AL KUT JOURNAL OF ECONOMIC AND ADMINISTRATIVE SCIENCES
Publisher: College of Economics and Management - Wasit University

التنبُؤ بالتقلّبات باستخدام نماذج الانحدار الذاتي المشروطة بعدم تجانس التباين

(ARCH-GARCH)

Prediction of variability using autoregressive models conditional on heterogeneity of variance

(ARCH-GARCH)

رسل ياس خضير [1]
ymr194790 @gmail.com

ا.م .د سعد صبر محمد [2]
Saadsabir455@gmail.com

جامعة واسط / كلية الادارة والاقتصاد

Abstract

The modeling of Volatility and predicting them based on the conditional variance was of interest to many economists and financial analysts, as the linear models could not explain these fluctuations. (Engle, 1982), which aims to model the behavior of conditional variance and assuming that the normal distribution of errors, hence the aim of the research was to study autoregressive models conditional on the existence of heterogeneity of variance with its extensions, which include (ARCH, GARCH, EGARCH, TGARCH) and a better diagnosis An appropriate predictive model for fluctuations in the average weekly prices of Brent crude oil for the period (1990-2022) in addition to the influence of external factors represented by (Dow Jones, KOSPI) indicators, and in view of the similarity in the structural construction between GARCH and ARMA models The Box-Jenkins methodology was applied in the construction stages, which includes the stage of diagnosing the appropriate model after carrying out several diagnostic tests, including the (ARCH) effect test, to detect the problem of inhomogeneity of variance that characterizes these models. The results show that the best model for predicting price fluctuations is GARCH (1,1). When it follows the distribution (Normal Distribution) and without any effects of (ARCH) in the model and determines that depending on (AIC, SIC, H-Q) and the significance of the

parameters estimated for the model and the accuracy of their prediction based on the predictive accuracy criteria (RMSE, MAE, MAPE,) because it achieved less values for these standards.

key words: Conditional Variance, GARCH Modeling, Forecasting, Heteroskedasticity, Volatility

المستخلص

إنّ نمذجة التذبذبات (التقلّبات) والتنبُّؤ بها بالاعتماد على التباين الشرطي كان محلّ اهتمام لدى الكثير من الاقتصاديين والمحلّلين الماليين ، إذْ إنّ النماذج الخطية لا تستطيع أن تفسّر هذه التقلّبات ومن هنا بدأ الاهتمام بالنماذج التي تتعامل مع نوع التباين الشرطي هي نماذج (ARCH) ،التي قدّمها (Engle,1982) والتي تهدف إلى نمذجة سلوك التباين الشرطي وعلى افتراض أنّ التوزيع الطبيعي للأخطاء، من هنا كان هدف البحث دراسة نماذج الانحدار الذاتي مشروطة بوجود عدم تجانس التباين مع امتداداتها والتي تشمل (ARCH , GARCH , EGARCH , TGARCH) و تشخيص افضل انموذج تنبُّؤي ملائم للتقلّبات في معدّل الأسعار الأسبوعية للنفط برنت الخام للمدّة (1990-2022) مضافا إليها تأثير العوامل الخارجية والمتمثلة بمؤشّرات (Dow Jones, KOSPI)) ونظرا للتشابه في البناء الهيكلي ما بين نماذج GARCH وِARMA تَمّ تطبيق منهجية بوكس جنكيز في مراحل البناء والتي تتضمن مرحلة تشخيص الانموذج الملائم بعد القيام باختبارات تشخيصية عدّة ومنها اختبار اثر (ARCH) للكشف عن مشكلة عد تجانس التباين التي تتميز بهذه النماذج، وتبيّن من النتائج أنّ أفضل أنموذج للتنبُّؤ بتقلبات أسعار GARCH(1,1) عندما يتبع توزيع (Normal Distribution) وبدون أي تأثيرات لـ (ARCH) في الأنموذج وتحديد ذلك بالاعتماد على: (AIC, SIC, H-Q) ومعنوية المعالم المقدرة للأنموذج ودقة التنبُّؤ بها بالاعتماد على معايير الدقة التنبؤية (, RMSE , MAE , MAPE) لأنّه حقق أقل قيم لهذه المعايير .

الكلمات الافتتاحية: التباين الشرطي ، نمذجة GARCH ، التنبؤ ، المرونة غير المتجانسة ، التقلب

1. المقدمة

إن النماذج الخطية كان لها دور فعال في النمذجة والتنبُّؤ بالعديد من الظواهر الخاصّة بالسلاسل الزمنية ، وتتركّز أكثر الدراسات حول سلوك المتوسّط وثبوت تباين حدّ الخطأ العشوائي، وكان هذا واضحا في نماذج بوكس جنكيز ،إلّا أنّ النماذج الخطّية لا تستطيع أنْ تترجم الصفة الديناميكية ولا سيّما في الظواهر المالية التي تتميّز بعدم ثبات تباين الأخطاء إذّ تعطي تنبُّؤات غير دقيقة ، لذلك تَمّ اقتراح النماذج غير الخطّية وأصبحت لها أهمّية كبيرة في تحليل الظواهر الحديثة. وأول من اقترح هذه النماذج هو إنجل (Engle) في1982 في بحثه لبيانات التضخم الشهرية ، إذْ قدّم نماذج الانحدار الذاتي المشروطة بعدم تجانس التباين (ARCH) ، كما اقترح بولرسلوف في عام 1986م (Bollerslov) ما يعرف بأنموذج الانحدار الذاتي المعمّم المشروطة بعدم تجانس التباين (GARCH) ، وذلك للتعامل مع التقلّبات في السلاسل الزمنية وسدّ النقص الذي تعاني منه نماذج (ARMA) السابقة.

2. انموذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين [8]، [9]،[1]

The Autoregressive Conditionally Heteroscedastic Model (ARCH)

قَدمّ هذا الانموذج من قبل العالم (Robert Engle) في بحث حول تقدير تباين التضخّم في المملكة المتحدة والمنشور عام 1982، وهو انموذج انحدار ذاتي مشروط بعدم تجانس التباين للأخطاء العشوائية ، ويتميّز بمتوسّط شرطي ثابت وتباين شرطي غير ثابت معروف بمعادلة عدم الثبات أو التقلّبات ، وتكون متمثّلة في مربعات الأخطاء التي تعتمد على الماضي بفترات إبطاء للخلف، و هذه التقلّبات في السلاسل الزمنية يمكن وصفها وفق المعادلات الآتية والتي تمثّل نموذج

$y_t = \mu + x_t$ Mean equation $x_t \sim \sim iidN(0, \sigma^2)$

$x_t = \varepsilon_t \sigma_t$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \, x_{t-i}^2$$

تمثل معلمات انموذج ARCH بالقيود إذْ إنّ القيود المفروضة على المعلمات $\alpha_i \geq 0, i = 1, \cdots, p, \ \alpha_0 > 0$)(شرطاً ضروريا لكي يتضمن تبايناً شرطياً موجباً.

3. نموذج الانحدار الذاتي المعمّم المشروط بعدم تجانس التباين (GARH) [4]،[3]،[2]

Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic

يؤخذ على انموذج (ARCH) في حالة التوسّع في قيم(P) ينتج عنه قيم سالبة(α)، وهذا ما يتناقض مع احدى فرضيات الانموذج، وللتغلّب على هذه الصعوبات اقترح العالم (Bollerslov,1986) انموذج الانحدار الذاتي المعمّم مشروطاً بعدم تجانس التباين (GARCH) إذْ أدخل مصطلح يتكّون من الحدّ الثابت (α_0) وقيم مربعات البواقي للفترات السابقة وقيم تباين المشروطة للفترات السابقة ويكتب انموذج GARCH وفق الصيغة الاتية:

$y_t = \mu + x_t$

$x_t = \sigma_t \varepsilon_t \qquad \varepsilon_t \sim iidN(0,1)$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 x_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_p x_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \cdots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

إذْ إنّ y_tهي سلسلة العودة (Returns Series)، μ يمثّل متوسّط سلسلة العودة، ε_t تمثّل سلسلة مستقلة من الأخطاء العشوائية ومتماثلة التوزيع وتتبع التوزيع، الطبيعي القياسي بمتوسّط (0) وتباين (1)، ويمكن إعادة كتابة معادلة عدم الثبات كالآتي:

$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i x_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \sigma_{t-j}^2$ (معادلة عدم الثبات)

4. نموذج EGARCH[2]،[5]،[7]

Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

اقترح هذا الانموذج من قبل العالم (Nelsson,1991) إذّ يأخذ بالحسبان صفة عدم التناظر اذ يسمح بإدخال اللوغاريتَمّ على التباين الشرطي بهدف رفع القيود على المعاملات والتي كانت تضمن عدم وجود تأثيرات سالبة على التباين الشرطي، عليه ففي هذه النماذج يمكن ان تكون إشارة المعلمات سالبة أو موجبة وهي بذلك تسمح بنمذجة مختلف التأثيرات الإيجابية والسلبية للتقلبات على التباين الشرطي ، وكذلك مختلف أنواع عدم التناظر ويكون على وفق الصيغة الآتية:

$$\log(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \left[\emptyset Z_{t-i} + \gamma \left(|Z_{t-i}| - E(|Z_{t-i}|) \right) \right] + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \log(\sigma_{t-j}^2)$$

5. نموذج TGARCH[3] [6], [10]

Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

إنّ هذه النماذج تهتَمّ بتأثير عدم التناظر في التقلّبات السلسلة الزمنية ،وتَمّ اقتراحها من قبل (Engle& Bollerslev,1986وتعرّف بنماذج ذات الحدود والتي تَمّ تعميمها من قبل (Robemananjara &Zakoian,1991) أصبحت تُعرّف بنماذج TGARCH، إذْ تميل التقلّبات في هذا الانموذج إلى الارتفاع بسبب الاخبار السيئة ($x_{t-1} <$ 0) في حين تميل إلى الانخفاض، بسبب الأخبار الجيدة ($x_{t-1} > 0$)، وتكون وفق الصيغة الآتية:

$$y_t = \mu + x_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i x_{t-i}^2 + \gamma x_{t-i}^2 d_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Where;

$$d_{t-i} = \begin{cases} 1 & if \quad x_{t-i} < 0 \quad bad\ news \\ 0 & if \quad x_{t-i} \geq 0 \quad good\ news \end{cases}$$

6. مراحل بناء النماذج اللاخطية

للتشخيص نموذج مناسبة لسلسلة زمنية وضعت منهجية بوكس –جنكيز، والتي تتكون من مراحل عدّة كل مرحلة تمرَّ باختبارات يمكن أن تستعمل مرات عدّة في بناء أنموذج وتتضمّن:

1- مرحلة التشخيص
2- مرحلة اختبار رتبة الانموذج

3- مرحلة تقدير الانموذج الملائم

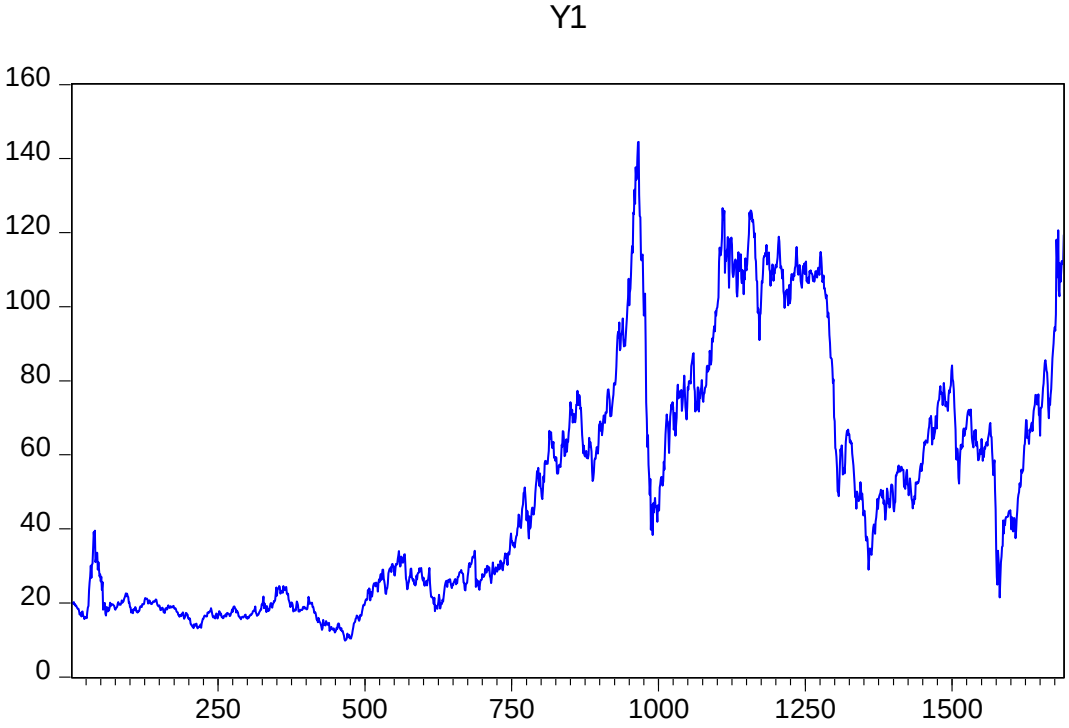
4- مرحلة فحص الانموذج

5- التنُّبؤ

أولا: مرحلة التشخيص

بداية عند تشخيص الانموذج لابُدّ من فحص استقرارية السلسلة بالوسط والتباين ، ويتَمّ ذلك من خلال رسم السلسلة للاطلاع على طبيعية التقلّبات فيها وملاحظة إذا كانت تمتلك اتجاه عاماً ام لا، ويبيّن الشكل (1) المنحنى البياني للسلسلة الأصلية ،والتي تمثّل المعدّلات الأسبوعية لأسعار نفط برنت الخام للمدّة (1990-2022)

الشكل (1) يمثّل المنحني البياني للأسعار الأسبوعية لنفط برنت للفترة (1990-2022)



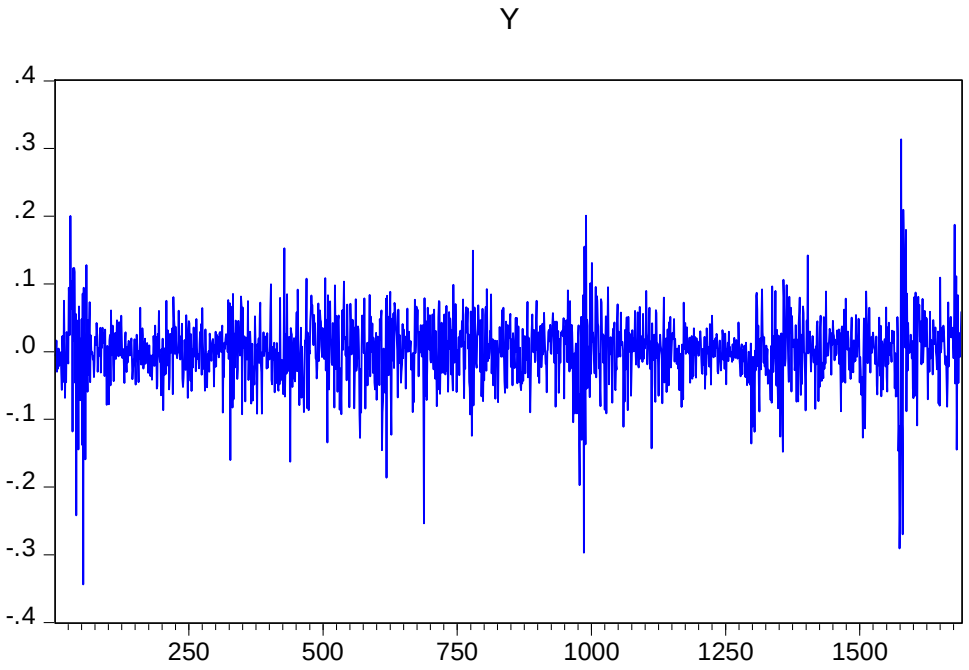
يوضّحه الشكل (1) إن للسلسلة اتجاه عام مما يؤكد على عدم استقرارية السلسلة في الوسط والتباين، لذا تَمّ احتساب سلسلة العوائد والتي تمثل لوغاريتَمّ القيم الفرق الأول لسلسلة الاصلية، ولذلك للحدّ من عدم ثبوت المتوسّط والتباين وتحقيق الاستقرارية هذا ما يوضّحه الشكل (2) ويتَمّ احتساب العوائد وفق الصيغة الأتية:

$$y_t = lnx_t - lnx_{t-1}$$

x_t : سعر نفط برنت الخام عند الفترة t.

x_{t-1} : سعر نفط برنت الخام عند الفترة t-1.

الشكل (2) يمثّل المنحني البياني لسلسلة العوائد للأسعار نفط برنت الخام



يلاحظ من خلال الشكل (2) أنّ السلسلة أصبحت مستقرة تقريبا بعد إجراء هذا التحويل إلّا إنّ السلسلة مازالت تعاني من التذبذبات (التقلبات) في بعض قيم السلسلة، ولهذا اقترحت نماذج GARCH لتحليل هذه التقلّبات. تَمّ بناء انموذج الانحدار الخطي البسيط الذي يربط سلسلة العوائد المتمثّلة بالأسعار الأسبوعية لنفط برنت الخام، وهي بمثابة المتغيّر المعتمد مع سلسلة العوائد للمؤشّرات الخارجية المتمثّلة بمؤشّرات (Dow Jones, KOSPI,)، وهي بمثابة المتغيّرات المستقلّة لمعرفة مدى تأثير هذه المؤشّرات على أسعار النفط

الجدول (1) نتائج مطابقة الانموذج الانحدار الخطّي

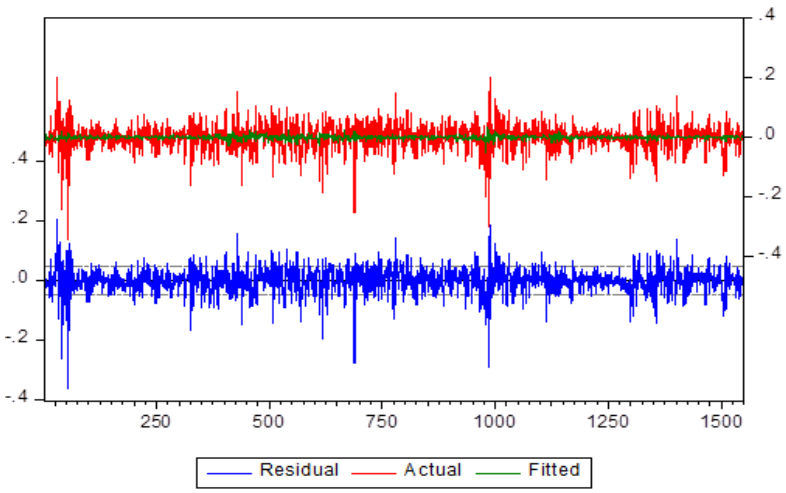
Dependent Variable: Y
Method: Least Squares
Date: 10/05/22 Time: 08:58
Sample: 1 1550
Included observations: 1550

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
W	0.181927	0.056543	3.217490	0.0013
Z	0.106649	0.034711	3.072465	0.0022

R-squared	0.018958	Mean dependent var	0.000727
Adjusted R-squared	0.018324	S.D. dependent var	0.046571
S.E. of regression	0.046142	Akaike info criterion	-3.312877
Sum squared resid	3.295887	Schwarz criterion	-3.305979
Log likelihood	2569.480	Hannan-Quinn criter.	-3.310312
Durbin-Watson stat	2.090098		

نلاحظ من خلال النتائج التي أوضحها الجدول رقم (1) أنّ المؤشّرات الخارجية لها تأثير معنوي على سلسلة أسعار الأسبوعية لنفط برنت الخام إذ إنّ قيمة $(p - value < 0.05)$ ،وهذا دليل على أنّ انموذج الصدمات لعائد نفط برنت الخام يتأثّر بعوامل خارجية والمتمثّلة بمؤشّرات (Dow Jones, KOSPI)، ويتَمّ رسم سلسلة البواقي الناتجة من مطابقة الانموذج للتعرّف على سلوك مجموعة بيانات البواقي ولتوضيح التقلّبات فيها على النحو الاتي:

الشكل (3) يمثّل رسم البواقي للأنموذج الانحدار الخطّي



نلاحظ من خلال الشكل رقم (3) هناك تذبذبات (تقلبات) تتأرجح بالانخفاض والارتفاع عند رسم سلسلة البواقي وهذا دليل على وجود مشكلة عدم التجانس في بواقي الانموذج وهذا مكننا من استخدام نماذج ARCH لنمذجة التباين إذا ان وضيفة هذه النماذج هو تثبيت التباين. يمكننا التحري عن وجود تأثير (ARCH) لبواقي الانموذج الخطي (ثبات تباين البواقي) من خلال تطبيق اختبار اخر يدعى مضاعف لاكرانج (ARCH LM-Test) للتحقق من وجود تأثير الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين للبواقي من عدمه ولاختبار الفرضية القائلة:

H_0: $There\ is\ no\ ARCH\ effect$

H_1: $There\ is\ an\ ARCH\ effect$

جدول (2) يوضّح نتائج اختبار أثر (ARCH) لسلسلة البواقي للأنموذج الخطي

Test	ARCH(lag)	F-statistic	Obs*R-Squared	P-value
ARCH	K=2	22.99379	44.74502	0.0000
ARCH	K=4	31.51527	116.9066	0.0000
ARCH	K=6	22.56341	124.9880	0.0000

يوضّح الجدول (2) القيم التقديرية لسلسلة البواقي، إذْ أوضحْت القيم الإحصائية عدم وجود تأثير (ARCH) إذ كانت قيمة ($p-value<0.05$) ، وبهذا يتّمّ رفض الفرضية الصفرية وقبول الفرضية البديلة وهذا يشير إلى وجود مشكلة عدم تجانس التباين الشرطي للأخطاء في متسلسلة البواقي للأنموذج الخطي ومِنْ ثَمّ إمكانية تقديرها باستعمال نماذج GARCH.

ثانيا: اختيار رتبة الانموذج الملائم

بعد مرحلة تشخيص وجود تأثير (ARCH) تأتي مرحلة تحديد رتبة الانموذج الملائم (p,q) من بين نماذج مقترحة عدّة وبرتب مختلفة قد تَمّ اختبارها، ويتّمّ اختيار الانموذج الأكثر كفاءة استنادا على أقلّ قيم المعايير (AIC,BIC,H-Q) التي حققها كما موضح في الجدول.

الجدول (3) نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتّبع الخطأ التوزيع الطبيعي ((Normal Distribution))

MODEL	معنوية الانموذج	AIC	BIC	H-Q
ARCH (1,0)	معنوي	-3.380683	-3.366886	-3.375551
ARCH (2,0)	معنوي	-3.418142	-3.400897	-3.411728
GARCH (0,1)	معنوي	-3.313638	-3.299842	-3.308507
GARCH (0,2)	معنوي	-3.362829	-3.345584	-3.356415
GARCH (1,1)	معنوي	-3.487480	-3.470235	-3.481066
GARCH (1,2)	غير معنوي	-3.486375	-3.465681	-3.478678
TGARCH (1,1)	غير معنوي	-3.486202	-3.465508	-3.478505
TGARCH (1,2)	غير معنوي	-3.485091	-3.460948	-3.478505
EGARCH (1,1)	غير معنوي	-3.490831	-3.470137	-3.483134
EGARCH (1,2)	غير معنوي	-3.489861	-3.465718	-3.480882

إنّ الجدول (3) أوضح نتائج المفاضلة بين النماذج اللاخطية ، وتشير النتائج أنّ كُلّ معالم النماذج كانت معنوية لأن كُلّ القيم الاحتمالية التي ظهرت لها كانت ($p-value<0.05$) أمّا باقي النماذج فكانت غير معنوية لأن معالمها كانت القيمة الاحتمالية لها ($p-value>0.05$) لذا تَمّ استبعادها ، وتبيّن أنّ الانموذج الأكفأ من بين نماذج عدّة (ARCH&GARCH) المقترحة وبمختلف الرتب هو انموذج ((GARCH (1,1)) إذْ فاق هذا الانموذج على بقية

النمـاذج بـأقل المعـايير المفاضلة (AIC,BIC,H-Q) وبـأقل عدد ممكن من المعلمـات ولذا يُعدّ هو الانموذج المناسب للبواقي الانمـوذج الخطّـي وصلاحيته للتنبّؤ.

ثالثا: مرحلة تقدير معلمات انموذج (GARCH (1,1)**)**

بعد تحديد رتبة الانموذج الأفضل للمتسلسلة الزمنية لبواقي انموذج الانحدار الخطي وباستعمال التوزيع الطبيعي، والذي كان نموذج (GARCH (1,1)) يتَمّ في هذه المرحـلة تقدير معلمـات انمـوذج المشخص.

الجدول (4) نتائج تقدير الانموذج المشخص (GARCH (1,1))

Dependent Variable: Y
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
Date: 10/29/22 Time: 02:20
Sample: 1 1550
Included observations: 1550
Convergence achieved after 25 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
Z	0.115812	0.027308	4.240935	0.0000
X	0.230927	0.041811	5.523165	0.0000
Variance Equation				
C	8.29E-05	1.85E-05	4.481884	0.0000
RESID(-1)^2	0.135688	0.014973	9.062252	0.0000
GARCH(-1)	0.831596	0.019561	42.51400	0.0000

R-squared	0.018253	Mean dependent var	0.000727
Adjusted R-squared	0.017618	S.D. dependent var	0.046571
S.E. of regression	0.046159	Akaike info criterion	-3.487480
Sum squared resid	3.298257	Schwarz criterion	-3.470235
Log likelihood	2707.797	Hannan-Quinn criter.	-3.481066
Durbin-Watson stat	2.091557		

إنّ جـدول (4) يوضّح مخرجـات انمـوذج (GARCH (1,1)) والذي تَمّ تقديره باستعمال طريقة الإمكان الأعظـم عندما يتبع الخطأ توزيع الطبيعي، وعن طريق قيم (Z) المحسوبة ومستوى الدلالـة نجد أنّ معلمـات الانمـوذج جميعها $(\hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_1, \hat{\beta}_1)$ كانت معنويـة إذْ كانت القيـم الاحتمالية جميعها $(p - value < 0.05)$ وهذا يدل على معنوية الانموذج وبعد تقدير مَعْلمات الانموذج يمكن كتابة معادلة انموذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين تبعا للتوزيع الطبيعي لسلسلة الزمنية للبواقي كالآتي:

معادلة المتوسّط المشروط للأنموذج الانحدار الخطي من جدول (4) تكتب كالاتي:

$$y_t = 0.115812 + 0.230927 + x_t$$

$$x_t = \varepsilon_t \sigma_t$$

تكون معادلة التباين من جدول (11) كالاتي:

$$\sigma_t^2 = 8.29\text{E-}05 + 0.135688 x_{t-1}^2 + 0.831596 \sigma_{t-1}^2$$

رابعا: مرحلة فحص مدى ملاءمة الانموذج المقدر

بعد تحديد رتبة الانموذج الملائم للتنبّؤ بسلسلة أسعار نفط برنت الخام بوجود التأثيرات الخارجية واستعراض أهمّ نماذج عائلة (GARCH) وتقديره معلماته بالاعتماد على طريقة الإمكان الأعظم عندما يتّبع الخطأ توزيع (آDistribution Normal) تأتي مرحلة معرفة مدى ملاءمة الانموذج. لمعرفة فيما إذا كان الانموذج المقدّر ما يزال يعاني من إثر عدم التجانس التباين في سلسلة البواقي أم لا والتحقق أيضا من عدم وجود إثر (ARCH) في بواقي الانموذج المقدر وجدول (5) يوضح نتائج الاختبار لاختبار الفرضية الآتية:

H_0: $There\ is\ no\ ARCH\ effect$

H_1: $There\ is\ an\ ARCH\ effect$

الجدول (5) يوضّح نتائج اختبار تأثير (ARCH) لسلسلة البواقي للأنموذج المقدر ((GARCH (1,1)

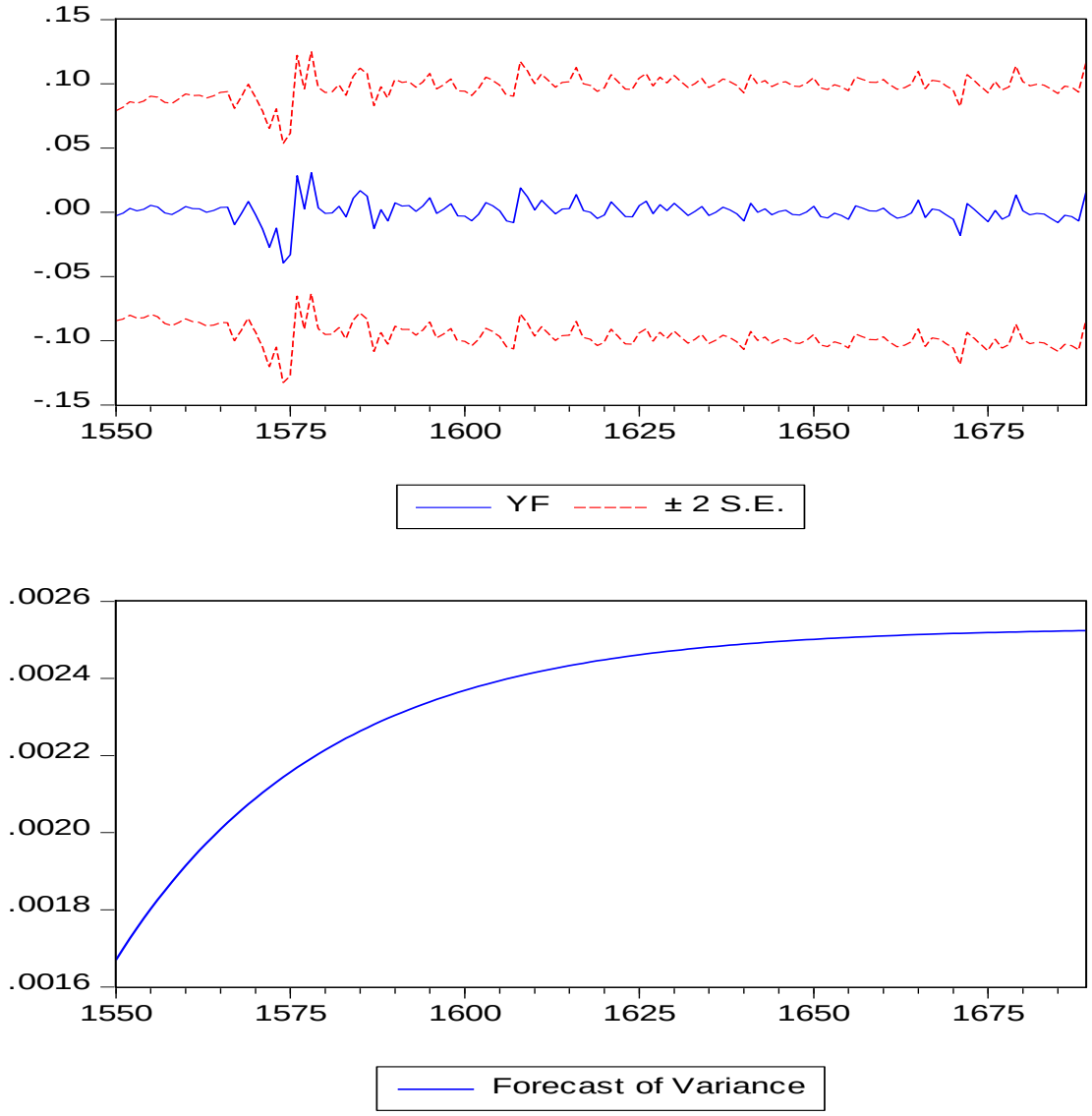
Test	ARCH(lag)	F-statistic	Obs*R-Squared	P-value
ARCH	K=2	0.179395	0.359402	0.8358
ARCH	K=4	0.689553	2.762217	0.5992
ARCH	K=6	0.777172	4.670102	0.5878

أظهرتْ نتائج الجدول (5) أنّ قيم الاحتمالية $(p - value)$ لهذا الاختبار كانت أكبر من (0.05) عند الازاحات الزمنية المختارة، وهذا يدلّ على قبول فرضية العدم ورفض البديلة أي عدم وجود تأثير (ARCH) في بواقي الانموذج وزوال مشكلة عدم تجانس التباين.

خامسا: مرحلة التنبُّؤ

يعتبر التنبُّؤ المرحلة الأخيرة والأهم من مراحل بناء الانموذج والتي تّتبع منهجية بوكس جنكيز وتبينّ من خلال النتائج التي تَمّ الحصول عليها في المراحل السابقة أنّه من الممكن استعمال انموذج ((GARCH (1,1) للتنبؤ بعد التأكّد من صلاحيته وذلك لاجتيازه اختبارات الفحص والتشخيص بدرجة جيدة احصائيا مقارنة مع باقي النماذج الأخرى قيد التحليل، ومِنْ ثَمّ أصبح بالإمكان استعماله للتنبؤ خلال شكل5) إذْ تبيّن ثبوت التباين الشرطي وزوال تأثير عدم التجانس

الشكل (3) تنبُؤات التباين الشرطي للنموذج ((GARCH (1,1)



نلاحظ من خلال الشكل (3) ان تباين الشرطي قد ثبت واقترابه من التباين غير الشرطي وهذا يؤكّد على محو مشكلة عدم التجانس تَمّ حساب معايير التنبُؤ بغية تحديد مدى فاعلية النموذج ((GARCH (1,1) في القدرة التنبؤية من خلال للمقارنة بين تنبّؤات النماذج المقترحة والجدول (6) يوضّح نتائج مقاييس دقـة التنبُؤ للنماذج

Model	RMSE	MSE	MAPE
GARCH (0,1)	0.071287	0.047314	116.4484
GARCH (0,2)	0.071173	0.047237	116.4458

GARCH (1,1)	0.071000	0.047138	116.1994
GARCH (1,2)	0.071007	0.047193	116.2205
GARCH-M (1,1)	0.071051	0.046921	127.5382
GARCH-M (1,2)	0.071062	0.047917	127.7130

أوضحتْ نتائج الجدول (14) أنّ نموذج ((GARCH (1,1)) المقدّر الذي يتّبع توزيع (Student's t Distribution) كان الأمثل في عملية التنبُّؤ لسلسلة المدروسة إذْ حقَّقَ أقل قيم للمعايير دقّة التنبُّؤ (RMSE, MSE, MAPE)، والجدول (15) يوضح القيم المتنبّأ بها المستقبلية للتقلّبات للنموذج ((GARCH (1,1)) لـ (20) كخطوة مستقبلية والجدول (2) في المحلق يوضّح القيم التنبؤية المستقبلية لـ (140) خطوة مستقبلية.

الاستنتاجات

1- لاحظنا أنّ سلسلة الزمنية للأسعار الأسبوعية لنفط برنت الخام للمدّة (1990-2022) تعاني من تقلبات وتملك اتجاها عاما وهذا يشير إلى عدم استقرارية السلسلة في الوسط والتباين وكما تبين من خلال الرسم البياني لها.

2- تَمّ استعمال التحويلات والمتمثّلة بأخذ لوغاريتَمّ القيم الفرق الأول للقيم السلسلة الاصلية لتحويلها إلى سلسلة عوائد لتحقيق الاستقرارية في الوسط والتباين وإزالة الاتجاه العام وهذا ما اوضحه الرسم البياني لها.

3- توصّلنا إلى بناء انموذج الانحدار الخطي البسيط الذي يربط سلسلة العوائد المتمثّلة بأسعار الاسبوعية لنفط برنت الخام ،وهي بمثابة المتغيّر المعتمد مع سلسلة العوائد للمؤشّرات الخارجية المتمثلة بمؤشّرات (Dow Jones, KOSPI,) وهي بمثابة المتغيرات المستقلة وكان حجم العينة (1550) لمعرفة مدى تأثير هذه المؤشرات على أسعار النفط.

4- استنتجنا أنّ النموذج الأفضل والأكثر كفاءة لنمذجة تقلّبات سلسلة البواقي والتنبُّؤ بها هو نموذج ((GARCH (1,1) مقارنة مع باقي النماذج المطبّقة الأخرى من عائلة GARCH لأنّه حقّق أقلّ قيم للمعايير المفاضلة (AIC,BIC,H-Q) وبأقلّ عدد ممكن من المعلمات.

5- تَمّ استعمال النموذج (GARCH (1,1) - Student's t Distribution) للتنبؤ المستقبلي بتقلبات وتبين من خلال المقارنة طبقا للمقاييس الدقة (RMSE, MSE, MAPE) انه قد فاق على باقي النماذج المقدرة بتحقيقه اقل القيم لهذه المعايير وبذلك اثبت كفاءته بالتنبُّؤ المستقبل.

التوصيات

1. نوصي الباحثين بزيادة استعمال النماذج اللاخّطية (ARCH-GARCH) للتنبؤ بالسلسلة الزمنية متعدّدة المتغيرات التي تعاني بياناتها من تقلّبات زمنية ولذلك نتيجة قدرة هذه النماذج على سد النقص التي تعاني منه النماذج الخطية (ARMA).
2. إمكانية دراسة نماذج أخرى لنمذجة البيانات المالية التي تعاني من تقلّبات مثل (IGARCH, NGARCH, GJR-GARCH) وباستعمال التوزيعات الثلاثة (Student's - t Distribution) وتوزيع (Normal- Distribution) وتوزيع (General error Distribution) المقارنة فيما بينها.

3. نوصي باستعمال طرائق تقدير أخرى لا معلمية ومقارنتها مع طرائق معلمية لتحديد أيّهما أكثر كفاءة.

المصادر

1. Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica, vol. (50), No. (4), pp. (*987-1007).
2. Francq, C., & Zakoian, J. M. (2019). *GARCH models: structure, statistical inference and financial applications*. John Wiley & Sons,1td., puplication.
3. Grek, Å. (2014). Forecasting accuracy for ARCH models and GARCH (1, 1) family: Which model does best capture the volatility of the Swedish stock market?
4. Guidolin, M., & Pedio, M. (2018). *Essentials of time series for financial applications*. Academic Press
5. Hamilton, James D. (1994). Time Series Analysis. Princeton University press.
6. Karlsson, L. (2002). GARCH modelling: Theoretical survey, model implementation and robustness analysis. *Unpublished master's thesis, Kungl Tekniska Högskolan*.
7. Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica: Journal of the econometric society*, vol. (59), pp (347-370).
8. Teräsvirta, T. (2006). *An introduction to univariate GARCH models. SSE*. EFI Working Papers in Economics and Finance, No. (646), pp (1-3).
9. Tsay, Ruey S. (2010)." Analysis of financial time series". 3rd Edition.John Wiley &Sons, Inc Hoboken, New Jersey.
10. Zakoian, J. M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and control*, vol. (18), No. (5), pp (931-955).