مجلة جامعة تشرين – سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية

اسم المقال: استخدام الاستدلال البيزي في نمذجة التقلب العشوائي (دليل تجريبي من سوق دمشق للأوراق المالية)
اسم الكاتب: د. خضر العكاري، د. بشرى علي
رابط ثابت: https://political-encyclopedia.org/index.php/library/5737
تاريخ الاسترداد: 2026/11/03 19:52 +03

الموسوعة السياسيّة هي مبادرة أكاديمية غير هادفة للربح، تساعد الباحثين والطلاب على الوصول واستخدام وبناء مجموعات أوسع من المحتوى العلمي العربي في مجال علم السياسة واستخدامها في الأرشيف الرقمي الموثوق به لإغناء المحتوى العربي على الإنترنت.
لمزيد من المعلومات حول الموسوعة السياسيّة – Encyclopedia Political، يرجى التواصل على info@political-encyclopedia.org

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسيّة – Encyclopedia Political يعني موافقتك على شروط وأحكام الاستخدام المتاحة على الموقع https://political-encyclopedia.org/terms-of-use

تم الحصول على هذا المقال من موقع مجلة جامعة تشرين – سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية – ورفده في مكتبة الموسوعة السياسيّة مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكريّة ومتطلبات رخصة المشاع الإبداعي التي ينضوي المقال تحتها.

Using Bayesian Inference For Stochastic Volatility Model (Empirical Evidence From Damascus Securities Exchange)

Dr. Khder Al-Akkari*
Dr. Bushra Ali**

(Received 8 / 3 / 2022. Accepted 15 / 5 / 2022)

□ ABSTRACT □

Volatility is especially important in financial markets, as the value of stocks and financial instruments depends on their risks, which are explained by volatility. Therefore, this paper proposes a fully Bayesian Simulation, based approach for statistical inference in stochastic volatility models, the workflow in the research is included analysis and modeling of the daily returns of the Damascus Securities Exchange during the period from (1/4/2010) to (12/9/2021), and using of three types of models based on different assumptions about volatility (ARIMA - GARCH - BSV). The direct in-sample comparison between the three models indicated that the Bayesian Stochastic Model performs better in terms of predictive accuracy and in clarifying the characteristics of the data used in the analysis. The results of evaluating out-of-sample predictions using the Bayesian Stochastic Model also showed a convergence between the actual values and the estimated values of returns, with their movement in the same direction. These results show the importance of using Bayesian Inference for both researchers and investors in the financial markets due to its superiority over the widely applied models (ARIMA - GARCH).

Key words: Bayesian Inference - Stochastic Volatility - Prior Distribution - Posterior Distribution - Returns.

*Phd - Statistics And Programming - Department Of Statistics And Programming - Faculty Of Economics - Tishreen University – Syria. khderalakkari1990@gmail.com
**Assistant Professor, Department Of Financial And Banking Sciences - Faculty Of Economics - Tartous University – Syria. BushraAli@tartous-univ.edu.sy

استخدام الاستدلال البيزي في نمذجة التقلب العشوائي (دليل تجريبي من سوق دمشق للأوراق المالية)

الدكتور خضر العكّاري*

الدكتورة بشرى علي**

(تاريخ الإيداع 8 / 3 / 2022. قُبِل للنشر في 15 / 5 / 2022)

□ ملخّص □

تُعدُ التقلبات ذات أهمية خاصة في الأسواق المالية، إذ تعتمد قيمة الأسهم والأدوات المالية على مخاطرها التي تفسرها التقلبات. لذلك يقترح هذا البحث نهجاً قائماً على محاكاة Bayesian بالكامل للاستدلال الإحصائي في نماذج التقلب العشوائي، تضمن سير العمل في البحث تحليل ونمذجة بيانات عوائد سوق دمشق للأوراق المالية اليومية خلال الفترة من (1/4/2010) إلى (12/9/2021)، واستخدام ثلاثة أنواع من النماذج تقوم على افتراضات مختلفة حول التقلبات (ARIMA – GARCH – BSV). أشارت المقارنة المباشرة داخل العينة بين النماذج الثلاث أنّ نموذج التقلب العشوائي البيزي يعمل بشكل أفضل من حيث الدقة التنبؤية وتوضيح خصائص البيانات المستخدمة في التحليل. كما أظهرت نتائج تقييم التنبؤات خارج العينة باستخدام نموذج التقلب العشوائي البيزي تقارباً بين القيم الفعلية والقيم المقدرة للعوائد، مع تحركها بنفس الاتجاه. تبيّن هذه النتائج أهمية استخدام الاستدلال البيزي لكل من الباحثين والمستثمرين في الأسواق المالية نظراً لتفوقها على النماذج واسعة التطبيق (ARIMA – GARCH).

الكلمات المفتاحية: الاستدلال البيزي – التقلب العشوائي – التوزيع السابق – التوزيع اللاحق – العوائد.

* *دكتوراه – الإحصاء والبرمجة – قسم الإحصاء والبرمجة – كلية الاقتصاد – جامعة تشرين – طرطوس– سورية.
khderalakkari1990@gmail.com

** مدرس – قسم العلوم المالية والمصرفية – كلية الاقتصاد – جامعة طرطوس – طرطوس – سورية.
BushraAli@tartous-univ.edu.sy

مقدمة:

يعدُ تقدير وتوقع التقلبات من أهم المناهج التي تتم دراستها في مجال الاقتصاد المالي، لأنها ذات أهمية خاصة في الأسواق المالية، إذ تعتمد قيمة الأسهم والأدوات المالية على مخاطرها والتي يعكسها الاختلاف في العوائد وتُفسرها التقلبات. تختلف التقلبات بشكل كبير مع مرور الزمن، فالفترات المضطربة ذات التقلبات الكبيرة تتبعها فترات أكثر هدوءاً مع تقلبات صغيرة. وعلى الرغم من هذا التقلب المتغير بمرور الزمن، وانطلاقاً من أعمال (Black and Scholes, 1973) (Box and Jenkins, 1970) اعتاد الباحثون على العمل مع نماذج تفترض مسبقاً تقلباً ثابتاً مثل نماذج ARIMA (Suleman, 2020) (khazaleh and Zeaud, 2015) (Wadhawan and Singh, 2019). وجدت النماذج المقترحة من قبل (Engle, 1982) (نماذج ARCH) تطبيقاً واسعاً مع تضمين التقلبات المتغيرة بمرور الزمن في النموذج ((Nakkar et al., 2018) (Al Ahmad and Salman, 2019) (Shalit et *al.*, 2008) (Mhmoud and Dawalbait, 2015) (Cai et *al.*, 2020)، ولكن من المعروف أنّ التقلبات في الأسواق المالية تتبع تطور عشوائي وهو ما لم تأخذ به النماذج المُطبقة بشكل واسع، وتمّ تضمين هذه الخاصية إلى نماذج Stochastic Volatility (SV) ضمن منهج الاستدلال البيزي، فقد أثبتت هذه النماذج تفوقها (Gysels et al., 1996) (Kim et al., 1998) لكنها لم تجد الاستخدام الواسع في العمل التطبيقي بسبب عدم توفر البرامج التي تتيح تطبيقها والتي تمّ حلها مع تطور الحوسبة ولغة البرمجة الإحصائية.

الدراسات السابقة:

1-دراسة (Khazaleh and Zeaud, 2015) بعنوان:

Forecasting Insurance Sector Volatility in Amman Stock Exchange Using ARIMA Model:

هدفت هذه الدراسة إلى استخدام نموذج Box-Jenkins للتنبؤ بتقلبات بورصة عمّان كأحد الأسواق الناشئة لقطاع التأمين، حيث امتدت فترة الدراسة من 2005/1/1 إلى 2010/4/1 لبيانات أسبوعية مستمدة من موقع بورصة عمّان الإلكتروني. تمّ اختبار استقرارية السلسلة بالاعتماد على اختبارات جذر الوحدة، واعتماداً على الحد الأدنى لمتوسط الخطأ التربيعي وإحصائية t تمّ اختيار أفضل نموذج ARIMA(1,0,0) والتنبؤ باستخدامه ل 10 أسابيع بتقلب قطاع التأمين في بورصة عمّان. وأظهرت النتائج تقارب كبير بين القيم الفعلية والمقدّرة.

2-دراسة (Nakar et *al.*, 2018) بعنوان:

Forecasting the Futuristic Directions of DWX Return Using ARIMA-GARCH Models

هدفت الدراسة إلى تقييم فعالية استخدام نماذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين المعمم في دراسة تذبذبات عوائد مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية خلال الفترة من 2015/09/14 حتى 2016/12/01، وإمكانية التنبؤ بالقيم المستقبلية للشهر الأخير من فترة الدراسة.

توصلت نتائج الدراسة إلى أن عوائد المؤشر لا تتبع فرضية السير العشوائي. كما تخضع العوائد لعملية انحدار ذاتي من المرتبة الثانية وعمليات متوسطات متحركة من المرتبة الأولى ARMA (2,1)، حيث تتأثر القيم الحالية لعوائد المؤشر بقيمها في اليومين السابقين، إضافةً إلى تأثرها بمتغيرات عشوائية عائدة لليوم الحالي واليومين السابقين. وأخيراً، يخضع تباين عوائد المؤشر لعملية GARCH (1,1). وبالاعتماد على النموذج المقدر، تم التنبؤ بعوائد ومخاطر المؤشر للفترة الممتدة من 2016/11/01 حتى 2016/12/01.

3-دراسة (Al-Ahmad and Salman, 2019) بعنوان:

Modeling Volatility in Emerging Stock Market: The Case of Damascus Securities Exchange

هدفت هذه الدراسة إلى اختيار النموذج الأمثل لنمذجة تذبذبات عوائد مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية. امتدت فترة الدراسة من 2010/01/01 إلى 2016/12/31، لبيانات يومية لعوائد مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية. طبقت الباحثتان مجموعتَين من نماذج GARCH لقياس الأثر المتماثل (GARCH, GARCH-in mean)، والأثر غير المتماثل (EGARCH, GJR-GARCH, AP-GARCH). وأظهرت نتائج الدراسة أن النموذج الأمثل لنمذجة تذبذبات عوائد المؤشر هو نموذج EGARCH. مع وجود أثر غير متماثل، وغياب أثر الرافعة، حيث تؤثر الصدمات الموجبة على التذبذب بصورة أكبر من الصدمات السالبة. كما بيّنت النتائج وجود أثر سلبي للأزمة على عوائد وتذبذبات مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية.

4-دراسة (Mcalinn et al., 2020) بعنوان:

Volatility forecasts using stochastic volatility models with nonlinear leverage effects:

هدفت هذه الدراسة إلى وضع قيود على افتراض خطية تأثير الرافعة المالية، من خلال اقتراح التعميمات غير الخطية في إطار تقلب Bayesian العشوائي من أجل توضيح هياكل الرافعة المالية المرنة، تمّ تطوير وتنفيذ الحساب المتسلسل البييزي الفعال لتقدير هذا التأثير بطريقة عملية من خلال اختبار 615 سهماً تشمل مؤشر S&P500 و Nikkei 225. بيّنت النتائج أن نموذج تأثير الرافعة غير الخطي المقترح يحسن الأداء التنبؤي ل 89% من الأسهم مقارنة بنماذج التقلب التقليدية.

5-اختلاف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة:

يتمثل اختلاف هذه الدراسة عن الدراسات السابقة من خلال تقديم دليل تجريبي على أنّ استخدام نموذج التقلب العشوائي البيزي يعطي نتائج أفضل من النماذج الإحصائية المستخدمة وفق الدراسات السابقة في نمذجة بيانات السوق المالية التي تتصف بخصائص موحدة في جميع الأسواق المالية.

مشكلة البحث:

تعرض الاقتصاد السوري خلال فترة الحرب على سورية لصدمات عديدة سببتها الأوضاع السياسية والاقتصادية، انعكست هذه الصدمات في سوق دمشق للأوراق المالية على شكل تقلبات في عوائد الأسهم (تقلب التقلبات أو الانحرافات المعيارية للتباين) تتسم هذه التقلبات بأنها غالباً ما تكون خلال فترة قصيرة وتغيّر اتجاهها تبعاً لتغيرات الأحداث مما قد يجعل سلوك تطورها عشوائي. ولا بدّ من أخذ هذه التقلبات العشوائية بالاعتبار عند التنبؤ بعوائد الأسهم، ومنه تتمثل مشكلة البحث بالتساؤل التالي:

هل يساهم استخدام نموذج التقلب العشوائي البيزي في تحسين نمذجة والتنبؤ بالعوائد في سوق دمشق للأوراق المالية؟

أهمية البحث و أهدافه:

الأهمية النظرية: تقديم دليل تجريبي من سوق دمشق للأوراق المالية بأنّ استخدام نماذج التقلب العشوائي البيزي Bayesian Stochastic Volatility يعطي تقديراً وتنبؤاً أفضل من النماذج المستخدمة بشكل اعتيادي وواسع على المستوى العربي والعالمي (ARIMA – GARCH).

الأهمية العملية: استخدام النموذج كأداة للمستثمرين والمحللين في الأسواق المالية من أجل تخفيف حالة عدم التأكد الناتجة عن تقلبات الأسعار.

أهداف البحث:

1-نمذجة عوائد سوق دمشق للأوراق المالية باستخدام النماذج (ARIMA – GARCH – BSV).

2-مقارنة كفاءة التقدير للنماذج الثلاثة داخل العينة In Of Sample.

3-التحقق من أنّ نموج BSV يساهم في توضيح معلومات التقلبات في السوق المالية بشكل أفضل من النماذج الأُخرى ونمذجة التقلبات والتنبؤ بالعوائد باستخدامه خارج العينة Out of Sample واختبار دقة التنبؤات.

متغيرات البحث:

يتمثل متغير البحث بعوائد مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية (DWX) خلال الفترة من 2010/04/01م حتى 2021/09/12. وتمّ احتساب العائد من المعادلة الآتية (Ugurlu et *al*., 2014):

$$R_{it} = \frac{X_t}{X_{t-1}} \qquad (1)$$

حيث تمثل $_{it}$ معدل عائد مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية في اليوم t، تمثل X_t سعر إغلاق مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية في اليوم t، وتمثل X_{t-1} سعر إغلاق مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية في اليوم $t-1$.

فرضيات البحث:

لا يساهم استخدام نموذج التقلب العشوائي البيزي في تحسين نمذجة والتنبؤ بالعوائد في سوق دمشق للأوراق المالية.

منهجية البحث:

يتبع البحث منهج التحليل الإحصائي لتحقيق هدف البحث، بدءاً من توصيف السلسلة الزمنية لعوائد سوق دمشق للأوراق المالية بالاعتماد على الإحصاءات الوصفية والتصوير المرئي للبيانات Visualization، ومن ثمّ تقدير النماذج (ARIMA – GARCH – SV) والمقارنة بينها من خلال البواقي المعيارية ومخطط Q-Q PLOTS Visualization، ومن ثمّ نمذجة التقلبات والتنبؤ باستخدامها بالاعتماد على أفضل نموذج بين النماذج المقدرة باستخدام برنامج EViews12 ولغة البرمجة الإحصائية R.

النتائج والمناقشة:

وفقاً للمنهجية المتّبعة في البحث يتضمن سير العمل الخطوات الآتية: 1-خصائص النماذج المستخدمة، 2-التحليل الاستكشافي 3- تقدير النماذج وتقييم تمثيلها للتقلبات، 4-نمذجة التقلبات والتنبؤ بالعوائد باستخدامها.

2-1 خصائص النماذج المستخدمة:

2-1-1 نموذج (ARIMA):

تُعدُ نماذج ARIMA إحدى فئات النماذج الإحصائية الأكثر استخداماً وتستخدم لتحليل السلاسل الزمنية والتنبؤ بها. طور Box and Jenkins (1970) نموذج ARIMA كعملية مستمرة للتباين المشترك، إذ يعمل هذا النموذج على نمذجة التوقعات الشرطية الملاحظة الحالية للمتغير، والتنبؤ بالمشاهدات المستقبلية (Nguyen, 2017).

يتضمن هذا النموذج ثلاثة أجزاء: نموذج الانحدار الذاتي AR، ونموذج المتوسط المتحرك MA. وعملية تكامل السلسلة I، حيث يشير نموذج الانحدار الذاتي إلى انحدار المتغير على قيمه السابقة (lagging past)، ويشير الجزء الثاني إلى نمذجة مصطلح الخطأ، كتركيبة خطية من مصطلحات الخطأ التي تحدث في نفس الفترة الزمنية وفي أوقات سابقة من الماضي (Saxena et *al.*, 2018)، ويشير الجزء الثالث إلى الدرجة التي يكون فيها المتغير مستقراً (Box and Jenkins, 1970). وتجدر الإشارة أن هذا النموذج مفضل عندما يكون النظام كدالة للسلسلة من الصدمات غير المشاهدة، بالإضافة إلى سلوكه الخاص مثل سوق الأوراق المالية، حيث قد تحدث صدمة لأسعار الأسهم بالمعلومات الأساسية، والاتجاه الفني وآثار العودة نحو المتوسط نتيجةً للمشاركين في السوق (Saxena et al., 2018). ينقسم اختصار ARIMA (p,d,q) إلى ثلاثة أقسام رئيسة:

1- AR(p): بافتراض لدينا سلسلة زمنية، يُعبر فيها عن المشاهدة الحالية X_t، كدالة خطية من المشاهدات السابقة لها X_{t-1}، بالإضافة إلى متغير عشوائي ε_t. فتأخذ الصيغة العامة لنموذج الانحدار الذاتي للسلسة X_t من المرتبة AR(p) كالتالي:

$$X_t = \delta + \sum_{i=1}^{p} \theta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \qquad (2)$$

حيث X_t: قيم المشاهدات الحالية، δ: ثابت، θ_i: معلمات النموذج، ε_t: الخطأ العشوائي.

2- MA(q): وفقاً لهذا النموذج، تتم كتابة القيمة الحالية للمتغير كدالة خطية في القيمة الحالية لمصطلح الخطأ العشوائي وعدد من قيم التأخر الخاصة به ويتم إعطاؤها وفق المعادلة التالية:

$$X_t = \mu + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{q} \theta_i \, \varepsilon_{t-i} \qquad (3)$$

μ: متوسط السلسلة. ε_t: الخطأ العشوائي الحالي. θ_i: معلمات النموذج. ε_{t-i}: الأخطاء العشوائية السابقة.

3- I(d): يشير إلى الدرجة التي يكون فيها المتغير مستقراً، ويعطى وفق المعادلة التالية:

$$X_t' = X_t - X_{t-1}$$

بالنسبة ل p و q يتم تحديدها من دالة الارتباط الذاتي Auto correlation function (ACF) والتي تُعطى بالمعادلة:

$$\rho_l = \frac{Cov(X_t, X_{t+l})}{\sigma^2} \qquad (4)$$

حيث i عدد فترات التأخير (Lags)، σ^2: التباين. بالنسبة لd فإنها تُحدد وفق درجة استقرارية السلسلة وذلك بالاعتماد على اختبارات جذر الوحدة Unit Root.

2-1-2 نموذج (ARCH):

تم تطوير نماذج ARIMA لنمذجة والتنبؤ بالسلاسل الزمنية الفردية. حيث يتم من خلالها نمذجة التوقع المشروط لعملية، بحيث يكون التباين الشرطي ثابت. وبالتالي لا يمكن لنموذج ARIMA توضيح العملية مع التباين الشرطي المتغير زمنياً للتقلب، والذي يُعد شائعاً جداً في البيانات المالية والاقتصادية (Emenogu et *al.*, 2019). إذ تتضمن السلاسل الزمنية المالية خصائص مثل عدم التأكد، والتقلب، والتفرطح الزائد، والانحراف المعياري المرتفع، والالتواء المرتفع، وعدم التوزع الطبيعي. ولالتقاط خصائص نماذج السلاسل الزمنية المالية تم اقتراح وتطوير عدد من النماذج من أشهرها نموذجي ARCH و GARCH.

بدايةً، يمكن تعريف تقلب عوائد الأصل على أنه مقياس لمدى تقلبات العوائد حول متوسطاتها (Emenogu et *al.*, 2019). وتشير أدبيات السلاسل الزمنية المالية أن التقلبات الخاصة بعوائد الأصول متغيرة خلال الزمن. كما تتصف أيضاً بخاصية التعنقد (clustering)، حيث أن وجود تقلبات مرتفعة (منخفضة)، سوف تتبعها تقلبات مرتفعة (منخفضة)، وبعبارة أخرى تكون هذه التقلبات مرتبطة فيما بينها (Eratalay, 2013). ولتوضيح أثر هذه التقلبات وضع Engle (1982) نموذج ARCH وهو نموذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين، والذي يفترض أن التقلبات المتغيرة زمنياً يتم نمذجتها كدالة deterministic لمربع عوائد اليوم السابق، وتقلبات اليوم السابق. ليأتي لاحقاً Bollerslev (1986) ويعمم نموذج ARCH إلى نموذج GARCH.

يفترض نموذج ARCH الذي وضعه Engle، أن التقلبات ثابتة وغير مشروطة، مع السماح للتقلبات المشروطة بعدم ثبات التباين بالتغير خلال الزمن. ويستند هذا النموذج على تباين مصطلح الخطأ error term، المرتبط بالقيم الحقيقية لمربع مصطلح الخطأ في الفترات السابقة. وتتمثل الصيغة العامة للنموذج كالتالي (Ugurlu et *al.*, 2014):

$$X_t = u_t \qquad u_t \sim N(0, \sigma_t^2) \qquad (5)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{\alpha} \alpha_j u_{t-i}^2 \qquad (6)$$

يشير هذا النموذج إلى ARCH(q)، حيث يشير q إلى رتبة العوائد المربعة المبطأة المتضمنة في النموذج. بحيث: σ_t^2 التباين الشرطي، والذي يجب أن تكون قيمه موجبة. ولتحقق ذلك يستلزم تحقق الشرطين الآتيين:

$$\alpha_1 \geq 0, \alpha_0 > 0 \qquad (7)$$

- **الصيغة العامة لنموذج (GARCH):**

طور Bollerslev (1986) نموذج ARCH إلى نموذج GARCH (p,q) كعملية عشوائية تسمح للتباين الشرطي للمتغير ليرتبط بالمتباطئات السابقة للبواقي المربعة من معادلة المتوسط (mean equation) والأخبار الحالية حول التقلبات من الفترة السابقة. وبذلك يرتبط تباين البواقي في الفترة الحالية بالقيم السابقة لمربعات الأخطاء، والقيم السابقة للتباين. لتصبح الصيغة العامة للنموذج كالآتي (Ugurlu et *al.*, 2014):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_i u_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \sigma_{t-i}^2 \qquad (8)$$

يفترض هذا النموذج أن تكون جميع المعاملات في معادلة التباين موجبة، وبالتالي يكون $\alpha + \beta < 1$، ولكن قريبة من الواحد الصحيح. وإن عدم تحقق هذا الشرط سيؤدي للحصول على تباين سالب. لذلك للحصول على تباين موجب يفترض أن:

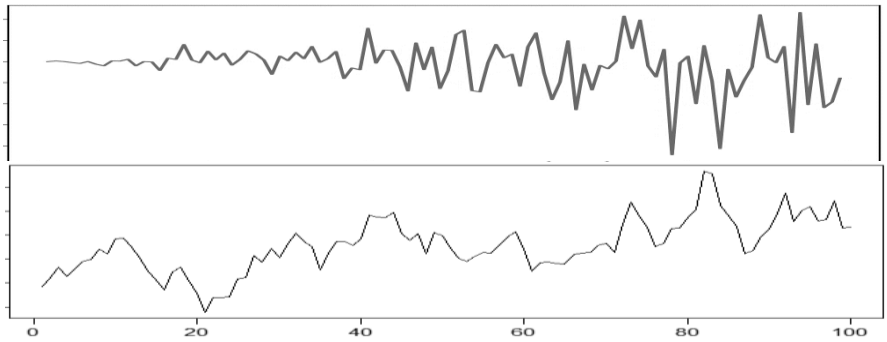
$$\alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0, \beta_i \geq 0 \qquad (9)$$

$$\alpha_i + \beta_i < 1 \qquad (10)$$

2-1-3 نموذج التقلب العشوائي البيزي (BSV):

تمّ تعميم نماذج GARCH وتطبيقها في مجالات واسعة لحل مشاكل العالم الحقيقي على مستوى الاقتصاد الكُلي والمالي بعد الأوراق الرائدة ل (Bollerslev, 1986) (Engle, 1982)، وذلك من خلال الأهمية الكبيرة التي تنطوي عليها هذه النماذج وقدرتها على نمذجة التقلبات المتغيرة بمرور الزمن (Time varying) وسدّ النقص في نماذج ARIMA، ولكن تسببت مشكلة عدم أخذ التطور العشوائي للتقلبات (Stochastic) والاعتماد فقط على التطور الحتمي (Determined) في عدم اكتمال صحة توقعات هذه النماذج حيث أنّ معظم السلاسل الزمنية الكُلية والاقتصادية تتبع

تقلباتها اتجاه عشوائي وليس اتجاه محدد. توضح محاكاتنا لسلسلة زمنية من 100 مشاهدة تتبع تقلب بتطور عشوائي وسلسلة تتبع تقلب بتطور محدد الاختلاف بين النوعين[1]:



الشكل (1): الفرق بين سلسلة تتطور تقلباتها بشكل عشوائي (أسفل) وأخرى بشكل محدد (أعلى).

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على لغة البرمجة الإحصائية R.

وفقاً للشكل البياني (1) من المحتمل أن تتبع التقلبات اتجاهاً عشوائياً خلال تغيراتها الزمنية. بسبب هذه المشكلة، اقترح (Taylor, 1982) في عمله نموذج التقلب الاحتمالي، من خلال نموذج فضاء الحالة (State −Space) الذي يتبع لوغاريتم التقلبات التربيعية (الحالات الكامنة)، أصبحت هذه المواصفات تُعرف باسم نموذج التقلب العشوائي (Stochastic Volatility (SV)). وعلى الرغم من وجود العديد من الأوراق البحثية التي تُقدّم أدلة لصالح هذه النماذج (Kim et al., 1998) (Gysels et al., 1996) لم تجد التطبيق الواسع حتى السنوات الأخيرة (Alakkari, 2021) ويُعزى ذلك لسببين رئيسيين: الأول هو عدم التوافق في طرق تقدير SV، والسبب الثاني هو نقص البرامج التي تنفذ هذا التقدير. تمّ حل المشكلتين من خلال اقتراح مخطط تقدير باستخدام خوارزمية سلسلة ماركوف مونت كارلو (Markov Chain Monte Carlo (MCMC)) ضمن إطار الاستدلال البيزي (Bayesian Inference) من قبل (Kastner and Schnatter, 2014)، وتصميم حزمة Stochvol ل (R Core Team) من قبل (Kastner, 2016).

لكل نقطة في الزمن $t = 1, \dots, T$ لنفترض لدينا $(y_1, y_2, .., y_n)^T$ متجه للعوائد بمتوسط صفر. السمة الجوهرية لنموذج SV هي أنه من المفترض أن يكون لدينا لكل مشاهدة t تباين آني خاص بها e^{h_t}، وبالتالي التخفيف من الافتراض المعتاد لثبات التباين في حد الخطأ العشوائي (Homoskedasticity)، لا يُسمح لهذا التباين بالتغير بشكل غير مقيد مع مرور الزمن. بدلاً من ذلك، يُفترض أنّ اللوغاريتم الخاص به يتبع عملية الانحدار الذاتي من المرتبة الأولى $AR(1)$. هذه الميّزة تختلف اختلافاً جوهرياً عن نماذج GARCH حيث يفترض أنّ التقلب المتغير بمرور الزمن يتبع تطوراً حتمياً بدلاً من التطور العشوائي. وبالتالي يمكن التعبير عن نموذج SV بشكل هرمي وفق معاملاتها المركزية من خلال:

$$(y_t|h_t) \sim N(0, exph_t) \qquad (11)$$

$$\left(h_t \middle| h_{t-1}, \mu, \phi, \sigma_\eta\right) \sim N\left(\mu + \phi(h_{t-1} - \mu), \sigma_\eta^2\right) \qquad (12)$$

$$\left(h_0 \middle| \mu, \phi, \sigma_\eta\right) \sim N(\mu, \sigma_\eta^2/(1-\phi^2)) \qquad (13)$$

حيث تُشير $N\left(\mu, \sigma_\eta^2\right)$ إلى التوزيع الطبيعي بمتوسط μ وتباين $\frac{2}{\eta}$ ، تمثل $\theta = \left(\mu, \phi, \sigma_\eta\right)^{\mathrm{T}}$ متجه لمعلمات النموذج: μ هي مستوى لوغاريتم التباينات، و ϕ هي استمرارية لوغاريتم التباين (Persistence of log −

[1] **الأكواد المستخدمة في لغة البرمجة الإحصائية R موضحة في الملحق (1).**

(variance، و σ_η هي تقلبات لوغاريتم التباينات. العملية $\boldsymbol{h} = (h_0, h_1, \dots, h_n)$ التي تظهر في المعادلة (12 و 13) لا تتم ملاحظتها ويتم تفسيرها على أنها عملية التقلب الكامنة المتغيرة بمرور الزمن، والحالة الأولية h_0 التي تظهر في المعادلة (3) يتم توزيعها وفقاً لتوزيع مستقر لعملية الانحدار الذاتي من المرتبة الأولى.

- **التوزيع السابق (Prior Distribution):**

كشرط لتطبيق الاستدلال البيزي وانطلاقاً من المعادلة الرئيسية لبيز:

$$Posterior = \frac{Prior \times Likelihood}{Data} \qquad (14)$$

حيث $Prior$ (التوزيع السابق): أي أفكار أو معلومات مسبقة نمتلكها حول الظاهرة المدروسة.

$Likelihood$ (دالة تعظيم الاحتمال): احتمال مراقبة الظاهرة المدروسة (المشاهدات أو البيانات $Data$) مع العلم أن معلوماتنا السابقة $Prior$ صحيحة. $Posterior$ (التوزيع اللاحق): تحديث الاحتمال الأولي $Prior$ مشروط بما لاحظناه $Data$. نحتاج إلى تحديد التوزيع السابق لمتجه المعلمات θ في النموذج، نقوم بتحديد توزيع سابق خاص بكل معلمة (Kim *et al.*, 1998):

$$p(\theta) = p(\mu)p(\phi)p(\sigma_\eta) \qquad (15)$$

بالنسبة ل $\mu \in \mathcal{R}$ تتمثل إعداداتها السابقة $\sim(b_\mu, B_\mu)$، في التطبيقات العملية عادةً ما يتم اختيار هذا الإعداد ليكون غير معلوماتي Uninformative، حيث $b_\mu = 0$ و $B_\mu \geq 100$ بالنسبة للوغاريتم العوائد اليومية. بالنسبة لمعلمة الثبات Persistence $\phi \in (-1,1)$ نختار $(\phi + 1)/2 \sim B(a_0, b_0)$، حيث:

$$p(\phi) = \frac{1}{2B(a_0, b_0)} \left(\frac{1+\phi}{2}\right)^{a_0 - 1} \left(\frac{1-\phi}{2}\right)^{b_0 - 1} \qquad (16)$$

حيث تمثل a_0 و b_0 معلمات فائقة موجبة Hyperparameters و $B(x,y) = \int_0^1 t^{x-1}(1-t)^{y-1}dt$ يدل على دالة بيتا، إنّ دعم هذا التوزيع ضمن مجال $(-1,1)$ يضمن استقرار عملية تقلب الانحدار الذاتي. يتم إعطاء قيمته المتوقعة والتباين من خلال:

$$E(\phi) = \frac{2a_0}{a_0 + b_0} - 1 \qquad (17)$$

$$V(\phi) = \frac{4a_0 b_0}{(a_0+b_0)^2\,(a_0+b_0+1)} \qquad (18)$$

من الواضح أنّ هذا يعني أنّ التوقع السابق ل ϕ يعتمد على النسبة b_0: $_0$. يكون أكبر من الصفر إذا وفقط إذا كان $_0 > b_0$ ، ويكون أكبر من الصفر إذا وفقط إذا $a_0 < b_0$. أما بالنسبة الثابتة b_0: $_0$ يتناقص التباين السابق مع القيم الأكبر ل a_0 و b_0. ينشأ التوزيع المنتظم وفق المجال $(-1,1)$ كحالة خاصة عندما يكون $a_0 = b_0 = 1$. بالنسبة للبيانات المالية التي يكون عددها صغير (أقل من 1000 مشاهدة) يمكن أن يكون اختيار المعلمات $_0$ و b_0 له تأثير كبير على شكل التوزيع اللاحق Posterior ل ϕ. عندما تكون عملية توليد البيانات الأساسية شبه متجانسة Homoskedastic، فإنّ تقلب تباين اللوغاريتمات η يكون قريب جداً من الصفر وبالتالي فإنّ الاحتمال (Likelihood) يتضمن القليل أو لا يتضمن معلومات حول ϕ. وبالتالي فإنّ التوزيع اللاحق ل ϕ يساوي تقريباً السابق، وفقاً ل (Kim et *al.*, 1998) من يختار $a_0 = 20$ و $b_0 = 1.5$ يعني ضمنياً متوسط سابق قدره 0.86 مع انحراف معياري 0.11 وبالتالي حجم قيم غير إيجابي صغير جداً من ϕ.

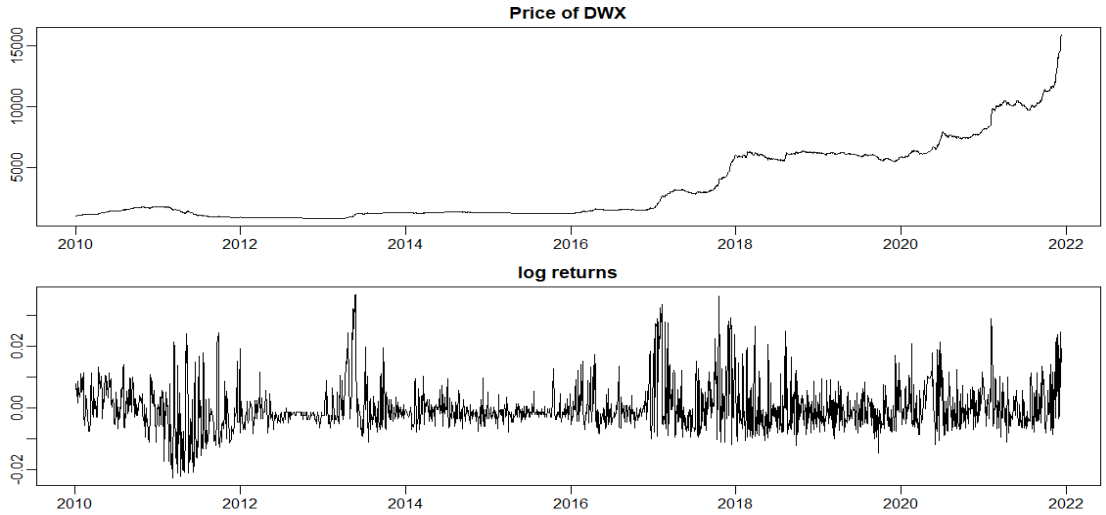
بالنسبة لتقلبات لوغاريتم التباين $\eta \in R^+$ يتم اختيار $\sigma_\eta^2 \sim B_{\sigma_\eta} \times X_1^2 = \mathcal{G}(1/2, 1/2\, B_{\sigma_\eta})$ المطوّر من قبل (Fruhwirth and Wagner, 2010) حيث أنّ اختيار المعلمة B_{σ_η} له تأثير طفيف في التطبيقات التجريبية طالما لم يتم تعيينه صغيراً جداً.

- **التوزيع اللاحق (Posterior):**

لتحديد التوزيع اللاحق للمتغيرات العشوائية المطلوبة (لوغاريتم تباين المتغيرات الكامنة $\boldsymbol{h}$، ومتجه المعلمات θ) باستخدام سلسلة ماركوف مونت كارلو MCMC تتيح حزمة Stochvol تطبيقاً كاملاً للمحاكاة بواسطة لغة البرمجة الإحصائية R. إحدى السمات الرئيسية المستخدمة في هذه الحزمة هي أخذ عينات مشتركة لجميع التقلبات الآنية وهي تقنية تعود إلى (Rue, 2001) (McCausland et *al.*, 2011) حيث يؤدي القيام بذلك إلى تقليل الارتباط بين السحوبات بشكل كبير وتقليل حجم الأخطاء.

2-2 التحليل الاستكشافي:

الأسعار هي الجزء الأساسي المستخدم في الدراسات المالية، غالباً ما يتم تحويل هذه الأسعار إلى عوائد (Returns) التي تعكس مقدار الربح والخسارة في الأوراق المالية، ومدى إمكانية تحمّل المستثمرين للمخاطر. تُستخدم العوائد في هذه الحالة بدلاً من الأسعار نظراً لخصائصها الإحصائية. تُسمى هذه الخصائص حقائق مجردة (Stylized facts): أولاً: لا تتبع العوائد توزيع طبيعي، ففي معظم الحالات ينحرف التوزيع إلى اليسار وبتفلطح مرتفع أي للعوائد قمة عالية (Mandelbrot, 1963) وذيول ثقيلة (Fama, 1965). ثانياً: العوائد مستقرة (Stationary) ولا يوجد تقريباً ارتباط بين العوائد للأيام المختلفة، آخر حقيقة هي وجود اعتماداً إيجابياً بين العوائد المطلقة في الأيام القريبة وبالتالي للعوائد التربيعية (Taylor, 1982). يتوضح من الرسم البياني تطور سعر مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية وعوائده خلال الفترة اليومية (1/4/2010) إلى (12/9/2021):



الشكل (2): تطور أسعار الأسهم ولوغاريتم عوائد مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية خلال الفترة المدروسة.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على لغة البرمجة الإحصائية R وبيانات موقع سوق دمشق للأوراق المالية.

يُظهر لنا الشكل البياني تطور أسعار الأسهم ولوغاريتم العوائد لمؤشر سوق دمشق للأوراق المالية، حيث تمّ إنشاء سوق دمشق للأوراق المالية عام 2006م بالمرسوم التشريعي رقم /55/، وتم افتتاح السوق رسمياً في العاشر من شهر آذار لعام 2009م في أول جلسة تداول ب 6 شركات مدرجة منها 4 شركات في السوق النظامية، وشركتان في السوق

الموازي بقيمة سوقية قاربت آنذاك 22 مليار ليرة سورية (سوق دمشق للأوراق المالية، 2009)، فيما تم إطلاق مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية في 31 من كانون الأول لعام 2009م وبقيمة 1000 نقطة أساس. حتى شهر آب من عام 2021، تضم سوق دمشق للأوراق المالية سبع وعشرون شركة مدرجة، مع قيمة سوقية للشركات المدرجة بلغت مع بداية شهر كانون الأول من عام 2021 مبلغ 1801,69 مليار ليرة سورية، وأغلق المؤشر على 15,918 نقطة أساس (سوق دمشق للأوراق المالية، 2021)، وخلال هاتين الفترتين قد تعرض مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية لتقلبات هامة، والتي كانت تُعزى بصورة خاصة إلى الأزمة الداخلية في سورية، والتي بدأت منذ الشهر الثالث لعام 2011، وبقيت مستمرة حتى الآن، وأثرت على جميع القطاعات الاقتصادية في سورية، مما أدى إلى تأثر سوق دمشق للأوراق المالية كما يوضح الشكل (2). حيث نلاحظ أنّ المؤشر كان يأخذ اتجاهاً صاعداً في البداية حتى عام 2011، حيث لم يطرأ عليه تحسن حتى عام 2017 وأخذ اتجاه أسي حتى نهاية عام 2021. بالنسبة للوغاريتم عوائد السوق والتي سيجري عليها تحليلنا، نلاحظ أن المكاسب ازدادت بعد عام 2017، مع وضوح بعدم تطور العوائد أو نموها بشكل محدد. نطبق تجريبياً بهدف التأكد من صحة افتراضات لوغاريتم عوائد مؤشر سوق دمشق (DWX) المقترحة سابقاً، حيث نقوم بعرض الإحصاءات الوصفية واختبار التوزيع الطبيعي بالاعتماد على اختبار Jarque – Bera:

$$Jarque - Bera = \frac{n}{6}\left(S^2 + \frac{1}{4}(K-3)^2\right) \qquad (19)$$

حيث n: عدد المشاهدات، S: الالتواء، K: التفرطح. من خلال الجدول (1) نحصل على النتائج التالية:

الجدول (1): الإحصاءات الوصفية والتوزيع الطبيعي لعوائد مؤشر DWX.

Variables	Normality J-B	Mean	Standard Deviation	Maximum	Minimum	Skewness	Kurtosis
DWX	1983.5***	0.0012	0.0072	**0.037**	**0.021-**	1.308	**6.625**

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على لغة البرمجة الإحصائية R.

تشير * إلى معنوية القيمة الإحصائية عند 1%. ** عند 5%. * عند 10%.**

يبين الجدول (1) أنّ القيمة الاحتمالية لإحصائية اختبار التوزيع الطبيعي معنوية عند 1%، وبالتالي نستنتج أن بيانات لوغاريتم العوائد لا تتوزع وفق التوزيع الطبيعي، حيث أنّ كل من المتوسط والانحراف المعياري هي غير صالحة للتوقع في هذه الحالة لأنهما أصبحا نقطتان انهيار (BreakDown Point). كما نلاحظ من الجدول القيمة الإيجابية لمعامل الالتواء، وبالتالي تأثر عوائد السوق بالصدمات الإيجابية والتواء التوزيع نحو اليمين. كما نجد أن قيمة معامل التفرطح مرتفعة مما يشير إلى تدبب قمة التوزيع من نوع (Leptokurtic). كما نلاحظ أنّ أكبر عوائد حققها السوق هي (0.037) في أيار خلال 2013 مدفوعاً بخسائر الفترة السابقة، وأكبر خسائر (0.021−) في آذار عام 2011 مع بداية الحرب في سورية وتأثيرها على ثقة المستثمرين. من الخصائص الرئيسية للعوائد أيضاً هي أنها مستقرة (أي لا تحتوي جذر الوحدة)، وبما أنّ التغيرات الهيكلية تؤثر على التوقعات، فنستخدم اختبار جذر الوحدة الهيكلي (Breakpoint Unit Root) المقترح من قبل (Perron, 2006)، حيث نفترض أنّ التغيرات الهيكلية تتبع مسار الأحداث Innovation، ونختبر استقرارية العوائد وفقاً للمعادلة التالية:

$$y_t = c + \alpha t + \theta DU_t(T_b) + \gamma DT_t(T_b) + \omega D_t(T_b) + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \varphi_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \qquad (20)$$

حيث $\alpha, \theta, \gamma, \omega$ هي معلمات الاتجاه والتغيرات الهيكلية، DU_t, DT_t, D_t هي متغيرات وهمية تعبر عن التغيرات الهيكلية على مستوى الاتجاه والقاطع، c: القاطع، p: درجة التأخير لنموذج الانحدار الذاتي وفق المعادلة (2). يتم إجراء الاختبار وفقاً للفرضية العدم $\delta = 0$ (غير مستقرة بدون أو مع تغير هيكلي)، والفرضية البديلة $\delta < 0$ (مستقرة بدون أو مع تغير هيكلي)، ونحصل على النتائج التالية:

الجدول (2): نتائج اختبار جذر الوحدة الهيكلي لمتغير DWX.

DWX	Stationary	DWX(-1)	C	TREND	INCPT BREAK	TREND BREAK	BREAK DUM
t- statistics	-24.16***	0.605***	0.0023***	-1.47E05***	0.0027***	1.51E05** *	0.0202***
Break Date	21/9/2011						

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EViews12.

يتبيّن لنا من الجدول (2) أن جميع معالم النموذج معنوية عند مستوى 1%، وأنّ القيمة الاحتمالية لإحصائية الاختبار أقل من مستوى معنوية 1% وبالتالي نستطيع أن نرفض الفرضية العدم، ونستنتج أنّ سلسلة لوغاريتم عوائد سوق دمشق للأوراق المالية مستقرة مع وجود تغير هيكلي، وهذا يدل على أنّ تأثير الصدمات مؤقت ويتلاشى على الأجل الطويل. كما نلاحظ أنه تمّ تعيين تاريخ التغير الهيكلي في 21/9/2011 حيث حققت عوائد السوق مكاسب مدفوعة بالخسائر خلال الفترات السابقة كما هو موضح في الشكل (2). نقوم في الخطوة التالية باختبار افتراض درجة الارتباط الذاتي الكُلي والجزئي للعوائد من خلال المعادلة (4):



الشكل (3): دالة الارتباط الذاتي والجزئي لعوائد سوق دمشق للأوراق المالية.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على لغة البرمجة الإحصائية R.

يُظهر لنا الشكل (3) وعلى عكس الافتراضات الخاصة بالعوائد، وجود ارتباط ذاتي بين قيم عوائد سوق دمشق للأوراق المالية، أي أنّ عوائد اليوم تعتمد على عوائد الأيام السابقة، وتصبح درجة هذا الارتباط صغيرة بعد درجة التأخير (4)، وبالنسبة لدالة الارتباط الذاتي الجزئي فإنّ هذا الافتراض يتحقق حيث تنعدم الدالة بعد درجة التأخير (1).

3-2 تقدير النماذج وتقييم تمثيلها للتقلبات:

استناداً إلى نتائج التحليل الاستكشافي، يمكن نمذجة عوائد مؤشر سوق دمشق للأوراق المالية باستخدام نماذج (ARIMA – GARCH – BSV) بهدف تقييم تمثيلها للتقلبات. بالنسبة لنماذج ARIMA فإنّ المعلمة $d = 0$ من نتائج الاستقرارية، وأنّ $p = 1$ لأنّ $q = 1,2,3,4, \dots$ دالة الارتباط الذاتي الجزئي تنعدم بعد التأخير (1)، ودالة الارتباط الذاتي تنخفض ولا تنعدم بعد التأخير (4)، وبالتالي لدينا عدّة خيارات بالنسبة لتحديد p, q، نستخدم خوارزمية التعلم الآلي (Auto ARIMA) المقترحة من قبل (Hyndman and Khandakar, 2008) والتي يتم فيها اختيار النموذج الذي يحقق أفضل قيم لمعيار المعلومات Akaike Information Criterion (AIC) وفق:

$$-2log\ L(\hat{\theta}) + 2k$$

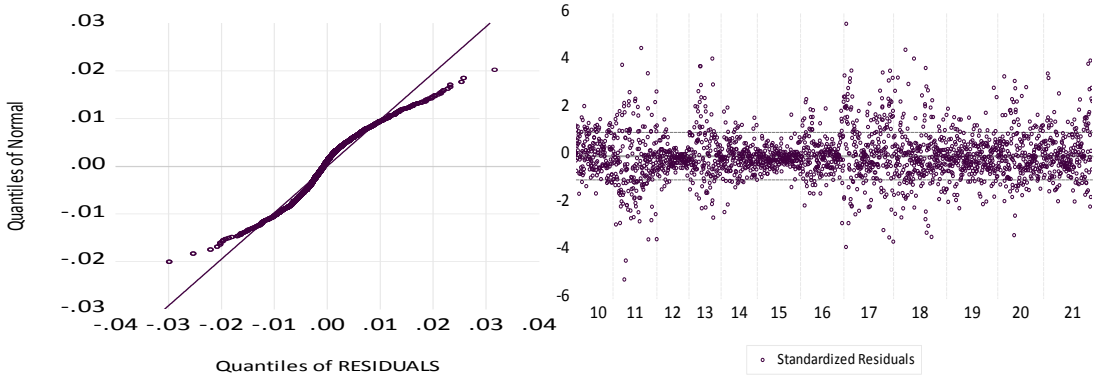
حيث ^ القيمة العظمى لدالة الاحتمال. k: عدد فترات التأخير المثلى. نحصل على النتائج التالية:

الجدول (3): نتائج تقدير نموذج ARIMA.

Variable: RETURN DWX (1/4/2010-9/12/2021) – 2381 OBSERVATIONS			
ARIMA MODEL			
Variable	**Coefficient**	**Std. Error**	**t-Statistics**
C	0.001176	0.000345	3.411804***
AR(1)	0.626988	0.011557	54.25297***
MA(4)	-0.019270	0.015574	-1.237266
SIGMASQ	3.26E-05	6.44E-07	50.64496***
AIC	-7.489040	**ARCH(1)-F Statistics**	155.6981***

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EViews12.

يبين لنا الجدول (3) أنه تمّ اختيار نموذج ARIMA (1,0,4) وفقاً لخوارزمية auto.arima وبما يحقق أقل قيم لمعيار المعلومات AIC. نلاحظ من الجدول (3) أنّ جميع معالم النموذج لها دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 1%، ما عدا معلمة المتوسط المتحرك MA(4) نلاحظ عدم معنويتها عند جميع مستويات الدلالة ويُعزى ذلك إلى أنّ نماذج ARIMA لا تقوم على فرضية عدم وجود تجانس في التباين (Heteroscedasticity) التي تعدّ خاصية أساسية في البيانات الاقتصادية والمالية، وهو ما يوضحه نتائج اختبار F في الجدول (3) حيث أنّ إحصائية الاختبار ذات دلالة إحصائية عند مستوى 1% وبالتالي يوجد مشكلة عدم تجانس في تباين بواقي النموذج، والنموذج غير قادر على توضيح جميع خصائص عوائد سوق دمشق للأوراق المالية. نقوم بتقييم النموذج من خلال التصوير المرئي (Visualization) للبواقي المعيارية والكميات النظرية من التوزيع الطبيعي المعياري:



الشكل (4): البواقي المعيارية (يسار) ومخطط الكميات النظرية من التوزيع الطبيعي المعياري (يمين) لنموذج ARIMA.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EViews12.

يوضح الشكل (4) أنّ النموذج المقدر غير قادر على توضيح جميع التقلبات والصدمات لبيانات عوائد سوق دمشق للأوراق المالية، حيث أنّ جزء من البواقي المعيارية (الجهة اليسرى) تتوزع خارج نطاق حدود الانحراف المعياري للتوزيع الطبيعي 3± درجات، وبالتالي ابتعاد القيم المقدرة باستخدام النموذج عن القيم الحقيقية، كما نلاحظ من مخطط الكميات النظرية للبواقي (الجهة اليمنى) أنّ نقاط البواقي لا تنطبق على خط التوزيع الطبيعي حيث تقود كل من الصدمات الموجبة والسالبة انحراف البيانات عن خط التوزيع الطبيعي وبالتالي النموذج غير قادر على توضيح جميع خصائص البيانات. وفقاً لذلك، نقوم بتقدير نموذج GARCH الذي يأخذ خصائص التباين المتغير مع مرور الزمن للسلسلة الزمنية، وبشكل أكثر دقة يوضح التغيرات في مربع التقلبات السابقة. بالنسبة لرتبة نموذج يتم تعيينها إلى GARCH(1,1) وفق نتائج اختبار ARCH لبواقي معادلة ARIMA، نقوم بتقدير النموذج ونحصل على النتائج التالية:

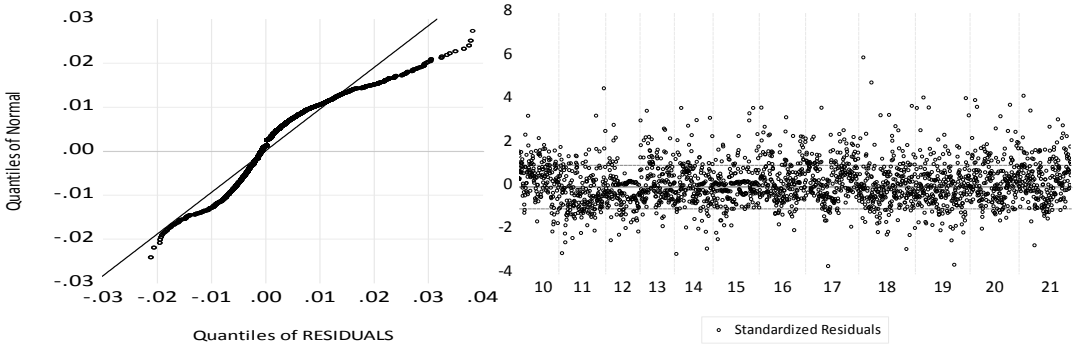
الجدول (4): تقدير نموذج GARCH

GARCH MODEL			
Mean Equation			
Variable	**Coefficient**	**Std.Error**	**z-Statistics**
C	-0.000332	6.77E-05	-4.906618***
Variance Equation			
C	4.18E-07	1.13E-07	3.695041***
RESID(-1)^2	0.387933	0.039426	3.996321***
GARCH(-1)	0.699408	0.018777	37.24885***
METHODS: Student's distribution		**Presample Variance backcasting =0.7**	

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EViews12.

تُبيّن لنا النتائج في الجدول (4) إلى أنه تمّ تعيين توزيع حد الخطأ العشوائي إلى (t) وذلك بهدف توضيح خصائص توزيع العوائد (قمة مدببة من الجدول (1))، كما يلاحظ أيضاً أنّ طريقة حساب التباين السابق للعينة يعتمد على **backcasting** بمعامل تجانس (0.7). نلاحظ من الجدول (4) معنوية جميع معاملات النموذج عند مستوى دلالة 1%، وأنّ $\alpha = 0.387933 + \beta = 0.699408 > 1$ وقريبة من 1، بالتالي عملية التباين السابقة في النموذج غير مستقرة، وتأخذ سمة التقلب العشوائي على المدى الطويل مما قد لا يسمح لنموذج GARCH بتوضيح خصائص

البيانات حيث أنه من أهم شروط استقرارية عملية التباين أن تكون $\alpha + \beta < 1$. نقوم بتقييم النموذج من خلال التصوير المرئي (Visualization) للبواقي المعيارية والكميات النظرية من التوزيع الطبيعي المعياري:



الشكل (5): البواقي المعيارية (يسار) ومخطط الكميات النظرية من التوزيع الطبيعي المعياري (يمين) لنموذج GARCH.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EViews12.

يوضح لنا الشكل (5) أنّ النموذج غير قادر على توضيح جميع خصائص التقلبات في البيانات، لأنّ نقاط البواقي المعيارية (يسار) تنتشر خارج حدود 3± انحرافات معيارية، وبالتالي هناك انحراف غير متوقع للقيم المقدرة باستخدام النموذج عن البيانات الفعلية، كما نلاحظ من مخطط Q–Q Plots (يمين) أنّ نقاط البيانات لا تنطبق على خط التوزيع الطبيعي وأنّ الصدمات الإيجابية هي التي تقود عملية انحراف البواقي عن التوزيع الطبيعي (أو انحراف المعلومات المتوقعة عن المعلومات الفعلية). يتم في الخطوة التالية بتقدير نموذج BSV ولكن نحتاج في البداية إلى ضبط المعلومات الأولية لمعلمات النموذج $\theta = (\mu, \phi, \sigma_\eta)^T$ الموضحة في القسم (2–1–3)، بالنسبة للمعلمة μ فهي تحتوي على معلومات تتضمن المتوسط والانحراف المعياري لمستوى لوغاريتم تباين العوائد μ، تتمثل الاستراتيجية الشائعة في اختيار معلومات سابقة غامضة (Vague prior) لأنّ الاحتمالية عادةً ما تحمل معلومات كافية حول هذه المعلمة. مع البيانات اليومية لدينا يتم تعيينها إلى c (0, 100)، بالنسبة لمعلمة استمرار لوغاريتم تباين العوائد ϕ، في الإعدادات يحتوي على معلمتين (المتوسط والانحراف) الذين يتضمنان (a_0, b_0) المحددتين في المعادلتين (17–18) في القسم (2–1–3)، بما أنّ حجم العينة لدينا أكبر من 1000 كما ذكرنا سابقاً، فإنّ تأثير المعلومات السابقة ضئيل على المعلومات اللاحقة، وبالتالي يتم اختيار القيمة الافتراضية إلى c(20, 1.5). بالنسبة لمعلمة تقلب لوغاريتم التباينات، وبسبب عدم وجود دراسات تجريبية استخدمت هذه النماذج يتم تعيينها بشكل غير معلوماتي، حيث ذكرنا أنّ تأثيرها طفيف في التطبيقات التجريبية، وبالتالي يتم تعيينها إلى $B_{\sigma_\eta} = 1$. ولتحديد حجم التكرارات لمحاكاة MCMC التي يتم تشغيلها ولكن يتم تجاهلها بهدف ضمان التقارب مع التوزيع المستقر للسلسلة، يتم توفير المعلمة burnin، القيمة الافتراضية لهذه المعلمة 1000 والتي تبيّن أنها تعمل في معظم الحالات، يمكن تحديد مقدار التكرارات التي يتم تشغيلها بعد التجاهل من خلال سحوبات المعلمة والتي يتم تحديدها إلى 10000. نقدر النموذج ونحصل على النتائج التالية:

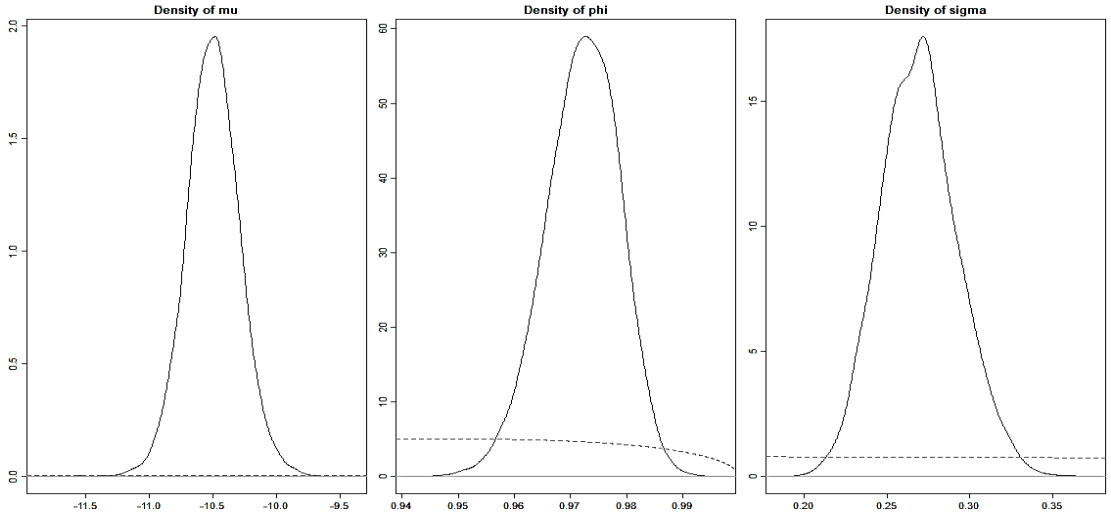
جدول (5): تقدير نموذج BSV.

BSV MODEL	
Method: MCMC WITH 10000 ITERATIONS AFTER BURN-IN OF 1000.	
Prior Distribution:	
Mu	Normal (mean=0, sd=100)
(phi+1)/2	Beta (a=20, b=1.5)

Sigma^2			□ Gamma (shape=0.5, rate=0.5)			
Posterior draws of parameters						
Variable	**mean**	**sd**	**5%**	**50%**	**95%**	**ESS**
Mu	-10.5012	0.21047	-10.8432	-10.5010	-10.1573	7026
Phi	0.9721	0.00653	0.9609	0.9724	0.9823	555
Sigma	0.2695	0.02319	0.2325	0.2690	0.3096	218
Exp(mu/2)	**0.0053**	0.00056	0.0044	0.0052	0.0062	7026
Sigma^2	0.0732	0.01263	0.0540	0.0724	0.0958	218

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على لغة البرمجة الإحصائية R.

تُبيّن لنا النتائج مخرجات نموذج التقلب العشوائي البيزي، ويظهر السطر الأول عدد تكرارات سلسلة ماركوف مونت كارلو وعدد فترات الإهمال للوصول للتوزيع المستقر وفق المواصفات التي تمّ تحديدها مسبقاً، يُظهر السطر الثاني التوزيعات الاولية لمعلمات النموذج، ثمّ يُظهر السطر الثالث التوزيع اللاحق لمعلمات النموذج مع كميات توزيع (5، 50، 95)% مشروطة بالبيانات ومعلوماتنا الأولية، إنّ أهم ما يميز الاستدلال البيزي هو تقدير معلمات النموذج كتوزيعات احتمالية وبالتالي تحديد القيمة الأكثر احتمالاً للظهور:

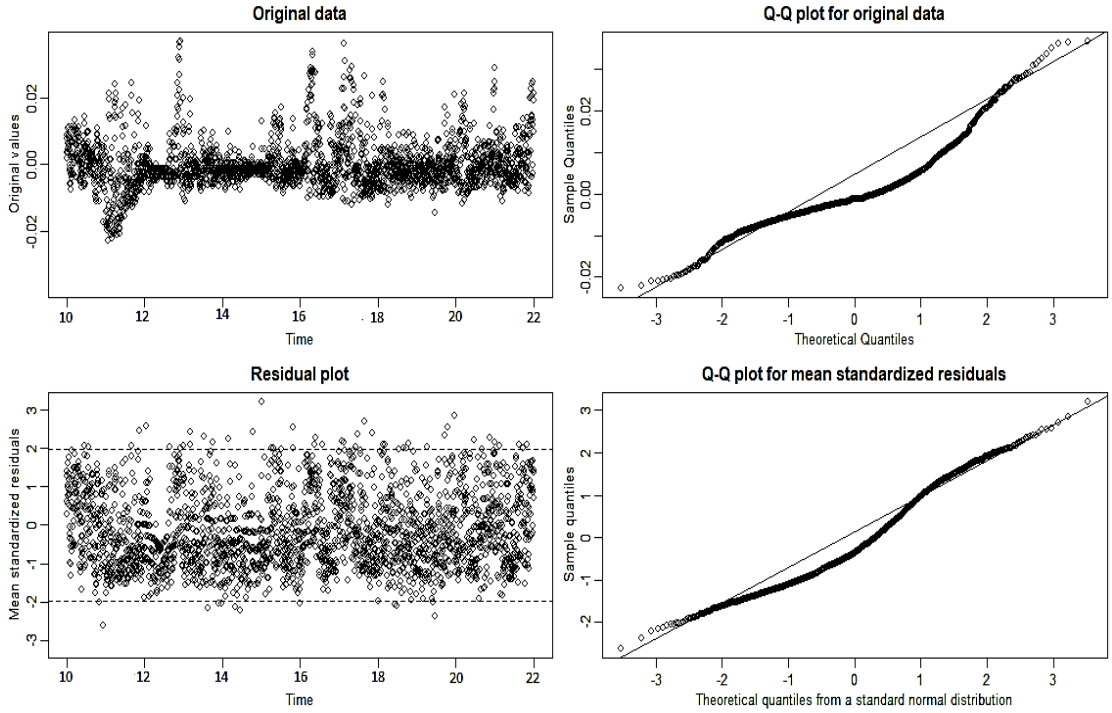


الشكل (6): التوزيعات الاحتمالية اللاحقة لمعلمات نموذج التقلب العشوائي (الخط المتصل) والتوزيعات السابقة (الخط المتقطع).

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات R.

يبيّن الشكل (6) أنّ القيمة الأكثر احتمالاً لمعلمة المستوى (mu) للعمليات الكامنة (h) تبلغ (10.5010−) بانحراف معياري (0.2104) مما يدل على أنّ التقلبات المستقرة قريبة من الصفر مع ارتفاع طردي في فترات الصدمات، بالنسبة لمعلمة استمرارية التقلبات (phi) فإنّ التوزيع الاحتمالي يشير إلى استمراريتها على طول الفترة المدروسة، أما المعلمة (sigma) فهي المميز الرئيسي عن النماذج السابقة والتي تسمى بتقلب التقلبات (volvol) تشير إلى أنّ العمليات الكامنة تتقلب مع مرور الزمن (أي تسلك سلوك عشوائي) بقيمة أكثر احتمالاً تبلغ (0.2695)، كما نجد من الجدول (4) أنّ القيمة الأكثر احتمالاً للتقلبات المتوقعة Exp(mu/2) تبلغ (0.0052) بانحراف معياري ضئيل يبلغ (0.00056). يشير العمود الأخير في الجدول (4) (ESS) إلى حجم العينة الفعال وهو عدد السحوبات الكافي الذي

تمّ الحصول عليه بهدف اكتشاف التوزيع اللاخق لمعالم النموذج. بهدف تقييم دقة تقدير هذه النماذج مقارنة مع النماذج السابقة نقوم بالتصوير المرئي (Visualization) للبواقي المعيارية والبيانات الأصلية والكميات النظرية من التوزيع الطبيعي المعياري:



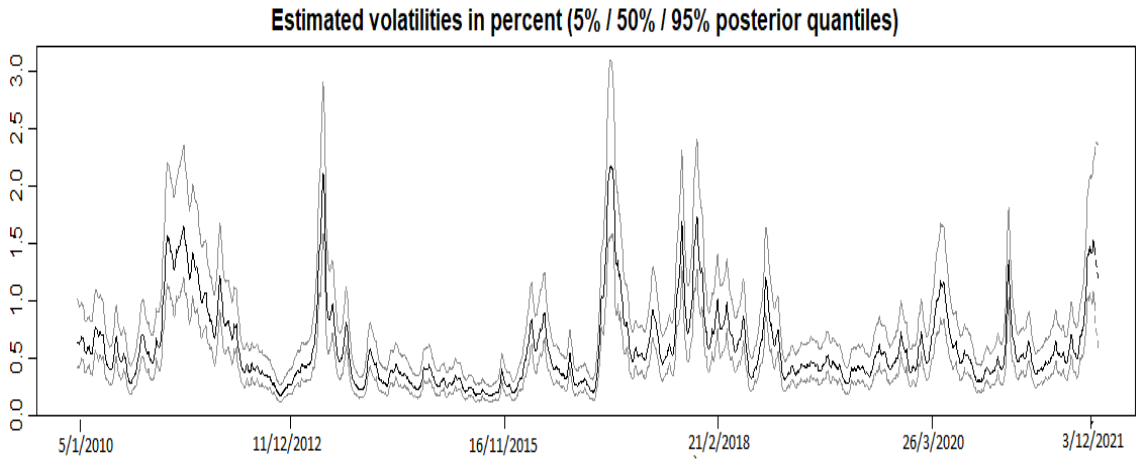
الشكل (7): البيانات والبواقي المعيارية (يسار) ومخطط الكميات النظرية من التوزيع الطبيعي المعياري (يمين) لنموذج BSV.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على لغة البرمجة الإحصائية R.

بشكل واضح وبالمقارنة بين مخططات Q–Q لكل من العوائد (أعلى – يمين) وبواقي نموذج التقلب العشوائي (أسفل – يمين) بأنّ بواقي النموذج تتبع تغيرات البيانات بشكل جيد مع انطباقها على خط التوزيع الطبيعي عند الأطراف (عدم انحراف البيانات المقدرة باستخدام النموذج عن البيانات الفعلية نتيجة الصدمات)، وبالتالي النموذج قادر على توضيح خصائص البيانات بشكل جيد. كما نلاحظ من الشكل (7) أنّ نقاط بيانات البواقي المعيارية (أسفل – يسار) تقع ضمن حدود التوزيع الطبيعي المعياري ±3 انحرافات معيارية وبالتالي وبالمقارنة مع نماذج (GARCH – ARIMA) الشكل (4–5) حيث نقاط البواقي تنتشر خارج حدود التوزيع الطبيعي المعياري، نجد أنّ نماذج التقلب العشوائي هي الأفضل من خلال التقدير داخل العينة (Training Data). ومنه نستخدم هذه النماذج لنمذجة التقلبات والتنبؤ باستخدامها بالعوائد خارج العينة واختبار هذه التنبؤات (Testing Data).

4–2 نمذجة التقلبات والتنبؤ بالعوائد:

استناداً إلى نتائجنا في القسم السابق والموضحة في الجدول (4) نقوم بنمذجة الكميات التجريبية اللاحقة للتقلبات الكامنة خلال الفترة الزمنية المدروسة و10 خطوات للأمام بالنسبة المئوية أي: $100\times(\text{Exp}(\text{mu}/2)$ مع انحرافاتها المعيارية Sigma عند كميات توزيع (5، 50، 95)% ونحصل على النتائج التالية:



الشكل (8): تصور للتقلبات الآنية المقدرة لعوائد سوق دمشق للأوراق المالية مع التوزيعات اللاحقة بكميات (5، 50، 95)%. تشير الخطوط المتقطعة على اليمين إلى التنبؤ بالتقلبات ل 10 خطوات للأمام.

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على لغة البرمجة الإحصائية R.

يبين لنا الشكل البياني أنّ التقلبات ترتفع كرد فعل للفترات المقابلة للأحداث الاقتصادية والسياسية في سورية، مثلاً (بداية الحرب في سورية عام 2011، والعقوبات الاقتصادية المفروضة من الدول العربية والأوروبية والأميركية على الاقتصاد السوري عام 2013، تدخلات المركزي في السوق وتغيرات السياسة الاقتصادية عام 2016، بداية جائحة كورونا وإجراءات الإغلاق في منتصف عام 2020)، إنّ فترات التقلب المرتفع تقابلها الانخفاض ثم الارتفاع في عوائد سوق دمشق مدفوعة بالانخفاض السابق كما هو موضح في الشكل (2)، كما هو موضح فإنّه بعد تاريخ (3/12/2020) لعشر خطوات فإنّه من المتوقع انخفاض في التقلب ولكن مع بقاء المستويات مرتفعة مقارنة بالفترات السابقة، بالتالي تحقيق توقعات عوائد قريبة من القيم القصوى كما هو موضح في الشكل (2)، نقوم بالتنبؤ بالعوائد ونحصل على الشكل (9). يبين لنا الشكل (9) نتائج التنبؤ بالعوائد في سوق دمشق للأوراق المالية باستخدام نموذج التقلب العشوائي البيزي لـ10 أيام (12–22/12/2021) لكميات توزيع (2.5–50–97.5)% (أي تضمين حالة عدم التأكد إلى التوقعات). نلاحظ أنّ البيانات الفعلية للعوائد تقع ضمن التوزيع الاحتمالي للتنبؤات وهي متقاربة مع القيم المركزية للتنبؤات (50%) وتسير بنفس الاتجاه. لحساب دقة التنبؤ نستخدم اختبار الجذر التربيعي لمربع الخطأ (انحراف القيم المقدرة باستخدام النموذج عن القيم الفعلية) والذي يعطى:

$$\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(\widehat{y_t}-y_t)^2}{n}} \qquad (21)$$

حيث $\widehat{y_t}$: القيم المقدرة باستخدام النموذج، y_t: القيم الفعلية. N: عدد المشاهدات المقدرة. نقوم بإدخال البيانات إلى الاختبار ونحصل على نتيجة (0.000193) تدل على قيم متقاربة بين البيانات الفعلية والمقدّرة باستخدام النموذج.



الشكل (9): التوزيع الاحتمالي للتنبؤات لعدة خطوات للأمام خارج العينة (الخطوط المتقطعة) والبيانات الفعلية (الخط المتصل).
المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على لغة البرمجة الإحصائية R.

الاستنتاجات والتوصيات:

1-الاستنتاجات:

1-اقترح هذا البحث نهجاً قائماً على محاكاة Bayesian بالكامل للاستدلال الإحصائي في نماذج التقلب العشوائي.

2-تمّ توضيح سير عمل التطبيق من خلال تحليل بيانات عوائد سوق دمشق للأوراق المالية ونمذجة العوائد باستخدام ثلاثة أنواع من النماذج تقوم على افتراضات مختلفة حول التقلبات (ARIMA – GARCH – BSV).

3-أشارت المقارنة المباشرة داخل العينة بين النماذج الثلاثة أنّ نموذج التقلب العشوائي البيزي يعمل بشكل أفضل من حيث الدقة التنبؤية وتوضيح خصائص البيانات المستخدمة في التحليل.

4-أظهرت نتائج تقييم التنبؤات خارج العينة باستخدام نماذج التقلب العشوائي البيزي تقارباً بين القيم الفعلية والقيم المقدرة للعوائد باستخدام النموذج مع سلوكها نفس الاتجاه.

5-بيّنت نتائج نمذجة التقلبات باستخدام نموذج التقلب العشوائي البيزي أنّ التقلبات ترتفع كرد فعل للفترات المقابلة للأحداث الاقتصادية والسياسية في سورية.

2-التوصيات:

1-بسبب التطبيق الواسع لنماذج GARCH والافتراضات القائمة عليه بتطور التقلبات باتجاه محدد، بيّنت نتائج البحث أنّ استخدام نماذج التقلب العشوائي البيزي يُمكننا من الحصول على تنبؤات أفضل في البيئة التي تتطور بشكل عشوائي، حيث تشكل أداة أكثر أهمية للباحثين والمستثمرين في الأسواق المالية.

2-بما أنّ هذه النماذج أثبتت عملها بشكل أفضل من نماذج (ARIMA – GARCH) من الممكن لدراسات لاحقة مقارنة أنواع مختلفة من نماذج التقلب العشوائي مثلاً (نماذج التقلب العشوائي مع أخطاء t، نماذج التقلب العشوائي مع الرافعة المالية Leverage).

3-نظراً لقدرة هذه النماذج على توضيح التقلبات الحاصلة نتيجة الأحداث السياسية والاقتصادية في سورية يمكن اعتبار هذه النماذج أداة مفيدة للمحللين وصانعي السياسات للتخطيط لتخفيف أثر حالات عدم التأكد.

References:

AL-AHMAD, Z. SALMAN, A. *Modeling Volatility in Emerging Stock Markets: The Case of Damascus Securities Exchange.* Journal for Research and Scientific Studies -Economic and Legal Sciences Series, Vol. (41) No. (2) 2012; 261-280. (In Arabic).

ALAKKARI, K. *Analytical study of the impact of Economic Uncertainty in Economic Development in Syria*. Tishreen University, Department of Statistics and Programming, 2021, 1-190. DOI: 10.13140/RG.2.2.14776.67846.

NAKKAR, O. MANDOW, A. KOJAN, W. *Forecasting the Futuristic Directions of DWX Returns Using ARMA-GARCH Models.* Journal of Hama University, Vol. (1)- No.(5)-2018; 19-34. (In Arabic).

SULEMAN, T. *The Use of ARIMA Models to Study the Share Price of Bank Saudi Fransi for the period from 1/10/2009 to 5/8/2018.* Tartous University Journal for Research and Scientific Studies -Economic and Legal Sciences Series, Vol (4). No (3), 2020; 34-46. (In Arabic).

BOX, G. JENKINS, M. *Time Series Analysis: Forecasting and Control.* Holden-Day, San Francisco, 1970. 535-575.

BLACK, F; SCHOLES, M. *The Pricing of Options and Corporate Liabilities.* The Journal of Political Economy. Vol. (81). NO. (3), 1973.

BOLLERSLEV, T. *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*. Journal of Econometrics. Vol. (31). NO. (3),1986, 307-327.

CAI, G. WU, Z. PENG, L. *Forecasting volatility with outliers in Realized GARCH models*, Vol. (40). NO. (4), 2020, 667-685.

EMENOGU, N. ADENOMON, M. NWEZI, N. *Modeling and Forecasting Daily Stock Returns of Guaranty Trust Bank Nigeria Plc Using ARMA-GARCH Models, Persistence, Half-life Volatility and Backtesting.* African Journal Online, Vol (14). No (3), 2019, 1-22

ENGLE, R. *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation*. Econometrica, Vol. (50). NO.(4), 1982, 987-1007.

ERATALAY, H. *Estimation of Multivariate Stochastic Volatility Models: A Comparative Monte Carlo Study.* International Econometric Review. 2013.

FAMA, B. *The behavior of stock market prices.* Journal of Business, Vol (38), No (1), 1995, 34–105.

FRUHWIRTH, S. WAGNER, H. *Stochastic Model Specification Search for Gaussian and Partial Non-Gaussian State Space Models*. Journal of Econometrics. Vol (154). No (1), 2010, 85-100.

GHYSELS, E. HARVEY, A. RENAULT, E. *Stochastic Volatility*. Statistical Methods in Finance, Vol (14), 1996, 119-191.

HYNDMAN, R. KHANDAKAR, Y. *Automatic Time Series Forecasting: The Forecast Package for R*. Journal of Statistical Software, Vol (27), 2008, 1-22.

KHAZALEH, M. ZEAUD, H. *Forecasting Insurance Sector Volatility in Amman Stock Exchange Using ARIMA Model*. Arab Journal of Administration. Vol. (35). No. (1), 2015, 467-481.

KIM, S. SHEPHARD, N. CHIB, S. *Stochastic Volatility: Likelihood Inference and Comparison With ARCH Models*. Review of Economic Studies, Vol. (65). No. (3), 1998, 361-393.

FAMA. B. *The Behavior of Stock Market Prices. Journal of Business*. Vol (38), No (1), 1995, 34–105.

KASTNER, G. SCHNATTER, *Ancillarity - Sufficiency Interweaving Strategy (ASIS) for Boosting MCMC Estimation of Stochastic Volatility Models*. Computational Statistics & Data Analysis, Vol (76). No (1), 2014, 408-423.
KASTNER, G. *Dealing with Stochastic Volatility in Time Series Using the R Package* ***stochvol***. Journal of Statistical Software. Vol (69). No (5), 1-30.
MANDELBROT. B. *The variation of certain speculative prices*. Journal of Business,Vol **(36**), 1963, 394–419.
MHMOUD, A. DAWALBAIT, F. *Estimating and Forecasting Stock Market Volatility using GARCH Models: Empirical Evidence from Saudi Arabia*. International journal of engineering research and technology, Vol. (4), 2015, 464-471.
MCALINN, K. USHIO, A. NAKATSUMA, T. *Volatility forecasts using stochastic volatility models with nonlinear leverage effects*. Journal of Forecasting, Vol (39). No (2), 2020, 143-154.
MCCAUSLAND, W. MILLER, S. PELLETIER, D. *Simulation Smoothing for State-Space Models: A Computational Efficiency Analysis*. Computational Statistics and Data Analysis, Vol (55). No (1), 199-212.
NGUYEN, T. *Nasdaq Composite Index Volatility with ARMA and GARCH Models.* Chair of Quantitative Methods, esp. Statistics. 2017.
PERRON, P. (2006). *Dealing with Structural Breaks*, Palgrave Handbook of Econometrics, Vol (1), 2006, 278-352.
RUE, H. *Fast Sampling of Gaussian Markov Random Fields*. Journal of the Royal Statistical Society B. Vol (63). No (2), 2001, 325-338.
SAXENA, H. ANURAG, V. CHIRAYATH, N. BENDALE, R. KAUL, S. *Stock Prediction Using ARMA.* International Journal of Engineering and Management Research. Vol. (8). NO. (2), 2018, 1-4.
SHALIT, H. ALBERG, D. YOSEF, R. *Estimating stock market volatility using asymmetric GARCH models*. Applied Financial Economics, Vol. (18). NO. (15), 2008, 1201-1208.
TAYLOR, S. *Financial Returns Modelled by the Product of Two Stochastic Processes: A Study of Daily Sugar Prices*. Time Series Analysis: Theory and Practice. Vol (1), 1982, 203-226.
UGURLU, E. THALASSINOS, E. MURATOGLU, Y. *Modeling Volatility in the Stock Markets using GARCH Models*. International Journal in Economics and Business Administration. Vol. (2). NO. (3), 2014, 72-87.
WADHAWAN, D. Singh, H. *Estimating and Forecasting Volatility Using ARIMA Model: A Study on NSE, India.* Indian Journal of Finance, Vol (13). No (5), 2019, 37-51.

الملاحق:

ملحق (1): الأكواد المستخدمة في لغة البرمجة الإحصائية R لتقدير نموذج التقلب العشوائي البيزي والتنبؤ باستخدامه.

الحزمة المستخدمة	Stochvol package
محاكاة سلسلة زمنية تتطور وفق تقلب عشوائي.	R> sim <- svsim(100, mu = -9, phi = 0.99, sigma = 0.1) R> par(mfrow = c(2, 1)) R> plot(sim)
الرسم البياني لأسعار الأسهم والعوائد في سوق دمشق للأوراق المالية.	R> ret <- logret(DWX$ `Price DWX`, demean = TRUE) R> par(mfrow = c(2, 1), mar = c(1.9, 1.9, 1.9, 0.5), mgp = c(2, 0.6, 0)) R> plot (DWX$Date, DWX$`Price DWX`, type = "l", main = "Price of DWX") R> plot (DWX$Date[-1], ret, type = "l", main = "log returns")
دالة الارتباط الذاتي والجزئي لعوائد سوق دمشق للأوراق المالية.	R> acf(DWX$`Return Dwx`) R> pacf(DWX$`Return Dwx`)
تقدير نموذج التقلب العشوائي البيزي	R> res <- svsample(ret, priormu = c(0, 100), priorphi = c(20, 1.5), priorsigma = 1) R> summary(res, showlatent = FALSE)
التوزيع الاحتمالي لمعالم نموذج التقلب العشوائي البيزي	R> par(mfrow = c(1, 3)) R> paradensplot(res, showobs = FALSE) R> plot(res, showobs = FALSE)
مخطط Q–Q plot والبواقي المعيارية لنموذج التقلب العشوائي البيزي	R> myresid <- resid(res) R> plot(myresid, ret)
نمذجة تقلبات عوائد سوق دمشق للأوراق المالية والتنبؤ ب 10 أيام.	R> volplot(res, forecast = 10, dates = DWX$`Price DWX`[-1])
التنبؤ بالعوائد خارج العينة ل 10 أيام مع كميات توزيع (2.5–50–97.5)%	R> fore <- predict(res, 10) R> summary(predy(fore))