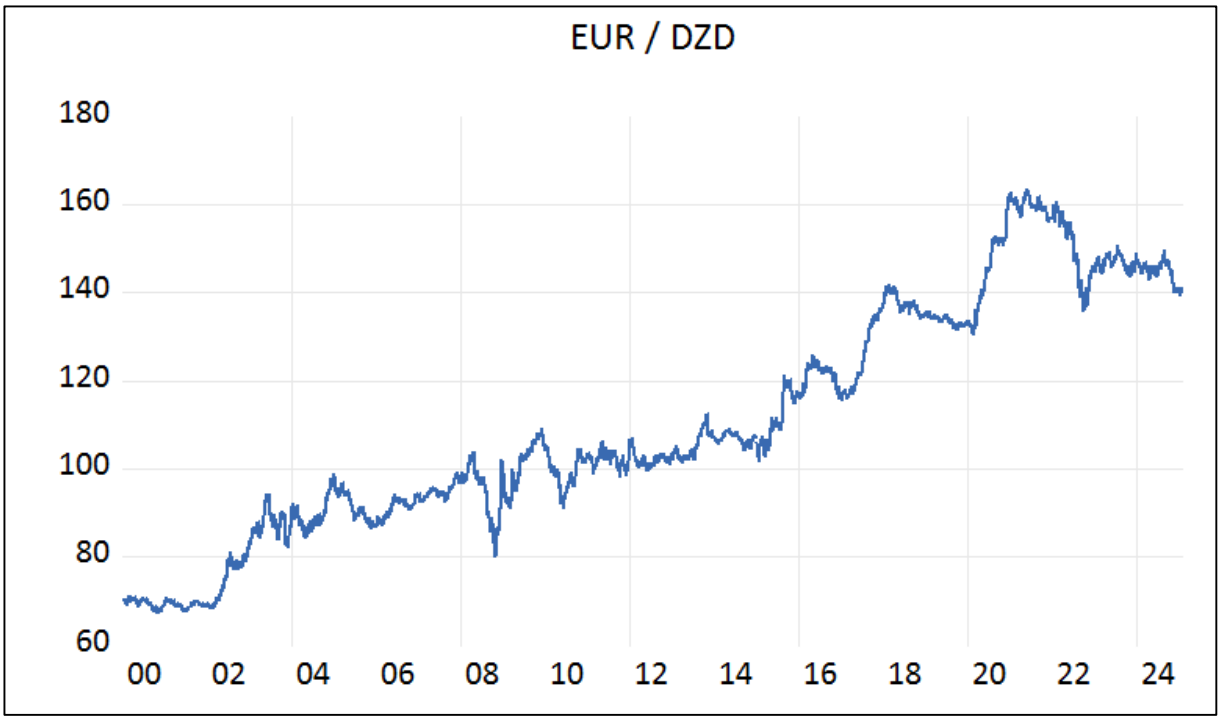
- **الاتجاه العام** (نرمز له بـL) يشير إلى المسار الذي تسلكه الظاهرة على المدى الطويل. هذا الاتجاه قد يكون تصاعدياً، حيث تتزايد القيم بمرور الوقت، أو تنازلياً، حيث تنخفض القيم بشكل مستمر.
- **التغيرات الموسمية أو الفصلية** (نرمز لها بـS) تمثل التغيرات التي تحدث في فترات زمنية معينة، غالباً ما تتكرر سنوياً. هذه التغيرات قد تتأثر بالعوامل المناخية أو الاجتماعية، وتكون لها تأثيرات واضحة على الظاهرة.
- **التغيرات الدورية** (نرمز لها بـC) تشير إلى الأنماط التي تتكرر بشكل منتظم، مثل التقلبات الاقتصادية التي تحدث في دورات زمنية محددة. هذه الأنماط تساعد في توقع السلوك المستقبلي للظاهرة.
- **التغيرات العشوائية أو العرضية** (نرمز لها بـI) تعكس التقلبات غير المتوقعة التي قد تحدث نتيجة أحداث غير متوقعة. هذه التغيرات قد تكون ناتجة عن عوامل بيئية، اجتماعية، أو اقتصادية.

أ- الاتجاه العام (Trend) في السلسلة الزمنية (L)

الاتجاه العام (Trend) في السلسلة الزمنية يشير إلى الحركة المستمرة للنقاط البيانية على مدى فترة طويلة. يمكن أن يكون الاتجاه متزايدًا (Increasing) ، متناقصًا(Decreasing) ، أو ثابتًا.(Stable)
يتكون الاتجاه العام من:

الاتجاه التصاعدي:(Upward Trend) : يمثل زيادة مستمرة في القيم على مر الزمن.
مثال: ارتفاع سعر صرف الدينارالجزائري مقابل اليورو.

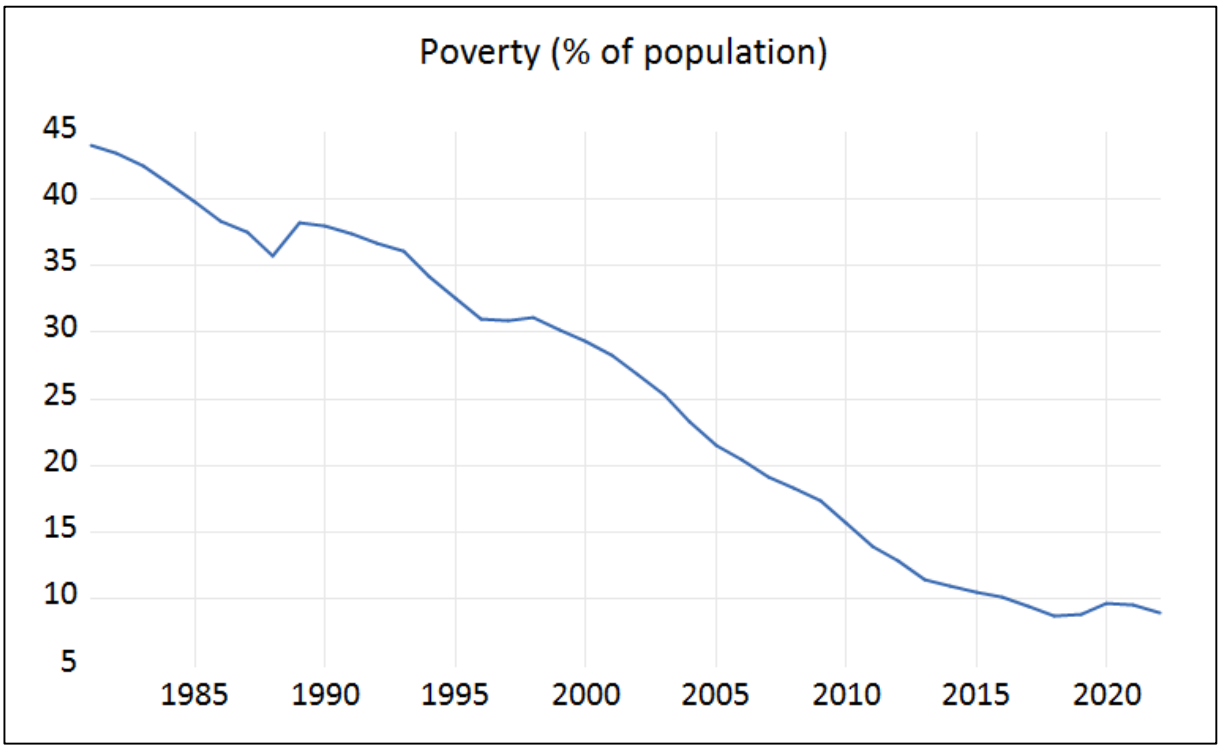
الشكل رقم 05: التمثيل البياني لسلسلة زمنية متزايدة (EUR/DZD) خلال الفترة 2000/01/03-2025/01/31



المصدر: من اعداد الباحث استنادا الى (بنك الجزائر، 2025).

الاتجاه التنازلي:(Downward Trend) : يُظهر انخفاضًا مستمرًا في القيم.
مثال: تراجع نسبة الفقر في العالم.

الشكل رقم 06: التمثيل البياني لسلسلة زمنية متناقصة (نسبة الفقر في العالم) خلال 1981-2022

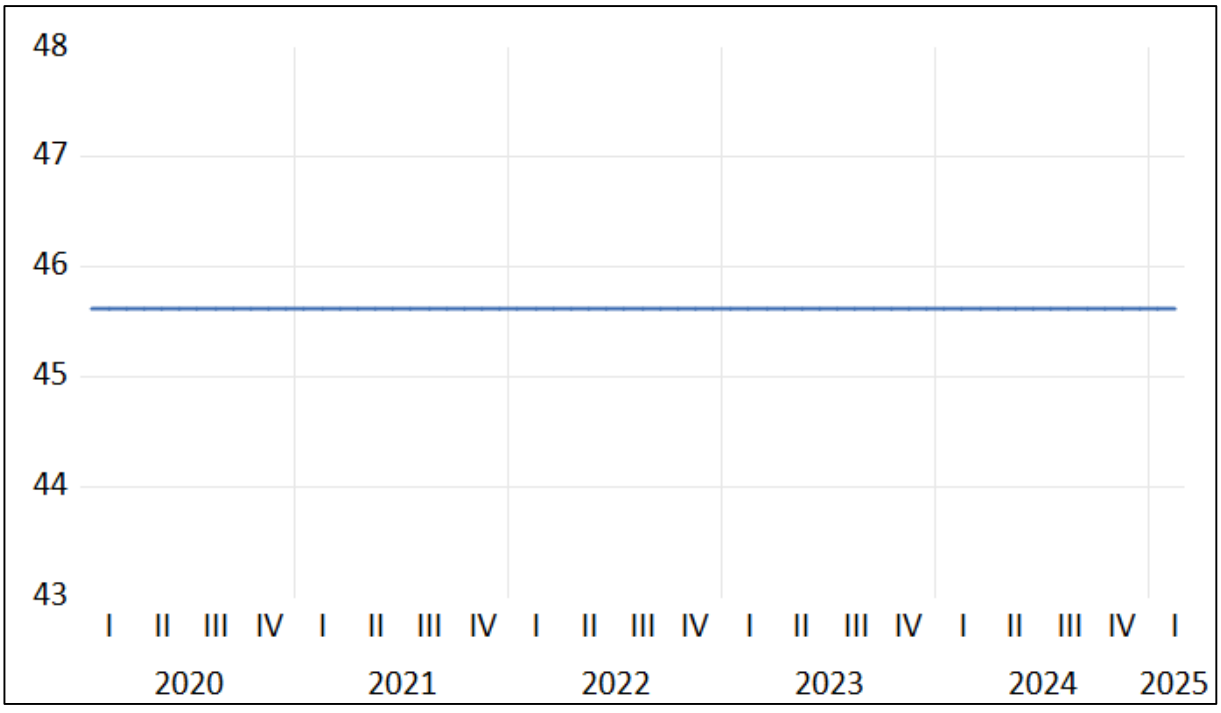


المصدر: من اعداد الباحث استنادا الى (world bank, 2022).

الاتجاه الثابت:(Horizontal Trend) : يشير إلى عدم وجود تغييرات ملحوظة في القيم.

مثال: استقرار سعر البنزين في الجزائر عند 45.62 دج منذ جانفي 2020.

الشكل رقم 07: التمثيل البياني لسلسلة زمنية ثابتة (سعر البنزين في الجزائر) خلال 2020-2025



المصدر: من اعداد الباحث.

ب- المركبة الدورية (C) (Cyclical Component):

تشير المركبة الدورية إلى التبدلات أو التذبذبات التي تحدث في اتجاه السلسلة الزمنية بشكل منتظم. تتسم هذه التغيرات بكونها تحدث على فترات زمنية قد تكون متساوية أو غير متساوية. تُعتبر الحركات دورية إذا تكررت بعد فترات زمنية تتجاوز السنة.

تنتج هذه التغيرات عن تأثير قوى معينة تظهر بين الحين والآخر. يكون تأثير هذه القوى على قيم السلسلة الزمنية إما على شكل تزايد أو تناقص. تصل القيم إلى ذروتها العظمى أو الصغرى، ثم تبدأ في الانخفاض (أو الارتفاع، حسب الحالة).

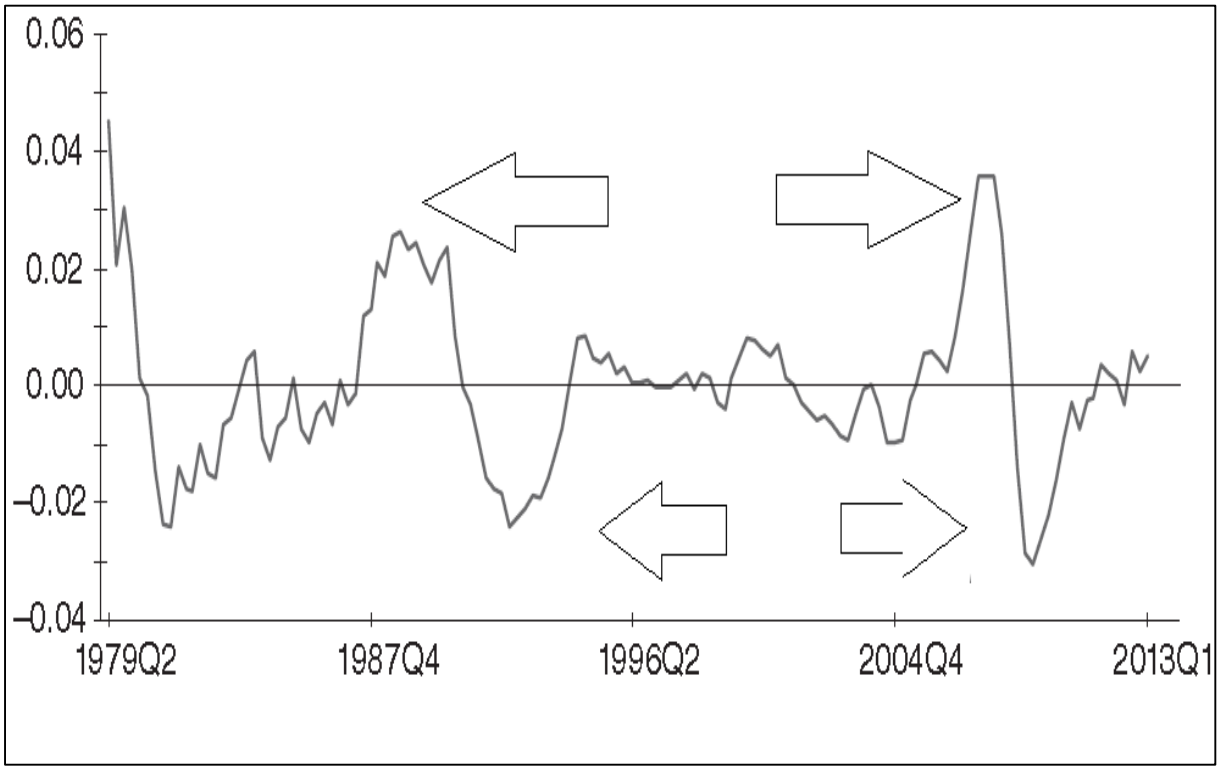
تتكرر هذه الدورات في فترات زمنية قد تكون أكبر من سنة، ومع ذلك لا تتبع بالضرورة نظاماً محدداً. يعود سبب هذه التغيرات إلى مجموعة متنوعة من العوامل، بما في ذلك الخصائص الطبيعية للظاهرة الجغرافية، وتأثيرات المناخ، والدورات الاقتصادية، وغيرها من العوامل. (العزاوي، 2017، صفحة 341).

يُعد فهم هذه التغيرات الدورية أمراً بالغ الأهمية، حيث يساعد في تحليل الأنماط السلوكية للظواهر. يمكن أن تكون هذه التحليلات مفيدة في مجالات متعددة، مثل التخطيط الاقتصادي والإستراتيجيات المناخية.

عند دراسة التغيرات الدورية، يمكننا تحديد الأنماط والتوجهات التي تساعدنا في توقع السلوك المستقبلي للظاهرة. هذا التوقع يعتمد على المعرفة الدقيقة بالعوامل المؤثرة وكيفية تفاعلها مع بعضها.

بالإضافة إلى ذلك، فإن التعرف على الدورات الزمنية يمكن أن يسهم في تحسين عمليات اتخاذ القرار. من خلال تحليل البيانات المتاحة، يمكن للمخططين وصناع القرار استخدام هذه المعلومات لتوجيه استراتيجياتهم بشكل أكثر فعالية.

الشكل رقم 08: التمثيل البياني لمركبة الدورية. (Cyclical Component)



Source : (Pesaran, 2015, p. 359)

جـ- مركبة التغيرات العشوائية (I) (Irregular component)

تشير التغيرات العرضية إلى تلك التحولات المفاجئة التي تحدث نتيجة لظروف غير متوقعة. تشمل هذه التغيرات مجموعة متنوعة من الظواهر، بما في ذلك الظواهر الطبيعية مثل الزلازل والفيضانات، بالإضافة إلى الأحداث السياسية مثل الحروب والأزمات. هذه الأحداث تؤثر بشكل كبير على الاتجاه التاريخي للسلسلة الزمنية.

تتميز التغيرات العرضية بعدم القدرة على التنبؤ بها، حيث تكون غير متوقعة في طبيعتها. عندما تحدث، غالباً ما تكون تأثيراتها واضحة وملحوظة، لكنها لا تدوم طويلاً مقارنةً بطول السلسلة الزمنية. لذلك، يُطلق عليها أحياناً اسم "التغيرات القصيرة" (أبو عمة و هندي، 1995، صفحة 197).

تعتبر هذه التغيرات مهمة جداً لفهم الديناميات التي تؤثر في السلاسل الزمنية. فعلى الرغم من قصر فترة تأثيرها، إلا أنها قد تترك آثاراً عميقة على القيم والمعدلات. يمكن أن تؤدي هذه الأحداث المفاجئة إلى تحولات في الاتجاه العام للظاهرة، مما يجعل من الضروري أخذها بعين الاعتبار عند إجراء التحليلات.

من الأمثلة على ذلك، يمكن أن تؤدي الكوارث الطبيعية إلى تدهور اقتصادي سريع أو تغييرات في التركيبة السكانية، بينما قد تؤدي الأزمات السياسية إلى تغييرات في السياسات الاقتصادية والاجتماعية.

تظهر هذه التغيرات العرضية بوضوح في البيانات الزمنية، حيث يمكن أن نلاحظ قفزات أو انحدارات مفاجئة في القيم. من المهم أن يكون لدى الباحثين والمحللين أدوات وطرق مناسبة لرصد هذه التغيرات وتحليل آثارها.

عند دراسة السلاسل الزمنية، يجب أن نكون واعين لهذه التغيرات القصيرة وكيفية تأثيرها على الاتجاه العام. يمكن أن تساعدنا هذه المعرفة في تحسين استراتيجيات التخطيط والاستجابة للأزمات.

الشكل رقم 09: التمثيل البياني لمركبة العشوائية. (Irregular component)

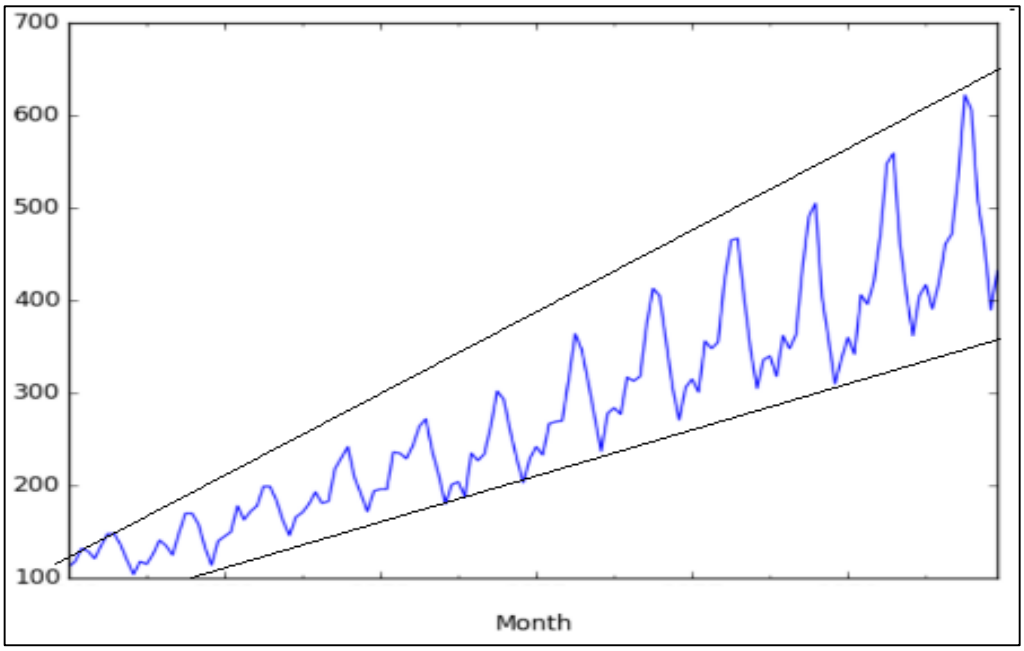
المصدر: من اعداد الباحث.

د- مركبة الفصلية أو الموسمية (S) (seasonality component)

هي عبارة عن تأثيرات خارجية منتظمة تطرأ على السلسلة الزمنية، تظهر كالطلب السياحي الموسمي الذي يبلغ الذروة خلال أشهر معينة من السنة، لذا تسمى كذلك بالمركبة الدورية (حشمان، 2010، صفحة 26)، في الشكل 7، نلاحظ منحنى السلسلة الزمنية للطلب السياحي ممثلا بعدد الوافدين، حيث يبلغ ذروته

خلال جويلية وأوت من كل سنة. كما يمكن ملاحظة ذروة ثانية في رأس السنة الميلادية. ويعود هذا التغير الموسمي إلى مجموعة من العوامل كالعطل السنوية ودرجة الحرارة الملائمة للسياحة الشاطئية مثلا.

الشكل رقم 10: التمثيل البياني لمركبة الفصلية (seasonality component)



المصدر: مثال من إعداد الباحث.

الجدول رقم 02: أهم أوجه الاختلاف بين التغيرات الموسمية و التغيرات الدورية

البند	التغيرات الموسمية	التغيرات الدورية
تعريف الفترة	فترة التذبذب تساوي سنة واحدة	فترة التذبذب أكبر من سنة واحدة
تكرارية الظواهر	تتكرر بشكل منتظم كل عام	لا تتكرر بشكل منتظم
العوامل المؤثرة	الظروف المناخية والعادات والتقاليد	عوامل اقتصادية وتجارية
نمط التغير	أكثر انتظامًا وتوقعًا	أكثر تعقيدًا وأقل انتظامًا

Source : (Bhardwaj R S, 2008, p. 389).

5- تحليل السلاسل الزمنية

إن تحليل سلسلة زمنية Y_t يعتمد أساسا على تفكيكها إلى مكونات مختلفة، ومعرفة كيفية تفاعل هذه المكونات مع بعضها البعض، فإذا كانت السلسلة محل الدراسة تحتوي على أربعة مركبات (الاتجاه العام(L) الدورية -(C) الموسمية -(S) العشوائية (I) فانه يلزم تحديد العلاقة بين مركبات السلسلة الزمنية، كأن تكون هذه العلاقة:

أ/ جدائية: $Y = L * C * S * I$

ب/ تجميعية: $Y = L + C + S + I$

5-1- النموذج الجدائي (Multiplicative Model)

يمكن العثور على القيم الفعلية لسلسلة زمنية، والتي تمثل بـ Y، من خلال ضرب أربعة مكونات في فترة زمنية معينة. يتداخل تأثير المكونات على سلسلة الزمن. يُعرف نموذج السلسلة الزمنية الجدائي كالتالي:

$$Y = L * C * S * I$$

النموذج المضاعف مناسب في الحالات التي يكون فيها تأثير الاتجاه العام (L) والتغيرات الدورية (C) والموسمية (S) مقاسًا بطريقة نسبية وليس في طريقة مطلقة. يمكن حساب المتوسط الهندسي لـ (C) و (S)، على سبيل المثال (Sharma, 2012, p. 543):

لنفترض أن مبيعات الفترة 20 من عام 2000 هي:

$$Y_{20} = 423.56$$

يمكن تفكيك هذه القيمة إلى مكوناتها كما يلي:

- المبيعات الفعلية (المتوسط) = 400؛
- تأثير الدورة = 0.98 (الذي يقلل المبيعات بنسبة 10 في المئة)؛
- تأثير الموسم = 1.20 (الذي يزيد المبيعات بنسبة 20 في المئة).

فإن القيمة المتوقعة للمبيعات لهذه الفترة هي:

$$400 \times 0.98 \times 1.20 = 432.0$$

ستكون القيمة الفعلية النهائية للمبيعات:

$$\mathrm{Y} = 432 \times 0.98 = 423.36$$

2-5- النموذج الجمعي (Additive Model)

هذا النموذج يعتمد على الافتراض بأن القيمة المتغيرة لمتغير Y في نقطة زمنية t هي مجموع أربعة مكونات. باستخدام الرموز، يمكننا كتابة المعادلة على النحو التالي:

$$Y = L + C + S + I$$

هذا النموذج يفترض أن جميع المكونات الأربعة تؤثر على سلسلة الزمن بشكل مستقل عن بعضها البعض. هذا الافتراض يعني أن أحد المكونات ليس له تأثير على الآخرين.

إذا أردنا قياس قيم الاتجاه، فيجب علينا فصل القيم الموسمية والدورية والعشوائية من البيانات الأصلية كما يلي (Pillai, 2010, p. 592):

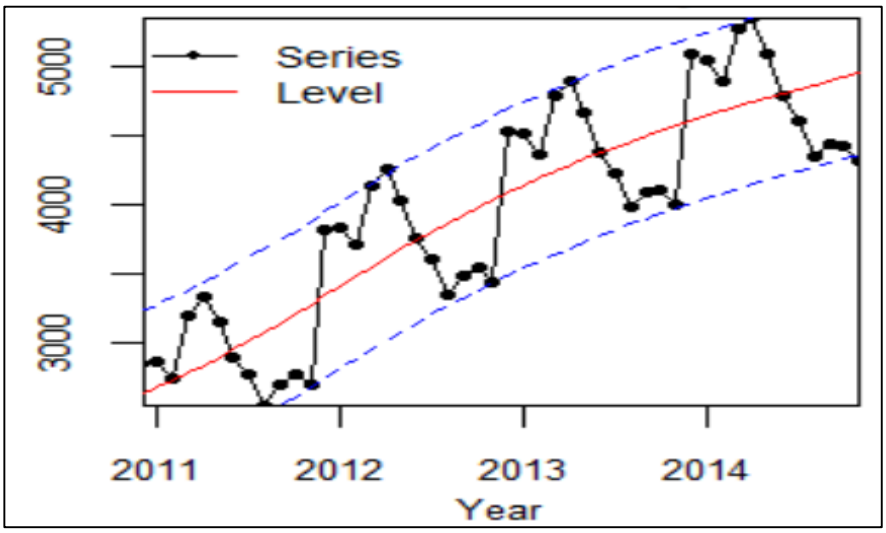
$$L = Y - (S + C + I)$$
$$Y = L + (S + C + I)$$
$$S = Y - (L + C + I)$$
$$I = Y - (L + S + C)$$

6- أهم طرق تحديد علاقة المركبات في السلسلة الزمنية

1-6- طريقة الرسم البياني

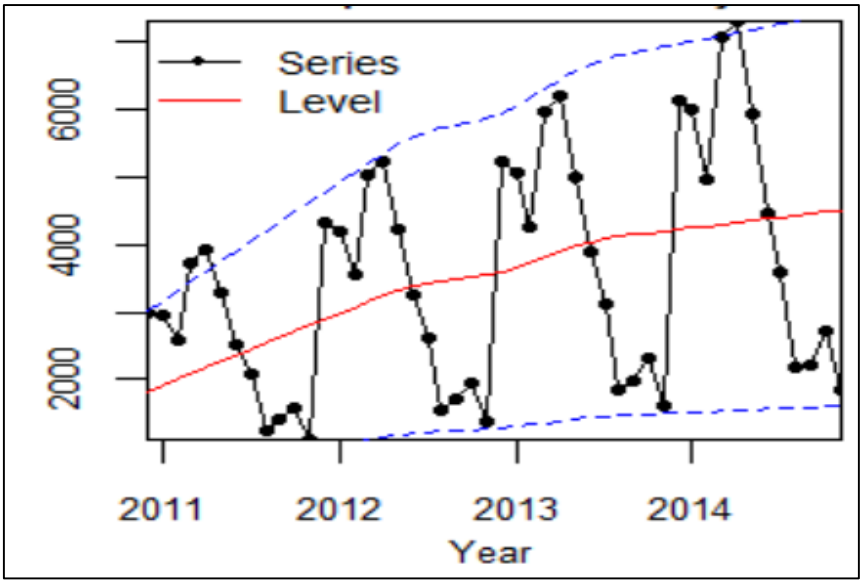
يمكن أن نحدد شكل السلسلة الزمنية من خلال الرسوم البيانية (منحنى بياني)، فإذا كانت التذبذبات ثابتة عبر لزمن ضمن مجال (يمكن حصرها بين خطين متوازيين) فنكون أمام نموذج تجميعي ($Y = L + S + C + I$) تماما كما هو مبين في الشكل 11 رقم أدناه. أما تمييز النموذج الجدائي فيكون التمثيل البياني محصورا بين خطين منفرجين (كما هو مبين في الشكل رقم 12 أدناه) وبالتالي تكون التغيرات غير ثابتة.

الشكل رقم 11: التمثيل البياني لنموذج التجميعي.



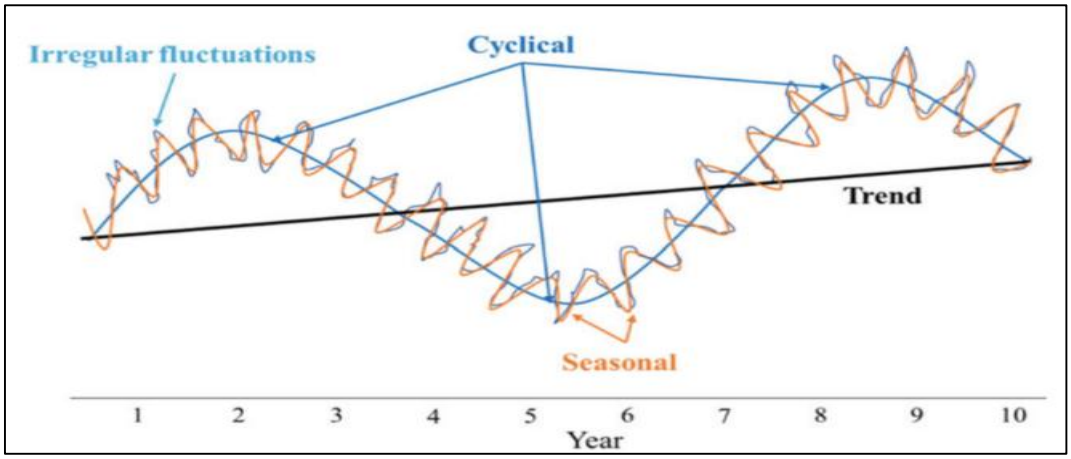
Source : (Nikolaos Kourentzes: Forecasting research, 2014)

الشكل رقم 12: التمثيل البياني لنموذج جدائي.



Source : (Nikolaos Kourentzes: Forecasting research, 2014)

الشكل رقم 13: تمثيل بياني يظهر جميع مركبات السلاسل الزمنية.



Source : (Singh, 2024, pp. 41-42)

2-6- الطريقة التحليلية لتحديد نوع العلاقة

من بين عدة طرق نذكر الطريقتين التاليتين:

- **طريقة الوسط السنوي**

تستعمل هذه الطريقة إذا كانت البيانات سداسية، شهرية، ثلاثية، يومية، أسبوعية، ...الخ، وذلك باستخدام الوسط الحسابي السنوي لكل سنة على حدى، ومن ثم حساب الفروق بين قيم أجزاء السنة (الفرق بين البيانات السداسية، الشهرية، ...) والوسط السنوي، لتصبح لدينا مجموعة من البيانات الجديدة تمثل الفروقات، فإذا كانت هذه البيانات تشكل متتالية حسابية نقول بأن النموذج من نوع التجميعي، أما إذا كانت تمثل متتالية هندسية فإننا أمام نموذج جدائي (جلاطو، 2011، صفحة 170).

- **طريقة الانحراف المعياري**

وهي طريقة تعتمد على تقدير معادلة انحدار لانحراف المعياري بدلالة المتوسط الحسابي:

$$\sigma_i = a + b\bar{y}_i + \omega_i$$

حيث:

(σ_i) يمثل الانحراف المعياري للسلسلة.

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p}(y_{ij} - \bar{y}_i)^2}$$

$(\bar{y}_i)$ المتوسط الحسابي.

$$\bar{y}_i = \frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ij}$$

إذا كان الانحراف المعياري للسلسلة يرتبط بالمتوسط الحسابي للسلسلة خلال زمن الدراسة يكون نموذج المركبات من نوع الجداء أما إذا كان الانحراف المعياري مستقل عن المتوسط يعني هذا أن نموذج المركبات من نوع الجمع.

صيغة الاختبار:

H_0: النموذج من نوع الجمع؛

H_1: النموذج من نوع الجداء.

نقبل الفرضية الصفرية H_0 والتي تنص على أن النموذج من نوع الجمع إذا كان $b \to 0$ ، أما إذا كان $b \neq 0$ فنقبل الفرضية البديلة H_1 والتي تنص على أن النموذج من نوع الجداء (العقاب ، 2018، الصفحات 5-12).

مثال: إليك مخرجات برنامج EViews في الجدول التالي:

إذا علمت أن هذه النتائج تمثل علاقة الانحراف المعياري بالمتوسط الحسابي (Mean). حلل وناقش النتائج.

الجدول رقم 03: تقدير معادلة انحدار لانحراف المعياري بدلالة المتوسط الحسابي.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-413.4113	135.9323	-3.041303	0.0033
MEAN	0.22621	0.725826	4.444895	0.0000

R-squared	0.225134	Mean dependent var	188.8200
Adjusted R-squared	0.213739	S.D. dependent var	103.5816
S.E. of regression	91.84726	Akaike info criterion	11.90629
Sum squared resid	573642.5	Schwarz criterion	11.97053
Log likelihood	-414.7200	Hannan-Quinn criter.	11.93180
F-statistic	19.75709	Durbin-Watson stat	1.357989
Prob(F-statistic)	0.000033		

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

صيغة الاختبار:

H_0 النموذج من نوع الجمع، نقبلها إذا كان $b \to 0$

H_1 النموذج من نوع الجداء.

معادلة الانحدار:

$$\sigma_i = -413.41 + 0.226\bar{y}_i + \omega_i$$

للانحراف المعياري علاقة طردية بالمتوسط الحسابي للسلسلة، و b لا تساوي الصفر ومنه السلسلة من نوع جداء $Y = L * S * C * I$

(L): مركبة الاتجاه العام.

(S): مركبة الموسمية.

(C): مركبة الدورية.

(I) المركبة العشوائية.

7- أهمية تحليل السلاسل الزمنية

ان السلسلة الزمنية للظاهرة تساهم بشكل فعال في عملية دعم القرار في المنظمة، حيث تعرض التطور والسلوك الحاصل من حيث الحجم والقيمة والنوع خلال فترة زمنية معينة وبذلك يوفر لمتخذ القرار المادة الأساسية الخامة اللازمة لدراسة وتحليل واقع الحال بما يمكن متخذ القرار من استنباط المؤشرات الكمية اللازمة لدعم القرارات المستقبلية من حيث:

- طرح منتجات جديدة وتطوير منتجات أخرى حالية؛
- تحديد حجم ونوع المواد الأولية اللازم توفيرها؛
- دراسة وتحليل السوق وسلوك المستهلك؛
- تحليل ودراسة توقعات الطلب (الفضل، 2007، صفحة 214).

تهدف دراسة السلاسل الزمنية إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الجوهرية التي تعزز فهم الظواهر الاقتصادية وتحليلها بشكل دقيق. فهي تُستخدم لوصف الظواهر المدروسة خلال فترات زمنية محددة، مما يساعد على رصد التغيرات والتوجهات التي قد تطرأ على تلك الظواهر. كما تسهم هذه الدراسات في تسهيل

تشخيص المشكلات الاقتصادية، حيث يتمكن الباحثون من إبراز معالم النموذج المناسب للاستقراء والتحليل، مما يمكنهم من تحديد النقاط الحرجة في البيانات.

علاوة على ذلك، تسعى السلاسل الزمنية إلى تفسير الظواهر الاقتصادية من خلال فهم التأثيرات المتبادلة في البيئة الاقتصادية المتغيرة. يُعتبر هذا التفسير جزءاً أساسياً من النظرية الاقتصادية، حيث يتمكن الباحثون من ربط المعطيات النظرية بالواقع العملي. كما تلعب هذه الدراسة دوراً مهماً في مساعدة صانعي القرار، حيث تُقدم لهم الأدلة العلمية التي تمكنهم من اتخاذ القرارات المناسبة في الوقت المناسب.

وأخيراً، تهدف السلاسل الزمنية إلى محاولة التنبؤ والتقدير للظواهر الاقتصادية على المدى القصير والطويل. من خلال تحليل البيانات السابقة، يمكن للباحثين الحصول على مجموعة من المشاهدات المستقبلية مع تحديد مجالات الثقة التي تضمن دقة التنبؤات. هذا التوجه لا يساهم فقط في فهم التوجهات الحالية، بل يُعد أداة استراتيجية للتخطيط الاقتصادي والتنموي. لذا، فإن دراسة السلاسل الزمنية تُعد ضرورية لفهم الديناميات الاقتصادية وتوجيه السياسات بشكل فعّال (الشعراوي، 2005، الصفحات 10-11).

لخص (FARES, 2018, p. 2) أهداف دراسة السلاسل الزمنية فيما يلي:

- الوصف البسيط: التركيز على تسليط الضوء على المكونات المختلفة للسلسلة (مثل الاتجاه والمكون الموسمي).
- إزالة المكونات: رغبة في استبعاد مكونات معينة لتحليل ظواهر محددة.
- إجراء التنبؤات: توقع القيم المستقبلية بناءً على تطور السلسلة في الماضي، مع تركيز على التنبؤات قصيرة المدى.
- تفسير الظواهر: محاولة تفسير التذبذبات في سلسلة زمنية من خلال التذبذبات في سمات أخرى، باستخدام تقنيات الانحدار المتعدد والنماذج الاقتصادية.

الفصل الثاني : مركبة الاتجاه العام

1- مركبة الاتجاه العام والكشف عنها

الاتجاه العام (Trend) في السلسلة الزمنية يشير إلى الحركة المستمرة للنقاط البيانية على مدى فترة طويلة. يمكن أن يكون الاتجاه متزايدًا(Increasing) ، متناقصًا(Decreasing) ، أو ثابتًا.(Stable)

يتكون الاتجاه العام من:

الاتجاه التصاعدي:(Upward Trend) : يمثل زيادة مستمرة في القيم على مر الزمن.

مثال: زيادة مبيعات شركة على مدى عدة سنوات.

الاتجاه التنازلي:(Downward Trend) : يُظهر انخفاضًا مستمرًا في القيم.

مثال: تراجع الطلب على منتج معين بسبب ظهور بدائل جديدة.

الاتجاه الثابت:(Horizontal Trend) : يشير إلى عدم وجود تغييرات ملحوظة في القيم.

مثال: استقرار أسعار السلع الأساسية لفترة طويلة.

2- اختبار التوالي (التعاقب) RUN TEST

ويعرف كذلك باسم "اختبار العشوائية" فهو يستخدم لاختبار مركبة الاتجاه العام وكذا مدى عشوائية السلاسل الزمنية، ويستخدم فيه توالي الاشارات الموجبة والسالبة التي نحددها على ضوء مقارنة القيم بالوسيط، ويقوم على اختبار الفرضيات التالية (قليل ، 2019/2018، الصفحات 9-10):

H_0 السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام)

H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.

نعتبر Md هو الوسيط الحسابي، فنقوم بإعطاء القيم الأكبر من Md إشارة موجبة، والقيم الأصغر من Md إشارة سالبة.

ثم نحسب R الذي يمثل عدد مرات توالي الإشارة من (+) إلى (-) أو العكس.

- في العينة m<20 نقبل الفرضية الصفرية إذا كان $R_L < R < R_U$

	R_U	R_L	
منطقة رفض H0	منطقة القبول		منطقة رفض H0

- في العينة m>20 نقبل الفرضية الصفرية إذا كان $|Z| = \frac{R-\mu_R}{\sigma_R} < Z_{1-(\frac{\alpha}{2})}$

$R_L . R_U$ القيم العليا والدنيا من المشاهدات.

نستخرجها من جدول القيم الحرجة لـR (CRETICAL VALU IN RUN TEST) (الملحق رقم 01).

$$\mu_R = m + 1$$

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{m(m+1)}{2m-1}}$$

نستخرج $Z_{1-(\frac{\alpha}{2})}$ من جدول التوزيع الطبيعي المعياري (الملحق رقم 02).

α مستوى المعنوية.

2/حساب الوسيط:

- إذا كان m فردي

نرتب القيم تصاعديا أو تنازليا

نجد ترتيب الوسيط $= \frac{N+1}{2}$

ثم نحدد قيمة الوسيط.

- إذا كان m زوجي فإن ترتيب الوسيط يقع بين المرتبة $m/2$ و $m+2/2$

وقيمته هي المتوسط بين هاتين القيمتين.

مثال:

الجدول رقم04: يمثل تطور معدلات أسعار بترول الصحراء خلال الفترة 1989-2019 .

YEARS	PP	YEARS	PP
1989	18.53	2005	54.64
1990	24.34	2006	66.05
1991	21.04	2007	74.66
1992	20.03	2008	98.96
1993	17.5	2009	62.35
1994	16.19	2010	80.35
1995	17.4	2011	112.92
1996	21.33	2012	111.49
1997	19.62	2013	109.38
1998	13.02	2014	99.68
1999	18.12	2015	52.79
2000	28.77	2016	44.28
2001	24.74	2017	54.12
2002	24.91	2018	71.44
2003	28.73	2019	64.49
2004	38.35		

Source : (World Bank, 2021)

المطلوب:

- اختبار وجود مركبة الاتجاه العام بطريقتين (اختبار التوالي والرسم البياني).

الحل:

أولا: إجراء اختبار التوالي:

- نقوم بصياغة الفرضيات التالية:
  - H_0 السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام)
  - H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.
- حساب Md الوسيط:

بعد ترتيب المشاهدات من القيمة الاصغر إلى القيمة الأكبر تحصلنا على الجدول التالي:

الجدول رقم05: ترتيب المشاهدات PP تصاعديا.

المرتبة	ترتيب PP تصاعدي	المرتبة	ترتيب PP تصاعدي	المرتبة	ترتيب PP تصاعدي	المرتبة	ترتيب PP تصاعدي
1	18.53	**9**	19.62	**17**	54.64	**25**	109.38
2	24.34	**10**	13.02	**18**	66.05	**26**	99.68
3	21.04	**11**	18.12	**19**	74.66	**27**	52.79
4	20.03	**12**	28.77	**20**	98.96	**28**	44.28
5	17.5	**13**	24.74	**21**	62.35	**29**	54.12
6	16.19	**14**	24.91	**22**	80.35	**30**	71.44
7	17.4	**15**	28.73	**23**	112.92	**31**	64.49
8	21.33	16	38.35	**24**	111.49		

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى: الجدول رقم 02.

بما أن N عدد المشاهدات فردي حيث $N=31$

نجد ترتيب الوسيط $m = \frac{N+1}{2} = \frac{31+1}{2} = 16$

ثم نحدد قيمة الوسيط $Md = 38.35$.

- حساب المتوسط الحسابي:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{N} = \frac{\sum Y_i}{N} = \frac{1510.22}{32} = 48.716$$

- نقوم بعملية إعطاء القيم الأكبر من Md إشارة موجبة، والقيم الأصغر من Md إشارة سالبة.

ثم نحسب R الذي يمثل عدد مرات توالي الإشارة من (+) إلى (-) أو العكس.

الجدول رقم 06: مقارنة قيم PP بالوسيط Md.

YEARS	PP	المقارنة بالوسيط	YEARS	PP	المقارنة بالوسيط
1989	18.53	-	2005	54.64	+
1990	24.34	-	2006	66.05	+
1991	21.04	-	2007	74.66	+
1992	20.03	-	2008	98.96	+
1993	17.5	-	2009	62.35	+
1994	16.19	-	2010	80.35	+
1995	17.4	-	2011	112.92	+
1996	21.33	-	2012	111.49	+
1997	19.62	-	2013	109.38	+
1998	13.02	-	2014	99.68	+
1999	18.12	-	2015	52.79	+
2000	28.77	-	2016	44.28	+
2001	24.74	-	2017	54.12	+
2002	24.91	-	2018	71.44	+

2003	28.73	-	2019	64.49	+
2004	38.35	+			

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى: الجدول رقم 02.

من الجدول رقم 4 نجد عدد مرات توالي الإشارة من (+) إلى (-) أو العكس هو 2 مرة، ونرمز لعدد توالي الإشارة بالرمز: R=2

بما أن رتبة الوسيط m<20 نستخدم القيم العليا والقيم الدنيا من المشاهدات $R_L . R_U$.

نستخرجها من جدول القيم الحرجة لـR (CRETICAL VALU IN RUN TEST) (الملحق رقم 01).

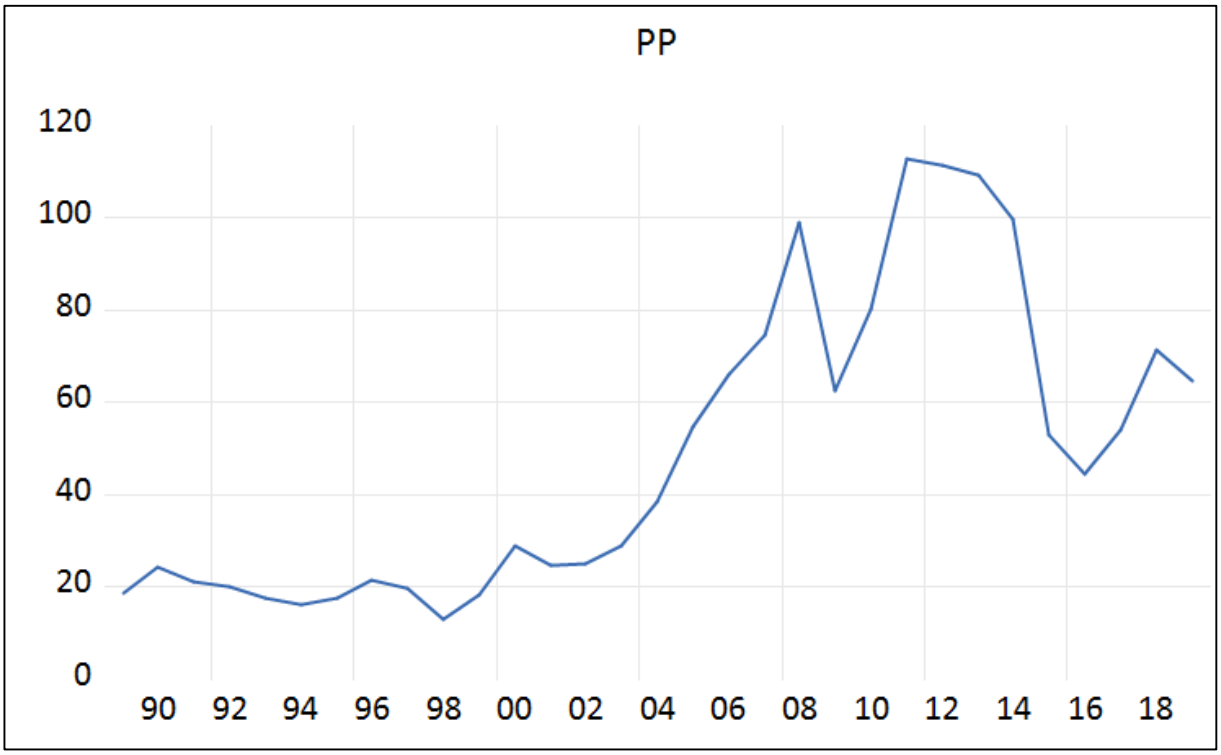
تعطى $RL(m=16)=11$ و $RU(m=16)=24$

H0منطقة رفض	$R_U = 24$ $R_L = 11$ H0 منطقة القبول	R=2 H0 منطقة رفض

نلاحظ أن R=2 تقع في منطقة الرفض، ومنه نرفض H0. وبالتالي فإنه يوجد مركبة الاتجاه العام.

ثانيا: الرسم البياني

الشكل رقم14: التمثيل البياني لتطور معدلات أسعار بترول الصحراء خلال الفترة 1989-2019 .



المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى: الجدول رقم 02.

من خلال الرسم البياني للسلسلة الزمنية، يمكن ملاحظة أن السلسلة الزمنية تتجه نحو الزيادة بانتظام من سنة إلى أخرى. هذا يشير إلى وجود مركبة الاتجاه العام.

- اتجاه موجب: يظهر في معظم السنوات، مما يدل على ارتفاع القيم بشكل مستمر.
- اتجاه سالب: يظهر في فترات معينة مثل (2008-2009) و(2011-2016)، حيث شهدت السلسلة انخفاضاً ملحوظاً.

هذه الملاحظات تشير إلى وجود تقلبات في السلسلة الزمنية.

3- اختبار نقطة الانعطاف (Turning points)

يهتم هذا الاختبار بنقاط الصعود والهبوط لمنحنى السلسلة الزمنية، على ضوء إشارة الفروق من الدرجة الأولى:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

فالإشارة الموجبة تعني صعود المنحنى والإشارة السالبة للفروق تعني هبوط المنحنى (حشمان، 2010، صفحة 37).

يسعى هذا الاختبار إلى إثبات صحة الفرضيتين:

H_0 السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام) ... نقبلها إذا كان $|Z| = \frac{U-\mu_U}{\sigma_U} < Z_{1-(\frac{\alpha}{2})}$

H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.

حيث:

$$\mu_U = \frac{2(T-2)}{3}$$

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{16T-29}{90}}$$

U عدد مرات تغير الإشارة للفروق من الدرجة الأولى

T: هو عدد المشاهدات أكبر من 10

مثال:

نحاول من خلال نفس المثال السابق (الجدول رقم 02)، اختبار وجود مركبة الاتجاه العام.

- اجراء الفروق من الدرجة الأولى:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

نتحصل على النتائج المبينة في الجدول التالي:

الجدول رقم 07: الفروق من الدرجة الأولى وإيجاد تقلبات الإشارة.

YEARS	PP	الفروق		إشارة الفروق
1989	18.53			
1990	24.34	24.34-18.53=	5.81	+
1991	21.04	21.04-24.34=	-3.3	-
1992	20.03	20.03-21.04=	-1.01	-
1993	17.5	17.5-20.03=	-2.53	-
1994	16.19	16.19-17.5=	-1.31	-
1995	17.4	17.4-16.19=	1.21	+
1996	21.33	21.33-17.4=	3.93	+
1997	19.62	…..	-1.71	-
1998	13.02	…..	-6.6	-
1999	18.12	…..	5.1	+
2000	28.77	…..	10.65	+

2001	24.74	…..	-4.03	-
2002	24.91	…..	0.17	+
2003	28.73	…..	3.82	+
2004	38.35	…..	9.62	+
2005	54.64	…..	16.29	+
2006	66.05	…..	11.41	+
2007	74.66	…..	8.61	+
2008	98.96	…..	24.3	+
2009	62.35	…..	-36.61	-
2010	80.35	…..	18	+
2011	112.92	…..	32.57	+
2012	111.49	…..	-1.43	-
2013	109.38	…..	-2.11	-
2014	99.68	…..	-9.7	-
2015	52.79	…..	-46.89	-
2016	44.28	…..	-8.51	-
2017	54.12	…..	9.84	+
2018	71.44	…..	17.32	+
2019	64.49	…..	-6.95	-

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى: الجدول رقم 02.

U=12 عدد مرات انقلاب الاشارة

T=31>10 عدد المشاهدات

- صياغة الفرضيات:

H_0 السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام) ... نقبلها إذا كان $|Z| = \frac{U-\mu_U}{\sigma_U} < Z_{1-(\frac{\alpha}{2})}$

H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.

حيث:

$$\mu_U = \frac{2(T-2)}{3} = \frac{2(31-2)}{3} = 19.33$$

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{16T-29}{90}} = \sqrt{\frac{16(31)-29}{90}} = 2.27$$

U عدد مرات تغير الإشارة للفروق من الدرجة الأولى

T: هو عدد المشاهدات أكبر من 10

حساب القيمة المحسوبة لـ Z

$$|Z| = \frac{U-\mu_U}{\sigma_U} = \frac{12-19.33}{2.27} = 3.23$$

استخراج القيمة الجدولية لـ Z (أنظر الملحق 02)

$$Z_{1-(\frac{\alpha}{2})} = Z_{1-(\frac{0.05}{2})} = Z_{0.975} = 1.96$$

اختبار الفرضيات:

بما أن القيمة المحسوبة لـ Z أكبر من قيمتها الجدولية فإننا نرفض الفرضية الصفرية H_0 والتي تنص على أن السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام) ونقبل الفرضية البديلة H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.

4- اختبار دانيال

اختبار دانيال، المعروف أيضًا باسم اختبار الاتجاه العام باستخدام معامل الارتباط سبيرمان، تم تطويره من قبل عالم الإحصاء الأمريكي دانيال في عام 1938. الدراسة الأصلية التي تناولت هذا الاختبار تتعلق بتحليل البيانات الزمنية وتحديد ما إذا كانت السلاسل الزمنية تتبع نمطًا معينًا أو إذا كانت عشوائية.

يعتمد هذا الاختبار على معامل الارتباط سبيرمان، بين ترتبين، الرتبي التصاعدي Rt والزمني t، ثم يتم اختبار دلالة هذا المعامل باستخدام توزيع سبيرمان للعينات الصغيرة أو التوزيع الطبيعي للعينات الكبيرة، حيث:

$$r_s = 1 - \frac{6\sum_{t=1}^{t} d_t^2}{T(T^2-1)}$$

حيث: $\sum_{t=1}^{t} d_t^2$ هي مجموع مربعات الفرق بين الترتيب التصاعدي والزمني أي:

$$d_t = Rt - T$$

وكون r_s هو معامل ارتباط خطي فإنه محصور بين 1 و-1

صيغة الاختبار:

في العينات الكبيرة m>30

H_0 السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام) ... نقبلها إذا كان $|Z| = \frac{r_s}{\sigma_{r_s}} < Z_{1-(\frac{\alpha}{2})}$

H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.

$$\sigma_{r_s} = \frac{1}{\sqrt{T-1}}$$

في العينات الصغيرة m<30

H_0 السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام) ... نقبلها إذا كان $r_s < r_{s_{\alpha/2}}$

H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.

نتحصل على القيم الحرجة ل($r_{s_{\alpha/2}}$) من خلال الجدول في الملحق رقم 03. (Nicholas R. Farnum & La Verne W. Stanton, 1989, p. 573)

مثال:

لدينا الجدول التالي الذي يمثل مشاهدات الدخل القومي في الجزائر بالمليار دولار أمريكي خلال الفترة 1971-2017.

الجدول رقم 08: الدخل القومي في الجزائر بالمليار دولار أمريكي خلال الفترة 1971-2017.

YEARS	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
PIB	5.1	6.8	8.7	13.2	15.6	17.7	21	26.4	33.2	42.3
YEARS	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
PIB	44.3	45.2	48.8	53.7	57.9	63.7	66.7	59.1	55.6	62
YEARS	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
PIB	45.7	48	49.9	42.5	41.8	46.9	48.2	48.2	48.6	54.8
YEARS	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PIB	54.7	56.8	67.9	85.3	103.2	117	135	171	137.2	161.2
YEARS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PIB	200	209.1	209.8	213.8	166	160.1	167.6	174.9	171.7	145.7
YEARS	2021	2022	2023	2024						
PIB	163.4	225.5	239.9	243.5						

المصدر: (trading economics, 2024).

المطلوب: اختبار وجود مركبة الاتجاه العام بطريقة الرسم البياني وبطريقة اختبار دانيال.

- نقوم بترتيب القيم C ترتيبا تصاعديا من الأكبر الى الأصغر.
- ثم نعطي كل زمن t مرتبته والتي تعني RT

الجدول رقم 09: الترتيب التصاغدي وإيجاد قيم الرتبي التصاعدي Rt والزمني t.

years	PIB	زمن المشاهدة t	الترتيب التصاعدي	
1971	5.1	1	5.1	القيمة 5.1 هي في المرتبة الأولى أي RT=1 في الزمن t=1
1972	6.8	2	6.8	القيمة 6.8 هي في المرتبة 21 أي RT=2 في الزمن t=2
1973	8.7	3	8.7	القيمة 8.7 هي في المرتبة 3 أي RT=3 في الزمن t=3
1974	13.2	4	13.2	
1975	15.6	5	15.6	
1976	17.7	6	17.7	
1977	21	7	21	
1978	26.4	8	26.4	
1979	33.2	9	33.2	
1980	42.3	25	41.8	القيمة 41.8 هي في المرتبة 10 أي RT=10 في الزمن t=25
1981	44.3	10	42.3	القيمة 42.3 هي في المرتبة 11 أي RT=11 في الزمن t=10
1982	45.2	24	42.5	القيمة 42.5 هي في المرتبة 12 أي RT=12 في الزمن t=24
1983	48.8	11	44.3	

1984	53.7	12	45.2
1985	57.9	21	45.7
1986	63.7	26	46.9
1987	66.7	22	48
1988	59.1	27	48.2
1989	55.6	28	48.2
1990	62	29	48.6
1991	45.7	13	48.8
1992	48	23	49.9
1993	49.9	14	53.7
1994	42.5	31	54.7
1995	41.8	30	54.8
1996	46.9	19	55.6
1997	48.2	32	56.8
1998	48.2	15	57.9
1999	48.6	18	59.1
2000	54.8	20	62
2001	54.7	16	63.7
2002	56.8	17	66.7
2003	67.9	33	67.9
2004	85.3	34	85.3
2005	103.2	35	103.2
2006	117	36	117
2007	135	37	135
2008	171	39	137.2
2009	137.2	50	145.74
2010	161.2	46	160.1
2011	200	40	161.2
2012	209.1	51	163.47
2013	209.8	45	166
2014	213.8	47	167.6
2015	166	38	171
2016	160.1	49	171.76
2017	167.6	48	174.91
2018	174.91	41	200
2019	171.76	42	209.1

2020	145.74	43	209.8
2021	163.47	44	213.8
2022	225.56	52	225.56
2023	239.9	53	239.9
2024	243.5	54	243.5

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى: الجدول رقم 06.

$$d_t = Rt - T$$

الجدول رقم10: حساب مجموع مربعات الفرق بين الترتيب التصاعدي والزمني .

زمن المشاهدة t	PIB	RT	$d_t = Rt - T$	dt^2
1	5.1	1	0	0
2	6.8	2	0	0
3	8.7	3	0	0
4	13.2	4	0	0
5	15.6	5	0	0
6	17.7	6	0	0
7	21	7	0	0
8	26.4	8	0	0
9	33.2	9	0	0
10	42.3	11	1	1
11	44.3	13	2	4
12	45.2	14	2	4
13	48.8	21	8	64
14	53.7	23	9	81
15	57.9	28	13	169
16	63.7	31	15	225
17	66.7	32	15	225
18	59.1	29	11	121
19	55.6	26	7	49
20	62	30	10	100
21	45.7	15	-6	36
22	48	17	-5	25
23	49.9	22	-1	1
24	42.5	12	-12	144
25	41.8	10	-15	225
26	46.9	16	-10	100
27	48.2	18	-9	81

28	48.2	19	-9	81
29	48.6	20	-9	81
30	54.8	25	-5	25
31	54.7	24	-7	49
32	56.8	27	-5	25
33	67.9	33	0	0
34	85.3	34	0	0
35	103.2	35	0	0
36	117	36	0	0
37	135	37	0	0
38	171	45	7	49
39	137.2	38	-1	1
40	161.2	41	1	1
41	200	48	7	49
42	209.1	49	7	49
43	209.8	50	7	49
44	213.8	51	7	49
45	166	43	-2	4
46	160.1	40	-6	36
47	167.6	44	-3	9
48	174.91	47	-1	1
49	171.76	46	-3	9
50	145.74	39	-11	121
51	163.47	42	-9	81
52	225.56	52	0	0
53	239.9	53	0	0
54	243.5	54	0	0

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى: الجدول رقم 06.

$$\sum_{t=1}^{t} d_t^2 = 2424$$

- اختبار دلالة هذا المعامل باستخدام توزيع سبيرمان للعينات الصغيرة أو التوزيع الطبيعي للعينات الكبيرة، حيث:

$$r_s = 1 - \frac{6\sum_{t=1}^{t} d_t^2}{T(T^2-1)} = 1 - \frac{6 * 2424}{54(54^2-1)} = 1 - \frac{14544}{157410} = 0.9076$$

صيغة الاختبار:

في العينات الكبيرة m>30

H_0 السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام) ... نقبلها إذا كان $|Z| = \frac{r_s}{\sigma_{r_s}} < Z_{1-(\frac{\alpha}{2})}$

H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.

$$\sigma_{r_s} = \frac{1}{\sqrt{T-1}} = \frac{1}{\sqrt{54-1}} = \frac{1}{7.28} = 0.1374$$

حساب Z المحسوبة:

$$|Z| = \frac{r_s}{\sigma_{r_s}} = \frac{0.9076}{0.1374} = 6.605$$

استخراج Z الجدولية عند مستوى معنوية: $\alpha = 5\%$

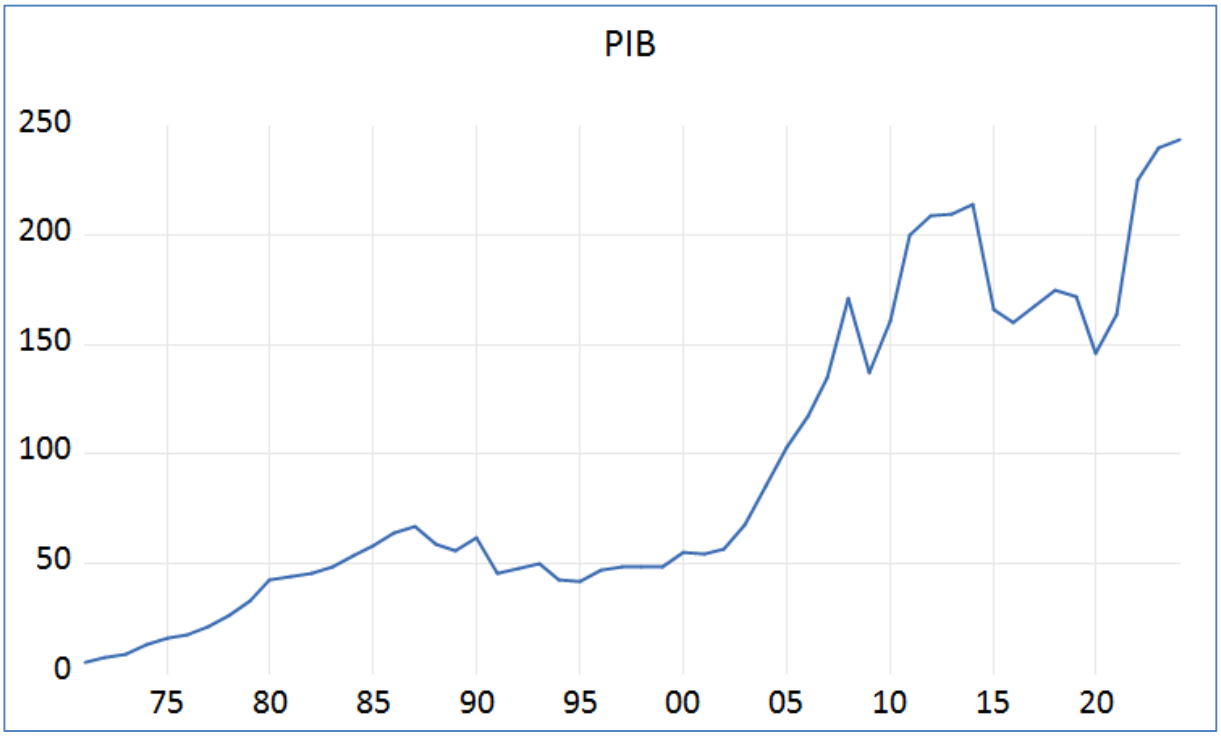
$$Z_{1-(\frac{\alpha}{2})} = Z_{1-(\frac{0.05}{2})} = Z_{0.975} = 1.96$$

$$|Z| = \frac{r_s}{\sigma_{r_s}} > Z_{1-(\frac{\alpha}{2})}$$

اختبار الفرضيات:

بما أن القيمة المحسوبة لـ Z أكبر من قيمتها الجدولية فإننا نرفض الفرضية الصفرية H_0 والتي تنص على أن السلسلة عشوائية (لا يوجد مركبة الاتجاه العام) ونقبل الفرضية البديلة H_1 يوجد مركبة الاتجاه العام.

الشكل رقم 14: التمثيل البياني لتطور الدخل القومي في الجزائر خلال الفترة 1971-2024.



المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى: الجدول رقم 06.

من خلال الرسم البياني للسلسلة الزمنية، يمكن ملاحظة أن السلسلة الزمنية تتجه نحو الزيادة بانتظام من سنة إلى أخرى. هذا يشير إلى وجود مركبة الاتجاه العام.

- اتجاه موجب: يظهر في معظم السنوات، مما يدل على ارتفاع القيم بشكل مستمر.

- اتجاه سالب: يظهر في فترات معينة مثل (2008-2009) و(2014-2016)، حيث شهدت السلسلة انخفاضاً ملحوظاً.

5- تقدير الاتجاه العام

يمثل الاتجاه العام في السلسلة الزمنية التغيرات طويلة المدى في قيم السلسلة. قياس الاتجاه العام مهم لعدة أسباب، منها:

- معرفة كيفية تطور الظاهرة على المدى الطويل.
- التنبؤ بالقيم المستقبلية.
- إزالة أثر الاتجاه العام من السلسلة لدراسة التغيرات الأخرى بشكل أفضل.

يمكن تحليل الاتجاه العام من خلال:

- **استخدام النماذج الرياضية (Mathematical Models):** مثل نموذج الانحدار (Regression Model) لتحليل البيانات وتحديد الاتجاهات.
- **تقدير الاتجاه (Trend Estimation):** يمكن أن يتم من خلال تقنيات مثل التحليل الانحداري (Regression Analysis) أو استخدام المتوسطات المتحركة (Moving Averages)لتحديد الاتجاه العام بوضوح.

يساعد تقدير الاتجاه العام في توقع الاتجاهات المستقبلية.(Forecasting Future Trends)

يمكن أن يكون مفيدًا في اتخاذ القرارات الاستراتيجية (Strategic Decision Making) في الأعمال والاقتصاد.

تعتبر مركبة الاتجاه العام من العناصر الأساسية في تحليل السلاسل الزمنية، حيث تلعب دوراً مهماً في عمليات التنبؤ بالقيم المستقبلية للظواهر. يساعد تحديد الاتجاه العام في فهم الاتجاهات طويلة الأمد التي قد تؤثر على النتائج (أبو عمة و هندي، 1995، الصفحات 198-199).

يمكن تقدير الاتجاه العام بعدة طرق، من أبرزها:

- **طريقة المربعات الصغرى العادية:** تُستخدم هذه الطريقة لإيجاد أفضل خط يتناسب مع البيانات من خلال تقليل مجموع مربعات الفروق بين القيم الفعلية والقيم المتوقعة.
- **طريقة التمهيد الأسي:** تستخدم هذه الطريقة لتقدير الاتجاه العام من خلال نمذجة البيانات بطريقة تأخذ في الاعتبار النمو المتسارع.
- **طريقة المتوسطات المتحركة:** تعتمد هذه الطريقة على حساب متوسط القيم ضمن فترات زمنية محددة، مما يساعد في تخفيف التقلبات القصيرة الأجل.

وسنفترض هنا أن بيانات السلسلة الزمنية يمكن تجزئتها إلى مركبتين فقط إحداهما أساسية وهي مركبة الاتجاه العام والأخرى ثانوية وهي مركبة التقلبات غير المنتظمة وهي غير قابلة للتقدير والقياس والتنبؤ، كما تجدر الإشارة إليه أننا نفترض أن السلسلة خالية من المؤثرات الموسمية.

الفصل الثالث : مركبة الفصلية

1- مفاهيم حول مركبة الفصلية

تُعرف الحركات التذبذبية بأنها تغيرات موسمية إذا كانت فترة التذبذب تساوي سنة واحدة، لا يمكن اعتبار التغيرات الموسمية إذا كان الفاصل الزمني بين الملاحظات المتتالية أكبر من سنة واحدة، فهي تعتبر تغيرات دورية.

1-1- أسباب التغيرات الموسمية

الأسباب الرئيسية للتغيرات الموسمية هي (Bhardwaj R S, 2008, p. 389):

- الظروف المناخية: تؤثر التغيرات في الظروف المناخية على قيمة المتغير، والتغيرات الناتجة تُعرف بالتغيرات الموسمية. على سبيل المثال مبيعات المشروبات الغازية عادةً ما تشهد مبيعات المشروبات الغازية زيادة ملحوظة خلال فصل الصيف، حيث يميل الناس إلى استهلاكها بكثرة في الأيام الحارة. على سبيل المثال، قد ترتفع مبيعات العصائر والمشروبات الباردة خلال أشهر جوان وجويلية وأوت، بينما تنخفض في فصول السنة الأخرى، مثل الشتاء، حيث يفضل الناس المشروبات الساخنة مثل الشاي والقهوة.
- العادات والتقاليد: قد تساهم العادات والتقاليد لدى المجتمعات في ظهور التغيرات الموسمية في السلاسل الزمنية. على سبيل المثال، الطلب على رحلات العمرة في شهر رمضان تشهد ذروة، وهي تغييرات ناتجة عن العادات والتقاليد لدى المسلمين خاصة لما يكون في هذا الشهر الأجر المضاعف.

الأهداف الرئيسية لقياس التغيرات الموسمية هي:

- تحليل التغيرات الموسمية السابقة.
- التنبؤ بقيمة التغير الموسمي الذي قد يكون مفيدًا في التخطيط على المدى القصير.
- القضاء على تأثير التغيرات الموسمية من البيانات.

2- الكشف عن مركبة الفصلية (الموسمية)

2-1-الكشف عن طريق المنحنى البياني:

يمكن الكشف عن الفصلية أو الموسمية عن طريق المنحنى البياني من خلال خبرة الباحث في مجال الملاحظة الدقيقة للقمم والانخفاضات في مواسم محددة من السنة، في الشكل رقم 15، نلاحظ منحنى السلسلة الزمنية للطلب السياحي ممثلا بعدد الوافدين، حيث يبلغ ذروته خلال جويلية وأوت من كل سنة. كما يمكن ملاحظة ذروة ثانية في رأس السنة الميلادية. ويعود هذا التغير الموسمي إلى مجموعة من العوامل كالعطل السنوية ودرجة الحرارة الملائمة للسياحة الشاطئية مثلا.

الشكل 15: عدد الوافدين من جانفي 2019 الى سبتمبر 2023.

المصدر: مثال من إعداد الباحث.

2-2– الكشف عن طريق الاختبارات الحرة:

يمكن التطرق إلى اختبار Kruskall-Wallis للكشف عن المركبة الموسمية، من خلال معامل KW:

$$KW = \frac{12}{T(T+1)}\left[\sum_{i=1}^{P}\frac{R_i^2}{n_i}\right] - 3(T+1) \rightarrow \chi^2_{(p-1)}$$

حيث: R_i^2 مربع مجموع رتب المشاهدات المقابلة للفصل i

n_i عدد المشاهدات المقابلة للفصل i

P تعبر عن الدورة =4 في المشاهدات الفصلية، 12 في المشاهدات الشهرية، ...الخ.

KW يتبع توزيع كاي تربيع بدرجة حرية P-1 ..... $\chi^2_{(p-1)}$

ملاحظة: إن إزالة المركبة الفصلية او الموسمية يكون بعد إزالة مركبة الاتجاه العام من السلسلة من خلال الفروق (سوف نتطرق إليها لاحقا).

صيغة الاختبار:

H_0 السلسلة عشوائية (لا فصلية)

H_1 توجد فصلية.

نقبل الفرضية الصفرية (H_0) إذا كان $KW > \chi^2_{(p-1)}$

جدول القيم الحرجة لتوزيع كاي تربيع في الملحق رقم 5.

3-2- الكشف عن طريق دالة الارتباط الذاتي (AR):

تعتمد على فكرة الارتباط بين المشاهدات وفي فترات مختلفة، حيث تظهر الفصيلة في الرسم البياني لهذه الدالة في شكل قمم وانخفاضات في فترات زمنية تعادل p ، أي أنه تظهر قمة في دورة تعادلp ونفس الشيء بالنسبة للانخفاضات، يتم حساب معاملات دالة الارتباط الذاتي للمتغير وفق العلاقة التالية حيث k=1.2.3…k و K تمثل بالتقريب ربع حجم العينة T/4

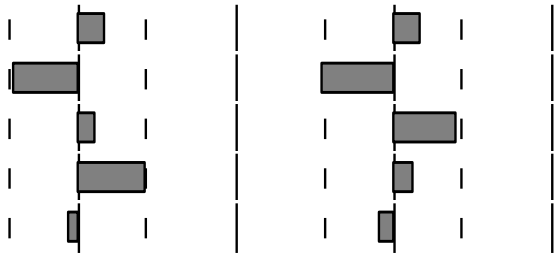
$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{T}(y_t - \bar{y})(y_{t-1} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^{T}(y_t - \bar{y})^2}$$

من خلال التمثيل البياني لمعاملات الارتباط الذاتي يمكن ملاحظة:

أ-الانخفاضات والارتفاعات (القمم) مما يدل على وجود وجود للتأثير الفصلي في السلسلة الزمنية المستخدمة في حساب دالة الارتباط الذاتي تلك. (الشكل رقم 15).
ب- قمم فقط أو انخفاضات فقط: مما يدل على عدم وجود للتأثير الفصلي في السلسلة. (الشكل رقم 17).

الشكل رقم 16:تمثيل دالة الارتباط الذاتي تظهر المركبة الفصلية.

Date: 09/23/23 Time: 18:24
Sample: 1 20
Included observations: 20

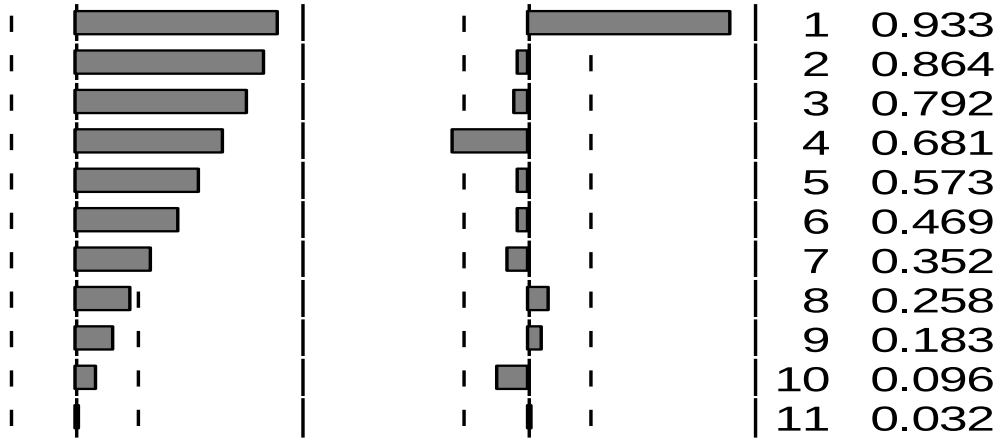


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.186	0.186	0.8034	0.370
		2	-0.414	-0.465	4.9902	0.082
		3	0.122	0.424	5.3724	0.146
		4	0.455	0.127	11.061	0.026
		5	-0.051	-0.084	11.137	0.049

من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

الشكل رقم 17:تمثيل دالة الارتباط الذاتي تظهر المركبة الاتجاه العام.

Date: 09/23/23 Time: 18:28
Sample: 1971 2017
Included observations: 47



Autocorrelation	Partial Correlation		AC
		1	0.933
		2	0.864
		3	0.792
		4	0.681
		5	0.573
		6	0.469
		7	0.352
		8	0.258
		9	0.183
		10	0.096
		11	0.032

من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

4-2– الكشف عن طريق اختبار Buys-Ballot:

يعتبر اختبار تحليل التباين هو الأفضل والأكثر استعمالا (العقاب ، 2018، الصفحات 5-11)، وهو على النحو التالي:

ليكن y_{ij} هو المتغير الذي يقيس قيم الظاهرة المدروسة

حيث i يمثل السنوات i=1,2,3,…,N

j يمثل الفصول ويساوي j=1.2.3.4 أو يمثل الأشهر j=1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12

المتوسط السنوي: $\bar{Y}_i = \sum_{j=1}^{p} \frac{Y_{ij}}{p}$ p عدد الفصول أو عدد الأشهر حسب الحالة

المتوسط الفصلي او الشهري: $\bar{Y}_J = \sum_{i=1}^{n} \frac{Y_{ij}}{N}$ N عدد السنوات

المتوسط الحسابي العام: $\bar{\bar{Y}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\bar{Y}_i}{N}$ أو $\bar{\bar{Y}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\bar{Y}_j}{P}$

ومن ثم يمكن انشاء جدول تحليل التباين:

الجدول رقم 11: جدول تحليل التبيان.

مجموع المربعات	درجات الحرية	نوع التباين	قيمة التباين
$S_p = N\sum_{j=1}^{p}(\bar{Y}_j - \bar{\bar{Y}})^2$	(p-1)	تباين فصلي	$V_{p=}S_p/(p-1)$
$S_A = P\sum_{i=1}^{N}(\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})^2$	(N-1)	تباين سنوي	$V_{A=}S_A/(N-1)$
$S_R = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{p}(Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{\bar{Y}})^2$	(p-1) (N-1)	تباين البواقي	$V_{R=}S_R/(p-1)(N-1)$

صيغة الاختبار:

H_0 السلسلة عشوائية (لا توجد مركبة فصلية)

H_1 توجد مركبة فصلية.

نقبل الفرضية الصفرية (H_0) إذا كان:

$$F_{calc} < F_{table\left(\frac{(p-1)}{(p-1)(N-1)}\right),}$$

حيث:

$$F_{calc} = \frac{VP}{VR}$$

يمكن اختبار وجود مركبة الاتجاه العام كذلك من خلال:

H_0 السلسلة عشوائية (لا توجد مركبة الاتجاه العام) ... نقبلها إذا كان $F_{calc} < F_{table\left(\frac{(p-1)}{(p-1)(N-1)}\right),}$

H_1 توجد مركبة الاتجاه العام.

$$F_{calc} = \frac{VA}{VR}$$

جدول قيم فيشر تجدونه في الملاحق رقم 6-7-8:

مثال:

لنفرض أن حجم مبيعات شركة تايال المتخصصة في صناعات النسيج بسيدي خطاب، مبينة في الجدول التالي:

الجدول رقم 12: حجم مبيعات تايال.

Q4	Q3	Q2	Q1	years
350	355	340	317	2021
424	496	429	386	2022
491	573	533	422	2023
541	651	571	521	2024

المصدر: من اعداد الباحث على سبيل المثال.

المطلوب:

1. اختبر إمكانية وجود مركبة الاتجاه العام ضمن السلسلة المدروسة بمستوى معنوية 5%.
2. اختبر إمكانية وجود المركبة الفصلية ضمن السلسلة المدروسة بمستوى معنوية 5%.

الحل:

1/ المتوسطات السنوية: $\bar{Y}_i = \sum_{j=1}^{p} \frac{Y_{ij}}{p}$ p عدد الفصول

2/ المتوسطات الفصلية: $\bar{Y}_J = \sum_{i=1}^{n} \frac{Y_{ij}}{N}$ N عدد السنوات

3/ المتوسط الحسابي العام: $\bar{\bar{Y}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\bar{Y}_i}{N} = 449$ أو $\bar{\bar{Y}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\bar{Y}_j}{P}$

الجدول رقم 13: نتائج حساب المتوسطات.

YEARS	Q1	Q2	Q3	Q4	المتوسط السنوي $\bar{Y}_i$
2022	317	340	355	350	340,50
2023	386	429	496	424	433,75
2024	422	533	573	491	504,75
2021	521	571	651	541	571,00
المتوسط الفصلي $\bar{Y}_J$	411,50	468,25	518,75	451,50	$\bar{\bar{Y}}$ =**462.50**

المصدر: من اعداد الباحث.

4/ حساب SA و VA: نلاحظ من الجدول أن مجموع $\sum_{i=1}^{N}(\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})^2 = 29267{,}875$

الجدول رقم 14: حساب SA و VA.

$(\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})$	$(\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})^2$
-122,00	14884
-28,75	826,5625
42,25	1785,0625
108,50	11772,25
$\sum_{i=1}^{N}(\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}})^2$	29267,875

المصدر: من اعداد الباحث.

$$S_A = \mathrm{P}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}}(\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{i}} - \overline{\overline{Y}})^2 = 4X29267{,}875 = 117071{,}5$$

$$V_A = \frac{S_A}{N-1} = \frac{117071{,}5}{4-1} = 39023.83$$

5/ حساب SP و VP نلاحظ من الجدول أن مجموع $\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{p}}(\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{j}} - \overline{\overline{Y}})^2 = 5919.125$

الجدول رقم 15: حساب SP و VP

$(\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{j}} - \overline{\overline{Y}})$	$(\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{j}} - \overline{\overline{Y}})^2$
-11	121
56,25	3164,0625
5,75	33,0625
-51	117722601,25
$\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{p}}(\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{j}} - \overline{\overline{Y}})^2 =$	5919,125

المصدر: من اعداد الباحث.

$$S_p = \mathrm{N}\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{p}}(\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{j}} - \overline{\overline{Y}})^2 = 4X5919.125 = 23676.5$$

$$V_p = \frac{S_p}{p-1} = \frac{23676.5}{4-1} = 7892.16$$

6/ حساب SR وVR

الجدول رقم 16: حساب SR وVR

$(\boldsymbol{Y_{ij}} - \overline{\boldsymbol{Y}}_{\boldsymbol{i}} - \overline{\mathbf{Y}}_{\mathbf{j}} + \overline{\overline{\boldsymbol{Y}}})$			
20,5	-6,25	-41,75	**20,50**
3,25	-10,50	6,00	**1,25**
-31,75	22,50	12,00	**-2,75**
1,00	-5,75	23,75	**-19,00**

$(Y_{ij} - \overline{Y}_i - \overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{j}} + \overline{\overline{Y}})^2$			
420,25	39,0625	1743,0625	420,25
10,5625	110,25	36	1,5625
1008,0625	506,25	144	7,5625
1	33,0625	564,0625	361
1439,875	688,625	2487,125	790,375

المصدر: من اعداد الباحث.

$$S_R = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{p}(Y_{ij} - \overline{Y}_i - \overline{Y}_j + \overline{\overline{Y}})^2 = 5406$$

$$V_R = \frac{S_R}{(p-1)(N-1)} = \frac{5406}{(4-1)(4-1)} = 600.66$$

الاختبار:

أ/ الكشف عن مركبة الفصلية:

H_0 السلسلة عشوائية (لا فصلية) ... نقبلها إذا كان $F_{calc} < F_{table\left(\substack{(p-1)\\(p-1)(N-1)}\right)}$,

H_1 توجد فصلية.

$$F_{calc} = \frac{VP}{VR} = \frac{7892.16}{600.66} = 13.14$$

$$F_{table\left(\substack{(p-1)\\(p-1)(N-1)}\right)} = F_{table\left(\substack{(3)\\(9)}\right)} = 3.86$$

$$F_{calc} > F_{table\left(\substack{(p-1)\\(p-1)(N-1)}\right)},$$

نرفض H_0 ,نقبل الفرضية H_1 توجد فصلية.

ب/ الكشف عن مركبة الاتجاه العام:

يمكن اختبار وجود مركبة الاتجاه العام كذلك من خلال:

H_0 السلسلة عشوائية (لا توجد مركبة الاتجاه العام) ... نقبلها إذا كان $F_{calc} < F_{table\left(\substack{(p-1)\\(p-1)(N-1)}\right)}$,

H_1 توجد مركبة الاتجاه العام.

$$F_{calc} = \frac{VA}{VR} = \frac{39023.83}{600.66} = 64.96$$

$$F_{table\left(\substack{(p-1)\\(p-1)(N-1)}\right)} = F_{table\left(\substack{(3)\\(9)}\right)} = 3.86$$

نرفض H_0 ,نقبل الفرضية H_1 توجد مركبة الاتجاه العام.

3- طريقة إزالة المركبة الفصلية بواسطة المتوسطات المتحركة البسيطة (Moving Average)

من اجل نزع المركبة الفصلية من السلسلة المدروسة نتبع الخطوات التالية:

1/ نقدر قيم المتوسطات المتحركة: E_t

اذا كان L يمثل عدد الفصول أو عدد الأشهر

ونميز حالتين:

الحالة 1: L عدد زوجي L=2m

$$E_t = \frac{1}{2m}\left[\frac{1}{2}Y_{t-m} + \sum_{i=-m+1}^{i=m-1} Y_{t+i} + \frac{1}{2}Y_{t+m}\right]$$

الحالة 2: L عدد فردي L=2m+1

$$E_t = \frac{1}{2m+1}\left[\sum_{i=-m}^{i=m} Y_{t+i}\right]$$

مثال: L=4 فإن:

$$\hat{E}_{t1} = \frac{\frac{1}{2}y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + \frac{1}{2}y_5}{4}$$

2/ تحديد معاملات الموسمية:

- في حالة النموذج الجمعي:

$$S_t = y_t - \hat{E}_t$$

- في حالة النموذج الجدائي:

$$S_t = y_t / \hat{E}_t$$

3/ نقوم بحساب متوسطات الفصول S_j^*

4/ نحسب متوسط متوسطات الفصول: $\bar{S}_j^*$ ويجب أن نتحقق بانه يساوي الصفر في النموذج الجمعي ويساوي الواحد في النموذج الجدائي.

5/ إذا $\bar{S}_j^*$ كان لا يساوي الصفر في الجمعي ولا يساوي 1 في النموذج الجدائي:

- في حالة النموذج الجمعي.

نحسب:

$$\hat{S}_j^* = S_j^* - \bar{S}_j^*$$

- في حالة النموذج الجدائي.

نحسب:

$$\hat{S}_j^* = S_j^* / \bar{S}_j^*$$

6/ حساب قيم $y_{svs_{ij}}$ والتي تمثل قيم السلسلة الزمنية المنزوعة المركبة الفصلية.

حيث:

- في **النموذج الجمعي** :

$$y_{svs_{ij}} = y_{ij} - S_j^*$$

- **في النموذج الجدائي:**

$$y_{svs_{ij}} = y_{ij} / S_j^*$$

أو:

- في **النموذج الجمعي** :

$$y_{svs_{ij}} = y_{ij} - \hat{S}_j^*$$

- **في النموذج الجدائي:**

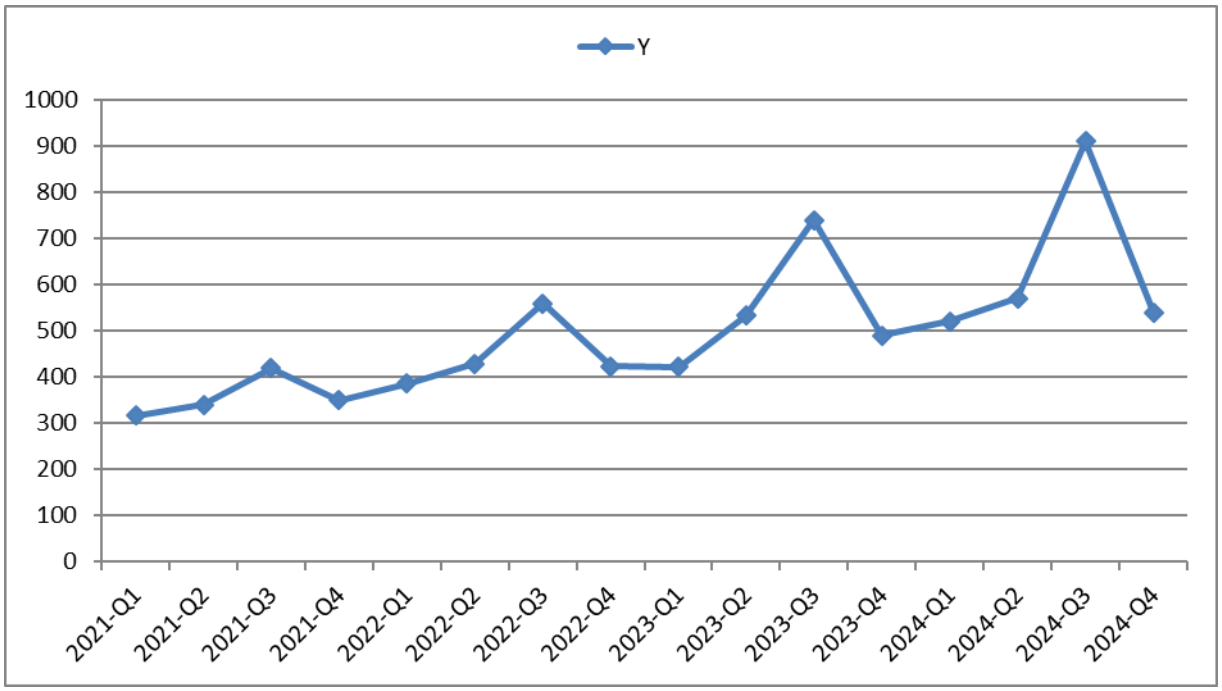
$$y_{svs_{ij}} = y_{ij} / \hat{S}_j^*$$

(هذه العلاقة نستخدمها في حالة $\bar{S}_j^*$ لا يساوي الصفر في الجمعي ولا يساوي 1 في النموذج الجدائي)

مثال:

نفس المثال السابق (الجدول الذي يوضح حجم مبيعات شركة تايال).

الشكل رقم 18: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية حسب مثال الكشف عن الموسمية.



المصدر: من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

من التمثيل البياني يبدو بأن النموذج هو علاقة جدائية بين مركبات السلسلة الزمنية.

الجدول رقم 17: حجم مبيعات تايال.

Y_t	t
317	2021-Q1
340	2021-Q2
420	2021-Q3
350	2021-Q4
386	2022-Q1
429	2022-Q2
560	2022-Q3
424	2022-Q4
422	2023-Q1
533	2023-Q2
740	2023-Q3
491	2023-Q4
521	2024-Q1
571	2024-Q2
911	2024-Q3
541	2024-Q4

المصدر: من إعداد الباحث.

1/ نقدر قيم المتوسطات المتحركة: E_t

بما أن L عدد زوجي L=2m

$$E_t = \frac{1}{2m}\left[\frac{1}{2}Y_{t-m} + \sum_{i=-m+1}^{i=m-1} Y_{t+i} + \frac{1}{2}Y_{t+m}\right]$$

$$E_t = \frac{1}{4}\left[\frac{1}{2}317 + (340 + 420 + 350) + \frac{1}{2}386\right] = 365.375$$

الجدول رقم 18: نتائج حساب قيم المتوسطات المتحركة.

E_t	Y	T
	317	2021-Q1
	340	2021-Q2
365.375	420	2021-Q3
385.125	350	2021-Q4
413.750	386	2022-Q1
440.500	429	2022-Q2
454.250	560	2022-Q3
471.750	424	2022-Q4
507.250	422	2023-Q1
538.125	533	2023-Q2
558.875	740	2023-Q3
576.000	491	2023-Q4
602.125	521	2024-Q1
629.750	571	2024-Q2
	911	2024-Q3
	541	2024-Q4

المصدر: من إعداد الباحث.

2/ تحديد معاملات الموسمية: $S_t = y_t/\hat{E}_t$ حالة النموذج الجدائي.

يمكن توضيح كيفية حساب معاملي الموسمية (S_3) و(S_4) على سبيل المثال:

$$S_3 = \frac{y_3}{\hat{E}_3} = \frac{420}{365.375} = 1.02$$

$$S_4 = \frac{y_4}{\hat{E}_4} = \frac{350}{385.125} = 0.91$$

الجدول رقم 19: نتائج حساب قيم معاملات الموسمية.

S_t	E_t	Y	T
		317	2021-Q1
		340	2021-Q2
1.15	365.375	420	2021-Q3
0.91	385.125	350	2021-Q4

0.93	413.750	386	2022-Q1
0.97	440.500	429	2022-Q2
1.23	454.250	560	2022-Q3
0.90	471.750	424	2022-Q4
0.83	507.250	422	2023-Q1
0.99	538.125	533	2023-Q2
1.32	558.875	740	2023-Q3
0.85	576.000	491	2023-Q4
0.87	602.125	521	2024-Q1
0.91	629.750	571	2024-Q2
		911	2024-Q3
		541	2024-Q4

المصدر: من إعداد الباحث.

3/ نقوم بحساب متوسطات الفصول S_j^*

$$S_{j=1}^* = \frac{Q_1(2022) + Q_1(2023) + Q_1(2024)}{3} = \frac{0.93 + 0.83 + 0.87}{3} = 0.877$$

$$S_{j=2}^* = \frac{Q_2(2022) + Q_2(2023) + Q_2(2024)}{3} = \frac{0.97 + 0.99 + 0.91}{3} = 0.957$$

$$S_{j=3}^* = \frac{Q_3(2021) + Q_3(2022) + Q_3(2023)}{3} = \frac{1.15 + 1.23 + 1.32}{3} = 1.233$$

$$S_{j=4}^* = \frac{Q_4(2021) + Q_4(2022) + Q_4(2023)}{3} = \frac{0.91 + 0.90 + 0.85}{3} = 0.887$$

4/ نحسب متوسط متوسطات الفصول: $\bar{S}_j^*$

$$\bar{S}_j^* = \frac{0.877 + 0.957 + 1.233 + 0.887}{4} = 0.9885$$

بما أن $\bar{S}_j^*$ لا يساوي 1 في النموذج الجدائي فاننا أمام حساب:

$$\hat{S}_j^* = S_j^* / \bar{S}_j^*$$

$$\hat{S}_{j=1}^* = \frac{S_{j=1}^*}{\bar{S}_j^*} = \frac{0.877}{0.9885} = 0.887$$

$$\hat{S}_{j=2}^* = \frac{S_{j=2}^*}{\bar{S}_j^*} = \frac{0.957}{0.9885} = 0.968$$

$$\hat{S}_{j=3}^* = \frac{S_{j=3}^*}{\bar{S}_j^*} = \frac{1.233}{0.9885} = 1.247$$

$$\hat{S}_{j=4}{}^{*} = \frac{S_{j=4}{}^{*}}{\bar{S}_{j}{}^{*}} = \frac{0.887}{0.9885} = 0.897$$

6/ حساب قيم $y_{svs_{ij}}$ والتي تمثل قيم السلسلة الزمنية المنزوعة المركبة الفصلية.

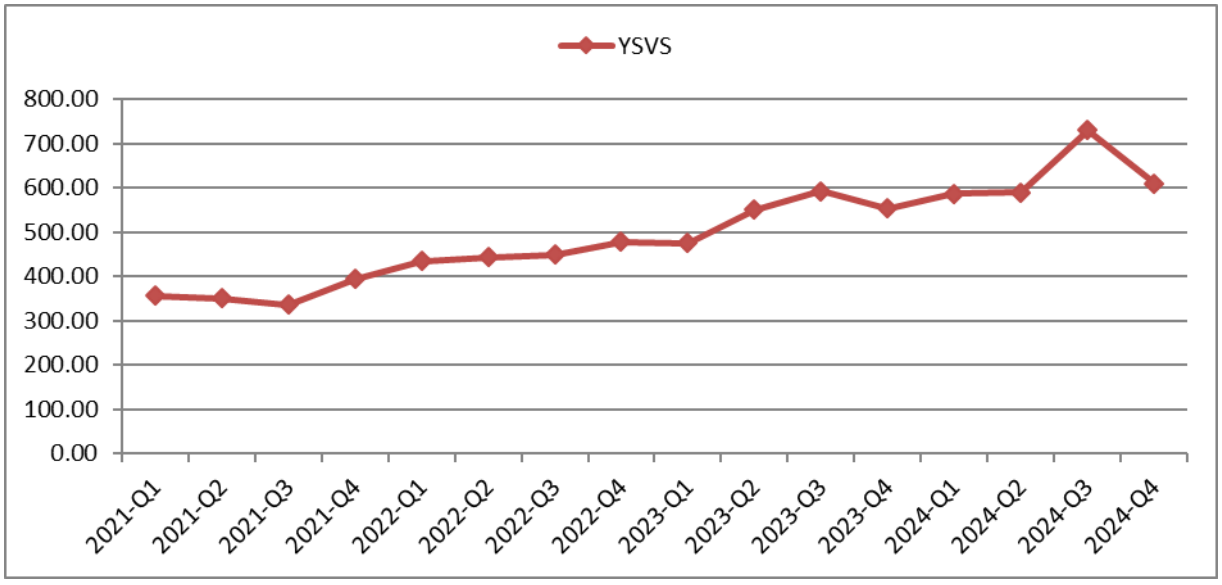
في **النموذج الجدائي** $y_{svs_{ij}} = y_{ij} / S_{j}{}^{*}$

الجدول رقم 20: نتائج حساب قيم السلسلة الزمنية منزوعة الموسمية.

Y_{SVS}	$\hat{S}_{j}{}^{*}$	$S_{j}{}^{*}$	S_t	E_t	Y	T
357.38	0.887	0.92			317	Q1-2021
351.24	0.968	1.03			340	Q2-2021
336.81	1.247	1.09	1.15	365.375	420	Q3-2021
390.19	0.897	0.94	0.91	385.125	350	Q4-2021
435.17	0.887	0.92	0.93	413.750	386	Q1-2022
443.18	0.968	1.03	0.97	440.500	429	Q2-2022
449.08	1.247	1.09	1.23	454.250	560	Q3-2022
472.69	0.897	0.94	0.90	471.750	424	Q4-2022
475.76	0.887	0.92	0.83	507.250	422	Q1-2023
550.62	0.968	1.03	0.99	538.125	533	Q2-2023
593.42	1.247	1.09	1.32	558.875	740	Q3-2023
547.38	0.897	0.94	0.85	576.000	491	Q4-2023
587.37	0.887	0.92	0.87	602.125	521	Q1-2024
589.88	0.968	1.03	0.91	629.750	571	Q2-2024
730.55	1.247	1.09			911	Q3-2024
603.12	0.897	0.94			541	Q4-2024

المصدر: من إعداد الباحث.

الشكل رقم 19: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية منزوعة مركبة الموسمية.



من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

الفصل الرابع: نماذج التنبؤ بالسلاسل الزمنية

1- طريقة المربعات الصغرى العادية

أسلوب الانحدار من أهم الطرق التقليدية في تقدير الاتجاه العام. ويعتمد الأسلوب على تحديد معادلة رياضية غير عشوائية $f(t)$ لتمثيل الاتجاه العام (الشعراوي، 2005، الصفحات 48-56)، ومن ثم يفترض هذا الأسلوب أن النموذج الملائم لدراسة تطور الظاهرة يمكن كتابته على الشكل:

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t$$

حيث: $f(t)$ دالة في الزمن تمثل مركبة الاتجاه العام.

هناك عدة أنواع من الدوال $f(t)$ المستخدمة في أسلوب الانحدار، وتعتمد على طبيعة البيانات والسلوك المتوقع للظاهرة. من أبرز الأنواع (Glyn & Pecar, 2013, p. 423):

- **الدالة الخطية Linear Trend Model**

الشكل :

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$$

حيث :

- y_t هي قيمة السلسلة الزمنية في الوقت t
- β_0 هو الثابت المتجه على طول المحور y
- β_1 هو معامل الميل
- t هو الزمن

يتم تقدير قيم معاملات المعادلة β_0 و β_1 باستخدام طريقة المربعات الصغرى Ordinary Least Squares. وتتمثل هذه الطريقة في اختيار قيم معاملات المعادلة بحيث تكون مجموع مربعات الفروق بين القيم الفعلية للسلسلة الزمنية والقيم المتوقعة لها وفق المعادلة هي أقل ما يمكن.

تُستخدم عندما يكون هناك ارتباط خطي بين الزمن والقيمة. كما تُستخدم الدالة الخطية في حالات متعددة، مثل:

- توقع الاتجاهات: مثل توقع مبيعات منتج مع مرور الوقت.
- تحليل البيانات: لفهم العلاقة بين متغيرين، مثل الوقت والإنتاجية.
- النمذجة الاقتصادية: لتحليل التغيرات في العوامل الاقتصادية.

تتميز الدالة الخطية بـ:

- الاستمرارية: الدالة الخطية مستمرة ولا تحتوي على انقطاعات.
- البساطة: سهولة الفهم والتحليل.
- التنبؤ: يمكن استخدامها لتوقع قيم جديدة بناءً على البيانات السابقة.

- **الدالة التربيعية:**

الشكل :

$$f(t) = a + bt + ct^2$$

تُستخدم عندما يُظهر الاتجاه تغيرًا غير خطي مع الزمن.

- **الدالة الأسية:**

الشكل :

$$f(t) = ae^{bt}$$

تُستخدم لنمذجة الظواهر التي تنمو أو تتناقص بشكل متسارع.

- **الدالة اللوغاريتمية:**

الشكل :

$$f(t) = a + bln(t)$$

تُستخدم عندما يكون هناك تأثير متناقص مع الزمن.

- **الدوال الموسمية:**

تُستخدم في تحليل البيانات التي تُظهر أنماطًا موسمية، مثل دوال جيب التمام أو دوال جيب الزاوية.

- **الدوال المركبة:**

قد تشمل مزيجًا من الدوال السابقة، مثل الجمع بين الدالة الخطية والموسمية.

أولا: طريقة المعادلات الطبيعية

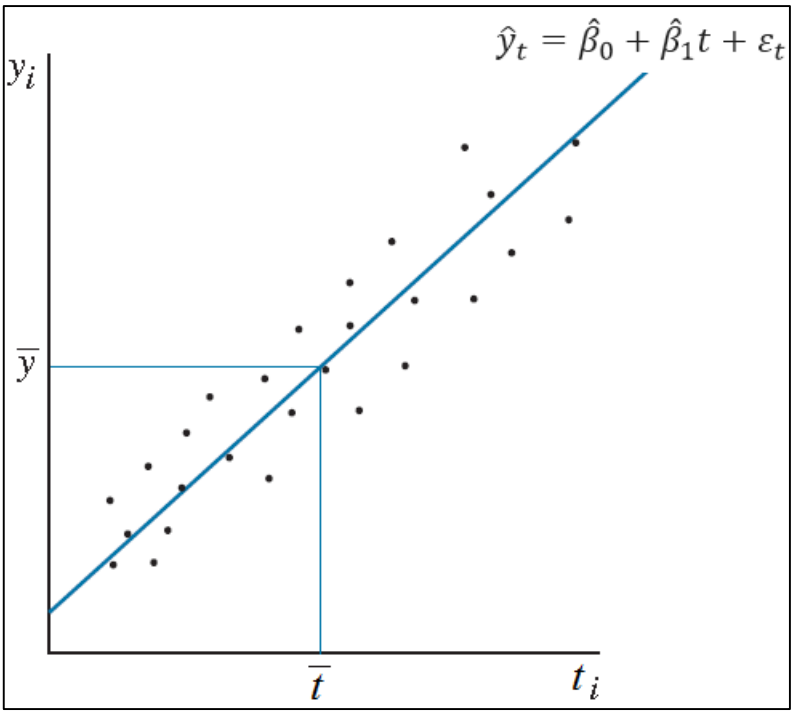
تستخدم المعادلات الطبيعية في تقدير الاتجاه العام للظواهر المختلفة من خلال عدة خطوات:

- **تحديد النموذج:** قد يكون النموذج عبارة عن دالة خطية أو غير خطية، لذلك وجب على الباحث تحديد بدقة نموذج رياضي للعلاقة بين البيانات المتغير (y_t) والزمن (t).

يمكن تحديد هذه العلاقة من خلال شكل الانتشار والذي يميز بعض النماذج الشائعة، من خلال إنشاء رسم بياني يُظهر المتغير (y_t) على المحور الرأسي (Y-axis) والزمن (t) على المحور الأفقي (X-axis) هذا سيساعد على رؤية شكل الانتشار.

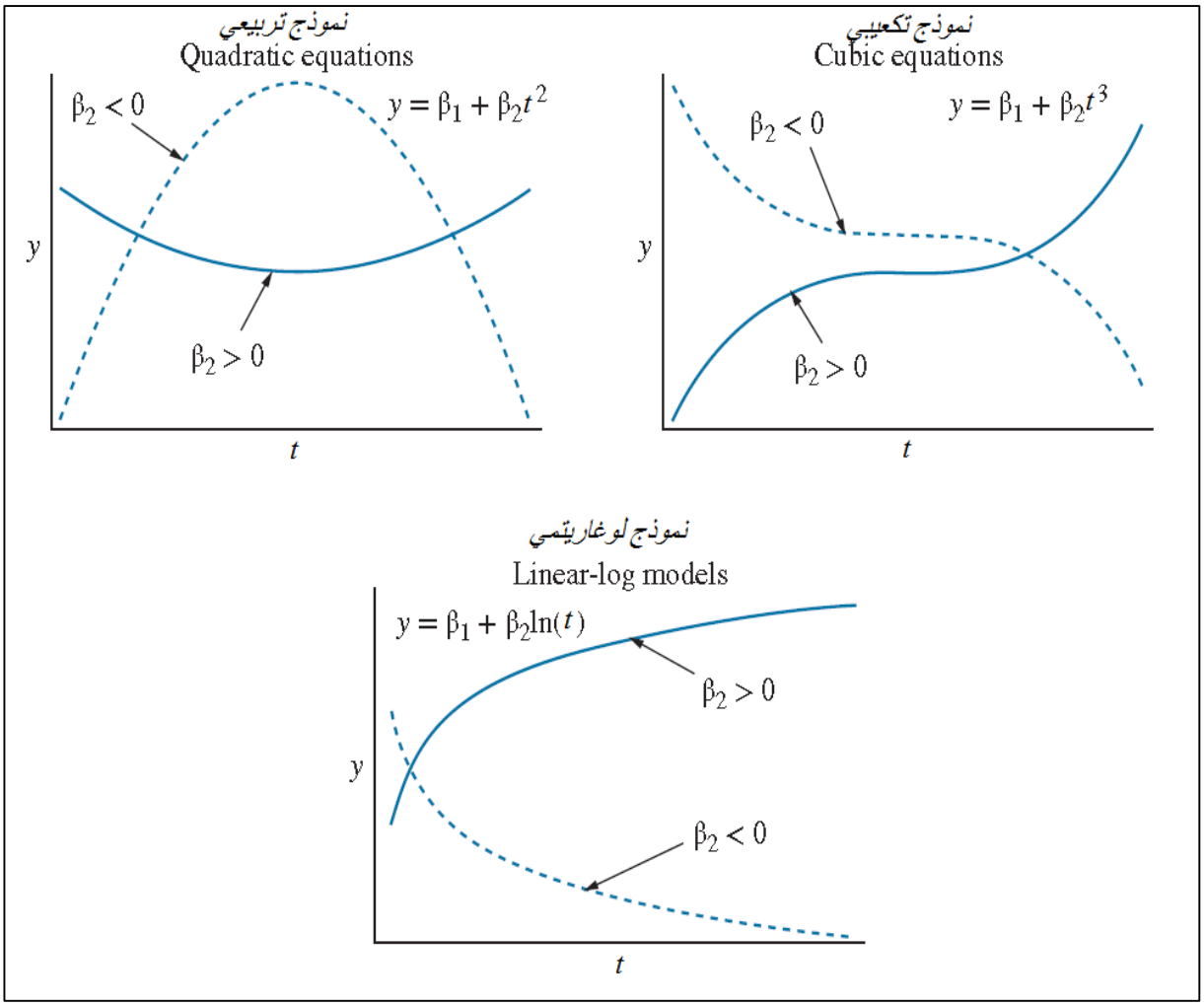
وكما ذكرنا سابقا يمكن تمييز نوع النموذج الرياضي للعلاقة بين المتغير (y_t) والزمن (t) كما هو مبين في الأشكال.

الشكل رقم 20: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية على شكل دالة خطية.



source: (Hill, William, & Guay, 2018, p. 71)

الشكل رقم 21: شكل انتشار النماذج الأخرى الشهيرة.



source: (Hill, William, & Guay, 2018, p. 162)

- **تقدير المعاملات:** المعاملات هي القيم الثابتة في النموذج الرياضي التي تحدد شكل العلاقة بين المتغيرات. في نموذج مثل:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$$

المعاملات في هذه الدالة هي β_0 و β_1 حيث :

- y_t هي قيمة السلسلة الزمنية في الزمن t
- β_0 هو الثابت المتجه على طول المحور y
- β_1 هو معامل الميل
- t هو الزمن

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t + \varepsilon_t$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=0}^{n}(t_i - \bar{t})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=0}^{n}(t_i - \bar{t})^2}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{t}$$

- **تقييم النموذج:** يمكن تقييم قوة العلاقة ما بين المتغير التابع (y_t) والزمن (t) باستخدام بعض الأساليب، كمعامل التحديد R^2 مثلا.

- **توقع الاتجاهات المستقبلية:** استخدام النموذج لتوقع القيم المستقبلية للمتغيرات باستخدام معادلة الانحدار المقدرة:

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t + \varepsilon_t$$

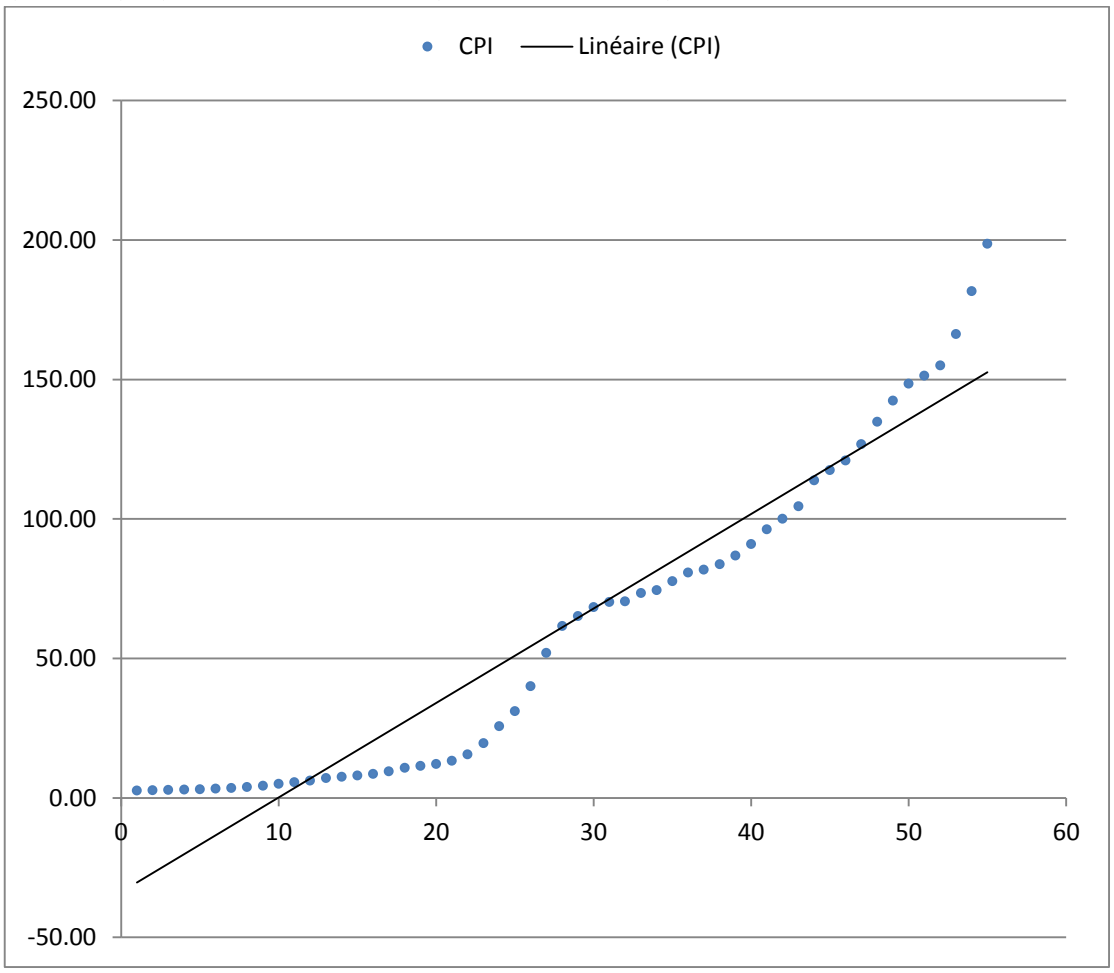
حيث:

$(\hat{y}_t)$ هي قيم (y_t) المقدرة.

مثال:

أسعار الاستهلاك العائلي في الجزائر خلال الفترة: 1969-2023 من (World Bank, 2023).

الشكل رقم 22: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية (أسعار الاستهلاك العائلي في الجزائر).



من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

الجدول رقم21: يبين أسعار الاستهلاك العائلي في الجزائر خلال الفترة: 1969-2023

	t	CPI	$(t_i - \bar{t})$	$(y_i - \bar{y})$	$(t_i - \bar{t})(y_i - \bar{y})$	$(t_i - \bar{t})^2$
1969	1	2.57	-27.00	-58.55	1580.85	729.00

1970	2	2.74	-26.00	-58.38	1517.89	676.00
1971	3	2.81	-25.00	-58.31	1457.71	625.00
1972	4	2.91	-24.00	-58.21	1396.94	576.00
1973	5	3.09	-23.00	-58.03	1334.60	529.00
1974	6	3.24	-22.00	-57.88	1273.37	484.00
1975	7	3.51	-21.00	-57.61	1209.89	441.00
1976	8	3.84	-20.00	-57.28	1145.67	400.00
1977	9	4.30	-19.00	-56.82	1079.65	361.00
1978	10	5.05	-18.00	-56.07	1009.28	324.00
1979	11	5.62	-17.00	-55.50	943.47	289.00
1980	12	6.16	-16.00	-54.96	879.41	256.00
1981	13	7.06	-15.00	-54.06	810.91	225.00
1982	14	7.52	-14.00	-53.60	750.39	196.00
1983	15	7.97	-13.00	-53.15	690.95	169.00
1984	16	8.62	-12.00	-52.50	630.04	144.00
1985	17	9.52	-11.00	-51.60	567.61	121.00
1986	18	10.70	-10.00	-50.42	504.23	100.00
1987	19	11.49	-9.00	-49.63	446.64	81.00
1988	20	12.17	-8.00	-48.95	391.58	64.00
1989	21	13.30	-7.00	-47.82	334.71	49.00
1990	22	15.52	-6.00	-45.60	273.60	36.00
1991	23	19.54	-5.00	-41.58	207.91	25.00
1992	24	25.72	-4.00	-35.40	141.58	16.00
1993	25	31.01	-3.00	-30.11	90.33	9.00
1994	26	40.01	-2.00	-21.10	42.21	4.00
1995	27	51.93	-1.00	-9.19	9.19	1.00
1996	28	61.63	0.00	0.51	0.00	0.00
1997	29	65.16	1.00	4.05	4.05	1.00
1998	30	68.39	2.00	7.27	14.54	4.00
1999	31	70.20	3.00	9.08	27.24	9.00
2000	32	70.44	4.00	9.32	37.28	16.00
2001	33	73.41	5.00	12.30	61.48	25.00
2002	34	74.46	6.00	13.34	80.02	36.00
2003	35	77.63	7.00	16.52	115.61	49.00
2004	36	80.71	8.00	19.59	156.73	64.00
2005	37	81.83	9.00	20.71	186.36	81.00
2006	38	83.72	10.00	22.60	225.98	100.00
2007	39	86.80	11.00	25.68	282.46	121.00
2008	40	91.01	12.00	29.90	358.75	144.00
2009	41	96.24	13.00	35.12	456.52	169.00
2010	42	100.00	14.00	38.88	544.33	196.00
2011	43	104.52	15.00	43.41	651.08	225.00

2012	44	113.82	16.00	52.70	843.18	256.00
2013	45	117.52	17.00	56.40	958.85	289.00
2014	46	120.95	18.00	59.83	1076.95	324.00
2015	47	126.74	19.00	65.62	1246.73	361.00
2016	48	134.84	20.00	73.73	1474.52	400.00
2017	49	142.38	21.00	81.27	1706.57	441.00
2018	50	148.46	22.00	87.34	1921.59	484.00
2019	51	151.36	23.00	90.24	2075.58	529.00
2020	52	155.02	24.00	93.90	2253.56	576.00
2021	53	166.22	25.00	105.10	2627.50	625.00
2022	54	181.62	26.00	120.50	3133.02	676.00
2023	55	198.55	27.00	137.43	3710.66	729.00
	1540	3361.55	$\sum_{i=0}^{n}(t_i-\bar{t})(y_i-\overline{y})$		46951.76	13860.00
$\bar{t}=28$		$\bar{y}$ =61.12				$\sum_{i=0}^{n}(t_i-\bar{t})^2$

المصدر: من إعداد الباحث.

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t + \varepsilon_t$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=0}^{n}(t_i-\bar{t})(y_i-\overline{y})}{\sum_{i=0}^{n}(t_i-\bar{t})^2} = \frac{46951.76}{13860.00} = 3.39$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1\bar{t} = 61.12 - (3.39) * 28 = -33.8$$

اذن نموذج الانحدار هو كالتالي:

$$\boxed{\hat{y}_t = -33.8 + 3.39t + \varepsilon_t}$$

الحد الثابت (-33.8) :هذا يشير إلى القيمة المبدئية لأسعار الاستهلاك العائلي.

معامل الزمن (3.39): هذا المعامل يظهر الزيادة المتوقعة في أسعار الاستهلاك العائلي مع مرور الزمن. كل سنة تزداد أسعار الاستهلاك بمعدل 3.39 وحدة.

ثانيا: طريقة المصفوفة

يمكن التعبير عن العلاقة السابقة $(y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t)$ بالعلاقة الخطية:

$$y_t = X\beta + \varepsilon_t$$

حيث:

ε_t	β	X	y_t
متجه الخطأ العشوائي رتبته n	متجه المعلمات رتبته k	مصفوفة المتغيرات المستقلة رتبتها n*k حيث k=2	متجه المتغير التابع رتبته n

حيث y متجه عمودي من الرتبة n يحتوي على مشاهدات السلسلة. أي أن:

$$y_{t=[y_1,y_2,y_3,\ldots,y_n]}$$

والمصفوفة X من الرتبة nX2 عناصر عمودها الأول كلها تساوي الواحد الصحيح، وعناصر عمودها الثاني هي القيم المختلفة للوحدات الزمنية وتساوي دائما الأعداد 1.2.3....n بغض النظر عن طبيعة الوحدات الزمنية. أي أن :

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ \dots & \dots \\ 1 & n \end{bmatrix}$$

أما المتجه العمودي β من الرتبة 2 ويحتوي على معلمتي النموذج أي: $\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}$

أما المتجه العمودي ε من الرتبة n ويحتوي على المتغيرات ε_t

$$\varepsilon_{t=[\varepsilon 1, \varepsilon 2, \dots, \varepsilon_n]}$$

تقدير متجه الاتجاه العام بطريقة المربعات الصغرى OLS أو MCO هو:

$$\hat{\beta} = (\acute{X}X)^{-1}\acute{X}Y$$

حيث:

$$(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} n & \sum_{t=1}^{n} t \\ \sum_{t=1}^{n} t & \sum_{t=1}^{n} t^2 \end{bmatrix}$$

$$\acute{X}Y = \begin{bmatrix} \sum_{t=1}^{n} y_t \\ \sum_{t=1}^{n} t y_t \end{bmatrix}$$

ويكون متجه القيم المقدرة كالتالي:

$$\hat{Y} = X\hat{\beta}$$

ومتجه البواقي هو:

$$e = \hat{\varepsilon} = Y - \hat{Y}$$

ومجموع مربعات البواقي هو:

$$SSE = e\acute{e} = \sum_{t=1}^{n} e_t^2 = \sum_{t=1}^{n} (y_t - \hat{y}_t)^2 = \acute{Y}Y - \acute{\beta}\acute{X}Y$$

تقدير تباين الأخطاء هو:

$$S^2 = \sigma^2 = \frac{SSE}{n-2}$$

تقدير تباين مقدرات المربعات الصغرى:

$$\hat{V}(\hat{\beta}) = S^2(\acute{X}X)^{-1} = S^2 \, co\,(\acute{X}X)$$

حيث co $(\acute{X}X)$ معكوس $(\acute{X}X)$

$$\text{co}\,(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}$$

اختبار النموذج عند مستوى معنوية 5%

نختبر الفرضية الصفرية كما يلي:

H_0 النموذج غير معنوي ولا توجد علاقة خطية بين المتغير الاقتصادي والزمن.

H_1 النموذج معنوي ويوجد علاقة خطية بين المتغير الاقتصادي والزمن.

نقبل الفرضية الصفرية (H_0) إذا كان:

$$t_{calc} < t_{table\left(\frac{(\alpha)}{(n-2)}\right)}$$

حيث:

$$t_{calc} = \hat{\beta}_t s\sqrt{c_{22}}$$

$(t_{table\left(\frac{(\alpha)}{(n-2)}\right)})$ الجدولية أنظر الملحق 4.

(t_{calc}) المحسوبة.

$(\hat{\beta}_t)$ هو المعامل المقدّر.

(s) هو الانحراف المعياري.

(c_{22}) هو عنصر من مصفوفة التباين والتغاير.

مثال: فيما يلي بيانات حجم الانتاج الزراعي (مليون طن) في مزرعة ذكية.

الجدول رقم22: حجم الانتاج الزراعي (مليون طن).

السنوات	الانتاج الزراعي
2019	7
2020	15
2021	22
2022	34
2023	42
2024	50

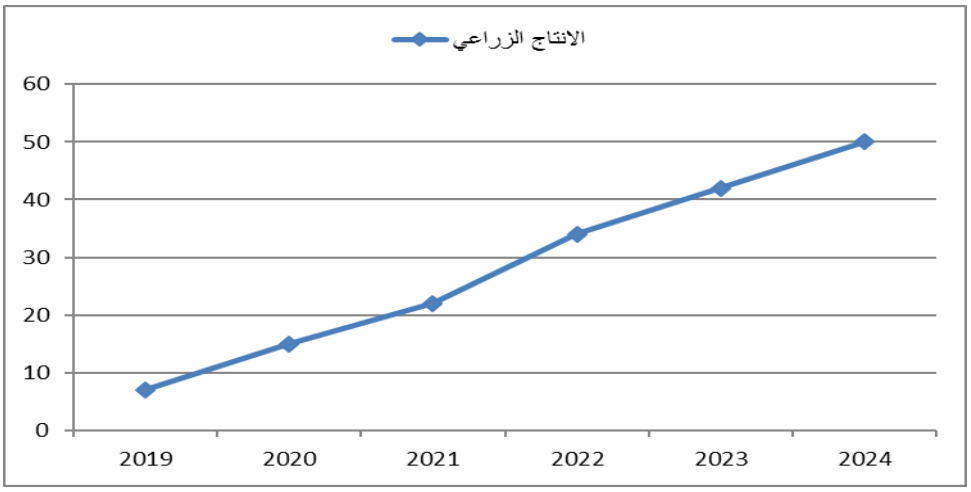
المصدر: من إعداد الباحث.

1/ كتابة النموذج بالشكل الخطي العام:

نلاحظ من خلال التمثيل البياني للسلسلة الزمنية أن العلاقة بين المتغير الاقتصادي والزمن هي علاقة خطية بسيطة من الشكل:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$$

الشكل رقم 23: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية (الإنتاج الزراعي).



من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

2/ الشكل المصفوفي:

y_t	X	β	ε_t
متجه المتغير التابع رتبته n*1 (6.1)	مصفوفة المتغيرات المستقلة رتبتها n*k 6.2= حيث k=2	متجه المعلمات رتبته k*1 (2.1)	متجه الخطأ العشوائي رتبته n*1 أي (6.1)
$\begin{bmatrix} 7 \\ 15 \\ 22 \\ 34 \\ 42 \\ 50 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 3 \\ 1 & 4 \\ 1 & 5 \\ 1 & 6 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \varepsilon 1 \\ \varepsilon 2 \\ \varepsilon 3 \\ \varepsilon 4 \\ \varepsilon 5 \\ \varepsilon 6 \end{bmatrix}$

3/ تقدير المعالم :

$$\hat{\beta} = (\acute{X}X)^{-1}\acute{X}Y$$

$$(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} n & \sum_{t=1}^{n} t \\ \sum_{t=1}^{n} t & \sum_{t=1}^{n} t^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n = 6 & \sum_{t=1}^{n} t = 21 \\ \sum_{t=1}^{n} t = 21 & \sum_{t=1}^{n} t^2 = 91 \end{bmatrix}$$

$$(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} 6 & 21 \\ 21 & 91 \end{bmatrix}$$

4/ لإيجاد المعكوس يجب إيجاد déterminant

$$\det(\acute{X}X) = 6|21 - 91| - 21|6 - 21| = 105$$

5/ إيجاد مرافق المصفوفة co (ŕX)

$$\text{co}\,(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} 91 & -21 \\ -21 & 6 \end{bmatrix}$$

6/ المعكوس:

$$(\acute{X}X)^{-1} = \frac{1}{\det(\acute{X}X)}\,\text{co}\,(\acute{X}X)$$

$$(\acute{X}X)^{-1} = \frac{1}{105}\begin{bmatrix} 91 & -21 \\ -21 & 6 \end{bmatrix}$$

7/ إيجاد مصفوفة متجه المتغير التابع:

$$\acute{X}Y = \begin{bmatrix} \sum_{t=1}^{n} y_t = 170 \\ \sum_{t=1}^{n} t y_t = 749 \end{bmatrix}$$

$$\acute{X}Y = \begin{bmatrix} 170 \\ 749 \end{bmatrix}$$

8/ تقدير متجه الاتجاه العام بطريقة المربعات الصغرى OLS هو:

$$\hat{\beta} = (\acute{X}X)^{-1}\acute{X}Y$$

$$\hat{\beta} = \frac{1}{105}\begin{bmatrix} 91 & -21 \\ -21 & 6 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 170 \\ 749 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{(91 * 170) + (-21 * 749)}{105} \\ \frac{(-21 * 170) + (6 * 749)}{105} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_0 = -2.47 \\ \beta_1 = 8.8 \end{bmatrix}$$

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t$$

معادلة الاتجاه العام:

$$\boxed{\hat{y}_t = -2.47 + 8.80\,t}$$

9/ نقوم بتعويض قيم *t=1.2.3.4.5.6* في معادلة الاتجاه لنحصل على القيم المناظرة $\hat{y}_t$ للقيم الحقيقية نجد:

الجدول رقم23: نتائج القيم المتناظرة لحجم الانتاج الزراعي.

$e_t{}^2$	$e_t = Y -$ الأخطاء: $\widehat{Y}$	$\hat{y}_t$	$Y_t * t$	t^2	Y_t	t
0.4489	0.67	6.33	7	1	7	1
0.0169	-0.13	15.13	30	4	15	2
3.7249	-1.93	23.93	66	9	22	3
1.6129	1.27	32.73	136	16	34	4
0.2209	0.47	41.53	210	25	42	5
0.1089	-0.33	50.33	300	36	50	6

المصدر: من إعداد الباحث.

10/ حساب البواقي أو الأخطاء :

$e_t = \hat{\varepsilon} = Y - \widehat{Y}$ كما هو مبين في الجدول.

11/ مجموع مربعات الأخطاء:

$$\text{SSE} = \sum_{t=1}^{n} e_t^2 = 6.1334$$

12/ تقدير تباين الأخطاء هو:

$$S^2 = \sigma^2 = \frac{SSE}{n-2} = \frac{6.1334}{6-2} = 1.53335$$

$$S = \sqrt{1.53335} = 1.238$$

13/ اختبار النموذج عند مستوى معنوية 5%

نختبر الفرضية الصفرية كما يلي:

H_0 النموذج غير معنوي ولا توجد علاقة خطية بين المتغير الاقتصادي والزمن، نقبلها إذا كان $t_{calc} < t_{table\left(\frac{(\frac{\alpha}{2})}{(n-2)}\right)}$

H_1 النموذج معنوي ويوجد علاقة خطية بين المتغير الاقتصادي والزمن.

حيث:

$$t_{calc} = \hat{\beta}_t s\sqrt{c_{22}}$$

حيث co (ẊX) معكوس (ẊX)

$$\text{co}\,(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{105}\begin{bmatrix} 91 & -21 \\ -21 & 6 \end{bmatrix}$$

$$t_{calc} = 8.8 * 1.238\sqrt{\frac{6}{105}} = 2.604$$

$$t_{table\left(\frac{(\frac{\alpha}{2})}{(n-2)}\right)} = t_{table\left(\frac{(\frac{0.05}{2})}{(6-2)}\right)} = t_{table\binom{0.025}{4}} = 2.776$$

بما أن $t_{calc} < t_{table\left(\frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{(n-2)}\right)}$ فإننا نقبل H0 التي تنص على النموذج غير معنوي ولا يوجد علاقة خطية بين المتغير الاقتصادي والزمن عند مستوى معنوية $\alpha = 5\%$.

$$t_{table\left(\frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{(n-2)}\right)} = t_{table\left(\frac{\left(\frac{0.10}{2}\right)}{(6-2)}\right)} = t_{table\binom{0.05}{4}} = 2.132$$

بما أن $t_{calc} > t_{table\left(\frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{(n-2)}\right)}$ فإننا نرفض H0 ونقبل H1 التي تنص على النموذج معنوي ويوجد علاقة خطية بين المتغير الاقتصادي والزمن عند مستوى معنوية $\alpha = 10\%$.

14/ التنبؤ: بالمشاهدة 7

نقوم بالتعويض في المعادلة: $\hat{y}_t = -2.47 + 8.80\ t$

$$\hat{y}_t = -2.47 + 8.80 * 7 = 59.13$$

لنحاول تقدير دالة الانحدار بالطريقة المعلمية:

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t + \varepsilon_t$$

حيث:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=0}^{n}(t_i - \bar{t})(y_i - \overline{y})}{\sum_{i=0}^{n}(t_i - \bar{t})^2}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{t}$$

الجدول رقم23: نتائج تقدير النموذج لحجم الانتاج الزراعي.

t	y	$(t_i - \bar{t})$	$(y_i - \overline{y})$	$(t_i - \bar{t})(y_i - \overline{y})$	$(t_i - \bar{t})^2$
1	7	-2.5	-21.33	53.33	6.25
2	15	-1.5	-13.33	20.00	2.25
3	22	-0.5	-6.33	3.17	0.25
4	34	0.5	5.67	2.84	0.25
5	42	1.5	13.67	20.51	2.25
6	50	2.5	21.67	54.18	6.25
3.5	28.33	$\sum_{i=0}^{n}(t_i - \bar{t})(y_i - \overline{y}) = 154$			$\sum_{i=0}^{n}(t_i - \bar{t})^2 = 17.50$

المصدر: من إعداد الباحث.

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t + \varepsilon_t$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=0}^{n}(t_i - \bar{t})(y_i - \overline{y})}{\sum_{i=0}^{n}(t_i - \bar{t})^2} = \frac{154}{17.5} = 8.8$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{t} = 28.33 - (3.5) * 8.8 = -2.47$$

اذن نموذج الانحدار هو كالتالي:

$$\boxed{\hat{y}_t = -2.47 + 8.80\, t}$$

2/ الاتجاه من الدرجة الثانية (The quadratic trend model):

تسمى كذلك دالة قطع مكافيء **The quadratic trend model** يمكن للسلسلة الزمنية أن تتخذ عند رسمها شكل دالة كثير حدود من الدرجة الثانية (الشكل الخطي) (الشعراوي، 2005، الصفحات 57-60).

تكتب على الشكل العام التالي:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \varepsilon_t$$

يمكن التعبير عن العلاقة السابقة بالعلاقة الخطية:

$$y_t = X\beta + \varepsilon_t$$

y_t	X	β	ε_t
متجه المتغير التابع رتبته n	مصفوفة المتغيرات المستقلة رتبتها n*k حيث k=3	متجه المعلمات رتبته k=3	متجه الخطأ العشوائي رتبته n

حيث y متجه عمودي من الرتبة n يحتوي على مشاهدات السلسلة. أي أن:

$$y_{t=[y_1, y_2, y_3, \ldots, y_n]}$$

والمصفوفة X من الرتبة nX3 عناصر عمودها الأول كلها تساوي الواحد الصحيح، وعناصر عمودها الثاني هي القيم المختلفة للوحدات الزمنية وتساوي دائما الأعداد 1.2.3....n والعمود الثالث مربعات القيم الزمنية، بغض النظر عن طبيعة الوحدات الزمنية. أي أن:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1^2 \\ 1 & 2 & 2^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots^2 \\ 1 & n & n^2 \end{bmatrix}$$

أما المتجه العمودي β من الرتبة 3 ويحتوي على معلمتي النموذج أي: $\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix}$

أما المتجه العمودي ε من الرتبة n ويحتوي على المتغيرات ε_t

$$\varepsilon_{t=[\varepsilon 1, \varepsilon 2, \ldots, \varepsilon_n]}$$

تقدير متجه الاتجاه العام بطريقة المربعات الصغرى OLS هو:

$$\hat{\beta} = (\acute{X}X)^{-1}\acute{X}Y$$

حيث:

$$(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} n & \sum_{t=1}^{n} t & \sum_{t=1}^{n} t^2 \\ \sum_{t=1}^{n} t & \sum_{t=1}^{n} t^2 & \sum_{t=1}^{n} t^3 \\ \sum_{t=1}^{n} t^2 & \sum_{t=1}^{n} t^3 & \sum_{t=1}^{n} t^4 \end{bmatrix}$$

$$\acute{X}Y = \begin{bmatrix} \sum_{t=1}^{n} y_t \\ \sum_{t=1}^{n} t y_t \\ \sum_{t=1}^{n} t^2 y_t \end{bmatrix}$$

$$\hat{\beta} = (\acute{X}X)^{-1}\acute{X}Y$$

مثال:

فيما يلي بيانات سلسلة زمنية تمثل الاستهلاك السنوي للماء في مؤسسة اقتصادية (الوحدة: متر مكعب).

الجدول رقم24: الاستهلاك السنوي للماء.

السنوات	استهلاك الماء
2017	13
2018	9
2019	7
2020	6
2021	7
2022	9
2023	8
2024	11

المصدر: من إعداد الباحث.

المطلوب:

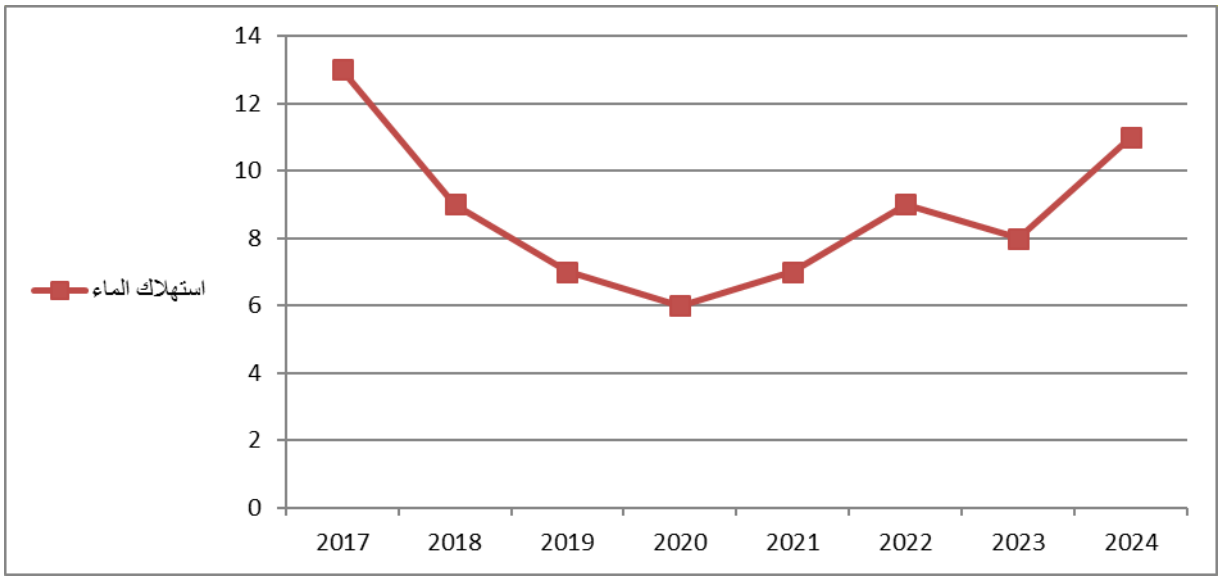
- تقدير معادلة الاتجاه العام.
- إيجاد القيم الاتجاهية والأخطاء المقدرة.

1/ كتابة النموذج بالشكل الخطي العام:

نلاحظ من خلال التمثيل البياني للسلسلة الزمنية أن العلاقة بين المتغير الاقتصادي والزمن هي علاقة خطية بسيطة، عندما نجد شكل المنحنى لسلسلة زمنية على شكل معادلة تربيعية، فإننا نتحدث عن نموذج رياضي يمكن استخدامه لوصف سلوك البيانات عبر الزمن. المعادلة التربيعية تأخذ الشكل العام:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \varepsilon_t$$

الشكل رقم 23: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية (استهلاك الماء).



من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

يمكن التعبير عن العلاقة السابقة بالعلاقة الخطية:

$$y_t = X\beta + \varepsilon_t$$

y_t	X	β	ε_t
متجه المتغير التابع رتبته n	مصفوفة المتغيرات المستقلة رتبتها n*k حيث k=3	متجه المعلمات رتبته k=3	متجه الخطأ العشوائي رتبته n

حيث y متجه عمودي من الرتبة n يحتوي على مشاهدات السلسلة. أي أن:

$$y_{t=[y_1,y_2,y_3,\dots,y_n]}$$

والمصفوفة X من الرتبة nX3 عناصر عمودها الأول كلها تساوي الواحد الصحيح، وعناصر عمودها الثاني هي القيم المختلفة للوحدات الزمنية وتساوي دائما الأعداد 1.2.3....n والعمود الثالث مربعات القيم الزمنية، بغض النظر عن طبيعة الوحدات الزمنية. أي أن:

$$(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} n = 8 & \sum_{t=1}^{n} t = 36 & \sum_{t=1}^{n} t^2 = 204 \\ \sum_{t=1}^{n} t = 36 & \sum_{t=1}^{n} t^2 = 204 & \sum_{t=1}^{n} t^3 = 1296 \\ \sum_{t=1}^{n} t^2 = 204 & \sum_{t=1}^{n} t^3 = 1296 & \sum_{t=1}^{n} t^4 = 8772 \end{bmatrix}$$

$$(\acute{X}X) = \begin{bmatrix} 8 & 36 & 204 \\ 36 & 204 & 1296 \\ 204 & 1296 & 8772 \end{bmatrix}$$

4/ لإيجاد المعكوس يجب إيجاد déterminant

$$\begin{aligned} \det(\acute{X}X) = 8|(204 * 8772) - (1296 * 1296)| \\ - 36|(36 * 8772) - (1296 * 204)| \\ + 204|(36 * 1296) - (204 * 204)| \\ = 878976 - 1850688 + 1028160 = 56448 \end{aligned}$$

5/ إيجاد مرافق المصفوفة co $(\acute{X}X)$

$$A_{ij}=(-1)^{i+j}detM_{ij}$$

$$A11=(-1)^{1+1}det\begin{bmatrix} 204 & 1296 \\ 1296 & 8772 \end{bmatrix} = (204 * 8772) - (1296 * 1296)= 109872$$

$$A12=(-1)^{1+2}det\begin{bmatrix} 36 & 204 \\ 1296 & 8772 \end{bmatrix} = (36 * 8772) - (1296 * 204)=$$

$$A13=(-1)^{1+3}det\begin{bmatrix} 36 & 204 \\ 204 & 1296 \end{bmatrix} = (36 * 1296) - (204 * 204)=$$

وهكذا حتى نحصل على جميع المصفوفة.

$$\text{co } (\acute{X}X) = \begin{bmatrix} 109872 & -51408 & 5040 \\ -51408 & 28790 & -3050 \\ 5040 & -3050 & 340 \end{bmatrix}$$

6/ المعكوس: $(\acute{X}X)^{-1} = \frac{1}{\det(\acute{X}X)} \text{co } (\acute{X}X)$

$$(\acute{X}X)^{-1} = \frac{1}{56448}\begin{bmatrix} 109872 & -51408 & 5040 \\ -51408 & 28790 & -3050 \\ 5040 & -3050 & 340 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1.95 & -0.91 & 0.09 \\ -0.91 & 0.51 & -0.054 \\ 0.09 & -0.054 & 0.006 \end{bmatrix}$$

7/ إيجاد مصفوفة متجه المتغير التابع:

$$\acute{X}Y = \begin{bmatrix} \sum_{t=1}^{n} y_t = 70 \\ \sum_{t=1}^{n} ty_t = 309 \\ \sum_{t=1}^{n} t^2 y_t = 1803 \end{bmatrix}$$

$$\hat{\beta} = (\acute{X}X)^{-1}\acute{X}Y = \begin{bmatrix} 1.95 & -0.91 & 0.09 \\ -0.91 & 0.51 & -0.054 \\ 0.09 & -0.054 & 0.006 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 70 \\ 309 \\ 1599 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (1.95 * 70) + \big((-0.91) * 309\big) + (0.09 * 1803) \\ ((-0.91) * 70) + (0.51 * 309) + ((-0.054) * 1803) \\ (0.09 * 70) + \big((-0.054) * 309\big) + (0.006 * 1803) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 17.58 \\ -3.472 \\ 0.432 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 17.58 \\ -3.472 \\ 0.432 \end{bmatrix}$$

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \varepsilon_t$$

$$y_t = 17.58 - 3.472t + 0.432t^2 + \varepsilon_t$$

بالتعويض قيم t نجد القيم الاتجاهية والقيم المقدرة كما يلي:

الجدول رقم 25: نتائج حساب القيم الاتجاهية والقيم المقدرة.

t	y_t	t^2	t^3	t^4	$y_t t^2$	$\hat{y}_t$	e_t	${e_t}^2$
1	13	1	1	1	13	14.54	-1.54	2.37
2	9	4	8	16	36	12.364	-3.364	11.32
3	7	9	27	81	63	11.052	-4.052	16.42
4	6	16	64	256	96	10.604	-4.604	21.20
5	7	25	125	625	175	11.02	-4.02	16.16
6	9	36	216	1296	324	12.3	-3.3	10.89
7	8	49	343	2401	392	14.444	-6.444	41.53
8	11	64	512	4096	704	17.452	-6.452	41.63
36	70	204	1296	8772	1803			161.51

المصدر: من إعداد الباحث.

2- طريقة التمهيد الأسي

هي طريقة شائعة في التنبؤ على المدى القصير، تستخدم في عمليتي:

- التمهيد: أي إزالة حدة التذبذبات الحاصلة والتي من شأنها التأثير على السلسلة الزنية.
- التنبؤ: من خلال تتبع سلوك الظاهرة المراد دراستها خارج فترة الدراسة المتاحة.

تستخدم هذه الطريقة في السلاسل الزمنية المستقرة والتي يكون فيها انتشار المشاهدات حول متوسط ثابت عبر الزمن.

وتمكننا من التنبؤ في المدى القصير جدا (مثل الأسعار في سوق الأسهم، البورصة، أسعار العملات الرقمية،...).

$$\tilde{y}_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)\tilde{y}_{t-1}$$

حيث:

$$\tilde{y}_{t=1} = y_1$$

$$\tilde{y}_2 = \alpha y_2 + (1 - \alpha)\tilde{y}_1$$

$$\tilde{y}_3 = \alpha y_3 + (1-\alpha)\tilde{y}_2$$
$$\tilde{y}_t = \alpha y_t + (1-\alpha)\tilde{y}_{t-1}$$

مثال:

لدينا السلسلة الزمنية التي تمثل أسعار BRENT في احدى الأسواق الدولية، باستخدام التمهيد الأسي البسيط حدد تقديرات الأشهر جانفي فيفري مارس 2020. حيث $\alpha = 0.95$

الجدول رقم 26: السلسلة الزمنية التي تمثل أسعار BRENT

	T	PP	$\hat{Y}$	طريقة الحساب
juil-18	1	16.76	16.76	
août-18	2	16.71	16.7125	(0.95*16.71)+(0.5*16.76)
sept-18	3	16.03	16.064125	
oct-18	4	16.53	16.5067063	
nov-18	5	15.1	15.1703353	
déc-18	6	13.54	13.6215168	
janv-19	7	17.61	17.4105758	
févr-19	8	18.52	18.4645288	
mars-19	9	18.01	18.0327264	
avr-19	10	20.17	20.0631363	
mai-19	11	21.58	21.5041568	
juin-19	12	21.77	21.7567078	
juil-19	13	22.27	22.2443354	
août-19	14	24.08	23.9882168	
sept-19	15	20.59	20.7599108	
oct-19	16	20.73	20.7314955	
nov-19	17	20.87	20.8630748	
déc-19	18	19.25	19.3306537	
	19		19.2540327	

المصدر: من إعداد الباحث.

3- طريقة المتوسطات المتحركة (Moving Average):

من الأساليب البسيطة لتقدير استقرارية السلاسل الزمنية تمهيد البيانات المشاهدة بتخليصها من التغيرات القصيرة الأجل التي تحدث بسبب التغيرات الفجائية غير المنتظمة. ولحساب المتوسطات المتحركة لابد أولا من تحديد عدد معين من الوحدات الزمنية k ويطلق عليه طول الدورة، للتخلص من الذبذبات والتعرجات التي تعتريه، بعد ذلك يتم حساب المتوسطات المتحركة بطريقتين مختلفتين باختلاف قيمة k ما اذا كان فردي أم زوجي.

حالة: k عدد فردي:

- حساب متوسط أول k مشاهدة في البيانات وهي $y_1, y_2, \ldots, y_k$
- إحلال القيمة التالية y_{k+1} مكان القيمة الأولى y_1 في مجموعة البيانات التي حسبت لها المتوسط في الخطوة السابقة ثم حساب المتوسط الحسابي لمجموعة البيانات الجديدة $y_2, \ldots, y_k, y_{t+1}$

- إحلال القيمة التالية y_{k+2} مكان القيمة الثانية y_2 في مجموعة البيانات التي حسبت لها المتوسط في الخطوة السابقة ثم حساب المتوسط الحسابي لمجموعة البيانات الجديدة , y_3 , y_4, …, y_k, y_{t+1}, y_{t+2} وهكذا.
- يوضع كل متوسط متحرك $\hat{y}_t$ أمام منتصف الفترة الزمنية التي حسب لها المتوسط الحسابي فيوضع المتوسط المتحرك الأول $\hat{y}_{\frac{k+1}{2}}$ أمام القيمة $y_{\frac{k+1}{2}}$، ويوضع $\hat{y}_{\frac{k+2}{2}}$ أمام القيمة $y_{\frac{k+2}{2}}$ وهكذا، وتمثل هذه المتوسطات الاتجاه العام للقيم المناظرة.

حالة k عدد زوجي:

لا يمكن وضع المتوسط المتحرك أمام احدى قيم المشاهدة في حالة k زوجي، بل يوضع بين قيمتين معينتين ومن ثم حساب مركزة المتوسطات المتحركة ووضعها أمام القيم الحقيقية، ويعرف كذلك بالمتوسط المتحرك الممركز اذا كان طول الدورة زوجي. ويكون في الشكل:

$$\hat{y}_t = \frac{1}{2}(\hat{y}_{1t} + \hat{y}_{2t})\ ; t = \frac{k}{2} + 1, \frac{k}{2} + 2\ , \dots , n - \frac{k}{2}$$

يمكن حساب المتوسطات المتحركة عبر الخطوات التالية:

- نحسب المتوسط الحسابي للمجموعة الأولى من المشاهدات بفرض k زوجي. وليكن $\hat{y}_{1t}$
- نحسب المتوسط الحسابي للمجموعة الأولى من المشاهدات. وليكن $\hat{y}_{2t}$
- نحسب المتوسط المتحرك الممركز $\hat{y}_t$ وهو حاصل قسمة مجموع $\frac{\hat{y}_{1t}+\hat{y}_{2t}}{2}$ ونضعه مقابل القيمة الحقيقية y_t (الشعراوي، 2005، الصفحات 63-64).

مثال:

تمثل البيانات التالية الفوائد الربع سنوية بألاف الدولارات التي جناها أحد المستثمرين في التداول خلال 3 سنوات.

الجدول رقم 27: الفوائد الربع سنوية بألاف الدولارات.

السنوات \ الموسم	1	2	3	4
2020	55	39	46	52
2021	43	48	57	62
2022	63	65	68	72

المصدر: من إعداد الباحث.

الطلوب: حساب القيم المناظرة للقيم الحقيقية للسلسلة الزمنية باستخدام طريقة المتوسطات المتحركة(**Moving average**).

الجدول رقم 27: القيم المناظرة للقيم الحقيقية للسلسلة الزمنية (الفوائد الربع سنوية بألاف الدولارات).

السنوات	الربع	y	Moving average	$\hat{y}$
2020	Q1	55		
	Q2	39		
	Q3	46	48	
	Q4	52	45	46.5
2021	Q1	43	47.25	46.125
	Q2	48	50	48.625
	Q3	57	52.5	51.25
	Q4	62	57.5	55
2022	Q1	63	61.75	59.625
	Q2	65	64.5	63.125
	Q3	68	67	65.75
	Q4	72		

المصدر: من إعداد الباحث.

الفصل الخامس: استقرارية السلاسل الزمنية

1- مفهوم استقرارية السلاسل الزمنية

يعبر مفهوم الاستقرار (Stationary) عن حالة السلسلة الزمنية التي تتميز بتذبذب ثابت حول قيمة متوسطة معينة. إذا كانت السلسلة مستقرة، فإن الخصائص الإحصائية مثل المتوسط والانحراف المعياري لا تتغير مع مرور الوقت، مما يسهل عملية التحليل والتنبؤ.

في سياق تحليل السلاسل الزمنية، يعتبر الاستقرار شرطاً أساسياً لعدة أساليب تحليلية، مثل نماذج الانحدار الخطي. إذا كانت السلسلة غير مستقرة، فقد يؤدي ذلك إلى نتائج مضللة، مما يستدعي استخدام تقنيات تحويل مثل الفرق أو اللوغاريتمات لتحقيق الاستقرار.

التحليل الإحصائي للسلاسل الزمنية يتطلب فهم التغاير (Covariance) بين الملاحظات، حيث يعتبر مقياسًا أساسيًا لفهم العلاقات بين المتغيرات. التغاير يساعد في تحديد مدى تأثير متغير معين على آخر، مما يساهم في بناء نماذج تنبؤية فعالة. (الشمري و الشامي، 2019، صفحة 258)

يمكن استخدام اختبارات استقرار مثل اختبار ديكي-فولر (Dickey-Fuller Test) لتحديد ما إذا كانت السلسلة مستقرة. تعتبر هذه الاختبارات أداة مهمة للباحثين، حيث تساعد في اتخاذ قرارات مبنية على بيانات موثوقة.

يعتبر فهم مفهوم الاستقرار في السلاسل الزمنية أساسياً لأي تحليل ناجح. تحقيق الاستقرار في السلاسل يمكن أن يسهل عملية التنبؤ ويعزز دقة النتائج، مما يتيح للباحثين والمحللين اتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على البيانات المتاحة.

السلسلة الزمنية {yt} مستقرة إذا كان (Dor, 2009, p. 151):

- متوسط (y_i) ثابتا مهما كان الزمن: $\forall t$ $E(y_t)= E(y_{t+\theta})=\mu$ ؛
- التباين محدود ومستقل عن الزمن: $\forall t$ $VAR(y_t)= VAR(y_{t+\theta})=\sigma_y^2$ ؛
- التباين المشترك بين(yt) و(yt+θ) مستقل عن الزمن:

$$COV(y_t,y_{t+\theta})=E[(y_t-\mu)(y_{t+\theta}-\mu)]\ \forall t, \forall \theta$$

2- دالة الارتباط الذاتي: (AutoCorrelation Function ACF)

تعتمد على فكرة الارتباط بين المشاهدات وفي فترات مختلفة، حيث تظهر الفصلية في الرسم البياني لهذه الدالة في شكل قمم وانخفاضات في فترات زمنية تعادل p ، أي أنه تظهر قمة في دورة تعادلp ونفس الشيء بالنسبة للانخفاضات، يتم حساب معاملات دالة الارتباط الذاتي للمتغير وفق العلاقة التالية حيث θ=1.2.3…k و K تمثل بالتقريب ربع حجم العينة T/4

دالة الارتباط الذاتي هي الدالة التي تقيس الارتباط بين السلسلة (y_t) و السلسلة بتأخير ($y_{t-\theta}$)، ونرمز لها بالرمز ρ_θ حيث:

$$r_\theta = \frac{\sum_{t=\theta+1}^{T}(y_t-\bar{y})(y_{t-\theta}-\bar{y})}{\sum_{t=1}^{T}(y_t-\bar{y})^2}$$

مثال:

إليك البيانات التالية:

الجدول رقم 28: بيانات سلسلة زمنية كمثال لحساب قيم دالة الارتباط الذاتي.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	55	39	46	52	43	48	57	62	63	65	68	72

المصدر: من إعداد الباحث.

المطلوب: أحسب قيم دالة الارتباط الذاتي عند درجات تأخير : $\theta=1$ ، $\theta=2$، $\theta=3$ على التوالي.

الجدول رقم 29: نتائج حساب قيم دالة الارتباط الذاتي.

t	**y**	$(y_t-\overline{y})$	$(y_t-\overline{y})^2$	y_{t-1}	$(y_{t-1}-\overline{y})$	$(y_t-\overline{y})*(y_{t-1}-\overline{y})$	y_{t-2}	$(y_{t-2}-\overline{y})$	$(y_t-\overline{y})*(y_{t-2}-\overline{y})$
1	55	-0.83	0.69						
2	39	-16.83	283.25	55	-0.83	13.97			
3	46	-9.83	96.63	39	-16.83	165.44	55	-0.83	8.16
4	52	-3.83	14.67	46	-9.83	37.65	39	-16.83	64.46
5	43	-12.83	164.61	52	-3.83	49.14	46	-9.83	126.12
6	48	-7.83	61.31	43	-12.83	100.46	52	-3.83	29.99
7	57	1.17	1.37	48	-7.83	-9.16	43	-12.83	-15.01
8	62	6.17	38.07	57	1.17	7.22	48	-7.83	-48.31
9	63	7.17	51.41	62	6.17	44.24	57	1.17	8.39
10	65	9.17	84.09	63	7.17	65.75	62	6.17	56.58
11	68	12.17	148.11	65	9.17	111.60	63	7.17	87.26
12	72	16.17	261.47	68	12.17	196.79	65	9.17	148.28
			1205.67			783.09			465.91

t	**y**	$(y_t-\overline{y})$	y_{t-3}	$(y_{t-3}-\overline{y})$	$(y_t-\overline{y})*(y_{t-3}-\overline{y})$
1	55	-0.83			
2	39	-16.83			
3	46	-9.83			
4	52	-3.83	55	-0.83	3.18
5	43	-12.83	39	-16.83	215.93
6	48	-7.83	46	-9.83	76.97
7	57	1.17	52	-3.83	-4.48
8	62	6.17	43	-12.83	-79.16
9	63	7.17	48	-7.83	-56.14
10	65	9.17	57	1.17	10.73
11	68	12.17	62	6.17	75.09
12	72	16.17	63	7.17	115.94
					358.05

المصدر: من إعداد الباحث.

$\bar{y} = 55.83$; $\sum_{t=1}^{T}(y_t - \bar{y})^2 = 1205.67$; $\sum_{t=\theta+1}^{T}(y_t - \bar{y})(y_{t-1} - \bar{y}) = 783.09$
$\sum_{t=\theta+1}^{T}(y_t - \bar{y})(y_{t-2} - \bar{y}) = 465.91$; $\sum_{t=\theta+1}^{T}(y_t - \bar{y})(y_{t-3} - \bar{y}) = -1379.95$

حساب معاملات الارتباط الذاتي:

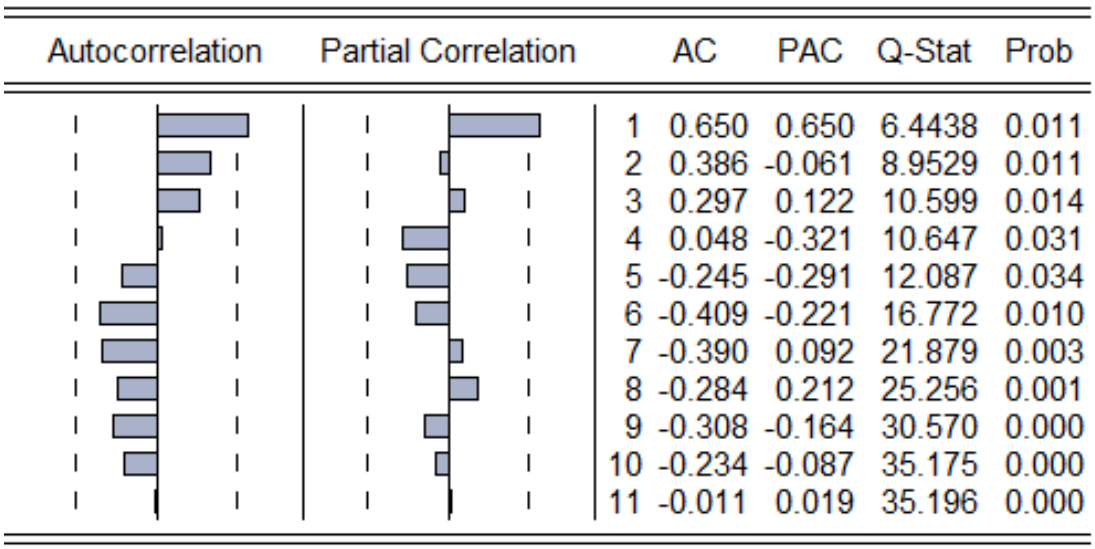
$$r_1 = \frac{\sum_{t=\theta+1}^{T}(y_t - \bar{y})(y_{t-1} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^{T}(y_t - \bar{y})^2} = \frac{783.09}{1205.67} = 0.65$$

$$r_2 = \frac{\sum_{t=\theta+1}^{T}(y_t - \bar{y})(y_{t-2} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^{T}(y_t - \bar{y})^2} = \frac{465.91}{1205.67} = 0.39$$

$$r_3 = \frac{\sum_{t=\theta+1}^{T}(y_t - \bar{y})(y_{t-3} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^{T}(y_t - \bar{y})^2} = \frac{358.05}{1205.67} = 0.30$$

الشكل رقم 24: التمثيل البياني لدالة الارتباط الذاتي ((Correlogramme.

Sample: 1 12
Included observations: 12



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.650	0.650	6.4438	0.011
		2	0.386	-0.061	8.9529	0.011
		3	0.297	0.122	10.599	0.014
		4	0.048	-0.321	10.647	0.031
		5	-0.245	-0.291	12.087	0.034
		6	-0.409	-0.221	16.772	0.010
		7	-0.390	0.092	21.879	0.003
		8	-0.284	0.212	25.256	0.001
		9	-0.308	-0.164	30.570	0.000
		10	-0.234	-0.087	35.175	0.000
		11	-0.011	0.019	35.196	0.000

من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

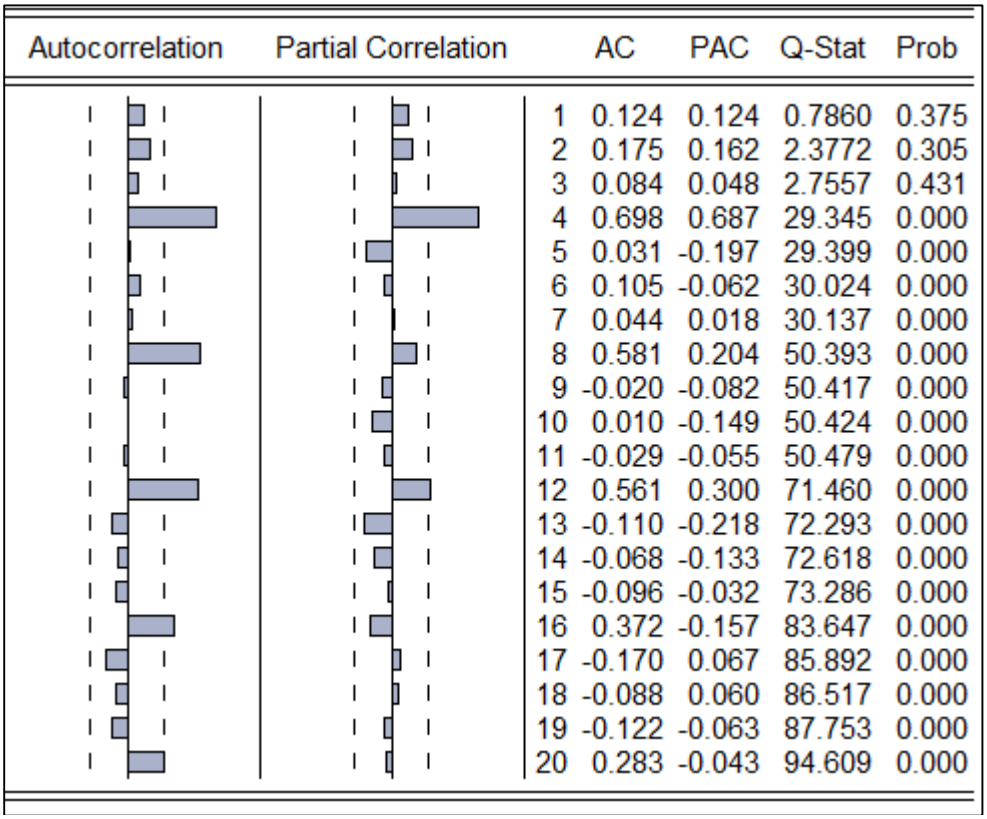
مخطط دالة الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي، هو أداة رسومية تستخدم لتقييم أهمية الارتباطات الذاتية، حيث تظهر الارتباطات بين المشاهدات عند فترات زمنية مختلفة. يُعتبر الارتباط الذاتي (r_θ) ذو أهمية عند مستوى 5% إذا تجاوزت $(\sqrt{T}r_\theta)$ قيمة 1.96±، أو بدلاً من ذلك، إذا تجاوزت r_θ قيمة $\pm\frac{1.96}{\sqrt{T}}$، يتميز مخطط الارتباط الذاتي عادةً بأشرطة او أعمدة تمثل أحجام الارتباط الذاتي، مع حدود أهمية عند $\pm\frac{2}{\sqrt{T}}$، مما يتيح التعرف السريع على الارتباطات المهمة (Hill, William, & Guay, 2018, p. 426)

خواص دالة الارتباط الذاتي(Autocorrelation Function)

دالة الارتباط الذاتي (Autocorrelation Function) هي أداة إحصائية تُستخدم لفهم العلاقات الزمنية في البيانات. تتميز بالخصائص التالية (العقاب ، 2018، صفحة 32):

- **التناظر** :دالة الارتباط الذاتي متناظرة، أي أن $\rho(\theta)=\rho(-\theta)$
- **القيمة القصوى** :تأخذ دالة الارتباط الذاتي قيمة قصوى عند $\theta=0$، حيث تعبر عن الارتباط التام للبيانات بنفسها $\rho(\theta)=1$.
- محصورة بين الواحد وناقص الواحد $-1 \leq \rho(\theta) \leq 1$
- اذا كانت $|r_\theta| \leq \alpha$ حيث α هي مستوى المعنوية المعتمد في الدراسة، ففي هذه الحالة تكون $\rho(\theta)=0$ بمستوى معنوية (α)، ومنه نقبل الفرضية الصفرية H_0 والتي تنص على أن السلسلة الزمنية مستقرة. كما هو الحال أيضا في التمثيل البياني لدالة **دالة الارتباط الذاتي** إذا كانت معاملات الارتباط $|r_\theta|$ داخل مجال الثقة.
- في التمثيل البياني لدالة **دالة الارتباط الذاتي في حالة البيانات الشهرية مثلا** إذا كانت معاملات الارتباط $|r_\theta|$ خارج مجال الثقة عند درجات التأخير $\theta=6, \theta=12, \theta=18, \theta=24, \ldots$ فإن السلسلة تحتوي على مركبة الفصلية. كما هو الحال مثلا في بيانات السلسلة الزمنية الربع سنوية ند درجات التأخير $\theta=4, \theta=8, \theta=12, \theta=16, \ldots$ مثلا (أنظر الشكل رقم).

الشكل رقم 25: التمثيل البياني لدالة الارتباط الذاتي (Correlogramme) يظهر تقاطعات موسمية.



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.124	0.124	0.7860	0.375
		2	0.175	0.162	2.3772	0.305
		3	0.084	0.048	2.7557	0.431
		4	0.698	0.687	29.345	0.000
		5	0.031	-0.197	29.399	0.000
		6	0.105	-0.062	30.024	0.000
		7	0.044	0.018	30.137	0.000
		8	0.581	0.204	50.393	0.000
		9	-0.020	-0.082	50.417	0.000
		10	0.010	-0.149	50.424	0.000
		11	-0.029	-0.055	50.479	0.000
		12	0.561	0.300	71.460	0.000
		13	-0.110	-0.218	72.293	0.000
		14	-0.068	-0.133	72.618	0.000
		15	-0.096	-0.032	73.286	0.000
		16	0.372	-0.157	83.647	0.000
		17	-0.170	0.067	85.892	0.000
		18	-0.088	0.060	86.517	0.000
		19	-0.122	-0.063	87.753	0.000
		20	0.283	-0.043	94.609	0.000

من إعداد الباحث، استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

3- دالة الارتباط الذاتي الجزئي: (Parcial AutoCorrelation Function ACF)

دالة الارتباط الذاتي الجزئي (Partial Autocorrelation Function - PACF) هي أداة إحصائية تُستخدم في تحليل السلاسل الزمنية. تهدف إلى قياس مدى ارتباط القيم الحالية بالقيم السابقة بعد إزالة تأثير القيم الوسيطة.

وتقدر على أساس مصفوفي كالتالي:

قيمة دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند تأخير قدره $\theta = 1$

$$\boldsymbol{r_{11} = r_1}$$

قيمة دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند تأخير قدره $\theta = 2$

$$\boldsymbol{r_{22} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & r_1 \\ r_1 & r_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_1 \\ r_1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{r_2 - {r_1}^2}{1 - {r_1}^2}}$$

قيمة دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند تأخير قدره $\theta = 3$

$$r_{33} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & r_1 & r_1 \\ r_1 & 1 & r_2 \\ r_2 & r_1 & r_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_1 & r_2 \\ r_1 & 1 & r_1 \\ r_2 & r_1 & r_1 \end{vmatrix}}$$

مثال:

نفس معطيات المثال السابق، أوجد قيم دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند درجات تأخير : θ=1 ، θ=2، θ=3 على التوالي.

قيمة دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند تأخير قدره $\theta = 1$

$$\boldsymbol{r_{11} = r_1 = 0.65}$$

قيمة دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند تأخير قدره $\theta = 2$

$$\boldsymbol{r_{22} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & r_1 \\ r_1 & r_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_1 \\ r_1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{r_2 - {r_1}^2}{1 - {r_1}^2} = -0.06}$$

قيمة دالة الارتباط الذاتي الجزئي عند تأخير قدره $\theta = 3$

$$r_{33} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & r_1 & r_1 \\ r_1 & 1 & r_2 \\ r_2 & r_1 & r_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_1 & r_2 \\ r_1 & 1 & r_1 \\ r_2 & r_1 & r_1 \end{vmatrix}} = 0.12$$

4- أنواع النماذج غير المستقرة (TS, DS)

أ/ نموذج TS (Trend Stationary)

هذا النوع من النماذج يأخذ الشكل التالي: $Y_t = f(t) + \xi_t = a_0 + a_1 t + \xi_t$

حيث: ξ_t تشويش أبيض و $f(t)$ دالة الزمن.

أي أن السلسلة Y_t غير مستقرة ومرتبطة بالزمن، ويتم التخلص من عدم استقراريتها بواسطة تقدير a_1 و a_0 بواسطة طريقة المربعات الصغيرة ols. ومن ثم نزع مركبة الزمن من السلسلة الأصلية كما يلي:

$$Y_t - (a_0 + a_1 t)$$

ب/ نموذج DS (Differency Stationary)

يكتب هذا النوع من النماذج على النحو التالي:

$$Y_t = C + Y_{t-1} + \xi_t$$

C ثابت.

هذا النوع من النماذج الأكثر استعمالاً و الأكثر شيوعاً في التطبيقات الاقتصادية.

على اعتبار أن سبب عدم الاستقرارية في هذا النوع من النماذج ناتج عن الاضطربات العشوائية.

يمكن كتابة النموذج كما يلي:

$$Y_t - Y_{t-1} = C + \xi_t = \Delta Y_t$$

5- اختبارات استقرارية السلاسل الزمنية

اختبار ديكي فولر المطور:

اختبار ديكي فولر المطور (Augmented Dickey-Fuller test ADF) حيث يأخذ الصيغة التالية (Bourbonnais, 2015, p. 250):

$$\Delta Y_t = \rho y_{t-1} - \sum_{j=2}^{p} \emptyset_j \, \Delta_{t-j+1} + c + bt + \varepsilon_t$$

حيث:

ΔY_t: التغير في السلسلة الزمنية $\{y_t\}$.

ρ: الفجوات الزمنية.

الحد ثابت: c

bt: متغير اتجاه زمني.

ويهدف من خلال اختبار معنوية المعلمة $\emptyset$ لإثبات صحة إحدى الفرضيتين:

H_0: السلسلة غير مستقرة $(|\emptyset| = 1)$؛

H_1: السلسلة مستقرة $(|\emptyset| < 1)$.

- يتم مقارنة إحصائية الاختبار بالقيم الحرجة (critical values) من جدول اختبار ديكيفولر.

إذا كانت إحصائية الاختبار أقل من القيمة الحرجة، فإننا نرفض الفرضية الصفرية، مما يعني أن السلسلة الزمنية مستقرة.

- يتم مقارنة القيم المطلقة لـ(t) المحسوبة بالقيم المطلقة لـ(t) الجدولية عند مستوى المعنوية 1%، 5%، 10% وهذا حسب اختيار الباحث وهدف البحث، والنتائج المراد التوصل إليها.

الجدول رقم 30: بيانات السلسلة زمنية الأصلية (في المستوى) والسلسلة عند الفرق الأول.

t	Y_t	$D(Y_t)$
Q1-2013	97639	
Q2-2013	71371	-26268
Q3-2013	79311	7940
Q4-2013	110666	31355
Q1-2014	94001	-16665
Q2-2014	96877	2876
Q3-2014	84378	-12499
Q4-2014	113629	29251
Q1-2015	73688	-39941
Q2-2015	70019	-3669
Q3-2015	71269	1250
Q4-2015	111305	40036
Q1-2016	68986	-42319
Q2-2016	66642	-2344
Q3-2016	72245	5603
Q4-2016	115578	43333
Q1-2017	85295	-30283
Q2-2017	88206	2911
Q3-2017	74369	-13837
Q4-2017	121057	46688
Q1-2018	88295	-32762
Q2-2018	77615	-10680
Q3-2018	81564	3949
Q4-2018	125273	43709
Q1-2019	80820	-44453
Q2-2019	98887	18067
Q3-2019	91575	-7312
Q4-2019	132024	40449
Q1-2020	99646	-32378
Q2-2020	99761	115
Q3-2020	83276	-16485
Q4-2020	135486	52210
Q1-2021	88047	-47439
Q2-2021	97181	9134
Q3-2021	95837	-1344
Q4-2021	147614	51777
Q1-2022	95661	-51953
Q2-2022	98887	3226
Q3-2022	101575	2688
Q4-2022	112268	10693

Q1-2023	118021	5753
Q2-2023	112496	-5525
Q3-2023	112330	-166
Q4-2023	140183	27853
Q1-2024	109566	-30617
Q2-2024	113876	4310
Q3-2024	117014	3138
Q4-2024	160835	43821

المصدر: من إعداد الباحث.

الجدول رقم 31: نتائج اختبار ديكي فولر المطور لسلسلة زمنية أصلية (في المستوى).

Null Hypothesis: Y has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		0.327959	0.9772
Test critical values:	1% level	-3.588509	
	5% level	-2.929734	
	10% level	-2.603064	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

نلاحظ من خلال (الجدول31) أن الاحتمالات الحرجة (Prob) للسلاسل الزمنية الأصلية أكبر من مستوى المعنوية 0,05، والقيم المطلقة لـ(t) المحسوبة أصغر من القيم المطلقة لـ(t) الجدولية عند مستوى المعنوية 5% (|t-Statistic|>|critical values|)، ومنه نقبل الفرضية (0H) القائلة بأن السلسلة الزمنية الأصلية غير مستقرة.

بعد اجراء الفروق من الدرجة الأولى، نقوم بنفس الاختبار:

الجدول رقم 32: نتائج اختبار ديكي فولر المطور لسلسلة زمنية (في الفرق الأول).

Null Hypothesis: D(Y) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-15.39411	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.588509	
	5% level	-2.929734	
	10% level	-2.603064	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

نلاحظ من خلال (الجدول 32) أن الاحتمالات الحرجة (Prob) للسلاسل الزمنية عند الفرق الأول أصغر من مستوى المعنوية 0,05، والقيم المطلقة لـ(t) المحسوبة أكبر من القيم المطلقة لـ(t) الجدولية عند مستوى المعنوية 5% (|t-Statistic|>|critical values|)، وبالتالي يمكن القول بأن السلاسل الزمنية مستقرة عند الفرق الأول، أي نرفض الفرضية الصفرية H0 ونقبل الفرضية البديلة H1.

اختبار فيليب بيرون ((Phillips & Perron, 1988))

اقترح اختبار جذر الوحدة البديل الذي يعالج الارتباط التلقائي دون إضافة تأخيرات إضافية، وتعديل إحصاءات الاختبار لمراعاة تأثيرات الارتباط التلقائي. يسمح هذا باستخدام القيم الحرجة القياسية لديكي-فولر في ظل ظروف الاعتماد الضعيف (Terence, 2019, p. 81).

الجدول رقم 32: نتائج فيليب بيرون لسلسلة زمنية (في الفرق الأول).

Null Hypothesis: D(Y) has a unit root
Exogenous: Constant
Bandwidth: 12 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-23.56083	0.0001
Test critical values:	1% level	-3.581152	
	5% level	-2.926622	
	10% level	-2.601424	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	5.47E+08
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	87894300

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

نتائج اختبار (Phillips-Perron) في (الجدول32) تبين أن الاحتمالات الحرجة (Prob) أصغر من 0,05، وكذلك القيمة المطلقة لـ(t) المحسوبة أكبر من (t) الجدولية عند مستوى المعنوية 5%، وبالتالي فإننا نقبل الفرضية البديلة H1 القائلة بأن السلسلة الزمنية مستقرة عند الفرق 1.

اختبار KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin)

اقترح ((Kwiatkowski et al. (1992) استخدام اختبار مضاعف لاغرانج (LM) استنادًا إلى الفرضية الصفرية للثبات. بعد تقدير النماذج نموذج الانحدار الذاتي مع ثابت أو نموذج الانحدار الذاتي مع اتجاه، يتم حساب المجموع الجزئي للبواقي على النحو التالي (Bourbonnais, Cours et exercices corrigés, 2015, p. 250):

$$S_t = \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_i$$

ويتم تقدير التباين طويل المدى على أنه:

$$S_t^{\,2}$$

يقوم اختبار(KPSS) على:

- فرضية صفرية H_0: السلسلة مستقرة.
- فرضية البديلة H_1: السلسلة غير مستقرة.

الجدول رقم 33: نتائج اختبار (KPSS) لسلسلة زمنية أصلية (في الفرق الأول).

Null Hypothesis: D(Y) is stationary
Exogenous: Constant
Bandwidth: 11 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.457513
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Residual variance (no correction)	7.64E+08
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	59241606

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج EViews.

نلاحظ من خلال اختبار (KPSS) المبين في (الجدول 33 أن (LM-stat) أصغر من (t) الجدولية عند مستوى المعنوية 0,05، وبالتالي نقبل الفرضية الصفرية (H_0)، ومنه نؤكد استقرارية السلسلة عند الفرق الأول.

6- نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة

نموذج الانحدار الذاتي ((AutoRegressive (AR)

AR هو نموذج يستخدم العلاقة التابعة بين الملاحظة وعدد معين من المشاهدات المتأخرة (Brownlee, 2019, p. 32)، لذلك تمت كتابة النموذج (انحدار ذاتي من الدرجة Pth، يُشار إليه بـ AR(p) (Chunling, Chunlin, Youlong, & Sujie, 2014, p. 2085):

$$Y_t = c + \emptyset_1 Y_{t-1} + \emptyset_2 Y_{t-2} + \cdots + \emptyset_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

$$Y_t = c + \sum_{i=1}^{p} \emptyset_i \, Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

حيث:

$(\emptyset_1, \emptyset_2, \ldots, \emptyset_p)$ هي معاملات تعبر عن قوة الاتصال الخطي بين قيمتين متتاليتين؛

(c) هو ثابت؛

(ε_t) هو تشويش أبيض.

نموذج المتوسطات المتحركة ((Moving Average (MA)

ونستخدم نموذج MA لتحديد الارتباط بين المشاهدات وبواقي الأخطاء المطبقة على المشاهدات المتأخرة (Brownlee, 2019, p. 32)، ويكتب نموذج MA (q) على الشكل التالي (Brockwell & Davis, 2016, pp. 43-47):

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \omega_1 \varepsilon_{t-1} + \omega_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

$$Y_t = \mu + \sum_{i=0}^{q} \omega_i \, \varepsilon_{t-i}$$

$(\omega_1, \ldots, \omega_q)$ هي معاملات تعبر عن قوة الاتصال الخطي بين قيمتين متتاليتين؛

(μ) هو التوقع وغالبا ما يفترض أنه يساوي الصفر؛

$(\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \ldots, \varepsilon_{t-q})$ هو تشويش أبيض لحدود الأخطاء.

نموذج ARMA (AutoRegressive Moving Average)

نموذج ARMA (AutoRegressive Moving Average) هو نموذج يستخدم في تحليل السلاسل الزمنية، حيث يجمع بين مكونين رئيسيين:

- الانحدار الذاتي :(AR) يعتمد على القيم السابقة للسلسلة الزمنية.
- المتوسط المتحرك :(MA) يعتمد على الأخطاء السابقة في التوقعات.

لعملية السلسلة الزمنية $\{Y_1, Y_2, \ldots, Y_{t-1}, Y_t\}$ يأخذ الشكل التالي (Pesaran, 2015, p. 317):

$$Y_t = c + \varepsilon_t \sum_{i=1}^{p} \emptyset_i \, Y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q} \omega_i \, \varepsilon_{t-i}$$

$$Y_t = c + \emptyset_1 Y_{t-1} + \emptyset_2 Y_{t-2} + \cdots + \emptyset_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \, \mu + \varepsilon_t + \omega_1 \varepsilon_{t-1} + \omega_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة ARIMA (p,d,q)

إذا لم تكن السلسلة الزمنية متمركزة في المتوسط، فإننا نستخدم نماذج المتوسط المتحرك المتكامل بالانحداري الذاتي ARIMA (p,d,q) :

- AR (AutoRegressive): يعتمد على القيم السابقة للسلسلة الزمنية.
- I (Integrated): يشير إلى عدد مرات الفرق اللازم لجعل السلسلة الزمنية مستقرة.
- MA (Moving Average): يعتمد على الأخطاء السابقة في التوقعات.

حيث p هو درجة التأخير في نموذج الانحدار الذاتي؛ q هو درجة التأخير في نموذج المتوسطات المتحركة (Brockwell & Davis, 2016, p. 158)، d عدد مرات الفرق لجعل السلسلة مستقرة ؛ حيث (Mouffok & Souar, Using Genetic Algorithms for Forecasting Financial Markets Volatility, 2018, p. 123):

$$\Delta^d Y_t = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-2} - \cdots - Y_{t-d}$$

نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة الموسمية SARIMA (p,d,q)

تُعتبر السلسلة الزمنية موسمية من الرتبة d إذا كان هناك ميل للسلسلة لإظهار سلوك دوري بعد كل فترة زمنية d تتضمن الأساليب التقليدية للسلاسل الزمنية التعرف على المكونات التقليدية وفك تشفيرها وتقديرها، وهذه المكونات تشمل: الاتجاه العام، المكون الموسمي، المكون الدوري والحركة غير المنتظمة. لغرض التنبؤ، يتم إعادة دمج هذه المكونات. يمكن أن تكون مثل هذه التقنيات مضللة إلى حد كبير. (Ette Harrison Etuk, 2012, p. 221)

نقول إن السلسلة الزمنية $\{Xt\}$ تتبع نموذج ARIMA الموسمي المضاعف من الرتبة: $(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ إذا كان:

$$A(L)\Phi(L^s)\nabla^d\nabla^D{}_sX_t = B(L)\Theta(B^s)\varepsilon_t$$

$$\Phi(L^s) = 1 + \phi_1 L^s + \ldots + \phi_p L^{sP}$$

$$\Theta(L^s) = 1 + \theta_1 L^s + \ldots + \theta_p L^{sQ}$$

حيث:

$A(L)$	هو متعدد الحدود للجزء التلقائي
$\Phi(L^s) = 1 + \phi_1 L^s + \ldots + \phi_p L^{sP}$	هو متعدد الحدود للجزء الموسمي التلقائي
$B(L)$	هو متعدد الحدود للجزء المتحرك
$\Theta(L^s) = 1 + \theta_1 L^s + \ldots + \theta_p L^{sQ}$	هو متعدد الحدود للجزء الموسمي المتحرك
∇^d	هو عملية الفرق العادية
∇^D	هو عملية الفرق الموسمي

7- طريقة بوكس جينكيز في التنبؤ

تعتبر منهجية بوكس-جنكيز من أشهر الطرق الكمية في التنبؤ، والتي تعتمد على تحليل السلاسل الزمنية، عبر أربعة مراحل مُبَيَّنة في الشكل 1 (Bourbonnais, Econométerie, 2018, pp. 280-282):

1.7. مرحلة التعرف:

ويتم خلالها تحليل منحنى السلسلة الزمنية، وكذا منحنى (correlogram) الارتباط الذاتي البسيط (autocorrelation function ACF)، ومنحنى الارتباط الذاتي الجزئي (partial autocorrelation function PACF)، ثم اختبار استقرارية السلسلة الزمنية باستعمال اختبارات متنوعة على غرار اختبار ديكي فولر المطور، فيليب بيرون، اختبار (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin)، فإذا تبين أن السلسلة الأصلية غير مستقرة فمن الضروري تحويلها بواسطة الفروق إذا كانت من نوع (DS)، أو (TS) بفصل الزمن عنها بواسطة طريقة المربعات الصغرى (OLS).

2.7. مرحلة التقدير:

تحليل منحنيات السلسلة الزمنية الجديدة (بعد إجراء الفروق، أو فصل الزمن)، بنفس الطريقة في المرحلة الأولى، ثم تحديد درجات النموذج ((ARMA(p,q) مثلا.

3.7. مرحلة الاختبار:

خلال هذه المرحلة يتم اختبار سلسلة البواقي ما إذا كانت عبارة عن تشويش أبيض، وإذا كانت كذلك نمر إلى مرحلة التنبؤ، وإلا فإعادة تقدير درجات النموذج، ومن أهم الاختبارات: اختبار (Ljung-Box)، اختبار (Jarque-Bera).

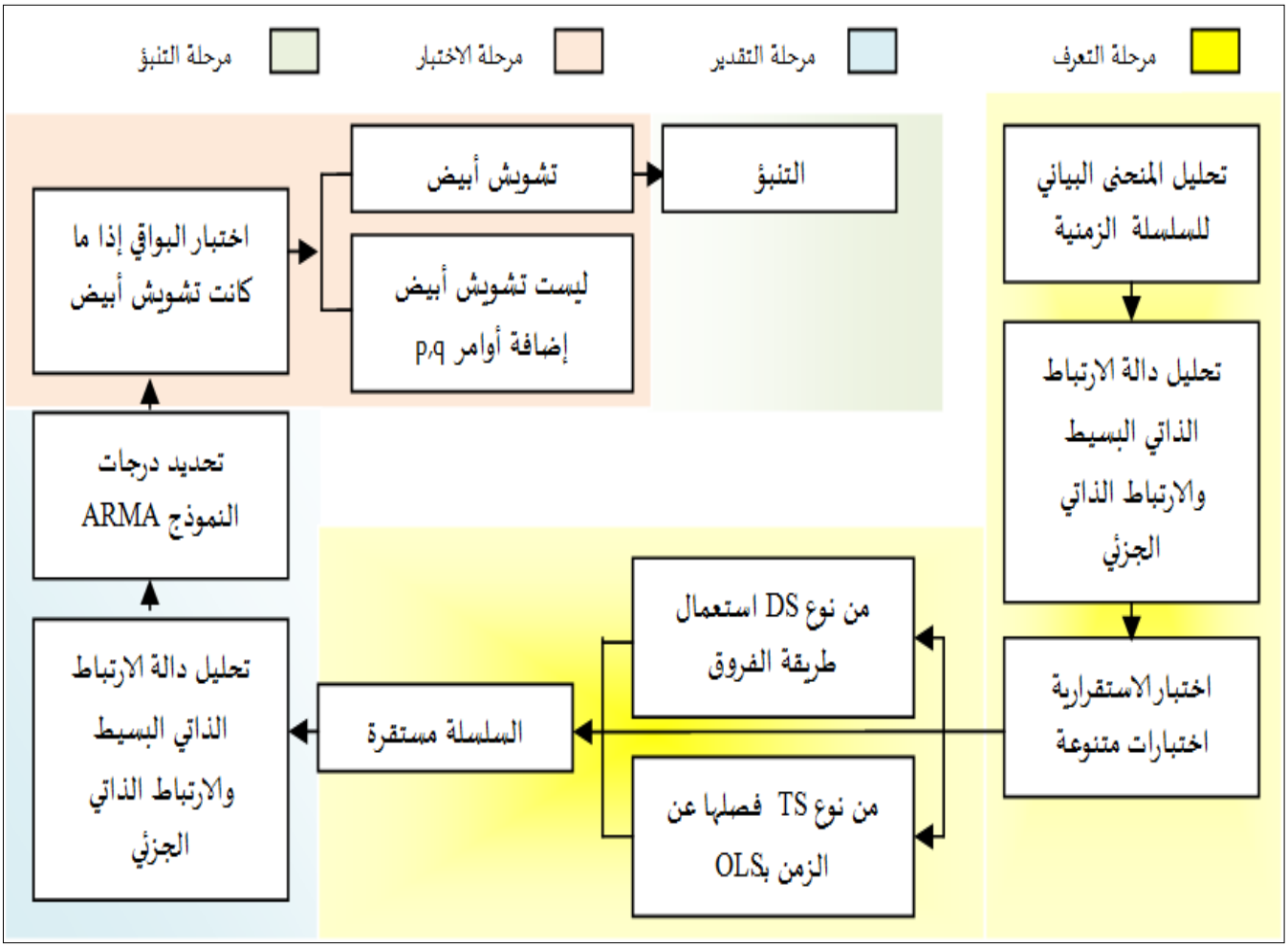
4.7. مرحلة التنبؤ:

وهي آخر مرحلة يتم فيها تطبيق النموذج المقترح والمقبول إحصائيا لتقدير ما يُرَاد التنبؤ به، ويمكن خلال هذه المرحلة كذلك مقارنة نتائج التنبؤ (التقديرات) بالبيانات الحقيقية الفعلية إن وُجِدَت، وتجدر الإشارة إلى أن تقييم نموذج التنبؤ يتم باستخدام مجموعة من المعايير أهمها (Root Mean Squared Error, Mean Absolute Error, Mean Absolute Percentage Error, Theil Inequality Coefficient.).

إن دور نموذج ARMA (p,q) المتوسط المتحرك الانحداري التلقائي) هو النمذجة والتنبؤ في السلاسل الزمنية كما أثبت الإحصائي WOLD في عام 1954، وهو يتميز بالمرونة العالية، وهو قادر على إنتاج مجموعة متنوعة من هياكل الارتباط الذاتي (Paolella, 2019, p. 31).

يتم تعريف نموذج ARMA من خلال معادلات الفرق الخطية ذات المعاملات الثابتة (Brockwell & Davis, 2016, p. 47).

الشكل رقم 27: مراحل منهجية بوكس-جنكيز



Source : (Bourbonnais, Econométerie, 2018, p. 283)

5-7. حالة عملية حول التنبؤ باستعمال منهجية بوكس-جنكيز (box Jenkins) :

1-5-7 بيانات الدراسة:

قمنا بجمع البيانات المتعلقة بالناتج الداخلي الخام في الجزائر خلال الفترة 1971-2024، وهي عبارة عن بيانات سنوية (54 مشاهدة) تم الحصول عليها من الديولن الوطني للاحصاء (الجدول 34).

الجدول رقم 34: بيانات الدراسة

years	PIB
1971	5.1
1972	6.8
1973	8.7
1974	13.2
1975	15.6
1976	17.7
1977	21
1978	26.4
1979	33.2
1980	42.3
1981	44.3
1982	45.2
1983	48.8
1984	53.7
1985	57.9
1986	63.7
1987	66.7
1988	59.1
1989	55.6
1990	62

1991	45.7
1992	48
1993	49.9
1994	42.5
1995	41.8
1996	46.9
1997	48.2
1998	48.2
1999	48.6
2000	54.8
2001	54.7
2002	56.8
2003	67.9
2004	85.3
2005	103.2
2006	117
2007	135
2008	171
2009	137.2
2010	161.2
2011	200
2012	209.1

2013	209.8
2014	213.8
2015	166
2016	160.1
2017	167.6
2018	174.91
2019	171.76
2020	145.74
2021	163.47
2022	225.56
2023	239.9
2024	243.5

المصدر: (ONS, Décembre 2024)

7-5-2 الأدوات المستخدمة:

تم معالجة ظاهرة هذه الدراسة باستخدام النماذج المبينة في الجدول35، وهي:

- نموذج الانحدار الذاتي ((AR(p)) وهو اختصار لـ(Autoregressive)؛
- نموذج المتوسط المتحرك ((MA(q)) أو (Moving Average)؛
- نموذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك ((ARMA(p,q)).

الجدول 35: نماذج الانحدار الذاتي للمتوسطات المتحركة.

النموذج	الصيغة
AR(p)	$y_t=\theta_1 y_{t-1}+\theta_2 y_{t-2}+\ldots+\theta_p y_{t-p}+\varepsilon_t$ $(1-\theta_1 D-\theta_2 D^2-\ldots-\theta_p D^p)y_t=\varepsilon_t$ حيث: θ هي معاملات مقدرة للنموذج؛ ε_t خطأ أبيض؛ وD درجة التأخير.
MA(q)	$y_t=\varepsilon_t-\alpha_1\varepsilon_{t-1}-\alpha_2\varepsilon_{t-2}-\ldots-\alpha_q\varepsilon_{t-q}$ $(1-\alpha_1 D-\alpha_2 D^2-\ldots-\alpha_p D^p)\varepsilon_t=y_t$ حيث: α هي معاملات مقدرة للنموذج؛ ε_t خطأ أبيض.
ARMA(p,q)	$y_t=\mu+\theta_1 y_{t-1}+\theta_2 y_{t-2}+\ldots+\theta_p y_{t-p}+\varepsilon_t-\alpha_1\varepsilon_{t-1}-\alpha_2\varepsilon_{t-2}-\ldots-\alpha_q\varepsilon_{t-q}$

Source: (Bourbonnais, Econométerie, 2018, pp. 276-278).

نماذج الانحدار الذاتي المتكامل والمتوسط المتحرك (Autoregressive Integrated-Moving Average) يرمز لها إختصارا بـ ((ARIMA(p,d,q) وهي نماذج مختلطة مركبة بين AR(p) وMa(q)، ناتجة عن تحويل السلاسل الزمنية الأصلية التي تكون غير مستقرة باستعمال طريقة الفروق، وتعرف بالإضافة إلى(p) و(q) برتبة التكامل(d) (خربوش، 2015، صفحة 324)، وتكتب على النحو التالي (Mouffok & Souar, 2018, p. 123):

$$\Delta^a Y_t=Y_t-Y_{t-1}-Y_{t-2}-\ldots-Y_{t-d}$$

تكون السلسلة الزمنية $\{y_t\}$ مستقرة إذا كان (DOR, 2009, p. 151):

- (y_i) ثابتا مهما كان الزمن: $E(y_t)=\mu y \ \forall t$ ؛
- التباين محدود ومستقل عن الزمن: $VAR(y_t)=\sigma_y^2 \ \forall t$ ؛
- التباين المشترك بين(y_t) و$(y_{t-\theta})$مستقل عن الزمن:

$$COV(y_t,y_{t-\theta})=v(\theta) \ \forall t, \forall \theta$$

كما تم الاستعانة ببرنامج (Eviews) نسخة 8 في معالجة البيانات واستخراج النتائج البيانية والحسابية.

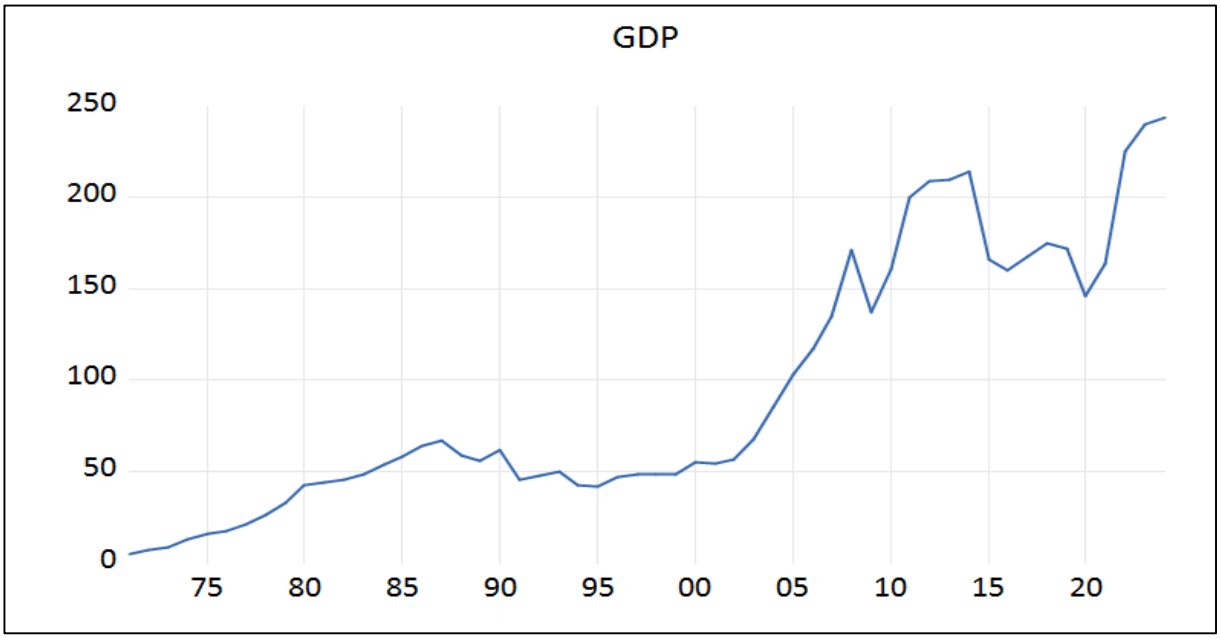
3-5-7 تحليل النتائج والمناقشة:

نستعرض فيما يلي نتائج الدراسة القياسية بإتباع مراحل منهجية بوكس-جنكيز.

أ- مرحلة التعرف على السلسلة الزمنية للدراسة:

من خلال المنحنى البياني في (الشكل 28) الخاص بالناتج الداخلي الخام في الجزائر خلال الفترة 1971-2024، ولتكن السلسلة الزمنية (GDP).

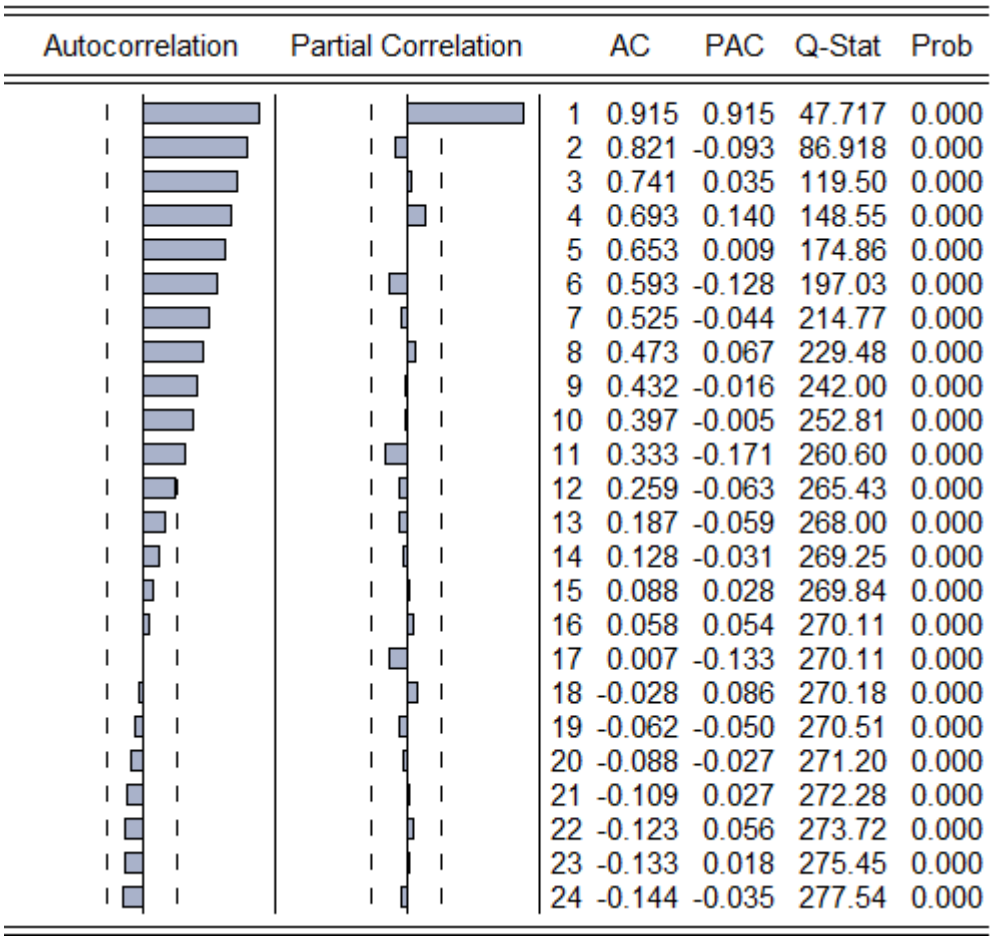
الشكل رقم 28: منحنى السلسلة الزمنية (GDP)



المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

نلاحظ من خلال (الشكل 28) أن الخاص بالناتج الداخلي الخام في الجزائر خلال الفترة 1971-2024 يزداد تصاعديا وبالتالي فالسلسلة تتأثر بمركبة الاتجاه العام، كما يمكن ملاحظة في منحنى دالة الارتباط الذاتي البسيط (ACF) ودالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) المبين في (الشكل 29-) أن هناك معاملات الارتباط الذاتي خارج مجال الثقة، وكل هذه الملاحظات تدل على عدم استقرار السلسلة الزمنية.

الشكل رقم 29: دالة الارتباط الذاتي البسيط والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة (GDP).



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.915	0.915	47.717	0.000
		2	0.821	-0.093	86.918	0.000
		3	0.741	0.035	119.50	0.000
		4	0.693	0.140	148.55	0.000
		5	0.653	0.009	174.86	0.000
		6	0.593	-0.128	197.03	0.000
		7	0.525	-0.044	214.77	0.000
		8	0.473	0.067	229.48	0.000
		9	0.432	-0.016	242.00	0.000
		10	0.397	-0.005	252.81	0.000
		11	0.333	-0.171	260.60	0.000
		12	0.259	-0.063	265.43	0.000
		13	0.187	-0.059	268.00	0.000
		14	0.128	-0.031	269.25	0.000
		15	0.088	0.028	269.84	0.000
		16	0.058	0.054	270.11	0.000
		17	0.007	-0.133	270.11	0.000
		18	-0.028	0.086	270.18	0.000
		19	-0.062	-0.050	270.51	0.000
		20	-0.088	-0.027	271.20	0.000
		21	-0.109	0.027	272.28	0.000
		22	-0.123	0.056	273.72	0.000
		23	-0.133	0.018	275.45	0.000
		24	-0.144	-0.035	277.54	0.000

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8)

كما قمنا باختبار وجود جذور الوحدة (Unit root) واستقرارية السلسلة الزمنية (Arrivals) باستخدام اختبار ديكي فولر المطور (Augmented Dickey-Fuller test ADF) لإثبات إحدى الفرضيتين:

H_0: السلسلة غير مستقرة ($|\emptyset|=1$)؛

H_1: السلسلة مستقرة ($|\emptyset|<1$)؛

والنتائج مبينة في (الجداول 36 -37-38):

الجدول 36: نتائج اختبار ديكي فولر المطور (ADF). بدون قاطع واتجاه الزمن

Null Hypothesis: GDP has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		1.718491	0.9780
Test critical values:	1% level	-2.609324	
	5% level	-1.947119	
	10% level	-1.612867	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 37: نتائج اختبار ديكي فولر المطور (ADF). بوجود قاطع وبدون اتجاه الزمن

Null Hypothesis: GDP has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		0.143958	0.9662
Test critical values:	1% level	-3.560019	
	5% level	-2.917650	
	10% level	-2.596689	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 38: نتائج اختبار ديكي فولر المطور (ADF). بوجود قاطع وبوجود اتجاه الزمن

Null Hypothesis: GDP has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.637877	0.7643
Test critical values:	1% level	-4.140858	
	5% level	-3.496960	
	10% level	-3.177579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

نلاحظ من خلال (الجداول 36 -37-38) أن الاحتمالات الحرجة (Prob) أكبر من 5% مستوى المعنوية، وبالتالي وجود جذور الوحدة، ومنه نرفض الفرضية (H_1)، ونقبل الفرضية (H_0) القائلة بأن السلسلة الزمنية غير مستقرة، كما بين كذلك اختبار (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin KPSS) في (الجدول 39 والجدول 40) أن قيمة (LM-stat) أكبر من (t) الجدولية عند مستوى المعنوية 5%، ومنه نؤكد عدم استقرارية السلسلة.

الجدول 39: نتائج اختبار KPSS. بوجود قاطع

Null Hypothesis: GDP is stationary
Exogenous: Constant
Bandwidth: 5 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.891741
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

المصدر: من إعداد الباحثين استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 40: نتائج اختبار KPSS. بوجود قاطع واتجاه الزمن.

Null Hypothesis: GDP is stationary
Exogenous: Constant, Linear Trend
Bandwidth: 5 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.154337
Asymptotic critical values*:	1% level	0.216000
	5% level	0.146000
	10% level	0.119000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

كما بينت نتائج اختبار (Phillips-Perron) في (الجداول41-42-43) تبين أن الاحتمالات الحرجة (Prob) أكبر من 0,05، وكذلك القيمة المطلقة لـ(t) المحسوبة أصغر من (t) الجدولية عند مستوى المعنوية 5%، وبالتالي فإننا نقبل الفرضية البديلة H1 القائلة بأن السلسلة الزمنية مستقرة عند الفرق 1.

الجدول 41: نتائج اختبار ((Phillips-Perron بدون قاطع واتجاه الزمن

Null Hypothesis: GDP has a unit root
Exogenous: None
Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		1.718491	0.9780
Test critical values:	1% level	-2.609324	
	5% level	-1.947119	
	10% level	-1.612867	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 42: نتائج اختبار (Phillips-Perron). بوجود قاطع وبدون اتجاه الزمن

Null Hypothesis: GDP has a unit root
Exogenous: Constant
Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		0.143958	0.9662
Test critical values:	1% level	-3.560019	
	5% level	-2.917650	
	10% level	-2.596689	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 43: نتائج اختبار (Phillips-Perron). بوجود قاطع وبوجود اتجاه الزمن

Null Hypothesis: GDP has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

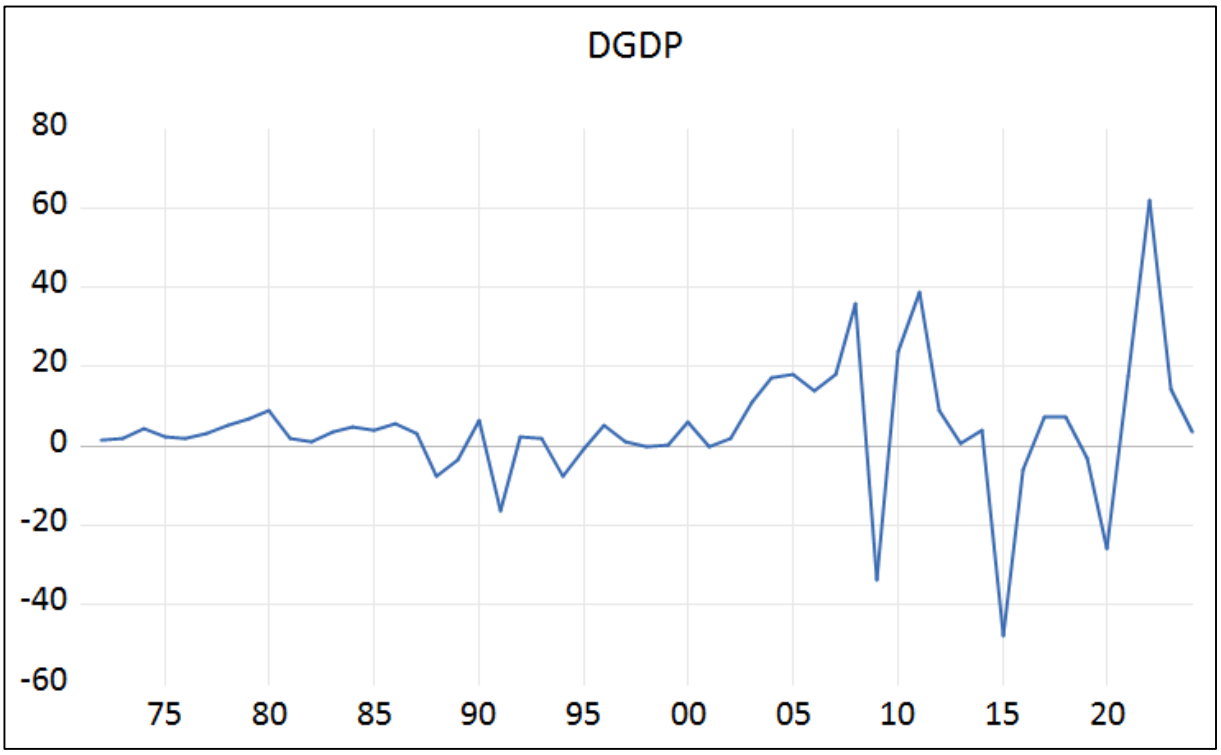
		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-1.803993	0.6888
Test critical values:	1% level	-4.140858	
	5% level	-3.496960	
	10% level	-3.177579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

من خلال نتائج اختبارات (ADF) (PP) و(KPSS) يمكننا القول بأن السلسلة الزمنية (GDP) هي من نوع (DS)، ولإزالة حالة عدم الاستقرار أجرينا عليها فروقات من الدرجة الأولى وتحصلنا على السلسلة الجديدة (DGDP)، ومثلناها في المنحنى المبين في (الشكل 3).

الشكل رقم 30: التمثيل البياني للسلسلة الزمنية بعد إجراء الفروقات من الدرجة الأولى (DGDP).

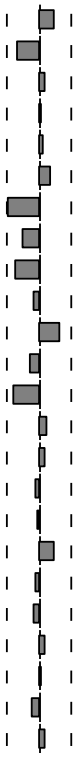


المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

من خلال (الشكل 30) نلاحظ بأن منحنى السلسلة الزمنية يرتفع وينخفض حول المتوسطات، في دلالة على استقرارية السلسلة الزمنية مبدئيا، لذا نستخدم اختبارات الاستقرارية للتأكد من ذلك. كما يمكن ملاحظة في منحنى دالة الارتباط الذاتي البسيط (ACF) ودالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) المبين في (الشكل 31) أن معاملات الارتباط الذاتي داخل مجال الثقة، وكل هذه الملاحظات تدل على عدم استقرار السلسلة الزمنية.

الشكل رقم 31: دالة الارتباط الذاتي البسيط والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة (DGDP).

Sample: 1971 2024
Included observations: 53

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.130	0.130	0.9438	0.331
		2	-0.173	-0.193	2.6467	0.266
		3	0.061	0.119	2.8626	0.413
		4	0.007	-0.059	2.8660	0.581
		5	0.043	0.092	2.9807	0.703
		6	0.093	0.057	3.5208	0.741
		7	-0.262	-0.283	7.8794	0.343
		8	-0.133	-0.013	9.0188	0.341
		9	-0.191	-0.335	11.435	0.247
		10	-0.036	0.102	11.523	0.318
		11	0.173	0.075	13.597	0.256
		12	-0.070	-0.077	13.944	0.304
		13	-0.210	-0.065	17.152	0.192
		14	0.070	-0.016	17.517	0.230
		15	0.051	0.015	17.713	0.278
		16	-0.018	-0.164	17.739	0.339
		17	-0.009	-0.042	17.745	0.405
		18	0.137	0.215	19.312	0.373
		19	-0.021	-0.131	19.351	0.435
		20	-0.049	0.039	19.561	0.486
		21	0.062	-0.024	19.913	0.527
		22	0.004	-0.106	19.915	0.588
		23	-0.050	0.023	20.160	0.632
		24	0.056	-0.012	20.470	0.670

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 44: نتائج اختبار ديكي فولر المطور (ADF) عند الفرق الأول بدون قاطع واتجاه الزمن

Null Hypothesis: D(GDP) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-5.856913	0.0000
Test critical values:	1% level	-2.610192	
	5% level	-1.947248	
	10% level	-1.612797	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 45: نتائج اختبار ديكي فولر المطور (ADF) عند الفرق الأول بوجود قاطع وبدون اتجاه الزمن

Null Hypothesis: D(GDP) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-6.207737	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.562669	
	5% level	-2.918778	
	10% level	-2.597285	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 46: نتائج اختبار ديكي فولر المطور (ADF) عند الفرق الأول بوجود قاطع وبوجود اتجاه الزمن

Null Hypothesis: D(GDP) has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-6.240489	0.0000
Test critical values:	1% level	-4.144584	
	5% level	-3.498692	
	10% level	-3.178578	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

من خلال (الجداول 44-45-46) نلاحظ بأن الاحتمالات الحرجة (Prob) تساوي الصفر وهي أصغر من مستوى المعنوية 0,05، وكذلك القيمة المطلقة لـ(t) المحسوبة أكبر من (t) الجدولية عند مستوى المعنوية 5%، وبالتالي فإننا نقبل الفرضية البديلة H_1 القائلة بأن السلسلة الزمنية (DGDP) مستقرة.

الجدول 47: نتائج اختبار KPSS عند الفرق الأول بوجود قاطع

Null Hypothesis: D(GDP) is stationary
Exogenous: Constant
Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.153268
Asymptotic critical values*:	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

المصدر: من إعداد الباحثين استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 48: نتائج اختبار KPSS عند الفرق الأول بوجود قاطع واتجاه الزمن.

Null Hypothesis: D(GDP) is stationary
Exogenous: Constant, Linear Trend
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.051418
Asymptotic critical values*:	1% level	0.216000
	5% level	0.146000
	10% level	0.119000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

نلاحظ من خلال اختبار (KPSS) المبين في (الجداول 47-48) أن (LM-stat) أصغر من (t) الجدولية عند مستوى المعنوية 0,05، ومنه نؤكد استقرارية السلسلة (DGDP)، وبينت نتائج اختبار (Phillips-Perron) في (الجداول 49-50-51) أن الاحتمالات الحرجة (Prob) أصغر من 0,05، وكذلك القيمة المطلقة لـ(t) المحسوبة أكبر من (t) الجدولية عند مستوى المعنوية 5%، وبالتالي فإننا نقبل الفرضية البديلة H_1 القائلة بأن السلسلة الزمنية (DGDP) مستقرة.

الجدول 49: نتائج اختبار ((Phillips-Perron عند الفرق الأول بدون قاطع واتجاه الزمن

Null Hypothesis: D(GDP) has a unit root
Exogenous: None
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-5.872583	0.0000
Test critical values:	1% level	-2.610192	
	5% level	-1.947248	
	10% level	-1.612797	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 50: نتائج اختبار (Phillips-Perron) عند الفرق الأول بوجود قاطع وبدون اتجاه الزمن

Null Hypothesis: D(GDP) has a unit root
Exogenous: Constant
Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-6.165720	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.562669	
	5% level	-2.918778	
	10% level	-2.597285	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول 51: نتائج اختبار (Phillips-Perron) عند الفرق الأول بوجود قاطع وبوجود اتجاه الزمن

Null Hypothesis: D(GDP) has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-6.195767	0.0000
Test critical values:	1% level	-4.144584	
	5% level	-3.498692	
	10% level	-3.178578	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

ب- مرحلة تقدير نموذج الدراسة:

من أجل التعرف على درجات نموذج ARIMA(p,d,q)، قمنا بالاستعانة بدالة الارتباط الذاتي البسيط (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) للسلسلة (DGDP) (الشكل32)، وجدنا أن معاملات الارتباط الذاتي الجزئي خارج مجال الثقة في المشاهدة 7 و9، حيث درجة الفرق (d=1)، وبالتالي يكون أمامنا احتمالات النماذج التالية: ARIMA(0,1,7)، ARIMA(0,1,9)

الشكل رقم 32: دالة الارتباط الذاتي البسيط والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة (DGDP).

Sample: 1971 2024
Included observations: 53

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.130	0.130	0.9438	0.331
		2	-0.173	-0.193	2.6467	0.266
		3	0.061	0.119	2.8626	0.413
		4	0.007	-0.059	2.8660	0.581
		5	0.043	0.092	2.9807	0.703
		6	0.093	0.057	3.5208	0.741
		7	-0.262	-0.283	7.8794	0.343
		8	-0.133	-0.013	9.0188	0.341
		9	-0.191	-0.335	11.435	0.247
		10	-0.036	0.102	11.523	0.318
		11	0.173	0.075	13.597	0.256
		12	-0.070	-0.077	13.944	0.304
		13	-0.210	-0.065	17.152	0.192
		14	0.070	-0.016	17.517	0.230
		15	0.051	0.015	17.713	0.278
		16	-0.018	-0.164	17.739	0.339
		17	-0.009	-0.042	17.745	0.405
		18	0.137	0.215	19.312	0.373
		19	-0.021	-0.131	19.351	0.435
		20	-0.049	0.039	19.561	0.486
		21	0.062	-0.024	19.913	0.527
		22	0.004	-0.106	19.915	0.588
		23	-0.050	0.023	20.160	0.632
		24	0.056	-0.012	20.470	0.670

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

بعد تقدير النماذج، وجدنا النموذجين المبينين في الجدولين 52-53.

الجدول 51: نتائج نموذج ARIMA (0,1,9)

Sample: 1972 2024
Included observations: 53
Convergence achieved after 9 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.389701	1.779812	2.466384	0.0171
MA(9)	-0.179063	0.218595	-0.819153	0.4166
SIGMASQ	237.9728	26.44267	8.999575	0.0000

R-squared	0.039532	Mean dependent var		4.498113
Adjusted R-squared	0.001113	S.D. dependent var		15.89126
S.E. of regression	15.88242	Akaike info criterion		8.428775
Sum squared resid	12612.56	Schwarz criterion		8.540301
Log likelihood	-220.3625	Hannan-Quinn criter.		8.471663
F-statistic	1.028965	Durbin-Watson stat		1.786723
Prob(F-statistic)	0.364819			

Inverted MA Roots	.83	.63+.53i	.63-.53i	.14+.81i
	.14-.81i	-.41-.72i	-.41+.72i	-.78+.28i
	-.78-.28i			

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج (8) Eviews.

الجدول 52: نتائج نموذج ARIMA (0,1,7)

Sample: 1972 2024
Included observations: 53
Convergence achieved after 17 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.339888	1.546154	2.806893	0.0071
MA(7)	-0.268791	0.111916	-2.401731	0.0201
SIGMASQ	227.4895	34.70889	6.554213	0.0000

R-squared	0.081843	Mean dependent var		4.498113
Adjusted R-squared	0.045116	S.D. dependent var		15.89126
S.E. of regression	15.52865	Akaike info criterion		8.388093
Sum squared resid	12056.94	Schwarz criterion		8.499619
Log likelihood	-219.2845	Hannan-Quinn criter.		8.430981
F-statistic	2.228452	Durbin-Watson stat		1.756482
Prob(F-statistic)	0.118284			

Inverted MA Roots	.83	.52+.65i	.52-.65i	-.18+.81i
	-.18-.81i	-.75-.36i	-.75+.36i	

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج (8) Eviews.

نستنتج من خلال النموذجين السابقين بأن أفضل نموذج هو ARIMA(0,1,7)، نظرا لدلالته الإحصائية، وكذلك قيم Akaike, Schwarz, Hannan-Quinn، هي الأقل مقارنة بالنماذج الأخرى، وأعلى معامل التحديد (R^2).

من خلال (الجدول 52) نلاحظ أن معاملات الانحدار الذاتي تختلف عن الصفر، وعند مستوى الثقة 95% نجد أن القيم المطلقة لـ(t) المحسوبة أكبر من (t) الجدولية عند مستوى المعنوية 5% .

وبالتالي نموذج التنبؤ المقترح يكون على الشكل التالي:

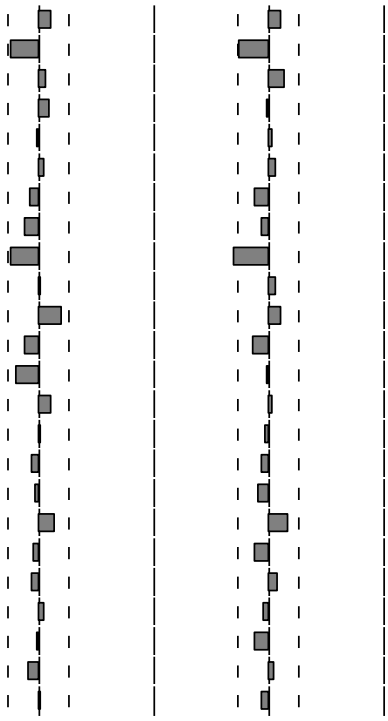
$$DGDP_t=(4.33988823897)-0.268791057812\varepsilon_{t-1}+\varepsilon_t$$

ج- مرحلة اختبار نموذج الدراسة المقترح:

في هذه المرحلة نقوم باختبار النموذج المقترح باستخدام منحنى دالة الارتباط الذاتي البسيط، ودالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة البواقي، الممثلة في (الشكل رقم 33)، حيث أن كل المعاملات تقع داخل مجال الثقة، ثم بإجراء اختباري (Ljung-Box)، و(Jarque-Bera) للبواقي.

الشكل رقم 33: دالة الارتباط الذاتي البسيط والارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة البواقي.

Sample: 1971 2024
Included observations: 53
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.121	0.121	0.8256	
		2	-0.248	-0.267	4.3523	0.037
		3	0.068	0.151	4.6200	0.099
		4	0.091	-0.014	5.1126	0.164
		5	-0.002	0.045	5.1129	0.276
		6	0.057	0.070	5.3166	0.378
		7	-0.070	-0.109	5.6301	0.466
		8	-0.112	-0.052	6.4432	0.489
		9	-0.239	-0.309	10.238	0.249
		10	0.000	0.076	10.238	0.332
		11	0.220	0.116	13.593	0.192
		12	-0.112	-0.124	14.490	0.207
		13	-0.192	-0.011	17.168	0.143
		14	0.107	0.045	18.031	0.156
		15	0.030	-0.030	18.102	0.202
		16	-0.062	-0.053	18.403	0.242
		17	-0.017	-0.092	18.428	0.299
		18	0.141	0.174	20.074	0.270
		19	-0.036	-0.116	20.185	0.323
		20	-0.065	0.089	20.561	0.362
		21	0.059	-0.043	20.881	0.404
		22	-0.002	-0.117	20.881	0.466
		23	-0.088	0.056	21.637	0.482
		24	0.027	-0.052	21.711	0.538

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

اختبار (Ljung-Box):

من خلال منحنى دالة الارتباط الذاتي البسيط، ودالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة البواقي (الشكل 33)، نلاحظ أن أكبر قيمة لـ (Q-stat) هي 21.711 عند التأخير (Lag=24)، حيث:

($x^2_{0.05,\ 24}$=36,415)حسب قانون (Khi-deux).

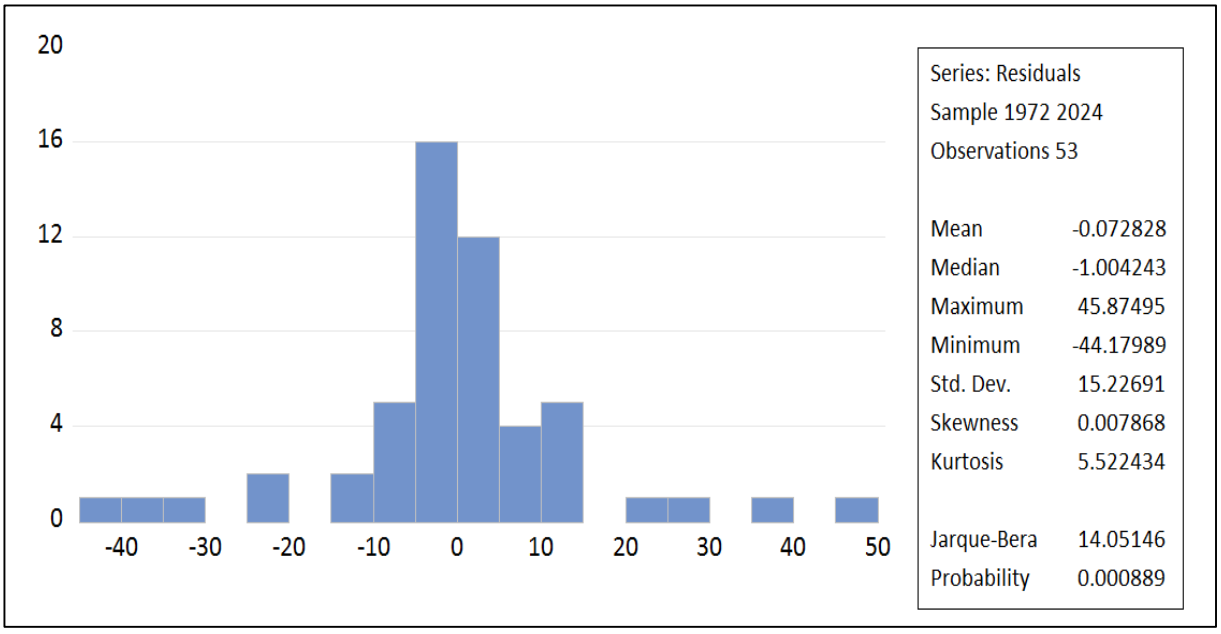
وبالتالي: ($x^2_{0.05,\ 24}$=36,415>LB=21.711)، ومنه نقول بأن البواقي عبارة عن تشويش أبيض.

اختبار (Jarque-Bera):

يسمح اختبار (Jarque-Bera) بتبيان مدى إتباع سلسلة البواقي للتوزيع الطبيعي، ومن خلال (الشكل34) نلاحظ بأن (JB=14.05) أكبر من (Prob=0.0008)، كما أن:

(JB=14.05 > $X^2_{0,05}$=5,99) وبالتالي سلسلة البواقي لا تتبع التوزيع الطبيعي.

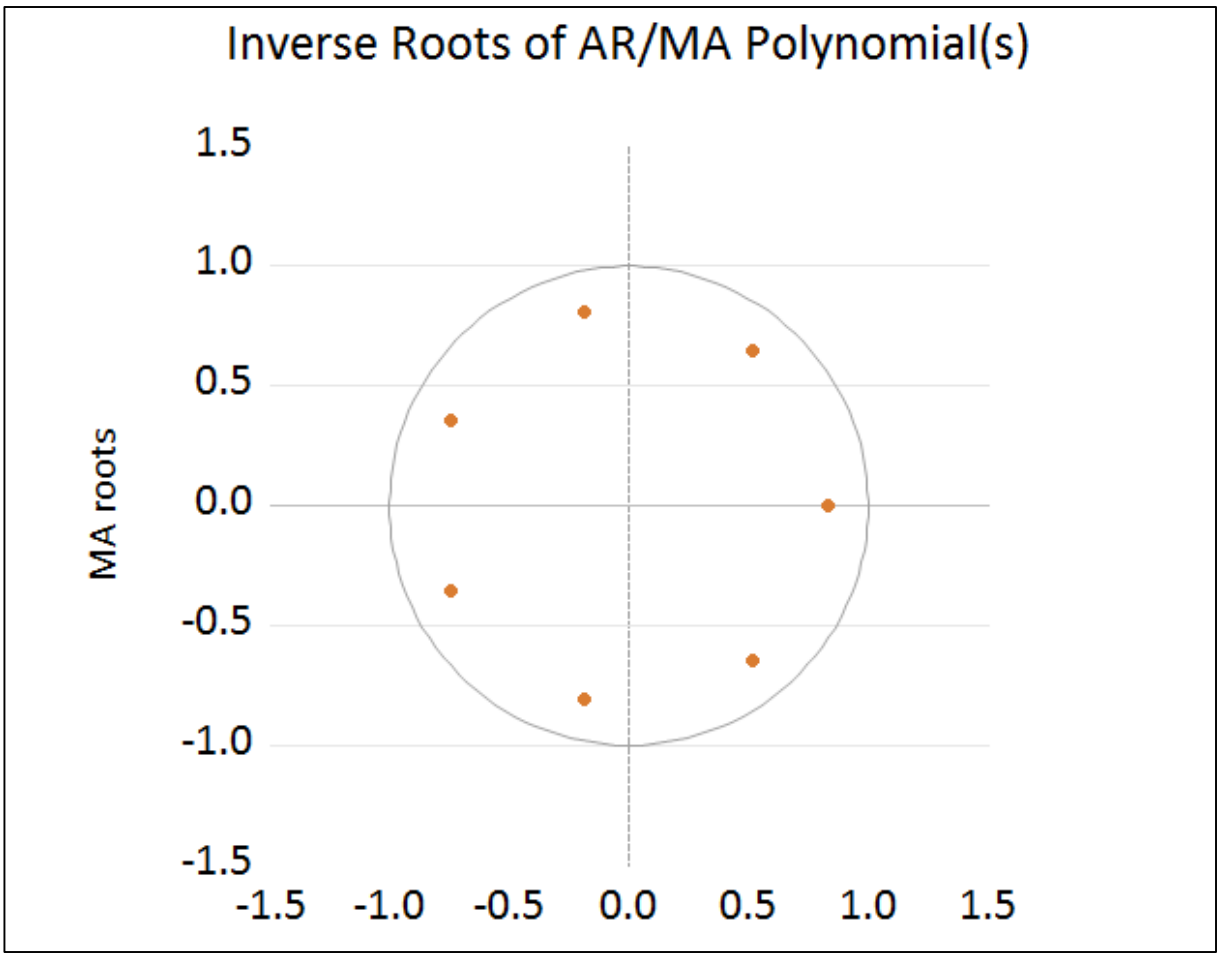
الشكل 34: منحنى التوزيع الطبيعي للبواقي.



المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج (8) Eviews.

من خلال الرسم البياني لاختبار الجذور القلوبة في النموذج، حيث تقع جميع الجذور (النقاط الزرقاء) داخل دائرة الوحدة.

الشكل 35: نتائج اختبار الجذور القلوبة.



المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

مرحلة التنبؤ بالناتج الاجمالي الخام:

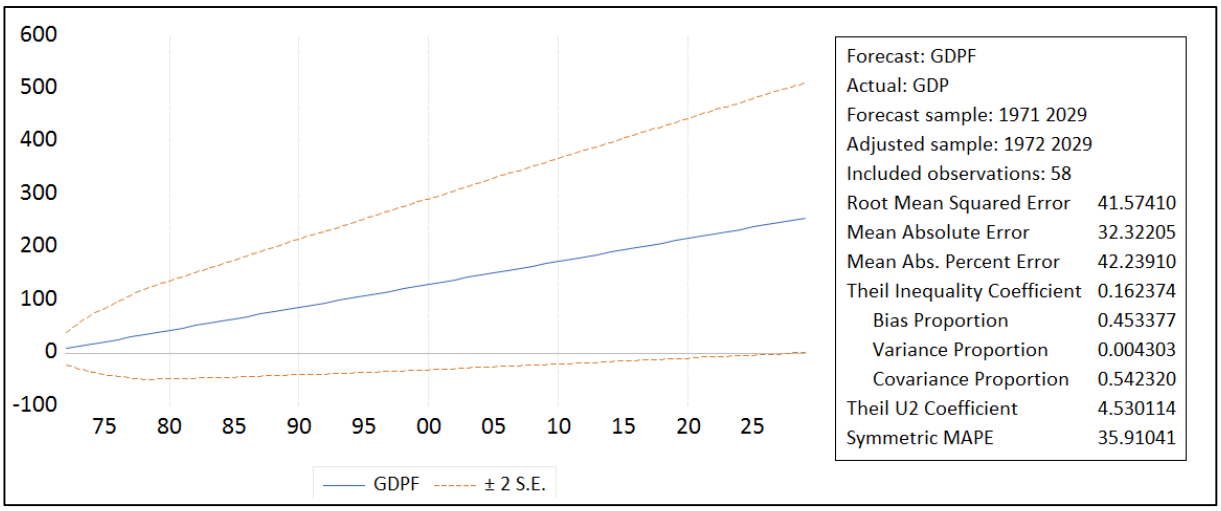
نستعرض من خلال (الشكل 36)، مقارنة منحنى السلسلة الزمنية عند الفرق الأول، بمنحنى السلسلة الزمنية المتوقعة، وسلسلة البواقي.

الشكل 36: التمثيل البياني للسلسة الزمنية الأصلية والمتوقعة وسلسلة البواقي.

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

يبين (الشكل 36) سلسلة عند الفرق الأول وسلسلة توقعات ، وكذا سلسلة البواقي، ونلاحظ بأن المنحنيين (سلسلة أصلية ومتوقعة) قريبان من التطابق، وبالتالي فإن سلسلة الناتج الإجمالي الخام التنبئي مستقرة والنموذج ARIMA(0,1,7) مقبول للتنبؤ، كما نؤكد ذلك من خلال (الشكل 37) أن قيمة (MAPE=42%) Mean Absolute Percentage Error)، وهي قيمة مقبولة جدا إذ يعتبرها (Lewis.C, 1982) ذات دلالة على أن التنبؤ مقبول ما دامت هذه القيمة تقارب 20% وأصغر من 50%، ومن جهة أخرى نلاحظ أن منحنى التنبؤ بالطلب السياحي الأجنبي يقع داخل مجال (± 2 S.E).

الشكل 37: نتائج تقييم نموذج التنبؤ بناتج الداخلي الإجمالي الخام ARIMA(0,1,7).



المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج Eviews (8).

الجدول رقم 53: قيم (MAPE) لتقييم التنبؤ.

تقييم التنبؤ	MAPE (%)
عالي الدقة	**MAPE ≤10%**
جيد	**10%<MAPE≤20%**
مقبول	**20%<MAPE≤50%**
غير دقيق	**MAPE>50%**

Source : (H. Rangika Iroshani, 2016, p. 103)

من خلال الاختبارات السابقة يمكن القول بأن النموذج ARIMA(0,1,7) مقبول إحصائيا، وقابل للتطبيق في التنبؤ الناتج الإجمالي الخام خلال الفترة 1971-2024، والنتائج المتحصل عليها مبينة في (الجدول 54).

الجدول 54: نتائج التنبؤ بالناتج الإجمالي الخام لسنوات 2025-2029.

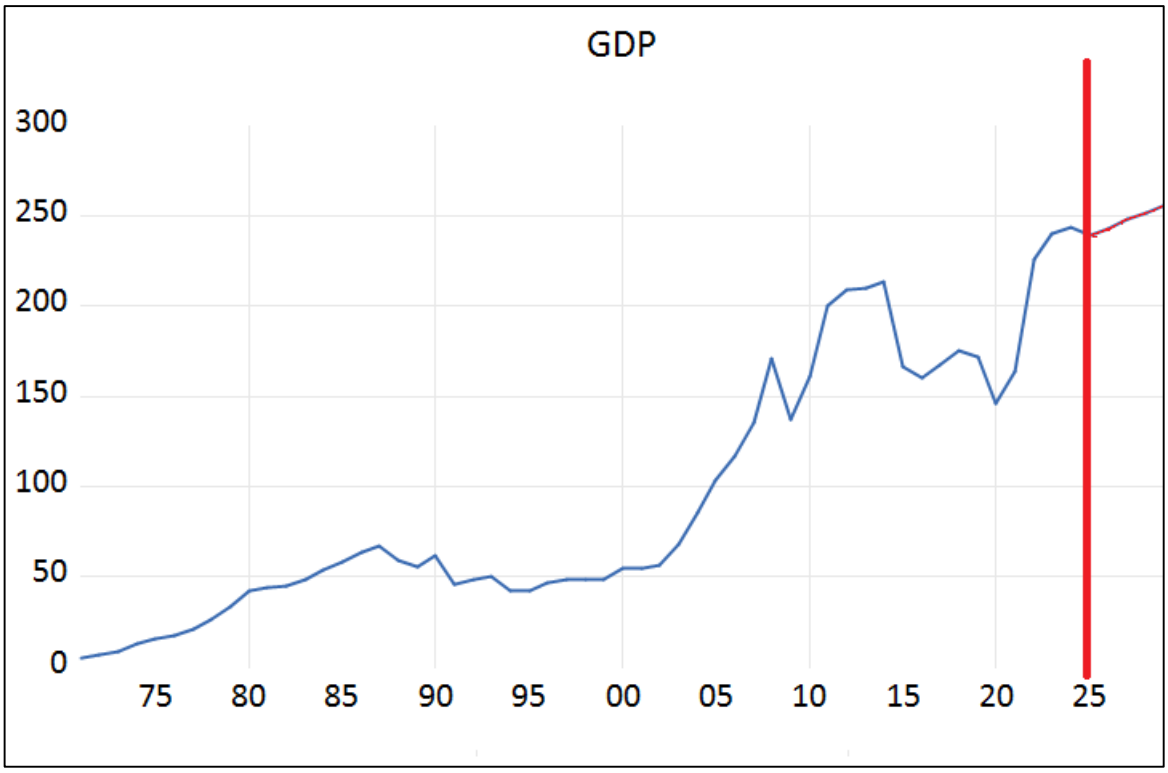
السنوات	القيم التنبؤية
2025	239
2026	243
2027	248
2028	252

256	2029

المصدر: من إعداد الباحث استنادا إلى مخرجات برنامج (8) Eviews.

نلاحظ من خلال (الجدول 54 و(الشكل 37) أن **الناتج الإجمالي الخام** في الجزائر يرتفع سنويا، إذ أن تقديرات التنبؤ من خلال النموذج المقترح للدراسة أظهرت أن GDP سيتجاوز 250مليار دولار سنة 2028و يبلغ 256 مليار دولار مطلع سنة 2029.

الشكل 37: الناتج الإجمالي الخام الحقيقي والتنبؤي للفترة (2025-2029).



المصدر: من إعداد الباحثين استنادا إلى مخرجات برنامج (8) Eviews.

تمارين مقترحة:

التمرين الأول:

حاول الإجابة على الأسئلة التالية:

1- أعط مفهوما عن الانحدار الزائف.
2- ماذا نقصد بالسلسلة الزمنية من نوع TS؟
3- اشرح اختبار KPSS (الهدف وقاعدة الاختبار).
4- ما هي أهم طريقة لتحويل السلسلة الزمنية من نوع TS إلى سلسلة مستقرة؟
5- ما هو الانحدار الزائف وكيف يمكن أن يؤثر على نتائج التحليل؟
6- ناقش أسباب حدوث الانحدار الزائف.
7- ما هي الخصائص الرئيسية للسلسلة الزمنية من نوع(TS (Time Series ؟
8- اذكر العناصر الأساسية التي تتكون منها.
9- اشرح اختبار .KPSS ما هو هدفه وما هي قاعدة الاختبار المستخدمة فيه؟
10- كيف يتم استخدام هذا الاختبار لتحديد استقرار السلاسل الزمنية؟
11- ما هي الطرق الأساسية لتحويل السلسلة الزمنية من نوع TS إلى سلسلة مستقرة؟
12- اذكر الطرق المختلفة مثل التحويل اللوغاريتمي أو الفرق.
13- ما هو مفهوم التباين المتغير في السلاسل الزمنية، وكيف يمكن اكتشافه؟
14- اشرح الطرق المستخدمة في اختباره.
15- كيف يمكن استخدام نموذج ARIMA في تحليل السلاسل الزمنية وما هي مكوناته الأساسية؟
16- اشرح كيفية تحديد معلمات النموذج.
17- ما الفرق بين السلاسل الزمنية الموسمية وغير الموسمية؟
18- كيف يمكن التعامل مع السلاسل الزمنية الموسمية؟
19- ما هي أهمية تحليل الارتباط الذاتي (ACF) وتحليل الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) في تحليل السلاسل الزمنية؟
20- كيف يساعدان في اختيار نموذج التحليل المناسب؟
21- ما هو مفهوم الاستقرار في السلاسل الزمنية، وما هي اختبارات الاستقرار الشائعة؟
22- اذكر أمثلة على اختبارات مثل ADF و.KPSS
23- كيف يمكن استخدام تحليل السلاسل الزمنية في التنبؤ، وما هي التطبيقات العملية لذلك؟
24- اذكر أمثلة على المجالات التي يتم فيها استخدام تحليل السلاسل الزمنية.

التمرين الثاني:

قم بإعطاء نوع سيرورة السلاسل الزمنية التالية:

السلسلة رقم01: $Y_t = 0.21\varepsilon_{t-1} + 0.12\varepsilon_{t-2} + 0.08\varepsilon_{t-3} + \omega_t$

السلسلة رقم02: $Z_t = 0.89Z_{t-1} + 0.72Z_{t-2} + 0.18Z_{t-3} + \varepsilon_t$

السلسلة رقم03: $X_t = \sum_{i=1}^{p} \varphi_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \theta_j \delta_{t-j}$

التمرين الثالث:

علّق بصح أو بخطأ (مع تصحيح الخطأ) على العبارات التالية:

A. $G_t = \sum_{i=1}^{p} \varphi_1 G_{t-1} + \varepsilon_t$ سيرورة السلسلة $\{G_t\}$ من الشكل (MA(1)).

B. يستخدم اختبار Buys-Ballot للكشف عن نوع السلسلة الزمنية.

C. $Y_t = C + Y_{t-1} + \xi_t$ هذه السلسلة من نوع TS

D. $G_t = \sum_{i=1}^{p} \varphi_1 G_{t-2} + \varepsilon_{t-1}$ سيرورة السلسلة $\{G_t\}$ من الشكل (ARMA(1,1)).

E. السلسلة التي تعاني من مركبة الموسمية تكون غير مستقلة عن الزمن وتكون متزايدة أو متناقصة.

F. ثبات الوسط الحسابي والتباين مستقل عن الزمن شرطان كافيان لاستقرارية السلسلة الزمنية.

التمرين الرابع:

1/ الجدول التالي يوضح حجم مبيعات إحدى الشركات المتخصصة في الصناعات الغذائية.

السنوات	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
المبيعات	12	8	6	5	6	8	7	10

المطلوب:

- تقدير معادلة الاتجاه العام بافتراض أنها من الدرجة الثانية باستخدام طريقة المصفوفة.
- محاولة التنبؤ بحجم المبيعات لسنوات 2024 و2025.

2/ أحسب قيمة دالة الارتباط الذاتي (ACF) عند التأخيرات قدرها 1، 2 و3 للسلسة التالية:

الزمن	1	2	3	4	5	6
Y	12	11	10	10	8	9

التمرين الخامس:

الجدول التالي يوضح حجم مبيعات إحدى الشركات المتخصصة في الصناعات الغذائية.

years	tr1	tr2	tr3	tr4
2014	324	347	362	357
2015	379	422	489	417
2016	409	520	560	478
2017	480	530	610	500

المطلوب:

1. اختبر إمكانية وجود مركبة الاتجاه العام ضمن السلسلة المدروسة بمستوى معنوية 5%.
2. اختبر إمكانية وجود المركبة الفصلية ضمن السلسلة المدروسة بمستوى معنوية 5%.
3. أحسب معاملات الارتباط الذاتي ومعاملات الارتباط الذاتي الجزئي عند تأخيرات قدرها 1، 2.

التمرين السادس:

اليك السلسلة الزمنية التالية:

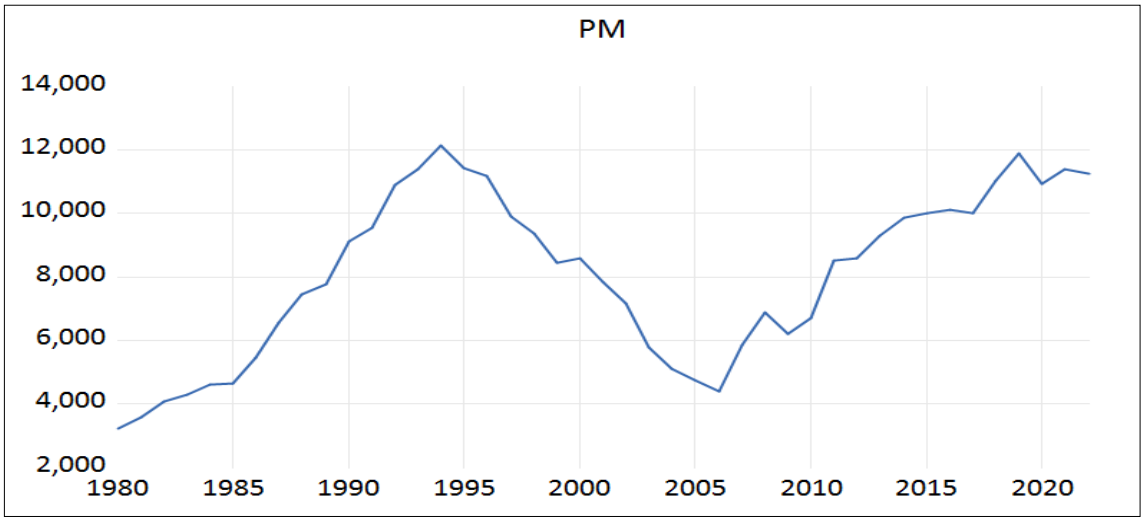
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
جانفي	97 639	68 986	80 820	95 661	121 483	139 848
فيفري	71 371	66 642	74 737	98 887	130 827	156 427
مارس	79 311	72 245	78 692	101 575	129 350	151 125
أفريل	90 666	80 578	92 024	112 268	156 085	200 000
ماي	94 001	85 295	99 646	118 021	163 325	202 297
جوان	96 877	88 206	99 761	112 496	133 638	145 613
جويلية	84 378	74 369	83 276	112 330	149 489	163 400
أوت	73 629	91 057	95 486	110 183	143 123	180 000
سبتمبر	73 688	88 295	88 047	109 566	150 596	170 747
أكتوبر	70 019	77 615	97 181	113 876	150 959	165 132
نوفمبر	71 269	81 564	95 837	117 014	139 624	164 164
ديسمبر	61 305	65 273	97 614	120 835	139 876	180 000

المطلوب:

- رسم المنحنى البياني للسلسلة.
- اختبار مركبة الاتجاه العام.
- اختبار الفصلية والتخلص منها في حالة وجودها.
- اختبار الاستقرارية.
- التنبؤ باستخدام طريقة بوكس جينكينز.

التمرين السابع:

إليك مخرجات برنامج EViews المبينة أدناه، والمطلوب تحليل كل النتائج وتعريف كل مرحلة من المراحل.

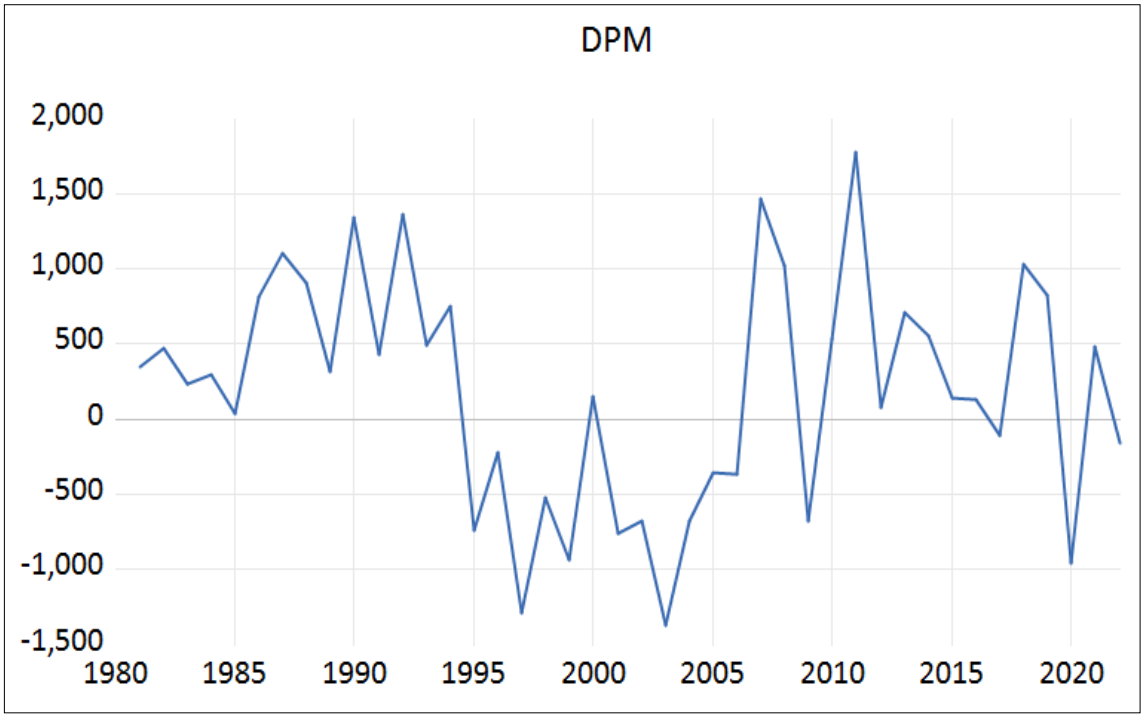


Sample: 1980 2022
Included observations: 43

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.899	0.899	37.232	0.000
		2	0.769	-0.205	65.132	0.000
		3	0.621	-0.151	83.780	0.000
		4	0.438	-0.264	93.312	0.000
		5	0.245	-0.160	96.361	0.000
		6	0.058	-0.104	96.535	0.000
		7	-0.132	-0.182	97.470	0.000
		8	-0.301	-0.096	102.49	0.000
		9	-0.451	-0.152	114.09	0.000
		10	-0.557	-0.001	132.26	0.000
		11	-0.608	0.043	154.63	0.000
		12	-0.634	-0.109	179.71	0.000
		13	-0.590	0.178	202.14	0.000
		14	-0.504	0.016	219.12	0.000
		15	-0.396	0.028	229.93	0.000
		16	-0.266	-0.011	235.02	0.000
		17	-0.104	0.133	235.83	0.000
		18	0.037	-0.089	235.94	0.000
		19	0.166	-0.033	238.17	0.000
		20	0.267	-0.087	244.19	0.000

Hypothesis H0: {PM} has a unit root				
Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=5)				
ADF test	**t - statistic**	**critical values**	**Prob.**	**Hypothesis**
without intercept and without trend	-2.5647	-2.9389	0.1088	H_0 is accepted
with intercept and without trend	-1.3514	-3.5207	0.8606	H_0 is accepted
with intercept and with trend	1.0511	-2.6211	0.9206	H_0 is accepted

Hypothesis H_0: D(PM) has a unit root				
Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=5)				
ADF test	**t - statistic**	**critical valuesin the level of significant 5%**	**Prob.**	**Hypothesis**
without intercept and without trend	-4.3905	-2.9350	0.0011	H_1 is accepted
with intercept and without trend	-4.3905	-3.5236	0.0066	H_1 is accepted
with intercept and with trend	-4.2779	-1.9490	0.0001	H_1 is accepted
PP test	Adj t - statistic	critical values in the level of significant 5%	Prob.	Hypothesis
without intercept and without trend	-4.4861	-2.9350	0.0009	H_1 is accepted
with intercept and without trend	-4.4626	-3.5236	0.0050	H_1 is accepted
with intercept and with trend	-4.3524	-1.9490	0.0001	H_1 is accepted
KPSS test	LM-Stat.	Asymptotic critical values	***	Hypothesis
with intercept and without trend	0.1274	0.4630	***	H_0 is accepted
with intercept and with trend	0.1160	0.1460	***	H_0 is accepted



Sample: 1980 2022
Included observations: 42

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.334	0.334	5.0432	0.025
		2	0.316	0.230	9.6591	0.008
		3	0.273	0.136	13.187	0.004
		4	0.243	0.090	16.056	0.003
		5	0.014	-0.187	16.065	0.007
		6	0.131	0.076	16.941	0.010
		7	-0.042	-0.130	17.035	0.017
		8	-0.068	-0.071	17.289	0.027
		9	-0.426	-0.462	27.463	0.001
		10	-0.301	-0.157	32.680	0.000
		11	-0.222	0.127	35.626	0.000
		12	-0.325	-0.102	42.115	0.000
		13	-0.308	0.007	48.160	0.000
		14	-0.199	-0.089	50.778	0.000
		15	-0.241	0.039	54.755	0.000
		16	-0.215	-0.019	58.052	0.000
		17	-0.047	0.099	58.216	0.000
		18	0.009	-0.062	58.222	0.000
		19	0.058	-0.069	58.492	0.000
		20	0.046	0.015	58.669	0.000

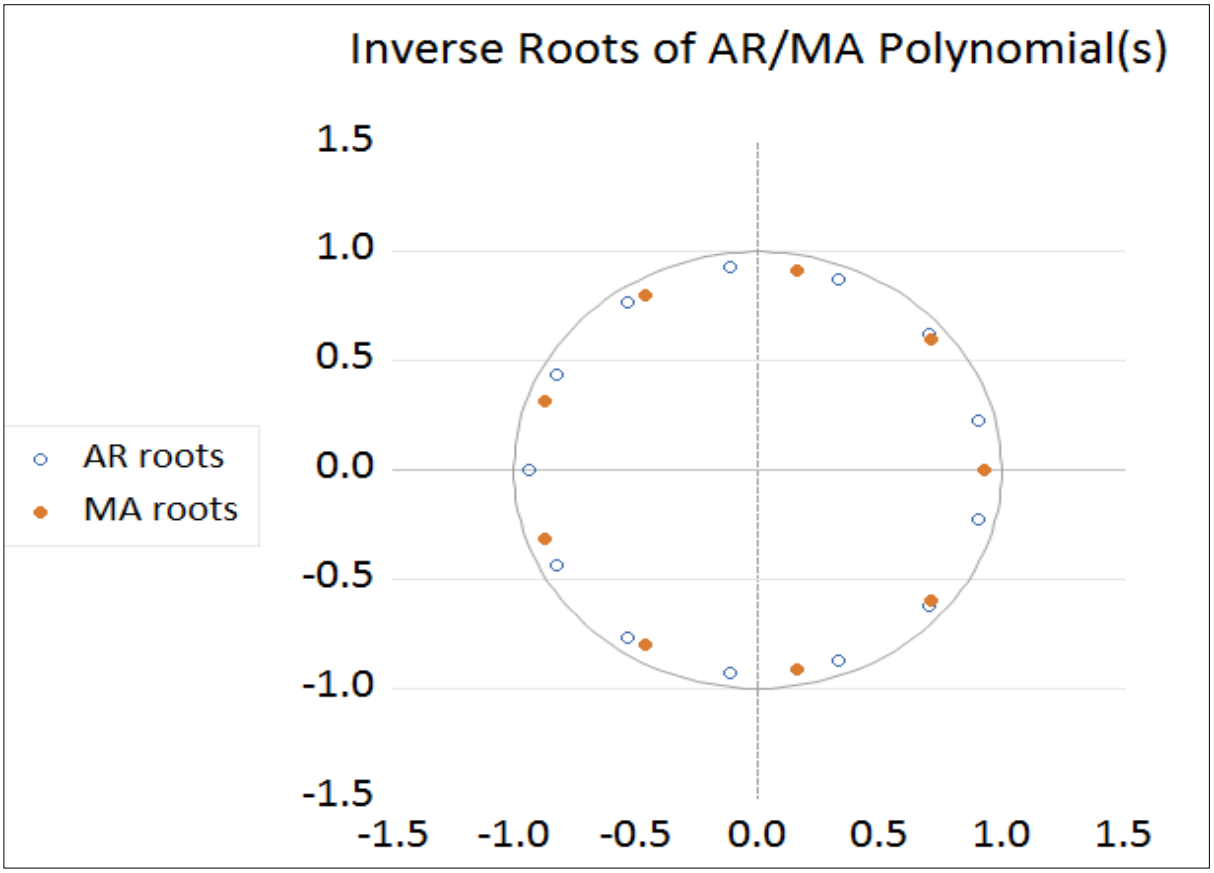
Dependent Variable: D(PM)
Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)
Date: 09/01/24 Time: 17:13
Sample: 1981 2022
Included observations: 42
Convergence achieved after 15 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients

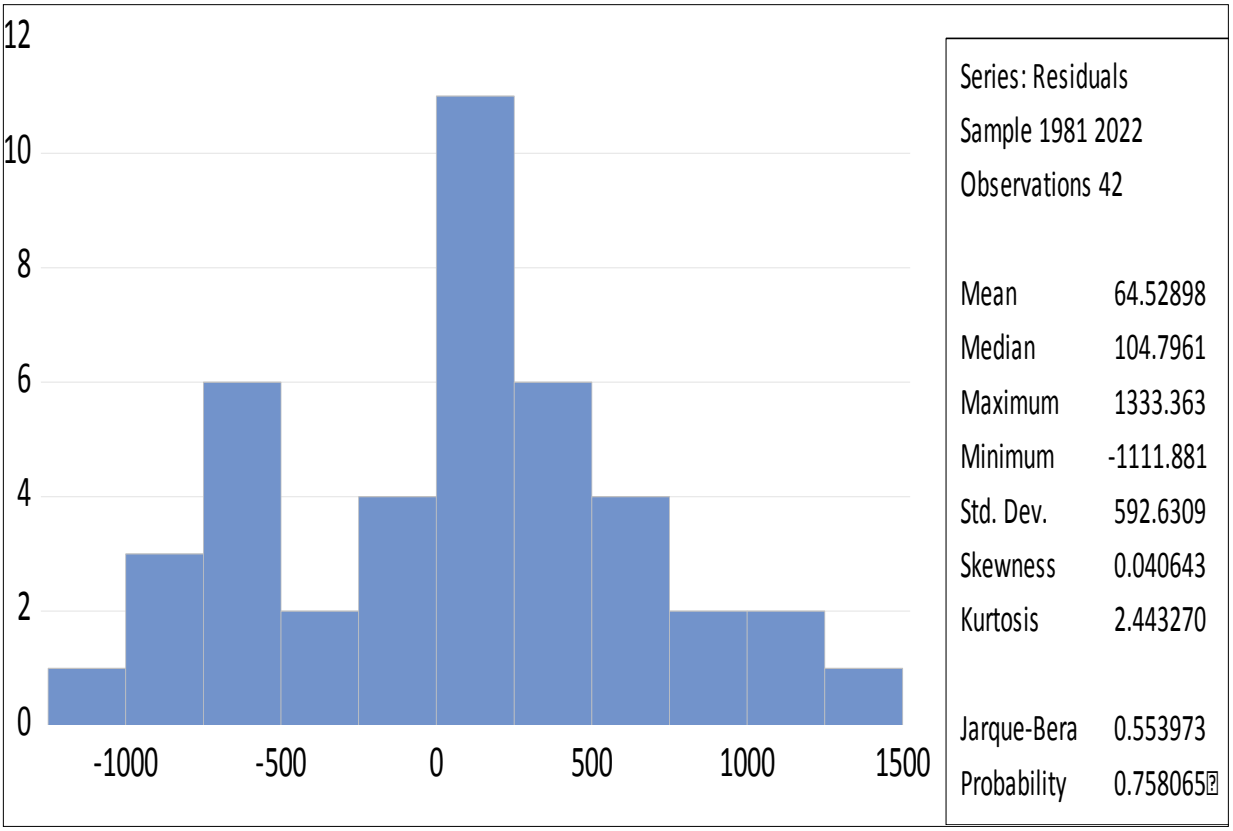
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	108.9588	56.18528	1.939277	0.0599
AR(13)	-0.422878	0.173408	-2.438629	0.0195
MA(9)	-0.504584	0.238029	-2.119839	0.0406
SIGMASQ	347013.2	92629.88	3.746234	0.0006

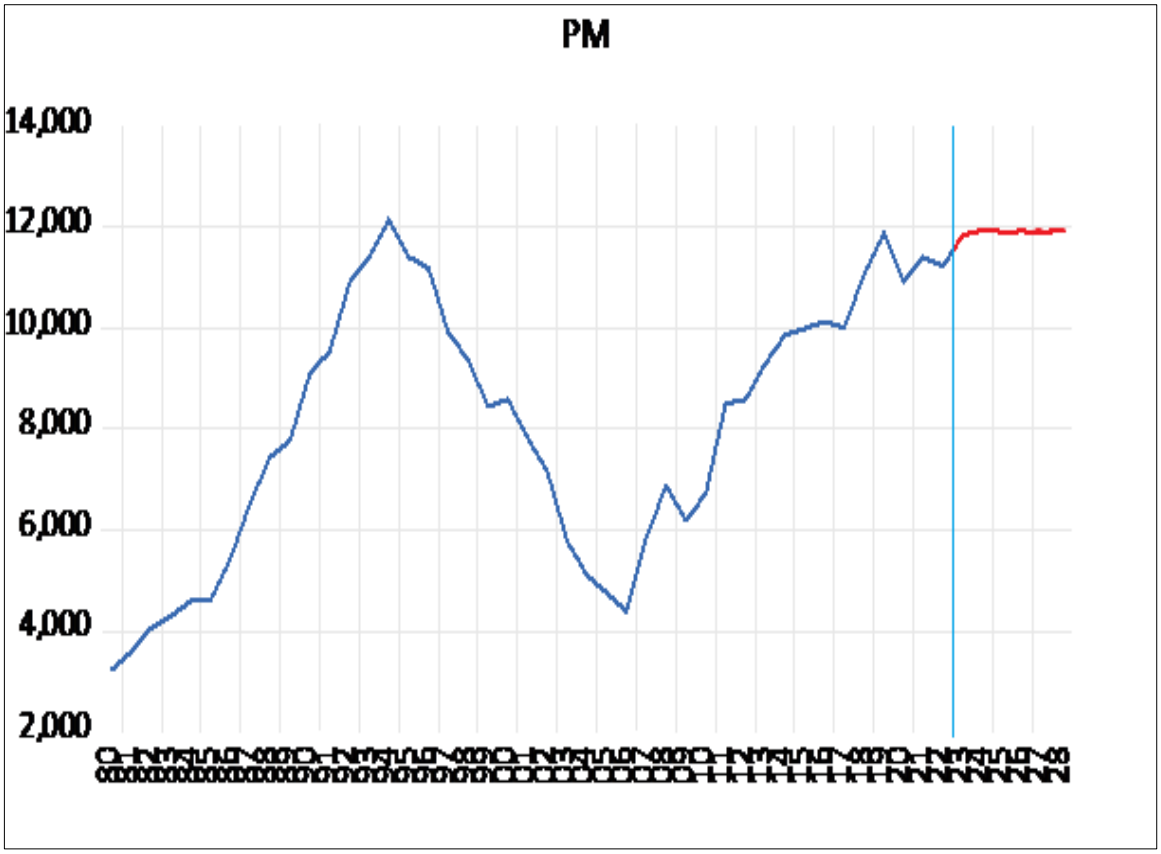
R-squared	0.402384	Mean dependent var	190.3690
Adjusted R-squared	0.355204	S.D. dependent var	771.2488
S.E. of regression	619.3068	Akaike info criterion	15.90921
Sum squared resid	14574553	Schwarz criterion	16.07470
Log likelihood	-330.0933	Hannan-Quinn criter.	15.96986
F-statistic	8.528652	Durbin-Watson stat	1.795868
Prob(F-statistic)	0.000186		

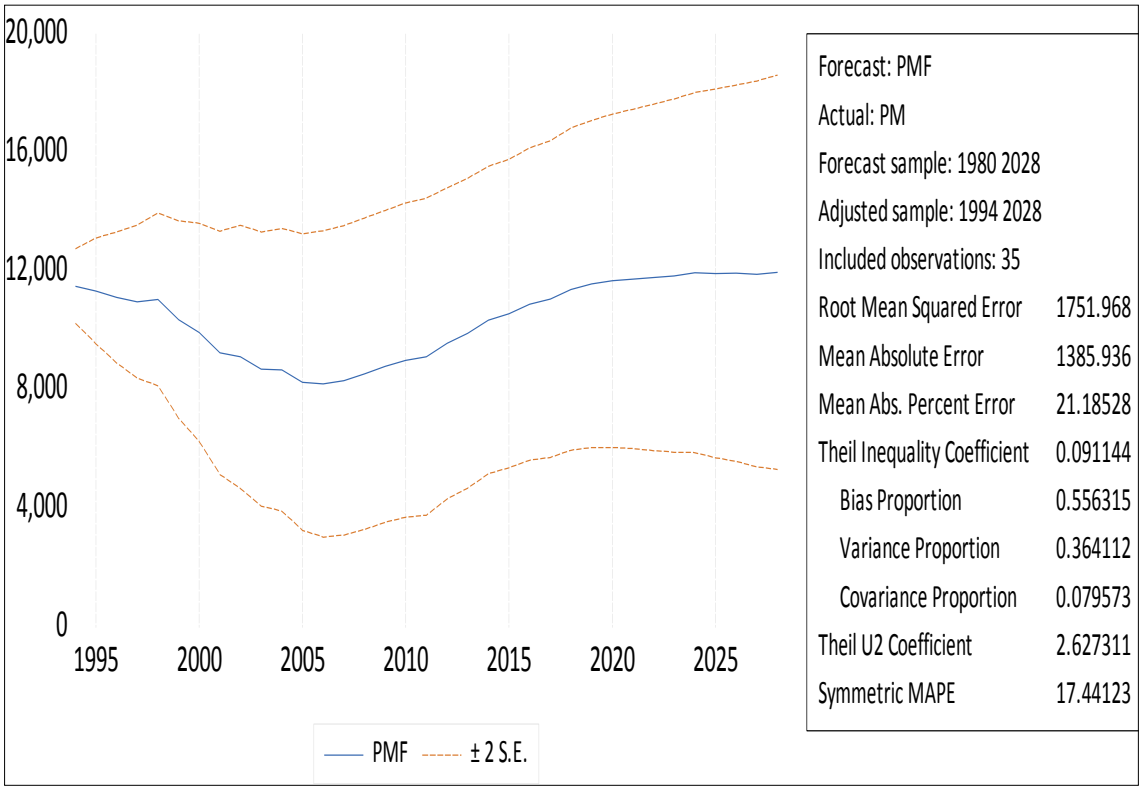
Sample: 1980 2022
Included observations: 42
Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.079	0.079	0.2786	
		2	0.182	0.176	1.8019	
		3	0.069	0.045	2.0250	0.155
		4	0.022	-0.018	2.0479	0.359
		5	-0.097	-0.122	2.5137	0.473
		6	0.177	0.196	4.1243	0.389
		7	0.062	0.084	4.3287	0.503
		8	0.004	-0.065	4.3294	0.632
		9	-0.109	-0.176	4.9991	0.660
		10	-0.195	-0.212	7.1973	0.516
		11	-0.002	0.147	7.1975	0.617
		12	-0.139	-0.063	8.3937	0.590
		13	0.020	-0.003	8.4204	0.675
		14	-0.123	-0.177	9.4169	0.667
		15	-0.101	-0.094	10.114	0.685
		16	-0.187	-0.008	12.600	0.558
		17	0.024	0.107	12.641	0.630
		18	0.046	0.142	12.801	0.687
		19	0.060	-0.067	13.089	0.730
		20	0.035	-0.054	13.191	0.780


Inverse Roots of AR/MA Polynomial(s)
AR roots
MA roots
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-1.5 -1.0 -0.5 0.0 0.5 1.0 1.5

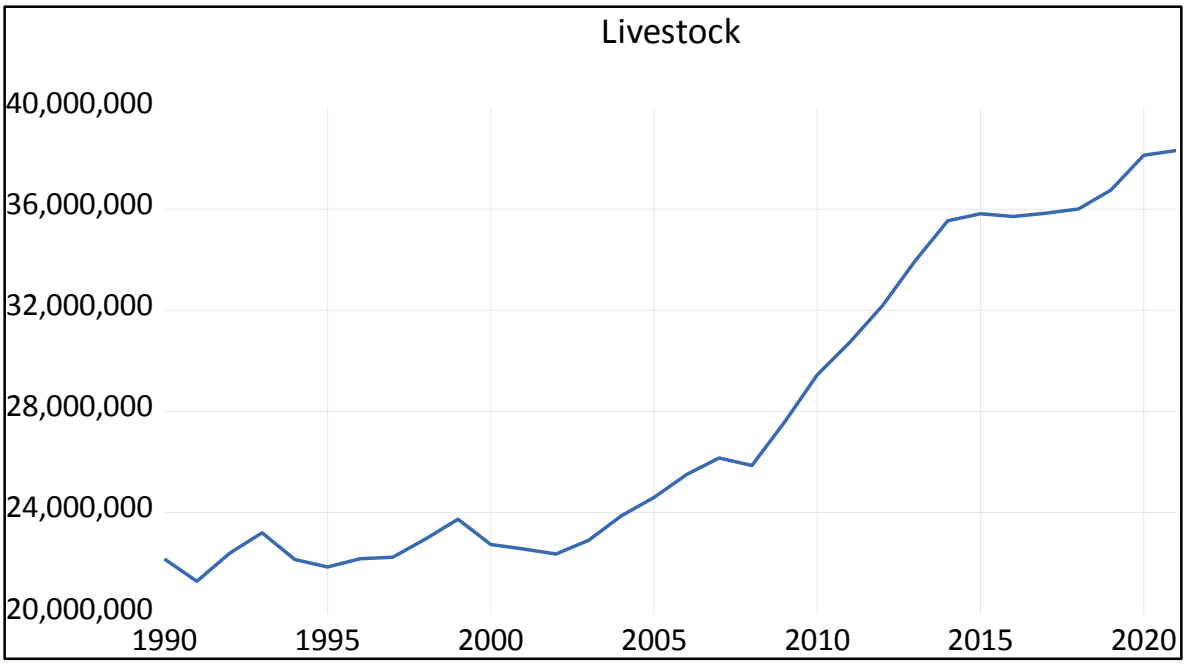

12
10
8
6
4
2
0
-1000 -500 0 500 1000 1500
Series: Residuals
Sample 1981 2022
Observations 42
Mean 64.52898
Median 104.7961
Maximum 1333.363
Minimum -1111.881
Std. Dev. 592.6309
Skewness 0.040643
Kurtosis 2.443270
Jarque-Bera 0.553973
Probability 0.758065


PM
14,000
12,000
10,000
8,000
6,000
4,000
2,000


20,000
16,000
12,000
8,000
4,000
0
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
PMF
± 2 S.E.
Forecast: PMF
Actual: PM
Forecast sample: 1980 2028
Adjusted sample: 1994 2028
Included observations: 35
Root Mean Squared Error 1751.968
Mean Absolute Error 1385.936
Mean Abs. Percent Error 21.18528
Theil Inequality Coefficient 0.091144
Bias Proportion 0.556315
Variance Proportion 0.364112
Covariance Proportion 0.079573
Theil U2 Coefficient 2.627311
Symmetric MAPE 17.44123

التمرين الثامن:

إليك مخرجات برنامج EViews المبينة أدناه، والمطلوب تحليل كل النتائج وتعريف كل مرحلة من المراحل.

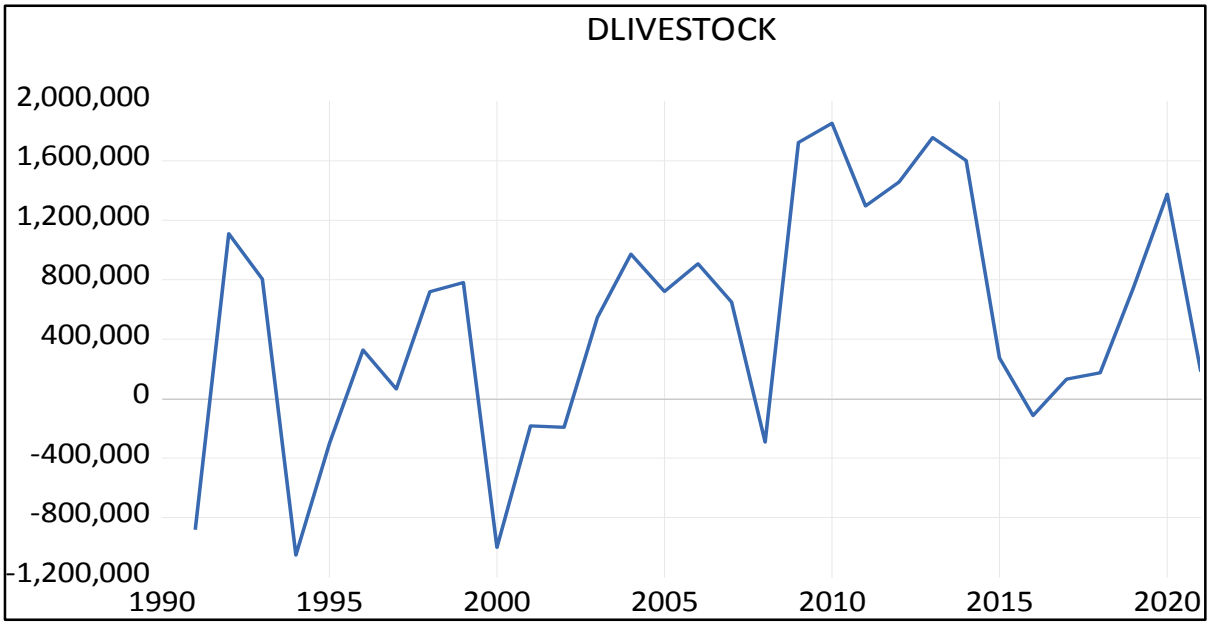


Sample: 1990 2021
Included observations: 32

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.924	0.924	29.959	0.000
		2	0.831	-0.153	55.016	0.000
		3	0.749	0.032	76.049	0.000
		4	0.667	-0.057	93.349	0.000
		5	0.575	-0.121	106.65	0.000
		6	0.473	-0.105	116.02	0.000
		7	0.361	-0.146	121.70	0.000
		8	0.243	-0.123	124.37	0.000
		9	0.136	-0.015	125.25	0.000
		10	0.045	0.002	125.35	0.000
		11	-0.042	-0.052	125.44	0.000
		12	-0.122	-0.018	126.25	0.000
		13	-0.187	0.021	128.24	0.000
		14	-0.234	0.018	131.56	0.000
		15	-0.284	-0.110	136.72	0.000
		16	-0.326	-0.031	143.92	0.000

Hypothesis H_0: Livestock has a unit root				
Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=5)				
ADF test	**t - statistic**	**critical values**	**Prob.**	**Hypothesis**
without intercept and without trend	2.3898	-1.9524	0.9947	H_0 is accepted
with intercept and without trend	0.2733	-2.9639	0.9728	H_0 is accepted
with intercept and with trend	-1.5272	-2.6210	0.7972	H_0 is accepted

Hypothesis H_0: D(Livestock) has a unit root				
Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=5)				
ADF test	**t - statistic**	**critical valuesin the level of significant 5%**	**Prob.**	**Hypothesis**
without intercept and without trend	-2.8876	-1.9524	0.0054	H_1 is accepted
with intercept and without trend	-3.9173	-2.9639	0.0055	H_1 is accepted
with intercept and with trend	-3.9416	-2.6210	0.0225	H_1 is accepted
PP test	Adj t - statistic	critical values in the level of significant 5%	Prob.	Hypothesis
without intercept and without trend	-2.8712	-1.9524	0.0056	H_1 is accepted
with intercept and without trend	-3.9793	-2.9639	0.0047	H_1 is accepted
with intercept and with trend	-3.9416	-2.6210	0.0225	H_1 is accepted
KPSS test	LM-Stat.	Asymptotic critical values	***	Hypothesis
with intercept and without trend	0.3621	0.4630	***	H_0 is accepted
with intercept and with trend	0.1080	0.1460	***	H_0 is accepted



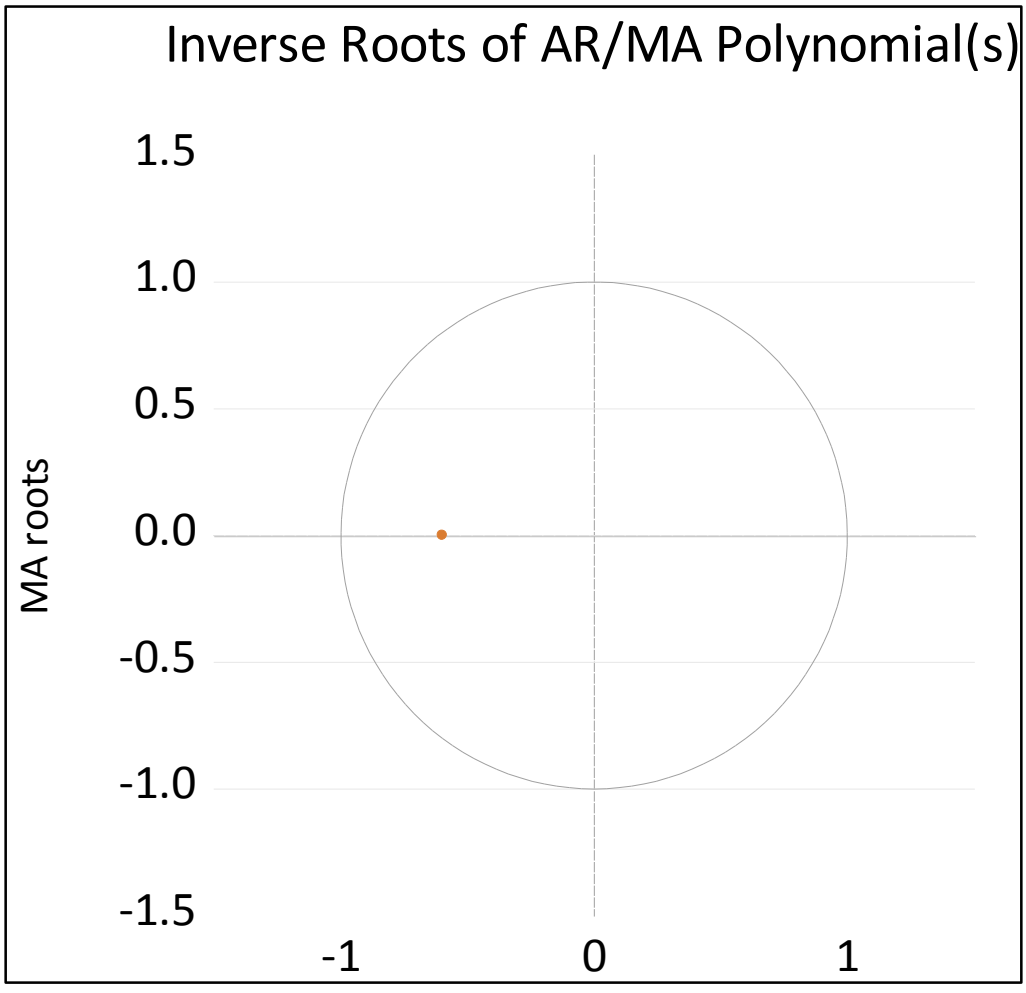
Sample: 1990 2021
Included observations: 31

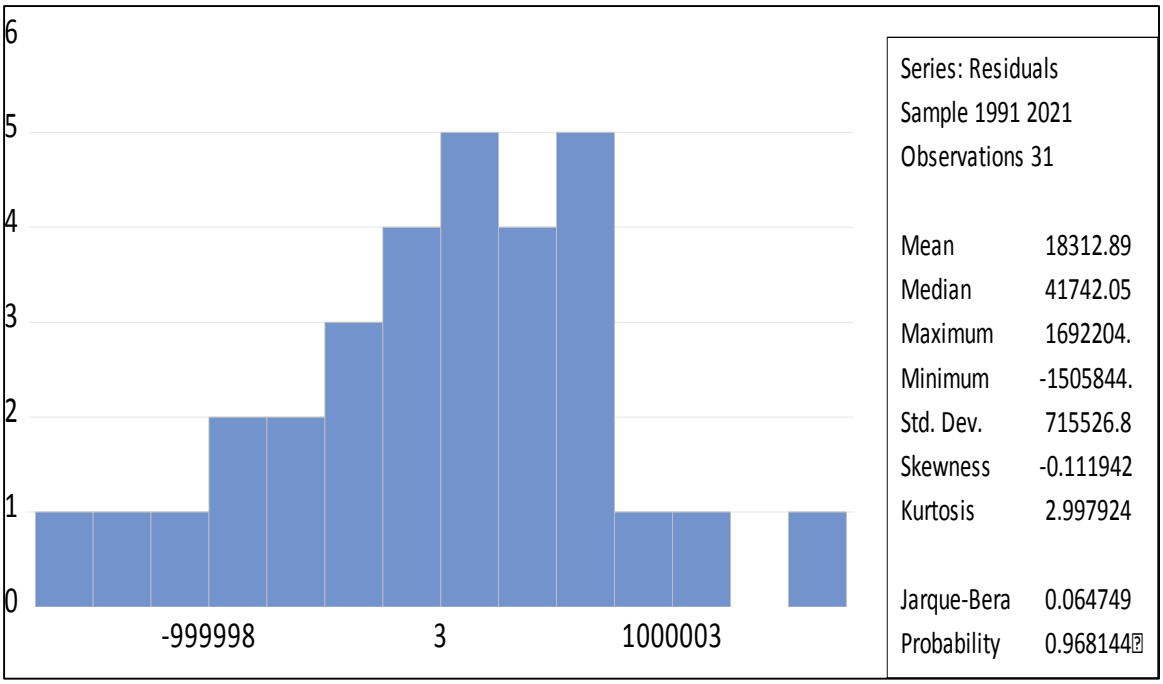
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.345	0.345	4.0482	0.044
		2	0.062	-0.064	4.1841	0.123
		3	0.199	0.226	5.6347	0.131
		4	0.016	-0.155	5.6441	0.227
		5	0.050	0.139	5.7408	0.332
		6	0.203	0.111	7.4277	0.283
		7	0.068	-0.024	7.6271	0.367
		8	0.012	-0.009	7.6335	0.470
		9	-0.075	-0.171	7.8940	0.545
		10	-0.099	0.011	8.3750	0.592
		11	-0.067	-0.073	8.6066	0.658
		12	-0.259	-0.267	12.205	0.429
		13	-0.136	0.078	13.259	0.428
		14	-0.035	-0.058	13.333	0.500
		15	-0.129	0.037	14.403	0.495
		16	-0.095	-0.062	15.017	0.523

	ARIMA(1,1,0)	**ARIMA(1,1,1)**	**ARIMA(0,1,1)**
SIGMA^2	5.40	4.93	4.96
AIC	30.05045	30.03238	29.97515
SC	30.18922	30.21742	30.11392
HQV	30.09568	30.09270	30.02039
R^2	0.134246	0.209248	0.203991

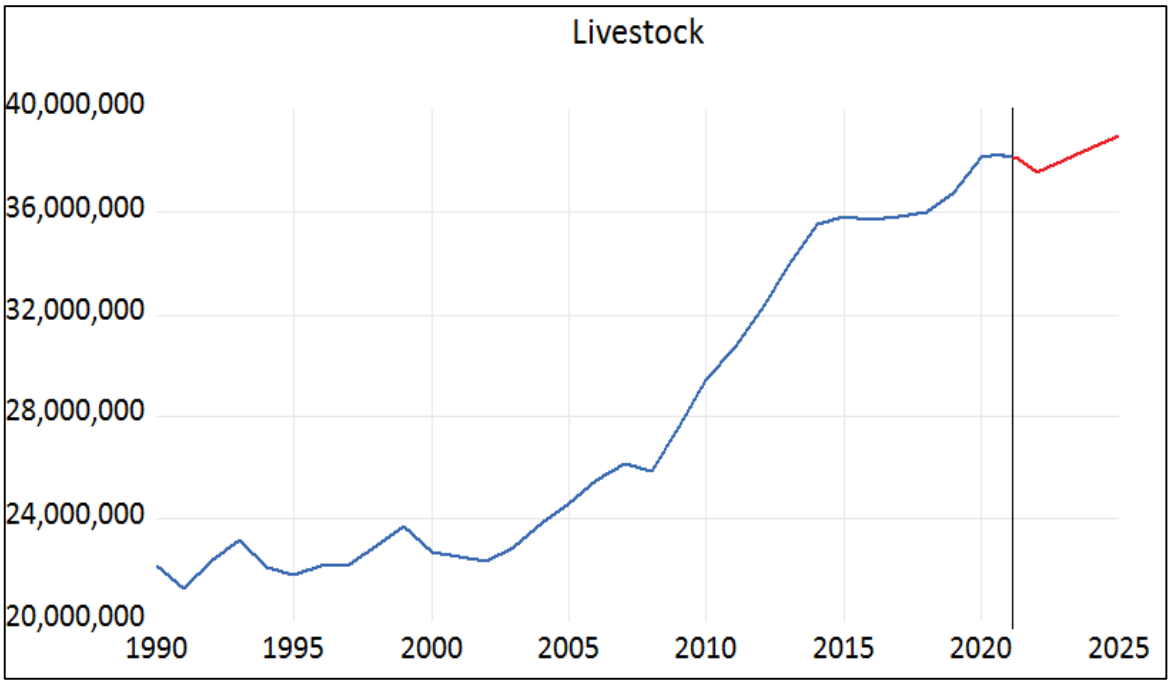
Sample: 1990 2021
Included observations: 31
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

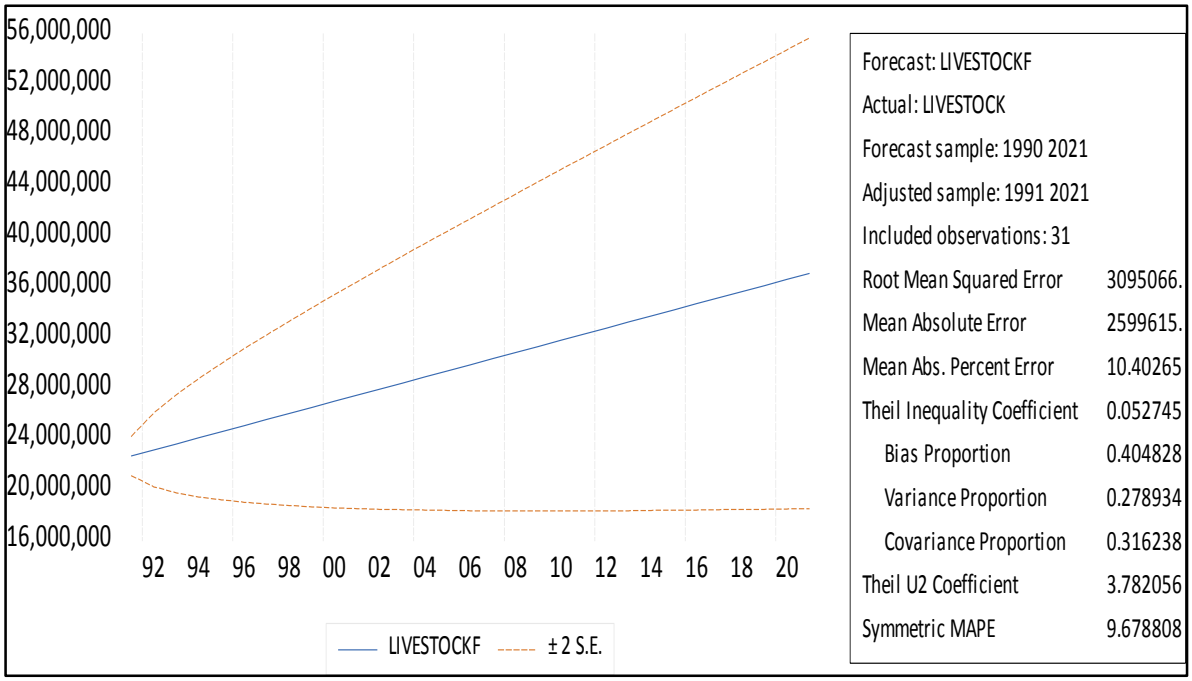
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.110	-0.110	0.4164	
		2	0.017	0.005	0.4265	0.514
		3	0.188	0.193	1.7152	0.424
		4	-0.059	-0.018	1.8450	0.605
		5	-0.020	-0.039	1.8610	0.761
		6	0.235	0.205	4.1204	0.532
		7	-0.065	-0.004	4.3024	0.636
		8	0.068	0.058	4.5075	0.720
		9	-0.082	-0.158	4.8210	0.777
		10	-0.119	-0.131	5.5163	0.787
		11	0.100	0.081	6.0278	0.813
		12	-0.297	-0.321	10.780	0.462
		13	-0.035	-0.058	10.851	0.542
		14	0.044	-0.019	10.966	0.614
		15	-0.102	0.059	11.633	0.636
		16	-0.086	-0.050	12.141	0.668





Years	Livestock (Unit: head)
2022	37552477
2023	38033367
2024	38514257
2025	38995147





التمرين التاسع:

إليك مخرجات برنامج EViews المبينة أدناه.

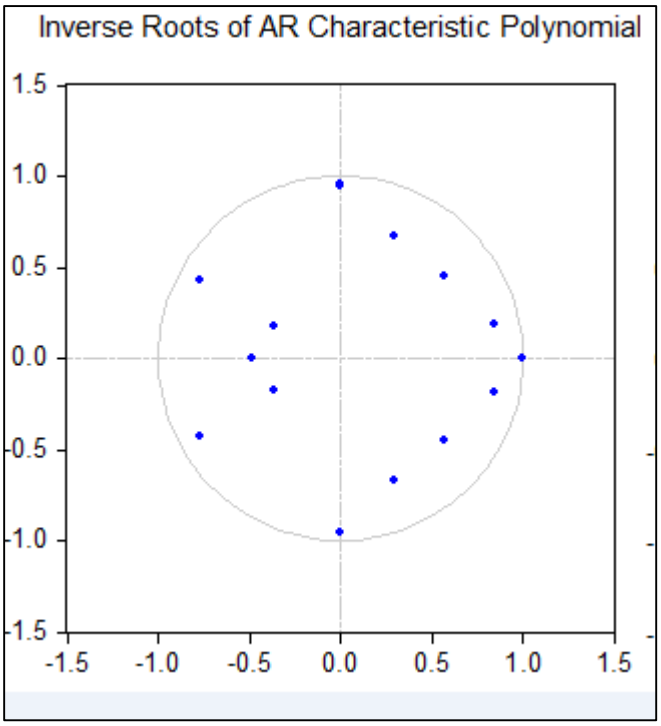
نتائج اختبار ديكي فولر المطور (ADF) بوجود قاطع واتجاه زمن.

	الاختبار	ARV	EX	PTN	PDZ
عند المستوى	الاحتمالات الحرجة (Prob)	0,3029	0,6378	0,3421	0,2408
	قيم (t) المحسوبة	-2,552660	-1,911665	-2,469258	-2,697786
	قيم (t) الجدولية (عند 5%)	-3,486509	-3,476275	-3,475305	-3,475305
في الفرق الأول	الاحتمالات الحرجة (Prob)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004
	قيم (t) المحسوبة	-7,127337	-6,927436	-8,686611	-5,127502
	قيم (t) الجدولية (عند 5%)	-3,489228	-3,476275	-3,476275	-3,481595

- علق على الجدول مبينا نتائج اختبار الفرضيات.

التمرين 10:

إليك مخرجات برنامج EViews المبينة أدناه.



- علق على الشكل مبينا نوع الاختبار والهدف منه.

قائمة المراجع:

Bibliographie

Bhardwaj R S. (2008). *Business Statistics.* New Delhi, India: Excel Books.

عبدالرحمن بن محمد سليمان أبو عمة، و محمود محمد إبراهيم هندي. (1995). *الإحصاء التطبيقي*. المملكة العربية السعودية: العبيكان للنشر.

Glyn, D., & Pecar, B. (2013). *Business Statistics Using Excel.* Oxford, United kingdom: OUP Oxford.

Bourbonnais, R. (2015). *Cours et exercices corrigés.* Paris, France: Dunod.

Bourbonnais, R. (2015). *Économétrie: Cours et exercices corrigés.* Paris, France: Dunod.

Bourbonnais, R. (2018). *Econométerie* (éd. 10 ème). Malakoff, France: Dunod.

Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2016). *Introduction to time series and forecasting* (3rd ed.). Switzerland: Springer.

Brownlee, J. (2019). *Deep learning for time series forecasting* (v 1.5 ed.). Vermont Victoria, Australia: Machine Learning Mastery.

Chatfield, C. (2000). *Time-Series Forecasting.* Usa: CRC Press.

Chunling, A., Chunlin, L., Youlong, L., & Sujie, H. (2014). Research on trigger strategy of virtual machine dynamic migration in cloud computing. *international conference on materials science and computational engineering* (pp. 2084-2091). Quingdao, China: Trans Tech Publications, Switzerland.

Dor, É. (2009). *Econométrie: sciences de gestion: synthèse de cours & exercices corrigés.* Montreuil: Pearson education France.

DOR, É. (2009). *Econométrie: sciences de gestion: synthèse de cours & exercices corrigés.* Paris, France: éducation France, Pearson.

Ette Harrison Etuk. (2012). A SEASONAL ARIMA MODEL FOR DAILY NIGERIAN NAIRA-US DOLLAR EXCHANGE RATES. *Asian Journal of Empirical Research*, *6*(2), pp. 219-227.

FARES, A. (2018). *PRACTICAL GUIDE TO MACROECONOMIC AND FINANCIAL TIME SERIES WITH EVIEWS 9.5.* FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES, COMMERCIALES ET DES SCIENCES DE GESTION DEPARTENT DES SCIENCES ECONOMIQUES: UNIVERSITE DE BEJAIA.

H. Rangika Iroshani, P. (2016). A Seasonal ARIMA Model of Tourism Forecasting: The Case of Sri Lanka. *Journal of Tourism, Hospitality and Sports, 22*, 98-109.

Hill, R. C., William, E. G., & Guay, C. L. (2018). *Principles of econometrics.* Hoboken? Usa: John Wiley & Sons.

Mouffok, O., & Souar, Y. (2018). Using Genetic Algorithms for Forecasting Financial Markets Volatility. *Revue Organisation & Travail, 7*(2), 121-131.

Mouffok, O., & Souar, Y. (2018). Using Genetic Algorithms for Forecasting Financial Markets Volatility. *Revue Organisation & Travail, 7*(2), 121-131.

Nicholas R. Farnum, & La Verne W. Stanton. (1989). Quantitative forecasting methods. *PWS-KENT, Boston, MA.*

Nikolaos Kourentzes: Forecasting research. (2014). *Additive and multiplicative seasonality – can you identify them correctly?* Récupéré sur kourentzes.com: https://kourentzes.com/forecasting/2014/11/09/additive-and-multiplicative-seasonality/

ONS. (Décembre 2024). *Indice des prix à la Consommation.* Alger: ONS.

Paolella, M. S. (2019). *Linear Models and Time-Series Analysis: Regression, ANOVA, ARMA and GARCH.* West Sussex: John Wiley & sons.

Pesaran, M. (2015). *time series and panel data econometrics.* Oxford: Oxford university press.

Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). *Testing for a Unit Root in Time Series Regression.* Biometrika.

Pillai, R. S. (2010). *Statistics (Theory & Practice).* India: S.Chand Limited.

Sharma, J. K. (2012). *Business Statistics.* India: Dorling Kindersley.

Singh, V. P. (2024). *Hydrological Processes Modelling and Data Analysis: A Primer*. Allemagne: Springer Nature Singapore: Springer.

Terence, C. M. (2019). *Applied Time Series Analysis: A Practical Guide to Modeling and Forecasting*. London, United Kingdom: Elsevier.

trading economics. (2024). *algeria/gdp*. Retrieved from tradingeconomics.com: https://ar.tradingeconomics.com/algeria/gdp#:~:text=%D9%85%D8%B5%D8%AF%D8%B1%3A%20World%20Bank-,%D8%A8%D9%84%D8%BA%20%D9%85%D8%AA%D9%88%D8%B3%D8%B7%20%D8%A7%D9%84%D9%86%D8%A7%D8%AA%D8%AC%20%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AD%D9%84%D9%8A%20%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%AC%D9

World Bank. (2021). *World Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet)*. Retrieved from worldbank.org: http://pubdocs.worldbank.org/en/226371486076391711/CMO-Historical-Data-Annual.xlsx

world bank. (2022). *Poverty headcount ratio at $2.15 a day (2017 PPP) (% of population) - World*. Retrieved from data.worldbank.org: data.worldbank.org

World Bank. (2023). *Consumer price index (2010 = 100) - Algeria*. Retrieved from data.worldbank.org: https://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL?locations=DZ

بنك الجزائر. (2025). *أرشيف سعر الصرف اليومي للدينار الجزائري 2000-2025*. تم الاسترداد من https://www.bank-of-algeria.dz/ar/%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%AE%D9%8A%D8%A9/

جيلالي جلاطو. (2011). *الاحصاء مع تمارين ومسائل محلولة*. بن عكنون، الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.

حامد الشمرتي، و مؤيد الفضل. (2006). *الأساليب الإحصائية في إتخاذ القرار: تطبيقات في منظمات أعمال إنتاجية وخدمية*. عمان - الاردن: دار مجدلاوي للنشر والتوريع.

سمير مصطفى الشعراوي. (2005). *مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية*. المملكة العربية السعودية: مركز النشر العلمي جامعة الملك عبد العزيز.

عبد العزيز شرابي. (2000). *طرق احصائية للتوقع الاقتصادي*. الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.

عثمان امطير. (2017). *مبادئ الإحصاء*. الاردن - عمان: مركز الكتاب الاكاديمي.

علي العزاوي. (2017). *الاساليب الكمية الاحصائية في الجغرافية*. عمان، الاردن: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.

مايح الشمري، و حسين الشامي. (2019). *الحوكمة والنمو الاقتصادي: دراسة في دول مختارة مع إشارة خاصة للعراق*. عمان، الأردن: دار غيداء للنشر والتوزيع.

محمد العقاب . (2018). ، *تحليل السلاسل الزمنية: محاضرات وتطبيقات في الاقتصاد، مطبوعة علمية متخصصة موجهة لطلبة السنة الأولى ماستر إقتصاد كمي*. جامعة الجلفة.

محمد صغير قليل . (2019/2018). ، *محاضرات في تحليل السلاسل الزمنية: مدعمة بأمثلة محلولة، مطبوعة موجهة لطلبة الليسانس و الماستر في ميدان العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير*. الجزائر: جامعة معسكر.

مصطفى خربوش. (2015). استخدام السلاسل الزمنية للتنبؤ بالاشتراكات خدمة الدفع المسبق دراسة حالة"وكالة موبيليس". *مجلة التكامل الاقتصادي، 3*(1)، 315-334.

مولود حشمان. (2010). *السلاسل الزمنية وتقنيات التنبؤ القصير المدى*. الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.

مؤيد عبد الحسين الفضل. (2007). *الإحصاء المتقدم في دعم القرار بالتركيز على منظمات الاعمال*. عمّان، الأردن: مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع.

الملحق رقم 01: جدول القيم الحرجة لمعامل لـR (CRETICAL VALU IN RUN TEST)

TABLE G

Critical values of *r* in the runs test*

Given in the tables are various critical values of r for values of m and n less than or equal to 20. For the one-sample runs test, any observed value of r which is less than or equal to the smaller value, or is greater than or equal to the larger value in a pair is significant at the $\alpha = .05$ level.

m \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2											2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	2 –
3					2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	2 –	3 –	3 –	3 –	3 –	3 –	3 –
4				2 9	2 9	2 –	3 –	3 –	3 –	3 –	3 –	3 –	3 –	3 –	4 –	4 –	4 –	4 –	4 –
5			2 9	2 10	3 10	3 11	3 11	3 –	3 –	4 –	4 –	4 –	4 –	4 –	4 –	4 –	5 –	5 –	5 –
6		2 –	2 9	3 10	3 11	3 12	3 12	4 13	4 13	4 13	4 13	5 –	5 –	5 –	5 –	5 –	5 –	6 –	6 –
7		2 –	2 –	3 11	3 12	3 13	4 13	4 14	5 14	5 14	5 14	5 15	5 15	6 15	6 –	6 –	6 –	6 –	6 –
8		2 –	3 –	3 11	3 12	4 13	4 14	5 14	5 15	5 15	6 16	6 16	6 16	6 16	6 17	7 17	7 17	7 17	7 17
9		2 –	3 –	3 –	4 13	4 14	5 14	5 15	5 16	6 16	6 16	6 17	7 17	7 18	7 18	7 18	8 18	8 18	8 18
10		2 –	3 –	3 –	4 13	5 14	5 15	5 16	6 16	6 17	7 17	7 18	7 18	7 18	8 19	8 19	8 19	8 20	9 20
11		2 –	3 –	4 –	4 13	5 14	5 15	6 16	6 17	7 17	7 18	7 19	8 19	8 19	8 20	9 20	9 20	9 21	9 21
12	2 –	2 –	3 –	4 –	4 13	5 14	6 16	6 16	7 17	7 18	7 19	8 19	8 20	8 20	9 21	9 21	9 21	10 22	10 22
13	2 –	2 –	3 –	4 –	5 –	5 15	6 16	6 17	7 18	7 19	8 19	8 20	9 20	9 21	9 21	10 22	10 22	10 23	10 23
14	2 –	2 –	3 –	4 –	5 –	5 15	6 16	7 17	7 18	8 19	8 20	9 20	9 21	9 22	10 22	10 23	10 23	11 23	11 24
15	2 –	3 –	3 –	4 –	5 –	6 15	6 16	7 18	7 18	8 19	8 20	9 21	9 22	10 22	10 23	11 23	11 24	11 24	12 25
16	2 –	3 –	4 –	4 –	5 –	6 –	6 17	7 18	8 19	8 20	9 21	9 21	10 22	10 23	11 23	11 24	11 25	12 25	12 25
17	2 –	3 –	4 –	4 –	5 –	6 –	7 17	7 18	8 19	9 20	9 21	10 22	10 23	11 23	11 24	11 25	12 25	12 26	13 26
18	2 –	3 –	4 –	5 –	5 –	6 –	7 17	8 18	8 19	9 20	9 21	10 22	10 23	11 24	11 25	12 25	12 26	13 26	13 27
19	2 –	3 –	4 –	5 –	6 –	6 –	7 17	8 18	8 20	9 21	10 22	10 23	11 23	11 24	12 25	12 26	13 26	13 27	13 27
20	2 –	3 –	4 –	5 –	6 –	6 –	7 17	8 18	9 20	9 21	10 22	10 23	11 24	12 25	12 25	13 26	13 27	13 27	14 28

* Adapted from Swed, and Eisenhart, C. (1943). Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives. *Annals of Mathematical Statistics*, **14**, 83–86, with the kind permission of the authors and publisher.

الملحق رقم 02: جدول التوزيع الطبيعي المعياري.

STANDARD NORMAL DISTRIBUTION TABLE

Entries represent $\Pr(Z \leq z)$. The value of z to the first decimal is given in the left column. The second decimal is given in the top row.

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.6	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.7	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.8	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

الملحق رقم 03: جدول توزيع سبيرمان (*SPEARMAN'S DISTRIBUTION TABLE*).

	0.001	0.005	0.010	0.025	0.050	0.100	One-tailed test
n	0.002	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200	Two-tailed test
4	-	-	-	-	0.8000	0.8000	
5	-	-	0.9090	0.9000	0.8000	0.7000	
6	-	0.9429	0.8857	0.8286	0.7714	0.6000	
7	0.9643	0.8929	0.8571	0.7450	0.6786	0.5357	
8	0.9286	0.8571	0.8095	0.7143	0.619	0.5000	
9	0.9000	0.8167	0.7667	0.6833	0.5833	0.4667	
10	0.8667	0.7818	0.7333	0.6364	0.5515	0.4424	
11	0.8364	0.7545	0.7000	0.6091	0.5273	0.4182	
12	0.8182	0.7273	0.6713	0.5804	0.4965	0.3986	
13	0.7912	0.6978	0.6429	0.5549	0.4780	0.3791	
14	0.7670	0.6747	0.6220	0.5341	0.4593	0.3626	
15	0.7464	0.6536	0.6000	0.5179	0.4429	0.3500	
16	0.7265	0.6324	0.5824	0.5000	0.4265	0.3382	
17	0.7083	0.6152	0.5637	0.4853	0.4118	0.3260	
18	0.6904	0.5975	0.5480	0.4716	0.3994	0.3148	
19	0.6737	0.5825	0.5333	0.4579	0.3895	0.3070	
20	0.6586	0.5684	0.5203	0.4451	0.3789	0.2977	
21	0.6455	0.5545	0.5078	0.4351	0.3688	0.2909	
22	0.6318	0.5426	0.4963	0.4241	0.3597	0.2829	
23	0.6186	0.5306	0.4852	0.4150	0.3518	0.2767	
24	0.6070	0.5200	0.4748	0.4061	0.3435	0.2704	
25	0.5962	0.5100	0.4654	0.3977	0.3362	0.2646	
26	0.5886	0.5002	0.4564	0.3894	0.3299	0.2588	
27	0.5757	0.4915	0.4481	0.3822	0.3236	0.2540	
28	0.5660	0.4828	0.4401	0.3749	0.3175	0.2490	
29	0.5567	0.4744	0.4320	0.3685	0.3113	0.2443	
30	0.5479	0.4665	0.4251	0.3620	0.3059	0.2400	

الملحق رقم 04: جدول توزيع ستيودنت.

t Table

one-tail	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
Z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Confidence Level										

الملحق رقم 05: جدول توزيع كاي تربيع.

تمثل القيمة 20.278 قيمة المتغير العشوائي χ_n^2 التي تعطي احتمال متراكم قدره 0.995 للمجال $[0 - 20.278]$، أو هي قيمة المتغير العشوائي χ_n^2 التي تعطي احتمال متراكم قدره 0.005 للمجال $[(+\infty) - 20.278]$.

وهذا يعني أن:

$$P(X = x) = \int_0^{\chi_n^2} f(x^2)dx^2 = 1 - \alpha$$

$$P(X = x) = \int_{\chi_n^2}^{+\infty} f(x^2)dx^2 = \alpha$$

لإيجاد قيم χ_n^2 عند درجة حرية 7 ومستوى معنوية $\alpha = 0.005$ نبحث عنها في الجدول، وهي نقطة التقاء السطر 7 مع العمود $\chi_{0.005}^2$، نجدها تساوي 20.278.

n	α										
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.500	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.45	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	1.39	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.07	0.11	0.22	0.35	0.58	2.37	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	0.21	0.30	0.48	0.71	1.06	3.36	7.78	9.94	11.14	13.28	14.86
5	0.41	0.55	0.83	1.15	1.61	4.35	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	0.68	0.87	1.24	1.64	2.20	5.35	10.65	12.59	14.45	16.81	18.55
7	0.99	1.24	1.69	2.17	2.83	6.35	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	7.34	13.36	15.51	17.53	20.09	21.96
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	8.34	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	9.34	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	10.34	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	11.34	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	12.34	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	13.34	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.27	7.26	8.55	14.34	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	15.34	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	16.34	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.87	17.34	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	6.84	7.63	8.81	10.12	11.65	18.34	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	19.34	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	20.34	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	21.34	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	22.34	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	23.34	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	24.34	34.28	37.65	40.65	44.31	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	25.34	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	26.34	36.74	40.11	43.19	46.96	49.65
28	12.46	13.57	15.31	16.93	18.94	27.34	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	28.34	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	29.34	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	39.34	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
50	27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	49.33	63.17	67.50	71.42	76.15	79.49
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	59.33	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
70	43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	69.33	85.53	90.53	95.02	100.42	104.22
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	79.33	96.58	101.88	106.63	112.33	116.32
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	89.33	107.57	113.14	118.14	124.12	128.30
100	67.33	70.06	74.22	77.93	82.36	99.33	118.50	124.34	129.56	135.81	140.17

الملحق رقم 06: جدول توزيع فيشر (α=1%)

Critical Values of the F-Distribution: $\alpha = 0.01$

Denom.	Numerator Degrees of Freedom									
d.f.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4052.181	4999.500	5403.352	5624.583	5763.650	5858.986	5928.356	5981.070	6022.473	6055.847
2	98.503	99.000	99.166	99.249	99.299	99.333	99.356	99.374	99.388	99.399
3	34.116	30.817	29.457	28.710	28.237	27.911	27.672	27.489	27.345	27.229
4	21.198	18.000	16.694	15.977	15.522	15.207	14.976	14.799	14.659	14.546
5	16.258	13.274	12.060	11.392	10.967	10.672	10.456	10.289	10.158	10.051
6	13.745	10.925	9.780	9.148	8.746	8.466	8.260	8.102	7.976	7.874
7	12.246	9.547	8.451	7.847	7.460	7.191	6.993	6.840	6.719	6.620
8	11.259	8.649	7.591	7.006	6.632	6.371	6.178	6.029	5.911	5.814
9	10.561	8.022	6.992	6.422	6.057	5.802	5.613	5.467	5.351	5.257
10	10.044	7.559	6.552	5.994	5.636	5.386	5.200	5.057	4.942	4.849
11	9.646	7.206	6.217	5.668	5.316	5.069	4.886	4.744	4.632	4.539
12	9.330	6.927	5.953	5.412	5.064	4.821	4.640	4.499	4.388	4.296
13	9.074	6.701	5.739	5.205	4.862	4.620	4.441	4.302	4.191	4.100
14	8.862	6.515	5.564	5.035	4.695	4.456	4.278	4.140	4.030	3.939
15	8.683	6.359	5.417	4.893	4.556	4.318	4.142	4.004	3.895	3.805
16	8.531	6.226	5.292	4.773	4.437	4.202	4.026	3.890	3.780	3.691
17	8.400	6.112	5.185	4.669	4.336	4.102	3.927	3.791	3.682	3.593
18	8.285	6.013	5.092	4.579	4.248	4.015	3.841	3.705	3.597	3.508
19	8.185	5.926	5.010	4.500	4.171	3.939	3.765	3.631	3.523	3.434
20	8.096	5.849	4.938	4.431	4.103	3.871	3.699	3.564	3.457	3.368
21	8.017	5.780	4.874	4.369	4.042	3.812	3.640	3.506	3.398	3.310
22	7.945	5.719	4.817	4.313	3.988	3.758	3.587	3.453	3.346	3.258
23	7.881	5.664	4.765	4.264	3.939	3.710	3.539	3.406	3.299	3.211
24	7.823	5.614	4.718	4.218	3.895	3.667	3.496	3.363	3.256	3.168
25	7.770	5.568	4.675	4.177	3.855	3.627	3.457	3.324	3.217	3.129
26	7.721	5.526	4.637	4.140	3.818	3.591	3.421	3.288	3.182	3.094
27	7.677	5.488	4.601	4.106	3.785	3.558	3.388	3.256	3.149	3.062
28	7.636	5.453	4.568	4.074	3.754	3.528	3.358	3.226	3.120	3.032
29	7.598	5.420	4.538	4.045	3.725	3.499	3.330	3.198	3.092	3.005
30	7.562	5.390	4.510	4.018	3.699	3.473	3.304	3.173	3.067	2.979
31	7.530	5.362	4.484	3.993	3.675	3.449	3.281	3.149	3.043	2.955
32	7.499	5.336	4.459	3.969	3.652	3.427	3.258	3.127	3.021	2.934
33	7.471	5.312	4.437	3.948	3.630	3.406	3.238	3.106	3.000	2.913
34	7.444	5.289	4.416	3.927	3.611	3.386	3.218	3.087	2.981	2.894
35	7.419	5.268	4.396	3.908	3.592	3.368	3.200	3.069	2.963	2.876
36	7.396	5.248	4.377	3.890	3.574	3.351	3.183	3.052	2.946	2.859
37	7.373	5.229	4.360	3.873	3.558	3.334	3.167	3.036	2.930	2.843
38	7.353	5.211	4.343	3.858	3.542	3.319	3.152	3.021	2.915	2.828
39	7.333	5.194	4.327	3.843	3.528	3.305	3.137	3.006	2.901	2.814
40	7.314	5.179	4.313	3.828	3.514	3.291	3.124	2.993	2.888	2.801
41	7.296	5.163	4.299	3.815	3.501	3.278	3.111	2.980	2.875	2.788
42	7.280	5.149	4.285	3.802	3.488	3.266	3.099	2.968	2.863	2.776
43	7.264	5.136	4.273	3.790	3.476	3.254	3.087	2.957	2.851	2.764
44	7.248	5.123	4.261	3.778	3.465	3.243	3.076	2.946	2.840	2.754
45	7.234	5.110	4.249	3.767	3.454	3.232	3.066	2.935	2.830	2.743
46	7.220	5.099	4.238	3.757	3.444	3.222	3.056	2.925	2.820	2.733
47	7.207	5.087	4.228	3.747	3.434	3.213	3.046	2.916	2.811	2.724
48	7.194	5.077	4.218	3.737	3.425	3.204	3.037	2.907	2.802	2.715
49	7.182	5.066	4.208	3.728	3.416	3.195	3.028	2.898	2.793	2.706
50	7.171	5.057	4.199	3.720	3.408	3.186	3.020	2.890	2.785	2.698
60	7.077	4.977	4.126	3.649	3.339	3.119	2.953	2.823	2.718	2.632
70	7.011	4.922	4.074	3.600	3.291	3.071	2.906	2.777	2.672	2.585
80	6.963	4.881	4.036	3.563	3.255	3.036	2.871	2.742	2.637	2.551
90	6.925	4.849	4.007	3.535	3.228	3.009	2.845	2.715	2.611	2.524
100	6.895	4.824	3.984	3.513	3.206	2.988	2.823	2.694	2.590	2.503
120	6.851	4.787	3.949	3.480	3.174	2.956	2.792	2.663	2.559	2.472
140	6.819	4.760	3.925	3.456	3.151	2.933	2.769	2.641	2.536	2.450
180	6.778	4.725	3.892	3.425	3.120	2.904	2.740	2.611	2.507	2.421
200	6.763	4.713	3.881	3.414	3.110	2.893	2.730	2.601	2.497	2.411
∞	6.635	4.605	3.782	3.319	3.017	2.802	2.639	2.511	2.407	2.321

الملحق رقم 07: جدول توزيع فيشر (α=5%)

Critical Values of the F-Distribution: $\alpha = 0.05$

Denom.	Numerator Degrees of Freedom									
d.f.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.448	199.500	215.707	224.583	230.162	233.986	236.768	238.883	240.543	241.882
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385	19.396
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.687	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165
31	4.160	3.305	2.911	2.679	2.523	2.409	2.323	2.255	2.199	2.153
32	4.149	3.295	2.901	2.668	2.512	2.399	2.313	2.244	2.189	2.142
33	4.139	3.285	2.892	2.659	2.503	2.389	2.303	2.235	2.179	2.133
34	4.130	3.276	2.883	2.650	2.494	2.380	2.294	2.225	2.170	2.123
35	4.121	3.267	2.874	2.641	2.485	2.372	2.285	2.217	2.161	2.114
36	4.113	3.259	2.866	2.634	2.477	2.364	2.277	2.209	2.153	2.106
37	4.105	3.252	2.859	2.626	2.470	2.356	2.270	2.201	2.145	2.098
38	4.098	3.245	2.852	2.619	2.463	2.349	2.262	2.194	2.138	2.091
39	4.091	3.238	2.845	2.612	2.456	2.342	2.255	2.187	2.131	2.084
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077
41	4.079	3.226	2.833	2.600	2.443	2.330	2.243	2.174	2.118	2.071
42	4.073	3.220	2.827	2.594	2.438	2.324	2.237	2.168	2.112	2.065
43	4.067	3.214	2.822	2.589	2.432	2.318	2.232	2.163	2.106	2.059
44	4.062	3.209	2.816	2.584	2.427	2.313	2.226	2.157	2.101	2.054
45	4.057	3.204	2.812	2.579	2.422	2.308	2.221	2.152	2.096	2.049
46	4.052	3.200	2.807	2.574	2.417	2.304	2.216	2.147	2.091	2.044
47	4.047	3.195	2.802	2.570	2.413	2.299	2.212	2.143	2.086	2.039
48	4.043	3.191	2.798	2.565	2.409	2.295	2.207	2.138	2.082	2.035
49	4.038	3.187	2.794	2.561	2.404	2.290	2.203	2.134	2.077	2.030
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927
120	3.920	3.072	2.680	2.447	2.290	2.175	2.087	2.016	1.959	1.910
140	3.909	3.061	2.669	2.436	2.279	2.164	2.076	2.005	1.947	1.899
180	3.894	3.046	2.655	2.422	2.264	2.149	2.061	1.990	1.932	1.884
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878
∞	3.841	2.996	2.605	2.372	2.214	2.099	2.010	1.938	1.880	1.831

الملحق رقم 08: جدول توزيع فيشر (α=10%)

Critical Values of the F-Distribution: $\alpha = 0.01$

Denom.	Numerator Degrees of Freedom									
d.f.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4052.181	4999.500	5403.352	5624.583	5763.650	5858.986	5928.356	5981.070	6022.473	6055.847
2	98.503	99.000	99.166	99.249	99.299	99.333	99.356	99.374	99.388	99.399
3	34.116	30.817	29.457	28.710	28.237	27.911	27.672	27.489	27.345	27.229
4	21.198	18.000	16.694	15.977	15.522	15.207	14.976	14.799	14.659	14.546
5	16.258	13.274	12.060	11.392	10.967	10.672	10.456	10.289	10.158	10.051
6	13.745	10.925	9.780	9.148	8.746	8.466	8.260	8.102	7.976	7.874
7	12.246	9.547	8.451	7.847	7.460	7.191	6.993	6.840	6.719	6.620
8	11.259	8.649	7.591	7.006	6.632	6.371	6.178	6.029	5.911	5.814
9	10.561	8.022	6.992	6.422	6.057	5.802	5.613	5.467	5.351	5.257
10	10.044	7.559	6.552	5.994	5.636	5.386	5.200	5.057	4.942	4.849
11	9.646	7.206	6.217	5.668	5.316	5.069	4.886	4.744	4.632	4.539
12	9.330	6.927	5.953	5.412	5.064	4.821	4.640	4.499	4.388	4.296
13	9.074	6.701	5.739	5.205	4.862	4.620	4.441	4.302	4.191	4.100
14	8.862	6.515	5.564	5.035	4.695	4.456	4.278	4.140	4.030	3.939
15	8.683	6.359	5.417	4.893	4.556	4.318	4.142	4.004	3.895	3.805
16	8.531	6.226	5.292	4.773	4.437	4.202	4.026	3.890	3.780	3.691
17	8.400	6.112	5.185	4.669	4.336	4.102	3.927	3.791	3.682	3.593
18	8.285	6.013	5.092	4.579	4.248	4.015	3.841	3.705	3.597	3.508
19	8.185	5.926	5.010	4.500	4.171	3.939	3.765	3.631	3.523	3.434
20	8.096	5.849	4.938	4.431	4.103	3.871	3.699	3.564	3.457	3.368
21	8.017	5.780	4.874	4.369	4.042	3.812	3.640	3.506	3.398	3.310
22	7.945	5.719	4.817	4.313	3.988	3.758	3.587	3.453	3.346	3.258
23	7.881	5.664	4.765	4.264	3.939	3.710	3.539	3.406	3.299	3.211
24	7.823	5.614	4.718	4.218	3.895	3.667	3.496	3.363	3.256	3.168
25	7.770	5.568	4.675	4.177	3.855	3.627	3.457	3.324	3.217	3.129
26	7.721	5.526	4.637	4.140	3.818	3.591	3.421	3.288	3.182	3.094
27	7.677	5.488	4.601	4.106	3.785	3.558	3.388	3.256	3.149	3.062
28	7.636	5.453	4.568	4.074	3.754	3.528	3.358	3.226	3.120	3.032
29	7.598	5.420	4.538	4.045	3.725	3.499	3.330	3.198	3.092	3.005
30	7.562	5.390	4.510	4.018	3.699	3.473	3.304	3.173	3.067	2.979
31	7.530	5.362	4.484	3.993	3.675	3.449	3.281	3.149	3.043	2.955
32	7.499	5.336	4.459	3.969	3.652	3.427	3.258	3.127	3.021	2.934
33	7.471	5.312	4.437	3.948	3.630	3.406	3.238	3.106	3.000	2.913
34	7.444	5.289	4.416	3.927	3.611	3.386	3.218	3.087	2.981	2.894
35	7.419	5.268	4.396	3.908	3.592	3.368	3.200	3.069	2.963	2.876
36	7.396	5.248	4.377	3.890	3.574	3.351	3.183	3.052	2.946	2.859
37	7.373	5.229	4.360	3.873	3.558	3.334	3.167	3.036	2.930	2.843
38	7.353	5.211	4.343	3.858	3.542	3.319	3.152	3.021	2.915	2.828
39	7.333	5.194	4.327	3.843	3.528	3.305	3.137	3.006	2.901	2.814
40	7.314	5.179	4.313	3.828	3.514	3.291	3.124	2.993	2.888	2.801
41	7.296	5.163	4.299	3.815	3.501	3.278	3.111	2.980	2.875	2.788
42	7.280	5.149	4.285	3.802	3.488	3.266	3.099	2.968	2.863	2.776
43	7.264	5.136	4.273	3.790	3.476	3.254	3.087	2.957	2.851	2.764
44	7.248	5.123	4.261	3.778	3.465	3.243	3.076	2.946	2.840	2.754
45	7.234	5.110	4.249	3.767	3.454	3.232	3.066	2.935	2.830	2.743
46	7.220	5.099	4.238	3.757	3.444	3.222	3.056	2.925	2.820	2.733
47	7.207	5.087	4.228	3.747	3.434	3.213	3.046	2.916	2.811	2.724
48	7.194	5.077	4.218	3.737	3.425	3.204	3.037	2.907	2.802	2.715
49	7.182	5.066	4.208	3.728	3.416	3.195	3.028	2.898	2.793	2.706
50	7.171	5.057	4.199	3.720	3.408	3.186	3.020	2.890	2.785	2.698
60	7.077	4.977	4.126	3.649	3.339	3.119	2.953	2.823	2.718	2.632
70	7.011	4.922	4.074	3.600	3.291	3.071	2.906	2.777	2.672	2.585
80	6.963	4.881	4.036	3.563	3.255	3.036	2.871	2.742	2.637	2.551
90	6.925	4.849	4.007	3.535	3.228	3.009	2.845	2.715	2.611	2.524
100	6.895	4.824	3.984	3.513	3.206	2.988	2.823	2.694	2.590	2.503
120	6.851	4.787	3.949	3.480	3.174	2.956	2.792	2.663	2.559	2.472
140	6.819	4.760	3.925	3.456	3.151	2.933	2.769	2.641	2.536	2.450
180	6.778	4.725	3.892	3.425	3.120	2.904	2.740	2.611	2.507	2.421
200	6.763	4.713	3.881	3.414	3.110	2.893	2.730	2.601	2.497	2.411
∞	6.635	4.605	3.782	3.319	3.017	2.802	2.639	2.511	2.407	2.321

AUTHOR' SHORT BIOGRAPHY

Photo

Dr. Mezouaghi Djilali, PhD in Commercial Sciences with a specialization in Finance and International Trade from the University of Mostaganem (Algeria).
Lecturer "B" in the Department of Economic Sciences, Business, and Management Sciences.
University of Relizane (Algeria).

E-mail: djilali.mezouaghi@univ-relizane.dz
ORCID iD: https://orcid.org/0009-0003-5827-4338
Google Scholar ; https://scholar.google.com/citations?user=EBOKXhQAAAAJ&hl=fr
ResearchGate; **https://www.researchgate.net/profile/mzwaghy-jylaly?ev=hdr_xprf**