تحليل ديناميكية تقلبات أسعار الذهب العالمية باستخدام نموذج Markov-Switching ARMA: دراسة قياسية للفترة (1990-2025)

An Econometric Analysis of Global Gold Price Volatility Dynamics Using the Markov-Switching ARMA Model (1990-2025)

بوعبد الله عبد الحميد[1]

[1] أستاذ محاضر قسم ب، جامعة تيبازة ، boueubdallah.abdelhamid@cu-tipaza.dz

الاستلام: 09- 02-2026 القبول: 01-04-2026

ملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ديناميكية تقلبات أسعار الذهب العالمية خلال الفترة الممتدة من جانفي 1990 إلى جويلية 2025، باستخدام نموذج Markov-Switching ARMA، الذي يسمح بالتقاط التحول الديناميكي الاحتمالي بين أنظمة السوق والتمييز بين فترات الاستقرار وفترات التقلب المرتفع. يعتمد النموذج على آلية انتقال ماركوفية تمكن من تغير معاملات الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك وتباين الأخطاء تبعا لحالة السوق، بما يعكس الطبيعة غير الخطية والمتغيرة زمنيا لتقلبات الأسعار.

أظهرت النتائج وجود نظامين رئيسيين، يتمثل الأول في نظام منخفض التقلب يغطي حوالي 87% من الفترة المدروسة، بينما يمثل الثاني نظاما مرتفع التقلب بنسبة تقارب 13%، ويتزامن مع الأزمات المالية والاقتصادية الكبرى، لا سيما الأزمة المالية العالمية لسنة 2008 وأزمة الديون الأوروبية خلال الفترة (2011–2012). وتؤكد هذه النتائج أهمية استخدام النماذج الاحتمالية ذات التحول الديناميكي بين الأنظمة في تفسير سلوك الأسواق المالية وتحليل المخاطر.

كلمات مفتاحية: أسعار الذهب العالمية، تقلبات السوق، نموذج Markov-Switching ARMA، التحول بين الأنظمة، فترات التقلب والاستقرار.

Abstract: This study aims to analyze the dynamics of global gold price fluctuations over the period from January 1990 to July 2025, using the Markov-Switching ARMA model, which allows capturing the probabilistic dynamic shifts between market regimes and distinguishing between periods of stability and high volatility. The model relies on a Markovian transition mechanism that enables the variation of autoregressive and moving average coefficients as well as error variance

according to the market state, reflecting the nonlinear and time-varying nature of price fluctuations.

The results indicate the existence of two main regimes: the first is a low-volatility regime covering approximately 87% of the studied period, while the second is a high-volatility regime accounting for about 13%, coinciding with major financial and economic crises, notably the 2008 global financial crisis and the European debt crisis during 2011–2012. These findings underscore the importance of using probabilistic models with dynamic regime shifts in explaining financial market behavior and analyzing risks.

Keywords: Global gold prices, market volatility, Markov-Switching ARMA model, regime shifts, periods of volatility and stability.

المؤلف المراسل: بوعبد الله عبد الحميد، **الإيميل**: abdelhamid.6593@gmail.com

1. مقدمة:

يُعد الذهب من أهم الأصول المالية في الاقتصاد العالمي، نظرا لدوره المزدوج كأداة استثمارية وملاذ آمن خلال فترات عدم الاستقرار الاقتصادي. فقد ظلت أسعار الذهب محور اهتمام المستثمرين وصناع القرار لما تعكسه من تفاعل مباشر مع المتغيرات الاقتصادية الكلية، مثل معدلات الفائدة، والتضخم، وسعر صرف الدولار الأمريكي، إلى جانب تأثير الأزمات الجيوسياسية. ومع ازدياد درجة انفتاح الأسواق المالية وتكاملها العالمي، أصبحت أسعار الذهب أكثر عرضة لتقلبات حادة يصعب تفسيرها باستخدام النماذج الخطية التقليدية، مما يستدعي اعتماد نماذج أكثر مرونة قادرة على توصيف التحولات البنيوية في ديناميكية تقلبات الأسعار.

في هذا السياق، برز نموذج Markov-Switching ARMA كأحد النماذج المتميزة في تحليل الظواهر الاقتصادية ذات السلوك المتغير زمنيا، حيث يسمح هذا النموذج بالتفرقة بين فترات الهدوء وفترات التقلب المرتفع من خلال آلية الانتقال الاحتمالي بين أنظمة مختلفة تعكس تغيرات سلوك السوق عبر الزمن.

انطلاقا من ذلك، تتمثل إشكالية البحث في التساؤل الرئيس الآتي:

إلى أي مدى يمكن لنموذج Markov-Switching ARMA أن يفسر ديناميكية تقلبات أسعار الذهب العالمية عبر فترات الهدوء والتقلب خلال الفترة (1990–2025)؟

وللإجابة عن هذه الإشكالية، تم اقتراح الفرضيتين التاليتين:

- ✓ تتسم أسعار الذهب العالمية بوجود نظامين متمايزين في السلوك: أحدهما منخفض التقلب، والآخر مرتفع التقلب.
- ✓ يقدم نموذج Markov-Switching ARMA أداء أفضل في تفسير وتحليل ديناميكية الأسعار مقارنة بالنماذج الخطية التقليدية.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات البنيوية في حركة أسعار الذهب العالمية، وتحديد فترات الاستقرار والتقلب وربطها بالأحداث الاقتصادية الكبرى، مع اختبار قدرة النموذج على تفسير طبيعة الانتقال بين الأنظمة.

أما منهجية البحث، فقد اعتمدت الدراسة على المنهج الكمي التحليلي، بالاستناد إلى الأسلوب القياسي التطبيقي الذي يوظف نموذج Markov-Switching ARMA في تحليل السلاسل الزمنية المالية. وتم تطبيق النموذج على بيانات شهرية لأسعار الذهب العالمية خلال الفترة الممتدة من جانفي 1990 إلى جويلية 2025، وذلك باستخدام البرمجية PcGive/OxMetrics لتقدير معاملات الأنظمة وتحديد احتمالات الانتقال بينها، بما يعكس الطبيعة اللاخطية والمتغيرة زمنيا لديناميكية أسعار الذهب.

2. الدراسات السابقة:

شهد تحليل أسعار الذهب تطورا ملحوظا في الأدبيات الاقتصادية، خصوصا بعد بروز النماذج غير الخطية التي سمحت بتمييز فترات الهدوء عن فترات التقلب في الأسواق المالية. ومن بين هذه النماذج، تبرز نماذج التحول الماركوفي (Markov Switching Models) التي أثبتت كفاءتها في تمثيل الظواهر الاقتصادية التي تعرف تغيرات هيكلية أو انتقالات فجائية بين أوضاع مختلفة، مثل الانتقال من فترات الاستقرار إلى فترات الأزمات أو العكس (Hamilton, 1989, pp. 357–384).

وفي إطار تطبيق هذه النماذج على أسعار الذهب، تناولت العديد من الدراسات تحليل سلوك السوق ضمن أطر ماركوفية مختلفة. على سبيل المثال، استخدم Sopipan et al. (2012) نموذج MS-ARCH

لتوقع تقلبات أسعار الذهب وبناء استراتيجية تداول تعتمد على الأنظمة الملاحظة. اعتمدت الدراسة على بيانات يومية للفترة 2007–2011، وتوصلت إلى أن النموذج غير الخطي يتفوق على نموذج GARCH التقليدي في تفسير التحولات المفاجئة في تقلب الأسعار، كما حددت الدراسة فترتين واضحتين: نظام تقلب مرتفع خلال الأزمة المالية ونظام تقلب منخفض بعدها (Sopipan, Puttanapong, & Sriboonchitta, 2012, pp. 365–380).

وبالانتقال إلى دراسة أخرى، فحص Lucey and O'Connor (2013) احتمال وجود فقاعات سعرية في أسعار الذهب خلال المدة 1989–2013 باستخدام اختبار Markov Switching ADF. وقد توصل الباحثان إلى عدم وجود دلائل قوية على وجود فقاعة طويلة الأمد في أسعار الذهب، مع الإشارة إلى أن التحولات التي شهدتها الأسعار كانت ناتجة عن تغيرات هيكلية قصيرة الأمد ارتبطت بالأزمات الاقتصادية (Lucey & O'Connor, 2013, pp. 53–63).

أما دراسة Evci et al. (2016) فركزت على تحديد فترات العوائد المرتفعة والمنخفضة في سوق الذهب التركي، من خلال تطبيق نموذج MS-AR(1) ونموذج TVTP-MS-AR(1) بزمن انتقال متغير على بيانات العوائد الشهرية للذهب في بورصة إسطنبول (BIST) وسوق لندن خلال الفترة من جويلية 1995 إلى جويلية 2015. وأظهرت النتائج أن أسعار الذهب تنتقل بين نظامين متمايزين: نظام منخفض العوائد وآخر مرتفع العوائد، مع احتمالات مرتفعة للبقاء ضمن كل نظام، ما يعكس ثبات النظام في سلسلة العوائد. كما أظهرت الدراسة أن عوائد الذهب في BIST تتأثر بالقيم المتأخرة لعوائد الذهب في لندن بفارق شهرين، مما يشير إلى الترابط الزمني بين الأسواق العالمية للذهب (Evci, Şak, & Karaağaç, 2016, pp. 67–77).

وفي السياق ذاته، قام Jayasree & Jyothi (2019) بتحليل أسعار الذهب في الهند باستخدام نموذج التحول الماركوفي ثنائي الأنظمة، على بيانات يومية للفترة 1979–2018. أظهرت النتائج انتقالات بين نظام منخفض التقلب وآخر مرتفع التقلب، مع احتمالات بقاء عالية داخل كل نظام، وانخفاض احتمال الرجوع سريعًا إلى النظام السابق بعد الانتقال. تعكس هذه النتائج الطبيعة غير الخطية لأسواق الذهب

الهندية والتنقل بين أنظمة مختلفة تبعًا لتغير ظروف السوق (M. Jayasree & P. Pavana Jyothi, 2019, pp. 92-95).

من منظور دولي أوسع، سلطت دراسة Nguyen & Zhao (2021) الضوء على أسعار الذهب العالمية باستخدام نموذج MS-AR على بيانات شهرية للفترة 1970–2020. أظهرت الدراسة وجود نظامين متمايزين للتقلب: نظام منخفض التقلب خلال فترات الاستقرار الاقتصادي، ونظام مرتفع التقلب مرتبط بالأزمات المالية العالمية، بما في ذلك الأزمات النفطية والأزمات الاقتصادية الكبرى مثل الأزمة المالية 2008. كما أظهرت النتائج أن احتمالات الانتقال بين الأنظمة مرتفعة، وأن النظام المرتفع التقلب يتميز بتباين أكبر في العوائد، مما يعكس حساسية أسعار الذهب للأحداث الاقتصادية الكبرى حول العالم. كما بينت الدراسة تفوق النماذج الماركوفية على النماذج الخطية التقليدية في التنبؤ بالتحولات المفاجئة في الأسعار (Anh. & Zhao, 2021, pp. 1–18).

من خلال استعراض هذه الدراسات، يتضح أن سلوك أسعار الذهب يتسم بخصائص غير خطية، حيث تنتقل الأسعار بين فترات من الهدوء وأخرى من التقلب الشديد، وتتفوق نماذج ماركوف (MS-AR, MS-GARCH, MS-VAR) على النماذج الخطية في تفسير هذه الديناميكيات. وتؤكد الأدلة التجريبية أن للذهب مراحل استقرار نسبي مقابل فترات تقلب حاد، مع احتمالات بقاء مرتفعة داخل كل نظام، ما يعكس طبيعة سوق الذهب كملاذ آمن ومستقر نسبيا في أوقات الأزمات. استنادًا إلى هذه النتائج، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ديناميكية تقلبات أسعار الذهب العالمية بالدولار الأمريكي خلال الفترة 1990–2025 باستخدام نموذج MS-ARMA، الذي يتيح تمييز الأنظمة المختلفة (الاستقرار مقابل التقلب) وتحديد خصائص كل نظام من حيث المتوسط، التباين، واحتمالات الانتقال بين الأنظمة، مع الاستفادة من فترة زمنية طويلة تشمل أزمات اقتصادية وجيوسياسية متعددة، ما يمنح تحليلا أعمق وأكثر دقة لديناميكية أسعار الذهب العالمية.

3. الإطار النظري لنموذج Markov-Switching ARMA

يُعد نموذج Markov-Switching ARMA (MS-ARMA) من النماذج غير الخطية المهمة التي تسمح بتمثيل السلاسل الزمنية الاقتصادية ذات السلوكيات المتغيرة عبر الزمن. يقوم هذا النموذج على فرضية أن السلسلة يمكن أن تنتقل بين أكثر من نظام (Regime) يخضع لعملية ماركوفية، حيث يمثل النظام غير المرصود عند الزمن t بمتغير الحالة $S_t \in \{1,2\}$ (Hamilton, 1989, pp. 357–384).

تُستخدم الصيغة العامة التالية لنموذج MS-ARMA من الرتبة p, q كالآتي:

$$y_t = \mu_{S_t} + \sum_{i=1}^{p} \phi_{i,S_t} y_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \theta_{j,S_t}\, \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \mid S_t \sim N\left(0, \sigma_{S_t}^2\right)$$

حيث:

- μ_{S_t}: المتوسط الشرطي في النظام S_t.
- ϕ_{i,S_t}: معاملات الانحدار الذاتي (AR) في النظام S_t.
- θ_{j,S_t}: معاملات المتوسط المتحرك (MA) في النظام S_t.
- $\sigma_{S_t}^2$: تباين الأخطاء في النظام S_t.

ويتم التعبير عن الأخطاء العشوائية كما يلي:

$$\varepsilon_t = \sigma_{S_t} z_t, \quad z_t \sim N(0,1)$$

حيث تمثل z_t الأخطاء المعيارية (Standardized Errors)، والتي يُفترض أن تحقق شرط الضجيج الأبيض (White Noise)، أي أن تكون مستقلة، ذات متوسط صفري، وتباين يساوي واحدا، مما يضمن صحة النموذج وملاءمته الإحصائية (Francq & Zakoïan, 2001, pp. 339-364).

يُفترض أن العملية (S_t) تتبع سلسلة ماركوف (Markov) من الدرجة الأولى، بحيث تكون احتمالات الانتقال بين الأنظمة معرفة من خلال مصفوفة الانتقال:

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix}, \qquad P_{ij} = \Pr(S_t = i \mid S_{t-1} = j)$$

وتمثل P_{11} و P_{22} احتمالات البقاء في نفس النظام، في حين أن $P_{21} = 1 - P_{11}$ و $P_{12} = 1 - P_{22}$ تمثل احتمالات الانتقال بين الأنظمة.

تُحسب المدة المتوقعة للبقاء داخل كل نظام وفق العلاقة $E(i \text{ المدة في النظام}) = 1/(1 - P_{ii})$ (Evci, Şak, & Karaağaç, 2016, pp. 69-70).

كما يمكن إيجاد التوزيع غير المشروط $\pi = (\pi_1, \pi_2)'$ (Stationary Distribution)، والذي يعبر عن النسبة الطويلة الأجل للزمن الذي تقضيه السلسلة في كل نظام، وذلك بحل معادلة التوازن:

$$\pi = P\,\pi, \qquad \pi_1 + \pi_2 = 1$$

حيث P هي مصفوفة احتمالات الانتقال. وفي حالة نموذج ثنائي الأنظمة نحصل على الصيغة المغلقة التالية:

$\pi_1 = \frac{1-P_{22}}{2-(P_{11}+P_{22})}$,$\pi_2 = \frac{1-P_{11}}{2-(P_{11}+P_{22})}$ (Hamilton, 1994, pp. 676–700).

بالإضافة إلى ذلك، يتم تقدير الاحتمالات الشرطية لوجود السلسلة في نظام معين باستخدام طريقتين أساسيتين:

- **احتمالات التصفية (Filtered Probabilities)**:

$$Pr(S_t = i \mid \mathcal{F}_t)$$

وتُحسب باستخدام مرشح هاملتون (Hamilton Filter) اعتمادا على المعلومات المتاحة حتى الفترة t، مما يسمح بمتابعة تطور النظام بصورة آنية (Hamilton, 1989, pp. 357–384).

- **احتمالات التنعيم (Smoothed Probabilities)**:

$$Pr(S_t = i \mid \mathcal{F}_T)$$

ويتم تقديرها باستخدام كامل العينة حتى الفترة النهائية T، عبر خوارزمية كيم (Kim Smoother)، مما يوفر تصنيفا تاريخيا أكثر دقة للفترات الزمنية (Kim, 1994, pp. 1–22).

من الناحية الاقتصادية، تساعد هذه التقديرات في التمييز بين فترات الاستقرار (ذات متوسط منخفض وتباين ضعيف) وفترات الأزمات أو الاضطراب (التي تتميز بتقلبات مرتفعة وتغيرات حادة).

4. البيانات ومنهجية الدراسة

تعتمد هذه الدراسة على بيانات شهرية للسعر الفوري للذهب (Gold Spot Price) مقومة بالدولار الأمريكي لكل أونصة تروي (US$/troy oz)، تغطي الفترة الممتدة من جانفي 1990 إلى جويلية 2025، أي ما يعادل 427 مشاهدة شهرية. تم الحصول على البيانات من قاعدة البنك الدولي لأسعار السلع الأساسية World Bank Commodity Price Data – The Pink Sheet (World Bank, 2025)، التي توفر سلاسل زمنية شهرية اسمية بالدولار الأمريكي منذ عام 1960.

وقد تم اعتماد التردد الشهري في هذه الدراسة نظرا لقدرته على تمثيل الاتجاهات المتوسطة الأجل لتقلبات الأسعار، مع الحد من الضوضاء العشوائية التي تميز البيانات اليومية. كما يُعد هذا التردد أكثر ملاءمة لتقدير النماذج غير الخطية مثل نموذج Markov-Switching ARMA، الذي يتطلب بيانات مستقرة نسبيا لإبراز ديناميكيات الانتقال بين الأنظمة بشكل أدق.

5. التحليل الوصفي لتطور أسعار الذهب خلال الفترة (1990–2025)

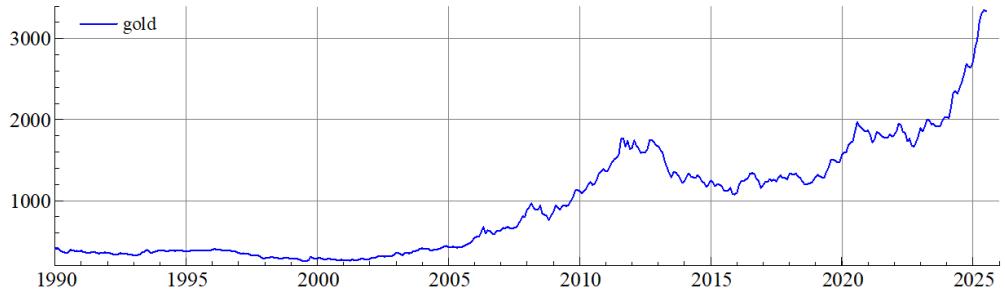
يظهر التمثيل البياني لتطور أسعار الذهب العالمية، المقاسة بالدولار الأمريكي لكل أونصة تروي، خلال الفترة الممتدة من جانفي 1990 إلى جويلية 2025، مسارا زمنيا يتسم بتعاقب التحولات الاقتصادية والمالية الكبرى. ففي بداية التسعينيات (1990–1991) لوحظ ارتفاع في التقلبات تزامنا مع أزمة النفط وتوترات الشرق الأوسط، ثم دخل السوق في فترة استقرار نسبي امتدت تقريبا حتى أواخر التسعينيات (1992–1999)، حيث تراوحت الأسعار بين نحو 300-400 دولار للأونصة، نتيجة السياسات النقدية المتشددة وانخفاض معدلات التضخم (Investopedia, 2025).

مع مطلع الألفية (2001–2007)، بدأ اتجاه تصاعدي تدريجي في الأسعار مدفوعا بضعف الدولار الأمريكي وزيادة الطلب على الذهب كملاذ آمن، ثم جاءت الفترة 2008-2011 لتشهد ارتفاعا حادا واستثنائيا في أسعار الذهب عقب الأزمة المالية العالمية؛ إذ تشير التحليلات التاريخية إلى أن الأسعار ارتفعت بوتيرة غير مسبوقة خلال هذه الحقبة (GoldMarket.fr, 2024).

بعد هذه الفترة من الارتفاعات الحادة، شهدت أسعار الذهب بين 2013–2018 مرحلة من التصحيح النسبي، متأثرة بتحسن مؤشرات الاقتصاد الأمريكي واتباع الاحتياطي الفدرالي لسياسة نقدية أكثر تشددا. غير أن الأسعار سرعان ما استعادت مسارها التصاعدي منذ عام 2020 بفعل تداعيات جائحة كوفيد–19، وما صاحبها من اضطرابات جيوسياسية وتضخم متصاعد خلال 2022-2025.

بوجه عام، يوضح التحليل أن سوق الذهب يتسم بتعاقب فترات من الهدوء النسبي وأخرى من التقلب الحاد، ما يعكس الطبيعة غير الخطية للسلسلة الزمنية للأسعار، ويُمهد لاعتماد نماذج Markov-Switching ARMA في الدراسة التطبيقية لتحديد ديناميكية هذه التحولات بدقة أكبر.

الشكل 1: تطور أسعار الذهب العالمية خلال الفترة (1990–2025)



المصدر: مخرجات البرنامج الإحصائي OxMetrics7

6. تحليل الخصائص الإحصائية لسلسلة أسعار الذهب وعوائدها (1990–2025)

قبل الشروع في بناء النموذج القياسي، تم تحليل الخصائص الإحصائية الأساسية لسلسلة أسعار الذهب الشهرية وعوائدها اللوغاريتمية، وذلك للتحقق من استقرارها، ودراسة شكل توزيعها، واختبار طبيعة التباين فيها. اعتمد التحليل على ثلاث مجموعات من الاختبارات القياسية: اختبارات الاستقرارية، واختبار التوزيع الطبيعي، واختبار عدم تجانس التباين.

في المرحلة الأولى، تم فحص استقرارية السلسلة باستخدام اختباري ADF (Dickey & Fuller, 1979) و KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, & Shin, 1992) لتحديد ما إذا كانت تحتوي على جذر وحدة أو أنها مستقرة. يقوم اختبار ADF على الفرضية الصفرية H_0 القائلة بعدم

الاستقرار، في حين يفترض اختبار KPSS العكس، أي أن السلسلة مستقرة (Franke, Härdle, & Hafner, 2015, pp. 226–231). وقد طُبق الاختباران على كل من سلسلة أسعار الذهب (Gold) وسلسلة العوائد اللوغاريتمية (R_Gold) خلال الفترة (1990–2025)، بعد تحويل الأسعار إلى العوائد اللوغاريتمية وفق العلاقة:

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$$

حيث يمثل P_t سعر الذهب في الشهر الحالي، و P_{t-1} سعره في الشهر السابق، و r_t العائد اللوغاريتمي. يهدف هذا التحويل إلى إزالة الاتجاهات العامة وتحقيق استقرار السلسلة قبل التقدير القياسي.

بعد ذلك، تم اختبار شكل توزيع العوائد باستخدام اختبار Jarque–Bera (Jarque & Bera, 1980) المبني على معاملي الالتواء (Skewness) والتفلطح الزائد (Excess Kurtosis)، حيث تنص الفرضية الصفرية H_0 على أن السلسلة تتبع توزيعا طبيعيا. يهدف هذا الاختبار إلى التحقق مما إذا كانت العوائد تظهر انحرافا أو ذيولا ثقيلة كما هو معتاد في السلاسل المالية، وهو ما يؤكده (Danielsson, 2011, pp. 214–215) في سياق تحليل المخاطر المالية التي تتسم عادة بتوزيع غير طبيعي للعوائد.

وأخيرا، تم تطبيق اختبار ARCH (Engle, 1982) من أجل الكشف عن وجود عدم تجانس التباين (Heteroskedasticity) في سلسلة العوائد. تنص الفرضية الصفرية H_0 على أن التباين ثابت عبر الزمن، أي أن السلسلة تتميز بتجانس التباين، في حين تفترض الفرضية البديلة H_1 وجود تباين متغير أو متقطع بمرور الزمن، وهو ما يُعد سمة نمطية في السلاسل الزمنية المالية (Danielsson, 2011, p. 216).

والجدول الموالي يوضح أهم الفرضيات والنتائج الإحصائية لاختبارات خصائص سلسلة أسعار الذهب وعوائدها خلال الفترة (1990–2025):

الجدول 1: نتائج اختبارات خصائص سلسلة أسعار الذهب وعوائدها (**1990–2025**)

السلسلة	الاختبار	النموذج	Lag	الإحصائية	القيمة الحرجة	P-Value	القرار
Gold (أسعار الذهب)	ADF	(2)	1	2.9316	-2.8681	0.9999	قبول H_0
	KPSS	(2)	-	2.2662	0.4630	-	رفض H_0
R_Gold (عوائد الذهب)	ADF	(2)	0	-17.5464	-2.8681	0.0000	رفض H_0
	KPSS	(2)	-	0.4495	0.4630	-	قبول H_0
	Skewness	-	-	0.30975	-	0.0088	رفض H_0
	Excess Kurtosis	-	-	1.2931	-	0.0000	رفض H_0
	Jarque-Bera	-	-	36.49		0.0000	رفض H_0
	ARCH 1-2	-	-	F=6.2800	-	0.0021	رفض H_0
	ARCH 1-5	-	-	F=5.0505	-	0.0002	رفض H_0
	ARCH 1-10	-	-	F=2.8268	-	0.0021	رفض H_0

(1): نموذج بدون ثابت وبدون اتجاه عام، (2): نموذج بثابت وبدون اتجاه عام

ملاحظة: تم اختيار درجة الإبطاء (Lag) تلقائيًا وفق معيار SIC لتفادي الارتباط الذاتي في البواقي.

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج برنامج OxMetrics7

تشير نتائج الجدول (1) إلى أن سلسلة أسعار الذهب (Gold) غير مستقرة في المستوى، إذ لم تكن إحصائية اختبار ADF كافية لرفض فرضية وجود جذر وحدة، كما تجاوزت إحصائية KPSS القيمة الحرجة عند مستوى 5%، مما يؤكد عدم استقرارها. في المقابل، أظهرت سلسلة العوائد اللوغاريتمية (R_Gold) استقرارا واضحا بعد التحويل، حيث تم رفض فرضية العدم في اختبار ADF وقبولها في اختبار KPSS، مما يعني أن السلسلة أصبحت مستقرة وصالحة للتحليل القياسي.

بعد تحقق الاستقرار، طُبقت باقي الاختبارات على العوائد. أظهر اختبار Jarque–Bera أن العوائد لا تتبع التوزيع الطبيعي، إذ كان معامل الالتواء موجبا (0.31) مما يشير إلى انحراف نحو اليمين، ومعامل التفلطح الزائد (1.29) يدل على وجود ذيول ثقيلة مقارنة بالتوزيع الطبيعي. هذه النتيجة تتوافق مع خصائص البيانات المالية التي تميل إلى الانحراف وعدم التماثل .كما كشفت اختبارات ARCH عن وجود تباين متغير عبر الزمن، حيث كانت قيم الاحتمال (P-Value) لجميع الفترات (2، 5، و10) أقل من 0.05، مما يدل على وجود تقلبات متجمعة (Volatility Clustering).

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن سلسلة العوائد اللوغاريتمية مستقرة لكنها لا تتبع التوزيع الطبيعي وتُظهر تباينا متغيرا عبر الزمن، وهو ما يبرر استخدام نماذج غير خطية مثل MS-ARMA لتمثيل ديناميكية تقلبات العوائد بدقة أكبر.

7. تقدير نموذج MS–ARMA:

اعتمادًا على معايير المعلومات (AIC وSC) واختبارات الملاءمة، تبين أن النموذج الأنسب لتمثيل ديناميكية تقلبات عوائد الذهب الشهرية خلال الفترة 1990–2025 هو نموذج $MS(2) - ARMA(1,1)$ ثنائي الأنظمة، الذي يعكس وجود فترتين متمايزتين في سلوك العوائد، يتمثلان في فترات هدوء نسبي وأخرى مرتفعة التقلب. يتميز النموذج بإمكانية تغير كل من التباين ومعاملات AR و MA بين الأنظمة، مما يسمح بالتكيف مع التغيرات في ديناميكية تقلبات العوائد حسب النظام السائد. وقد تم تقدير النموذج باستخدام طريقة الاحتمال الأقصى (Maximum Likelihood Estimation – MLE)، مع تطبيق خوارزمية SQPF لضمان تقارب قوي ومستقر للمعاملات. ويبين الجدول الموالي معاملات النموذج المقدر لكل من النظامين، إلى جانب الأخطاء المعيارية والقيم الاحتمالية المرتبطة بها:

الجدول 2: نتائج تقدير معاملات نموذج $MS(2) - ARMA(1,1)$

المعاملات / المتغيرات	المعامل (Coefficient)	الخطأ المعياري (Std.Error)	القيمة-t (t-value)	الاحتمال (t-prob)
النظام 1 (Regime 0)				
$AR(1)$	-0.6644	0.2153	-3.09	0.002
$MA(1)$	0.6902	0.2157	3.2	0.001
C	0.0069	0.0049	1.4	0.161
σ	0.0547	0.0063	—	—
النظام 2 (Regime 1)				
$AR(1)$	0.0162	0.1545	0.105	0.916
$MA(1)$	0.2917	0.1431	2.04	0.042
C	0.0028	0.0016	1.78	0.077
σ	0.0278	0.0012	—	—

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج برنامج OxMetrics7

تشير النتائج إلى أن نموذج $MS(2)-ARMA(1,1)$ يصف سلوك عوائد الذهب الشهرية من خلال نظامين متمايزين يعكسان مرحلتين مختلفتين من تقلبات السوق:

- **النظام الأول (Regime 0)**: يمثل فترات التقلب المرتفع (High-volatility regime)، ويتسم بانحراف معياري مرتفع ($\sigma = 0.0547$) ومتوسط عائد إيجابي محدود ($C = 0.0069$). يعكس هذا النظام فترات الاضطرابات المالية أو الاقتصادية العالمية، حيث يزداد الطلب على الذهب باعتباره ملاذًا آمنًا ضد المخاطر وعدم اليقين.
- **النظام الثاني (Regime 1)**: يمثل فترات الهدوء والاستقرار (Low-volatility regime)، ويتميز بانحراف معياري منخفض ($\sigma = 0.0278$) ومتوسط عائد محدود ($C = 0.0028$). يعكس هذا النظام الظروف العادية للأسواق المالية، حين تسود الثقة والاستقرار النسبي وتكون مستويات المخاطر منخفضة.

تُظهر النتائج أيضا اختلافا واضحا في معاملات AR وMA بين النظامين، مما يعكس تغير طبيعة الاعتماد الزمني للعوائد عبر الفترات. ففي النظام الأول، يشير معامل AR السالب إلى وجود تصحيح ذاتي سريع بعد الصدمات، بينما يُظهر معامل MA الموجب أثرا قويا للصدمات السابقة على العوائد الحالية، وهو ما يتوافق مع فترات التوتر المالي وارتفاع المضاربة. أما في النظام الثاني، فإن ضعف معاملات AR وMA يدل على استقرار نسبي في حركة العوائد وغياب الاعتماد القوي على القيم السابقة، مما يعكس استقرارا هيكليا وهدوءا نسبيا في السوق.

8. تحليل انتقال الأنظمة وديناميكية السوق

1.8. مصفوفة احتمالات الانتقال بين الأنظمة (Transition Probabilities Matrix).

يوضح الجدول 3 مصفوفة احتمالات الانتقال الثابتة بين الأنظمة، والتي تُمثل احتمال بقاء السلسلة في نفس النظام أو انتقالها إلى النظام الآخر في الفترة (الشهر) التالية.

تكشف نتائج المصفوفة (الجدول 3) عن استقرار مرتفع داخل كل نظام؛ إذ يبلغ احتمال بقاء السلسلة في النظام الهادئ (Regime 1) نحو 0.9841، ما يعني أن احتمال استمرار حالة الاستقرار من شهر لآخر مرتفع جدًا. أما احتمال بقاء السلسلة في النظام المتقلب (Regime 0) فقد بلغ 0.8986، وهو ما يشير إلى استمرارية معتدلة لفترات التقلب قبل الانتقال إلى النظام الهادئ.

الجدول 3: مصفوفة احتمالات الانتقال بين الأنظمة

	Regime 0 (t)	Regime 1 (t)
Regime 0 (t+1)	0.8986	0.0159
Regime 1 (t+1)	0.1014	0.9841

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج برنامج OxMetrics7

2.8. مدة البقاء المتوقعة في كل نظام

يتم حساب المدة المتوقعة للبقاء في كل نظام وفق العلاقة: $E(i \text{ المدة في النظام}) = 1/(1 - P_{ii})$ حيث p_{ii} هو احتمال بقاء السلسلة في نفس النظام.

الجدول 4: مدة البقاء المتوقعة في كل نظام

النظام	احتمال البقاء p_{ii}	مدة البقاء المتوقعة (بالأشهر)
النظام 0 (مرتفع التقلب)	0.8986	9.8 ≈ أشهر
النظام 1 (منخفض التقلب)	0.9841	62.7 ≈ شهرًا

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج برنامج OxMetrics7

تشير النتائج إلى أن أسعار الذهب تبقى في المتوسط حوالي 10 أشهر في فترات التقلب المرتفع (Regime 0)، بينما تستمر في فترات الاستقرار النسبي (Regime 1) لمدة تقارب 63 شهرًا (حوالي 5 سنوات). وهو ما يعكس أن سوق الذهب يمر غالبا بفترات طويلة من الهدوء يعقبها ارتفاعات قصيرة الأمد مرتبطة بالأزمات المالية أو الجيوسياسية العالمية، مثل أزمة 2008 وجائحة كوفيد-19 سنة 2020.

3.8. تصنيف الفترات الزمنية حسب النظام السائد (Regime):

اعتمادًا على احتمالات التنعيم (Smoothed Probabilities)، تم تحديد الفترات الزمنية التي يهيمن فيها تأثير كل نظام على عوائد الذهب، كما هو موضح في الجدول 5 أدناه:

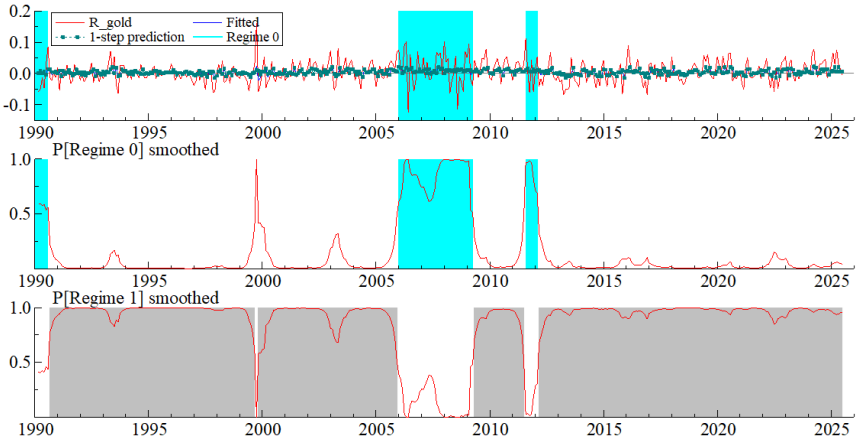
الجدول 5: تصنيف الفترات الزمنية على أساس احتمالات التنعيم (Smoothed Probabilities)

النظام	الفترات الزمنية الرئيسية	عدد الأشهر في الفترة	متوسط الاحتمال (.avg.prob)	المجموع الكلي للأشهر	النسبة من العينة (%)
النظام 0 (مرتفع التقلب)	1990-03-01 → 1990-08-01	6	0.574	54	%12.71
	1999-10-01 → 1999-10-01	1	1.000		
	2006-01-01 → 2009-04-01	40	0.855		
	2011-08-01 → 2012-02-01	7	0.875		
النظام 1 (منخفض التقلب)	1990-09-01 → 1999-09-01	109	0.970	371	%87.29
	1999-11-01 → 2005-12-01	74	0.920		
	2009-05-01 → 2011-07-01	27	0.911		
	2012-03-01 → 2025-07-01	161	0.965		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج برنامج OxMetrics7

لإيضاح ديناميكية الأنظمة على مر الزمن، يُظهر الشكل (2) التمثيل البياني لاحتمالات التنعيم لكل من النظامين (P[Regime 1] smoothed و P[Regime 0] smoothed) لعوائد الذهب الشهرية.

الشكل 2: احتمالات التنعيم للنظامين (Smoothed Probabilities) لعوائد الذهب الشهرية



المصدر: مخرجات البرنامج الإحصائي OxMetrics7

تُظهر النتائج أن السوق يقضي معظم الفترة المدروسة (حوالي 87%) في النظام الهادئ، بينما تحدث نوبات التقلب العالي في فترات محدودة (13%) غالبا خلال أزمات اقتصادية أو مالية كبرى. إذ تتطابق الفترات التي عرفت نظاما متقلبا (Regime 0) مع مراحل اضطراب الاقتصاد العالمي، مثل:

- بداية التسعينيات (1990–1991) التي شهدت أزمة الخليج الأولى وارتفاع أسعار النفط.
- نهاية التسعينيات (1999–2000) التي تزامنت مع فقاعة الإنترنت (Dot-com Bubble).
- الفترة 2006–2009 التي ارتبطت بـ الأزمة المالية العالمية 2008 وتهاوي الأسواق المالية.
- الفترة 2011–2012 التي تزامنت مع أزمة الديون السيادية في منطقة اليورو.

أما الفترات الطويلة من النظام الهادئ (Regime 1) مثل 1990–1999 و 2012–2025 فتتطابق مع مراحل استقرار نسبي في الأسواق المالية وسياسات نقدية توسعية خففت من حدة تقلبات الذهب.

4.8. التوزيع الطولي (Steady-State / Unconditional Distribution)

تشير نتائج التوزيع الطولي، المحسوبة بناءً على مصفوفة الانتقال المقدرة، إلى أن السوق يقضي في المدى الطويل حوالي 13.6٪ من الوقت في النظام المتقلب (Regime 0) مقابل 86.4٪ في النظام الهادئ

(Regime 1). وتتوافق هذه القيم تقريبا مع النسب الفعلية المستخلصة من البيانات (12.7٪ و87.3٪ على التوالي)، ما يدل على اتساق النموذج مع السلوك التاريخي للسوق.

هذا التقارب بين الاحتمالات النظرية والتجريبية يعكس أن عملية ماركوف استطاعت تمثيل ديناميكية الانتقال بين النظامين بدقة عالية، حيث أن السوق لا ينتقل بين حالتي الهدوء والتقلب بشكل عشوائي، بل وفق آلية مستقرة إحصائيا. وبذلك، يُظهر نموذج $MS(2)-ARMA(1,1)$ قدرة واضحة على التقاط البنية الزمنية الكامنة وراء تغيرات أسعار الذهب، ما يعزز من صلاحية النموذج في التحليلين القصير والطويل الأجل.

9. اختبار صحة النموذج (Model Diagnostic Checking)

تم التحقق من صلاحية نموذج $MS(2)-ARMA(1,1)$ باستخدام مجموعة من الاختبارات الإحصائية القياسية لضمان جودة التقدير وصحة الفرضيات الكامنة وراءه، ولا سيما تحقق شرط الضجيج الأبيض (White Noise) في البواقي المعيارية (z_t). وقد شملت هذه الاختبارات: اختبار التوزيع الطبيعي (Normality Test) للتحقق من طبيعة توزيع z_t، واختبار Portmanteau للكشف عن وجود ارتباط ذاتي في z_t أو في مربعاتها (z_t^2)، إضافة إلى اختبار ARCH للتحقق من غياب التباين المتغير المتبقي بعد التقدير. وتهدف هذه الاختبارات مجتمعة إلى التأكد من أن البواقي المقدرة مستقلة، ذات متوسط صفري وتباين ثابت، بما يحقق شرط الضجيج الأبيض ويؤكد سلامة النموذج المقدر.

الجدول 6: اختبارات صلاحية نموذج $MS(2)-ARMA(1,1)$ على البواقي المعيارية z_t ومربعاتها z_t^2

نوع الاختبار	الاختبار الفرعي	الإحصائية	P-Value	القرار عند 5%
اختبار التوزيع الطبيعي (Normality Test)	Skewness	0.081208	0.4928	قبول H_0
	Excess Kurtosis	-0.23695	0.3159	قبول H_0
	Jarque–Bera	1.4613	0.4816	قبول H_0
	$Q(10)$	6.28916	0.7904	قبول H_0

اختبار **Portmanteau** على البواقي المعيارية (z_t)	$Q(20)$	19.9017	0.47	قبول H_0
	$Q(40)$	44.4838	0.2885	قبول H_0
اختبار **Portmanteau** على مربعات البواقي المعيارية (z_t^2)	$Q^2(10)$	6.85708	0.7389	قبول H_0
	$Q^2(20)$	19.546	0.4866	قبول H_0
	$Q^2(40)$	40.2922	0.4573	قبول H_0
اختبار **ARCH** للتباين **(ARCH Test)**	ARCH (1–2)	F(2,420)=0.45217	0.6366	قبول H_0
	ARCH (1–5)	F(5,414)=0.98801	0.4247	قبول H_0
	ARCH (1–10)	F(10,404)=0.69438	0.7299	قبول H_0

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج برنامج OxMetrics7

تُظهر النتائج الإحصائية أن نموذج $MS(2) - ARMA(1,1)$ قد استوفى بنجاح شروط الملاءمة الإحصائية، مما يعكس جودة التقدير ودقة تمثيله للسلوك الديناميكي لعوائد الذهب. فارتفاع القيم الاحتمالية لاختبار Portmanteau عند الفترات (10، 20، 40) يؤكد غياب الارتباط الذاتي في البواقي، أي أن مكونات النموذج (AR وMA) نجحت في التقاط البنية الزمنية الكامنة في البيانات دون ترك أثر أنماط متبقية. أما بالنسبة لمربعات البواقي، فقد أظهرت أيضا استقلالية تامة للتقلبات المتبقية، ما يشير إلى أن النموذج تمكن من تمثيل تباين العوائد بدقة دون بقاء أثر ARCH غير مفسر.

كما أن نتائج اختبارات ARCH المباشرة دعمت هذا الاستنتاج، حيث كانت جميع القيم الاحتمالية أكبر من 5٪ عند تأخيرات مختلفة، مما يعزز فرضية أن النموذج يحقق شرط الضجيج الأبيض في البواقي المعيارية. إضافة إلى ذلك، فإن نتائج اختبار Normality التي بينت قيم التواء وتفلطح قريبة من الصفر (0.08 و 0.23- على التوالي)، مع قيمة احتمال مرتفعة $P\text{-value} = 0.48$، تدل على أن توزيع البواقي قريب من التوزيع الطبيعي، وهو ما يُعد مؤشرا إضافيا على جودة التقدير واستقرار النموذج.

بناءً على ذلك، يمكن القول إن النموذج $MS(2) - ARMA(1,1)$ يتمتع بخصائص إحصائية متماسكة، حيث نجح في إزالة الارتباطات الخطية وغير الخطية من السلسلة الأصلية، ما يجعله أداة قوية لتحليل وتقويم تقلبات أسعار الذهب الشهرية والتنبؤ بها في سياقات تتسم بتبدل الأنظمة الاقتصادية.

10. الخاتمة

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ديناميكية أسعار الذهب العالمية من خلال تطبيق نموذج Markov – Switching ARMA، بغرض الكشف عن التحولات البنيوية بين فترات الهدوء والتقلب في السوق. وقد أظهرت النتائج أن النموذج يميز بوضوح بين نظامين متمايزين: نظام مرتفع التقلب وآخر منخفض التقلب، مع استقرار نسبي في احتمالات الانتقال بينهما عبر الزمن، مما يعكس الطابع غير الخطي لعوائد الذهب وقدرتها على التكيف مع الصدمات الاقتصادية الكبرى .أثبتت النتائج الإحصائية أن النموذج المقترح يتمتع بملاءمة قوية، إذ استوفت بواقيه شروط الضجيج الأبيض واتبعت توزيعا قريبا من الطبيعي، وهو ما يؤكد دقة التقدير وكفاءة النموذج في تمثيل السلوك الديناميكي للسوق. وتتسق هذه النتائج مع ما توصل إليه Hamilton (1989) و Evci et al. (2016) و Nguyen & Zhao (2021)، الذين أبرزوا قدرة النماذج الماركوفية على تفسير التحولات بين أنظمة الاستقرار والتقلب في الأسواق المالية، لا سيما في فترات الأزمات والاضطرابات العالمية.

من الناحية الاقتصادية، توضح النتائج أن فترات التقلب المرتفع تتزامن عادة مع الأزمات المالية والتوترات الجيوسياسية وارتفاع معدلات التضخم، في حين تمثل فترات الهدوء مراحل الاستقرار والثقة في الاقتصاد العالمي. وبناءً على ذلك، يمكن اعتبار نموذج $MS(2) - ARMA(1,1)$ أداة تحليلية فعالة لفهم سلوك أسعار الذهب والتنبؤ بها في ظل بيئات تتسم بعدم اليقين وتغير الأنظمة الاقتصادية.

ختامًا، توصي الدراسة بتوسيع التحليل مستقبلاً من خلال دمج متغيرات كلية إضافية مثل أسعار الفائدة الأمريكية ومؤشر الدولار وتقلبات أسواق الطاقة، أو اعتماد نماذج أكثر تطورًا مثل $MS - GARCH$ لدراسة انتقال التقلبات بين الأسواق المالية العالمية، بما يسهم في تعزيز فهم الترابط بين الأصول في مواجهة صدمات الاقتصاد الكلي المتزايدة.

قائمة المراجع:

- A. J. Filardo و ، S. F Gordon. (1998). Business cycle durations. *Journal of Econometrics* ، .123–99 ،(1)*85*
- Anh., N. B., & Zhao, Y. Q. (2021). Half Century of Gold Price: Regime-Switching and Forecasting Framework. *International Journal of Financial Research, 12*(3), 1–18.
- C. J Kim. (1994). Dynamic linear models with Markov-switching. *Journal of Econometrics*.22–1 ،(2–1)*60* ،
- C. M., Jarque و ، A. K Bera. (1980). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics Letters*.259–255 ،(3)*6* ،
- Chitsazan, M., & Keimasi, M. (2014). Volatility analysis of gold futures market using Markov-switching GARCH model: Evidence from Iran. *Journal of Money and Economy, 9*(3), 179–196.
- Danielsson, J. (2011). *Financial risk forecasting: The theory and practice of forecasting market risk with implementation in R and Matlab*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979, June). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association, 74*(366), 427–431.
- Evci, S., Şak, N., & Karaağaç, G. A. (2016). Altın fiyatlarındaki değişimin Markov rejim değişim modelleriyle incelenmesi. *Business and Economics Research Journal, 7*(4), 67–77. doi:10.20409/berj.2016422339
- Francq, C., & Zakoïan, J.-M. (2001). Stationarity of multivariate Markov-switching ARMA models. *Journal of Econometrics, 102*(2), 339-364.
- Franke, J., Härdle, W. K., & Hafner, C. M. (2015). *Statistics of Financial Markets: An Introduction* (4th ed.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- GoldMarket.fr. (2024, June 18). *Historical analysis of the gold price: trends and cycles over several decades*. Retrieved from GoldMarket.fr: https://www.goldmarket.fr/en/analyse-historique-cours-or
- Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica, 57*(2), 357–384.
- Investopedia. (2025, October 18). *Gold price history: Highs and lows*. Retrieved from Investopedia: https://www.investopedia.com/gold-price-history-highs-and-lows-7375273
- J. D Hamilton. (1994). *Time series analysis.* Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Jena, P. R., & Goyari, P. (2010). Modeling volatility of gold and oil prices: Evidence from India during global financial crisis. *Asian Journal of Research in Banking and Finance, 1*(1), 1–10.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992, October). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics, 54*(1–3), 159–178.

- Lucey, B. M., & O'Connor, F. A. (2013). Do bubbles occur in the gold price? An investigation of gold lease and Markov switching models. *Borsa Istanbul Review, 13*(2), 53–63.
- M. Jayasree, & P. Pavana Jyothi. (2019). Gold Prices & Regime Shifts with Markov Model: A Study in the Indian Context. *International Journal on Recent Trends in Business and Tourism, 3*(2), 92-95.
- R. F Engle.)July, 1982(. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*.1007–987 ،(4)*50* ،
- Sopipan, N., Puttanapong, N., & Sriboonchitta, S. (2012). Forecasting gold price volatility using Markov-switching GARCH models. *Thai Journal of Mathematics*, *10*(2), 365–380.
- World Bank. 30) October, 2025(. *Commodity Price Data (The Pink Sheet)*. تم الاسترداد من World Bank: https://thedocs.worldbank.org/en/doc/18675f1d1639c7a34d463f59263ba0a2-0050012025/world-bank-commodities-price-data-the-pink-sheet?