

Working Paper 2025.2.4.13

- Vol. 2, No. 4

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH ARIMA-ARCH DỰ BÁO GIÁ CỔ PHIẾU CÔNG TY CỔ PHẦN TẬP ĐOÀN YEAH1

Ngô Trang Thu¹, Trần Thị Thu Minh, Lê Minh Sang, Nguyễn Hữu Khanh

Sinh viên K61 Kinh tế đối ngoại – Viện Kinh tế và Kinh doanh quốc tế

Trường Đại học Ngoại thương, Hà Nội, Việt Nam

Phùng Duy Quang

Giảng viên Khoa Công nghệ và Khoa học dữ liệu

Trường Đại học Ngoại thương, Hà Nội, Việt Nam

Tóm tắt:

Thị trường chứng khoán giữ vai trò quan trọng trong tăng trưởng kinh tế quốc gia, do đó việc dự báo chính xác giá cổ phiếu là cần thiết để hỗ trợ nhà đầu tư ra quyết định và giảm thiểu rủi ro. Nghiên cứu này sử dụng mô hình ARIMA-ARCH để dự báo giá đóng cửa cổ phiếu YEG của Công ty Cổ phần Tập đoàn Yeah1, dựa trên dữ liệu ngày từ tháng 3/2021 đến tháng 3/2025 (gồm 1000 quan sát). Chuỗi giá cổ phiếu YEG được biến đổi thành chuỗi tĩnh bằng sai phân bậc 1. Mô hình ARIMA tốt nhất được xác định là ARIMA(15,1,1) dựa trên kết quả nhận dạng và kiểm định mô hình. Tuy nhiên, kiểm định Lagrange Multiplier cho phần dư mô hình ARIMA cho thấy sự hiện diện của hiệu ứng ARCH, tức phương sai sai số thay đổi theo thời gian. Do đó, mô hình ARCH(1) được tích hợp để mô hình hóa phương sai điều kiện thay đổi. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng mô hình kết hợp ARIMA(15,1,1)-ARCH(1) phù hợp để dự báo giá cổ phiếu YEG trong ngắn hạn, giúp mô hình phản ánh được biến động và cải thiện độ tin cậy của dự báo.

Từ khóa: ARIMA-ARCH, giá cổ phiếu YEG, dự báo

¹ Tác giả liên hệ. Email: k61.2214110636@ftu.edu.vn

APPLICATION OF ARIMA-ARCH MODEL FOR FORECASTING THE STOCK PRICE OF YEAH1 GROUP

Abstract:

The stock market plays a crucial role in national economic growth; therefore, accurate stock price forecasting is essential for investors' decision-making and risk management. This study builds an ARIMA-ARCH model to forecast the closing price of YEG stock (Yeah1 Group JSC) using daily data from March 2021 to March 2025 (1,000 observations). The YEG price series is transformed to stationarity by first differencing. The best-fitting model identified is ARIMA(15,1,1) based on model identification and diagnostic tests. However, an ARCH-LM test on the ARIMA model's residuals indicates the presence of ARCH effects, meaning the error variance changes over time. Therefore, an ARCH(1) model is incorporated to capture the time-varying conditional variance. The research results show that the combined ARIMA(15,1,1)-ARCH(1) model is suitable for short-term forecasting of the YEG stock price, effectively capturing volatility clustering and improving the reliability of the forecasts.

Keywords: ARIMA-ARCH; YEG stock price; forecasting.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, thị trường chứng khoán Việt Nam phát triển nhanh chóng nhưng cũng tiềm ẩn nhiều biến động phức tạp. Giá cổ phiếu thường xuyên bị tác động bởi các yếu tố kinh tế vĩ mô, thông tin doanh nghiệp và tâm lý nhà đầu tư, dẫn đến những biến động khó lường. Công ty Cổ phần Tập đoàn Yeah1 (mã cổ phiếu: YEG) là một doanh nghiệp truyền thông giải trí niêm yết trên sàn HOSE, đã từng trải qua những giai đoạn biến động mạnh về giá cổ phiếu. Đặc biệt sự thành công của hai chương trình truyền hình giải trí và chuỗi buổi hòa nhạc do công ty sản xuất đã đưa giá mã cổ phiếu YEG tăng trần 5 phiên liên tiếp từ ngày 17/12/2024 đến ngày 23/12/2024. Trong tháng 3 và tháng 4 năm 2025, công ty sẽ tiếp tục tổ chức các buổi hòa nhạc quy mô lớn, thu hút sự quan tâm của dư luận và ảnh hưởng tới nhu cầu trên thị trường chứng khoán. Điều này đặt ra nhu cầu cấp thiết về việc dự báo giá cổ phiếu YEG, nhằm hỗ trợ nhà đầu tư và các bên liên quan trong việc đưa ra quyết định kịp thời, giảm thiểu rủi ro trước biến động của thị trường.

Mô hình ARIMA-ARCH được xem là một công cụ hữu ích trong dự báo các chuỗi thời gian tài chính có phương sai thay đổi. ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

cho phép mô hình hóa phân biến động có tính quy luật của chuỗi thời gian sau khi chuỗi được xử lý tính dừng, còn ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) được sử dụng để mô hình hóa phương sai của sai số khi phương sai này không cố định theo thời gian. Nhiều nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng việc kết hợp mô hình ARIMA với ARCH/GARCH có thể nâng cao độ chính xác dự báo trong trường hợp chuỗi dữ liệu có hiện tượng phương sai thay đổi. Do đó, việc áp dụng mô hình ARIMA-ARCH để dự báo giá cổ phiếu YEG được kỳ vọng sẽ giúp phản ánh đúng hơn sự biến động của giá và cải thiện chất lượng dự báo so với các mô hình dự báo truyền thống chỉ xem xét phương sai cố định.

Từ những lý do trên, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu xây dựng và kiểm định mô hình ARIMA-ARCH để dự báo giá đóng cửa cổ phiếu YEG. Nghiên cứu tiến hành trên dữ liệu giá đóng cửa cổ phiếu YEG theo ngày trong giai đoạn 03/2021–03/2025, bao gồm các bước: kiểm định tính dừng của chuỗi dữ liệu, xác định và ước lượng mô hình ARIMA tối ưu, kiểm tra hiệu ứng ARCH và tích hợp mô hình ARCH phù hợp. Việc xây dựng mô hình dự báo cho mã cổ phiếu YEG không chỉ có ý nghĩa về mặt học thuật trong việc kiểm chứng hiệu quả của mô hình ARIMA-ARCH, mà còn mang ý nghĩa thực tiễn, góp phần cung cấp công cụ hỗ trợ nhà đầu tư dự đoán xu hướng giá trong ngắn hạn, nâng cao hiệu quả đầu tư trên thị trường chứng khoán.

2. Tổng quan tình hình nghiên cứu

Thị trường chứng khoán và tăng trưởng kinh tế quốc gia có sự liên kết chặt chẽ (Soni và cộng sự., 2022). Do đó, dự đoán giá đóng cửa của các mã cổ phiếu là hoạt động cần thiết và thường xuyên để đánh giá sự biến động của giá đóng cửa mỗi ngày giao dịch, đồng thời cung cấp các quyết định mua – bán của nhà đầu tư. Các nghiên cứu trên thế giới sử dụng đa dạng các mô hình hồi quy, chuỗi thời gian hay học máy – học sâu để dự báo giá đóng cửa, giá đóng cửa, hay tỷ suất sinh lời cho các mã cổ phiếu. Trong đó, phân tích các mô hình chuỗi thời gian đơn giản như AR, MA, ARIMA, ARCH-GARCH lại đưa ra những kết quả hữu hiệu và chính xác, và được sử dụng phổ biến để dự báo. Nghiên cứu sâu hơn và những cải tiến trong mô hình có thể nâng cao độ chính xác và tính hiệu quả trong giải quyết các bài toán thực tế (Sunarya, 2024).

Nghiên cứu năm 2011 của Jeffrey và cộng sự chứng minh tính hữu ích của phương pháp phân tích can thiệp sử dụng mô hình ARIMA trong dự báo và giải thích những thay đổi của chỉ số giá một cách chính xác và chi tiết. Liu và cộng sự (2011) đã dự báo biến động của đồng USD bằng hai mô hình ARIMA và GARCH. Từ đó, nghiên cứu kết luận mô hình ARIMA phù hợp

với các dự báo trong ngắn hạn, trong khi mô hình GARCH phù hợp với các nghiên cứu cho dài hạn. ARIMA cũng đã được áp dụng để dự báo giá cổ phiếu của bốn công ty có giá trị Midcap lớn nhất trên sàn giao dịch chứng khoán New York (NYSE) (B và cộng sự., 2013). Năm 2013, Alam và cộng sự đã nghiên cứu sử dụng mô hình ARCH để dự báo biến động của các chỉ số DSE và DSE20. Nhóm tác giả chỉ ra rằng biến động trong quá khứ đều ảnh hưởng đáng kể đến biến động hiện tại, trong đó, mô hình ARCH là một phương pháp có kết quả tốt nhất cho chỉ số DSE20, và kết quả vượt trội đối với chỉ số DSE. Năm 2014, Ariyo và cộng sự đã trình bày quá trình xây dựng mô hình ARIMA để thực hiện các dự báo về giá cổ phiếu. Nghiên cứu này chứng minh mô hình ARIMA là tốt nhất trong ngắn hạn để dự báo giá cho cổ phiếu của Nokia niêm yết trên sàn New York (NYSE) và Ngân hàng Zenith niêm yết trên sàn Nigeria (NSE). Kết quả chạy mô hình cho thấy ARIMA là phương pháp tốt nhất để dự báo trong ngắn hạn. Cũng đánh giá tính chính xác của mô hình ARIMA, Mondal và cộng sự (2014) chỉ ra độ chính xác của mô hình ARIMA luôn nằm trên 85% trong dự báo giá của 56 cổ phiếu được niêm yết trên Sở Giao dịch Chứng khoán Quốc gia Ấn Độ từ 8 lĩnh vực khác nhau. Ưu điểm của nghiên cứu này là xem xét biến động của giá trên phạm vi ngành – tổng quát hơn so với các nghiên cứu dự báo giá một cổ phiếu cụ thể.

Xử lý dữ liệu từ tháng 1 năm 2022 đến tháng 7 năm 2013, Kamruzzaman và cộng sự (2017) chỉ ra mô hình ARIMA có hiệu quả khi dự báo tương đối chính xác chỉ số DSE. Năm 2021, Chowdhury và cộng sự tiến hành nghiên cứu chứng minh ARIMA là một mô hình phù hợp để dự báo giá cổ phiếu tương lai từ giá cổ phiếu hiện tại trên sàn Chittagong (CSE). Akhtar và cộng sự (2022) sử dụng các mô hình ARIMA và GARCH để dự báo tỷ giá hối đoái USD/PKR. Sunarya (2024) đã kết hợp mô hình ARIMA và ARCH/GARCH để dự báo giá cổ phiếu của Ngân hàng thương mại phát triển Shanghai Pudong. Áp dụng mô hình ARCH/GARCH đưa ra kết quả dự báo chính xác hơn khi giải quyết được vấn đề phương sai sai số thay đổi của mô hình ARIMA.

Như vậy, mô hình kết hợp ARIMA - ARCH/GARCH được chứng minh là một mô hình hiệu quả để dự báo giá các tài sản tài chính trong ngắn hạn.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Thu thập và xử lý số liệu

Để thu thập số liệu về giá đóng cửa cổ phiếu YEG của công ty cổ phần tập đoàn Yeah1, nhóm đã tổng hợp từ website Simplize (<https://simplize.vn>), dữ liệu được lấy từ ngày 8 tháng 3 năm 2021 đến ngày 7 tháng 3 năm 2025. Số liệu được tổng hợp theo ngày và xử lý trên phần mềm Excel và Eviews 12.

3.2. Mô hình nghiên cứu

3.2.1. Mô hình ARIMA

Một phương pháp rất phổ biến trong dự báo chuỗi thời gian là lập mô hình tự hồi quy tích hợp trung bình trượt (ARIMA), là mô hình dự báo chuỗi thời gian đơn biến được Box, G.E.P., và được G.M Jenkins giới thiệu vào năm 1976, dựa trên ý tưởng cho rằng chuỗi thời gian có thể được giải thích bằng cách kết hợp các hành vi hiện tại và trong quá khứ với các yếu tố ngẫu nhiên (nhiều) ở hiện tại và quá khứ, là tổng hợp của 3 mô hình: AR, I và MA. AR (AutoRegressive) là mô hình tự hồi quy, sử dụng các giá trị quá khứ của chính chuỗi thời gian để dự báo giá trị tương lai với tham số p là số lượng các giá trị quá khứ được sử dụng. Thành phần I (Integrated) giúp biến chuỗi không dừng thành chuỗi dừng bằng cách lấy hiệu giữa các giá trị liên tiếp của chuỗi thời gian tạo thành chuỗi sai phân với tham số d là số lần lấy sai phân. Cuối cùng, MA (Moving Average) là mô hình trung bình trượt, sử dụng các sai số dự báo trong quá khứ để cải thiện dự báo hiện tại với tham số q là số lượng sai số quá khứ được sử dụng.

Chuỗi dữ liệu nghiên cứu bằng mô hình ARIMA phải có tính dừng. Dạng của mô hình AR(p) và MA(q) được biểu diễn như sau:

- Mô hình tự hồi quy AR(p): $Y_t = a_0 + a_1Y_{t-1} + \dots + a_pY_{t-p} + \varepsilon_t$ (1)

Trong đó, ε_t là nhiễu trắng; $1, 2, t - p$ là những tham số cần tìm; a_0, a_1, \dots, a_p là các hệ số hồi quy. Giá trị của Y_t được xác định thông qua tổng có trọng số giá trị của nó ở quá khứ và số ngẫu nhiên.

- Mô hình trung bình trượt MA(q): $Y_t = \varepsilon_t + b_1\varepsilon_{t-1} + \dots + b_q\varepsilon_{t-q}$ (2)

Trong đó: ε_t là số hạng nhiễu ngẫu nhiên, b_1, b_2, \dots, b_q là các hệ số ước lượng. Giá trị của Y_t được xác định thông qua các nhiễu ở quá khứ.

Mô hình tự hồi quy và trung bình trượt ARMA(p,q) là sự kết hợp giữa quá trình tự hồi quy và trung bình trượt. Tuy nhiên, chỉ khi Y_t là chuỗi dừng thì mới có thể áp dụng mô hình ARMA. Do đó, mô hình tự hồi quy kết hợp trung bình trượt ARIMA (p,d,g) được dùng để phân tích những chuỗi dữ liệu không dừng và cần được sai phân, trong đó d chỉ mức độ sai phân.

3.2.2. Mô hình ARCH

Mô hình ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) là một mô hình thống kê được phát triển bởi Robert Engle vào năm 1982 và rất phổ biến trong việc phân tích các chuỗi thời gian có tính biến động cao. Mô hình ARCH được sử dụng để mô hình hóa và dự đoán phương sai thay đổi theo thời gian của chuỗi thời gian, đặc biệt là trong các dữ liệu tài chính như lãi suất, giá cổ phiếu, hay tỷ giá hối đoái. Mô hình này được thể hiện như sau:

Giả sử có chuỗi thời gian y_t tuân theo mô hình AR sau:

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + \dots + a_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Trong đó $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$ và phương sai thay đổi theo thời gian $\text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma_t^2$. Khi đó, ε_t được gọi là tuân theo mô hình ARCH(k), có dạng:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_k \varepsilon_{t-k}^2 \quad (4)$$

Phương trình (3) được gọi là phương trình trung bình (mean equation) còn phương trình (4) được gọi là phương trình phương sai (variance equation). Lưu ý rằng, ε_t vẫn được giả định là không có tự tương quan và có kỳ vọng bằng 0.

4. Kết quả dự báo

4.1. Mô tả thống kê, kiểm tra tính dừng

Tính dừng là một thuộc tính quan trọng trong phân tích chuỗi thời gian, thể hiện rằng các đặc tính thống kê của chuỗi không thay đổi theo thời gian. Cụ thể, một chuỗi được coi là dừng khi giá trị trung bình, phương sai và hàm tự tương quan của nó giữ nguyên theo thời gian.

Nếu chuỗi không có tính dừng, các mô hình dự báo có thể trở nên không ổn định và dẫn đến kết quả dự báo sai lệch.

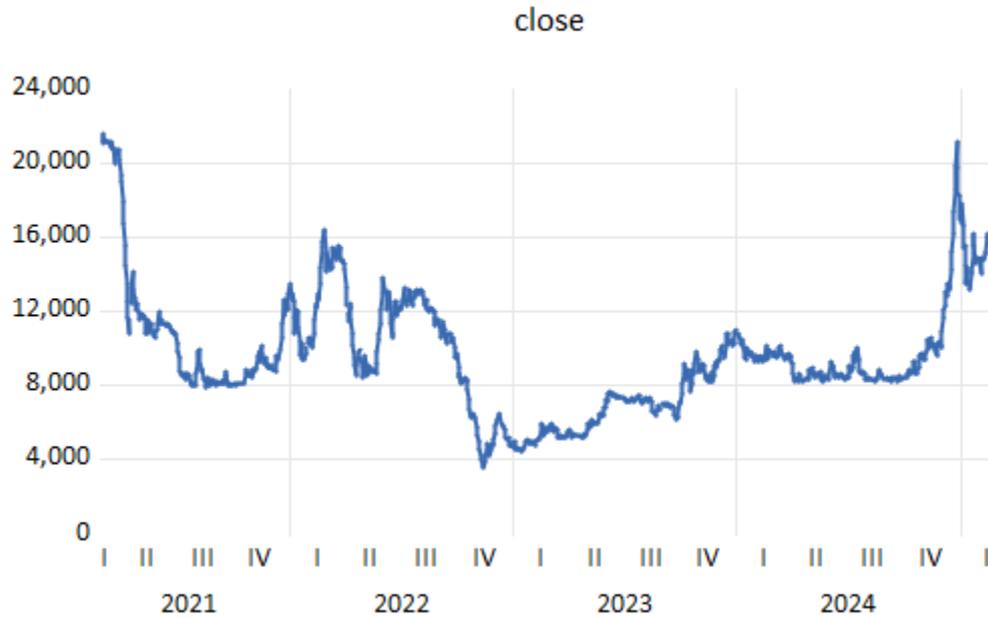
Trong mô hình ARCH, tính dừng đóng vai trò đặc biệt quan trọng vì mô hình này được xây dựng để mô tả sự biến động của phương sai theo thời gian. ARCH giả định rằng chuỗi đầu vào phải có tính dừng để đảm bảo các ước lượng là hợp lệ và có ý nghĩa thống kê. Nếu chuỗi không dừng, phương sai có thể thay đổi không kiểm soát, làm mất đi tính hiệu quả của mô hình. Do đó, trước khi áp dụng mô hình ARCH để dự báo biến động, cần kiểm định tính dừng của chuỗi dữ liệu bằng các phương pháp như Augmented Dickey-Fuller (ADF) và Phillips-Perron (PP). Nếu chuỗi không dừng, có thể áp dụng các biện pháp xử lý như lấy sai phân để biến đổi nó thành chuỗi dừng, đảm bảo tính phù hợp với mô hình ARCH.

Trước hết, nhóm sẽ thực hiện mô tả thống kê số liệu trước khi phân tích dữ liệu chi tiết để tổng quan chuỗi dữ liệu. Sử dụng lệnh View/Descriptive Statistics & Tests/Stats Table và lệnh View/Graph trong Eviews, thu được kết quả như sau:

	CLOSE
Mean	9678.757
Median	9010.379
Maximum	21624.91
Minimum	3657.154
Std. Dev.	3302.155
Skewness	1.112750
Kurtosis	4.775547
Jarque-Bera	337.7259
Probability	0.000000
Sum	9678757.
Sum Sq. Dev.	1.09E+10
Observations	1000

Hình 1. Mô tả thống kê của chuỗi giá đóng cửa cổ phiếu YEG từ ngày 08/03/2021 đến 07/03/2025

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)



Hình 2. Diễn biến giá đóng cửa cổ phiếu từ ngày 08/03/2021 đến 07/03/2025

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

Hình 2 cho thấy diễn biến giá đóng cửa cổ phiếu YEG theo ngày trong tuần từ tháng 8/3/2021 đến 7/3/2025 có sự biến động mạnh và không duy trì một mức trung bình ổn định. Đặc biệt, giai đoạn 2021-2022 có xu hướng giảm, trong khi từ 2023 trở đi lại có sự tăng trưởng dần, cho thấy sự thay đổi trong xu hướng chung. Với đặc điểm xu hướng rõ ràng và phương sai thay đổi theo thời gian, chuỗi này có thể không có tính dừng. Do đó cần được xác nhận bằng các kiểm định thống kê như kiểm định Augmented Dickey-Fuller (ADF) hoặc Phillips-Perron (PP) bằng lệnh View/Unit Root Tests/Standard Unit Root Test.

Bảng 1. Kết quả kiểm định ADF và PP đối với chuỗi gốc

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.146830	0.0961
Test critical values:	1% level	-3.967270	
	5% level	-3.414323	
	10% level	-3.129283	
		Adj. - Stat	Prob.*

Phillips-Perron test statistic		-2.954822	0.1458
Test critical values:	1% level	-3.967261	
	5% level	-3.414318	
	10% level	-3.129280	

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

Kết quả kiểm tra cho thấy chuỗi dữ liệu gốc là một chuỗi không dừng, do giá trị xác suất Prob. = 0.1458 lớn hơn mức ý nghĩa $\alpha=5\%$ và 10% .

Vì yêu cầu chuỗi số liệu đầu vào phải có tính dừng, nên ta cần khắc phục tính không dừng của chuỗi gốc bằng cách lấy sai phân bậc 1. Sử dụng lệnh `genr d_close = d(close)`, tiếp tục kiểm định ADF và PP, thu được kết quả:

Bảng 2. Kết quả kiểm định ADF và PP đối với chuỗi sai phân bậc 1

		t-Statistic	Prob.*
<hr/>			
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-25.10664	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.967270	
	5% level	-3.414323	
	10% level	-3.129283	
<hr/>			
		Adj. - Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-25.32484	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.967270	
	5% level	-3.414323	
	10% level	-3.129283	

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

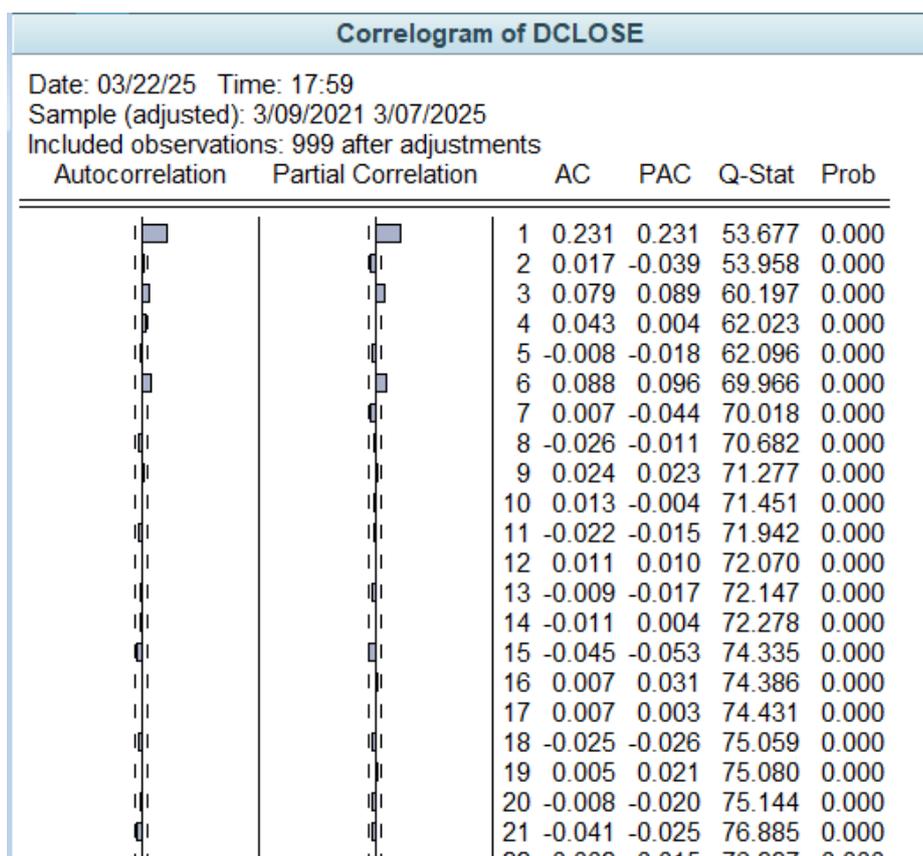
Do giá trị xác suất Prob.*= 0.0000 < 5%, nên có thể kết luận chuỗi sai phân bậc 1 của giá đóng cửa cổ phiếu YEG là chuỗi dừng.

4.2. Xây dựng mô hình ARIMA

4.2.1. Nhận dạng mô hình ARIMA

Bước đầu tiên để xây dựng mô hình ARIMA cho chuỗi dữ liệu giá đóng cửa cổ phiếu YEG gồm 1000 quan sát từ ngày 8/3/2021 đến ngày 7/3/2025 là nhận dạng mô hình, cụ thể là xác định giá trị thích hợp của p, d, q. Trong đó, d là bậc sai phân của chuỗi thời gian, p là bậc tự hồi quy và q là bậc trung bình trượt. Kiểm định chuỗi dữ liệu cho thấy chuỗi này dừng ở sai phân bậc 1, do đó ta có $d = 1$.

Để xác định được p và q, ta phải xác định được độ trễ tại đó các hệ số tương quan riêng phần giảm đột ngột về giá trị bằng 0 theo có ý nghĩa theo phương pháp nhận dạng của Box & Jenkins (1976) thông qua đồ thị tự tương quan và tương quan riêng phần của chuỗi. Sử dụng lệnh View/Correlogram thu được như sau:



Hình 3. Giảm đồ tự tương quan của chuỗi sai phân bậc 1

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

Theo quan sát, nhận thấy p có thể mang các giá trị $\{1,3,6,15\}$; q có thể mang các giá trị $\{1,3,6\}$. Để lựa chọn bậc phù hợp cho mô hình ARIMA, nhóm tác giả sử dụng đồng thời hai thước đo AIC và BIC được xác định theo công thức:

- **AIC (Akaike Information Criterion):** $AIC = -2\ell + 2k$
- **BIC (Bayesian Information Criterion):** $BIC = -2\ell + k \cdot \ln(n)$

Trong đó: ℓ là giá trị tối đa của hàm hợp lý (log-likelihood); k là số lượng tham số ước lượng trong mô hình ($k=p+q+c$, với $c=1$); n là số lượng quan sát (sample size)

Mô hình có giá trị nhỏ nhất đồng thời ở cả ba tiêu chí được ưu tiên. Chênh lệch ≥ 2 điểm AIC hoặc ≥ 6 điểm BIC giữa hai mô hình được xem là khác biệt có ý nghĩa thống kê (Burnham & Anderson, 2004).

Bảng 3. Tiêu chuẩn AIC và BIC

STT	Mô hình ARIMA(p,d,q)	AIC	BIC
1	ARIMA(1,1,1)	14610.75	14.625.473
2	ARIMA(1,1,3)	14614.75	14.639.289
3	ARIMA(3,1,1)	14614.75	14.639.289
4	ARIMA(3,1,3)	14618.75	14.653.104
5	ARIMA(1,1,6)	14620.75	14.660.012
6	ARIMA(6,1,1)	14620.75	14.660.012
7	ARIMA(3,1,6)	14624.75	14.673.828
8	ARIMA(6,1,3)	14624.75	14.673.828
9	ARIMA(6,1,6)	14630.75	14.694.551
10	ARIMA(15,1,1)	14638.75	14.722.182
11	ARIMA(15,1,3)	14642.75	14.735.997

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp và tính toán (2025)

Mặc dù mô hình ARIMA(1,1,1) có AIC và BIC thấp nhất, song sự khác biệt về giá trị này so với mô hình ARIMA(15,1,1) là không quá lớn (AIC = 14638.75; BIC = 14.722.182). Trong bối cảnh phân tích thực tiễn, việc lựa chọn mô hình không nên chỉ dựa trên tiêu chí tối ưu AIC/BIC, mà cần xét đến khả năng kiểm soát các khuyết tật mô hình sau này.

ARIMA(15,1,1) có ưu điểm đáng kể nhờ bậc tự hồi quy cao ($p = 15$), giúp mô hình hấp thụ tốt hơn các cấu trúc tự tương quan còn lại trong chuỗi, từ đó hạn chế khả năng vi phạm giả định quan trọng, đảm bảo tính ổn định và độ tin cậy cho các phân tích tiếp theo. Sau khi xem các mô hình được hình thành sẽ được sử dụng để ước tính mô hình ARIMA, từ kết quả tính toán, nhóm tác giả thấy rằng mô hình ARIMA tốt nhất khi dùng cho dữ liệu giá đóng cửa cổ phiếu YEG là mô hình ARIMA có AR(15) và MA(1).

4.2.2. Ước lượng mô hình

Dựa vào kết quả ước lượng mô hình ARIMA có AR(15) MA(1) bằng lệnh `ls d_close AR(15) MA(1)` trên phần mềm Eviews, ta có các hệ số của mô hình.

Dependent Variable: DCLOSE
Method: ARMA Maximum Likelihood (BFGS)
Date: 03/22/25 Time: 18:00
Sample: 3/09/2021 3/07/2025
Included observations: 999
Convergence achieved after 4 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(15)	-0.050520	0.023820	-2.120889	0.0342
MA(1)	0.251125	0.020230	12.41354	0.0000
SIGMASQ	130795.3	4333.753	30.18061	0.0000
R-squared	0.059320	Mean dependent var		-5.093977
Adjusted R-squared	0.057431	S.D. dependent var		373.0720
S.E. of regression	362.2006	Akaike info criterion		14.62538
Sum squared resid	1.31E+08	Schwarz criterion		14.64011
Log likelihood	-7302.375	Hannan-Quinn criter.		14.63098
Durbin-Watson stat	2.005306			
Inverted AR Roots	.80-.17i .41+.71i -25+.78i -75-.33i	.80+.17i .41-.71i -25-.78i -75+.33i	.66-.48i .09+.82i -55-.61i -.82	.66+.48i .09-.82i -55+.61i
Inverted MA Roots	-.25			

Hình 4. Kết quả hồi quy mô hình ARIMA(15,1,1)

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

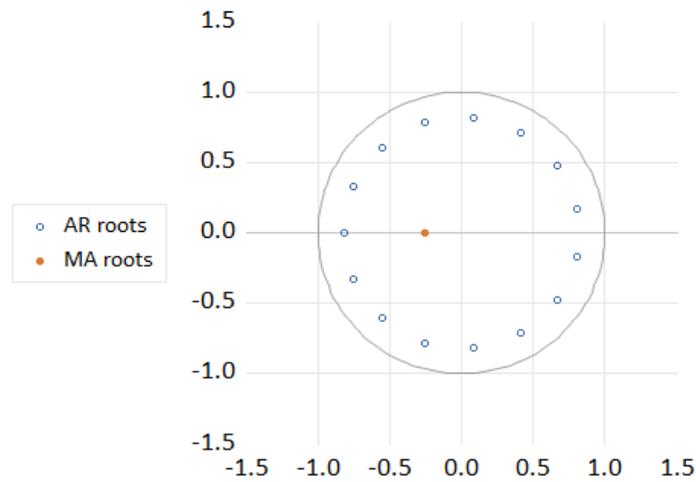
Dựa vào kết quả hồi quy mô hình, có thể thấy các hệ số AR(15) có p-value= 0.0342 và MA(1) có p-value = 0.0000, đều nhỏ hơn 5% nên chúng đều có ý nghĩa thống kê. Điều này cho thấy mô hình có sự ảnh hưởng của giá đóng cửa trước đó với độ trễ 15 và yếu tố trung bình trượt bậc 1. Durbin-Watson = 2.005306 chứng tỏ không có tự tương quan trong phần dư. Các tiêu chí AIC, SC, HQC cũng tương đối thấp, cho thấy mô hình có sự phù hợp.

4.2.3. Kiểm định

4.2.3.1. Tính ổn định của mô hình

Sử dụng thao tác View/ARMA Structure thu được Đồ thị hiển thị nghiệm nghịch đảo của đa thức tự hồi quy (AR) và trung bình trượt (MA) trên mặt phẳng đơn vị. Các điểm xanh (AR roots) và cam (MA roots) đều nằm trong đường tròn đơn vị, tức là có giá trị tuyệt đối nhỏ hơn 1 và mô hình ARIMA được coi là ổn định. Điều này đảm bảo rằng các dự báo từ mô hình không tăng hoặc giảm vô hạn theo thời gian, giúp duy trì tính hữu ích của mô hình dự báo.

DCLOSE: Inverse Roots of AR/MA Polynomial(s)



Hình 5. Đồ thị nghiệm nghịch đảo của đa thức AR/MA

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

4.2.3.2. Kiểm định phương sai

Trong mô hình ARIMA, kiểm định phương sai là một bước quan trọng để đảm bảo mô hình có độ tin cậy trong dự báo. Sau khi tạo phần dư bằng thao tác Proc/Make residual series, ta đi kiểm định các khuyết tật sau:

a) Tính dừng:

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-31.89827	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.967270	
5% level	-3.414323	
10% level	-3.129283	

Kiểm tra tính dừng của chuỗi phần dư trong mô hình bằng cách sử dụng kiểm định ADF (Augmented Dickey-Fuller). Dựa vào kết quả hiển thị, có thể thấy giá trị thống kê kiểm định của ADF (-31.89) nhỏ hơn rất nhiều so với giá trị tới hạn ở mức 5% (-3.414323); P-value

= 0.0000 < 5%. Từ đó đưa ra kết luận bác bỏ giả thuyết gốc (H_0), phần dư của mô hình ARIMA là chuỗi dừng.

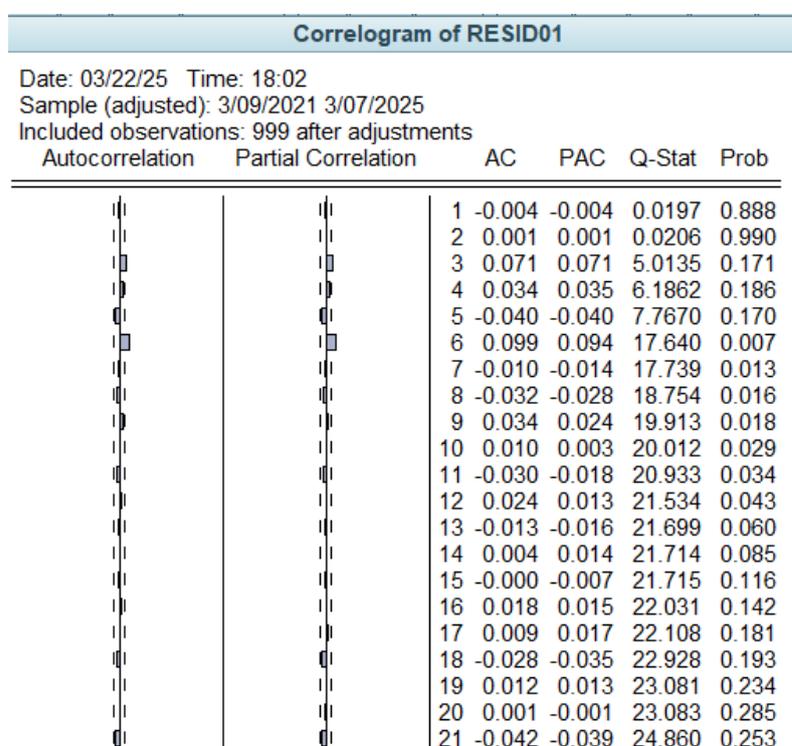
Bảng 4. Kết quả kiểm định ADF đối với phần dư mô hình ARIMA(15,1,1)

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

b) Nhiễu trắng:

Kiểm tra chuỗi phần dư trong mô hình có nhiễu trắng hay không bằng cách sử dụng các hệ số tự tương quan AC, PAC. Vì p-value > 0.05 ở tất cả các độ trễ, không có đủ bằng chứng để bác bỏ giả thuyết H_0 , suy ra phần dư có nhiễu trắng.

Điều này cho thấy phần dư không có tự tương quan đáng kể và mô hình ARIMA đã loại bỏ được sự phụ thuộc của dữ liệu. Mô hình ARIMA được xác nhận là tốt, không cần bổ sung thêm các bậc AR hay MA.

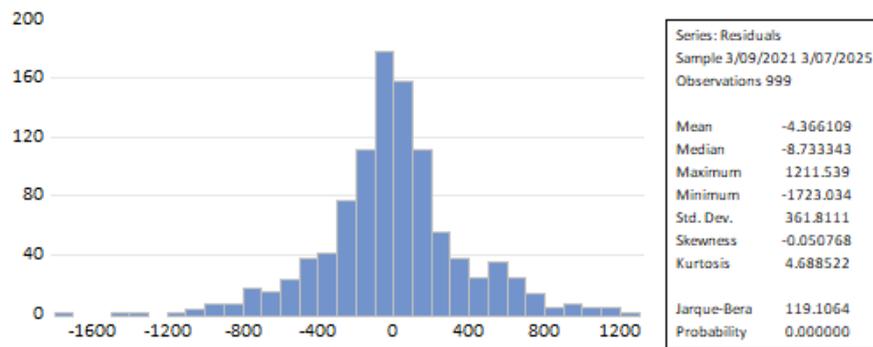


Hình 6. Biểu đồ tự tương quan của phần dư mô hình ARIMA(15,1,1)

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

c) Phân phối chuẩn:

Kết quả kiểm định phân phối chuẩn cho thấy giá trị p-value = 0.0000 < 5%, bác bỏ giả thuyết H_0 , suy ra phần dư không tuân theo phân phối chuẩn.



Hình 7. Kết quả kiểm định tính phân phối chuẩn phần dư mô hình ARIMA(15,1,1)

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

d) Phương sai sai số thay đổi:

Do p-value = 0.0000 < 0.05, bác bỏ giả thuyết H_0 , kết luận mô hình có hiệu ứng ARCH, nghĩa là phương sai của phần dư thay đổi theo thời gian, có hiện tượng phương sai thay đổi.

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	258.5295	Prob. F(1,996)	0.0000
Obs*R-squared	205.6647	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 03/22/25 Time: 18:04
 Sample (adjusted): 3/10/2021 3/07/2025
 Included observations: 998 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	71157.03	7998.064	8.896781	0.0000
RESID^2(-1)	0.453761	0.028221	16.07885	0.0000
R-squared	0.206077	Mean dependent var	130546.1	
Adjusted R-squared	0.205280	S.D. dependent var	251394.3	
S.E. of regression	224110.7	Akaike info criterion	27.47967	
Sum squared resid	5.00E+13	Schwarz criterion	27.48950	
Log likelihood	-13710.36	Hannan-Quinn criter.	27.48341	
F-statistic	258.5295	Durbin-Watson stat	2.211313	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Hình 8. Kết quả kiểm định hiệu ứng ARCH của phần dư mô hình ARIMA(15,1,1)

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

4.3. Xây dựng mô hình ARCH

4.3.1. Nhận dạng và ước lượng mô hình

Do dữ liệu chuỗi thời gian của giá đóng cửa cổ phiếu YEG có hiệu ứng ARCH, nên nhóm nghiên cứu thay đổi phương pháp ước lượng mô hình từ phương pháp Least Squares sang phương pháp ARCH. Thực hiện kiểm tra lần lượt từng bậc của ARCH, bắt đầu từ bậc 1 để xác định bậc thích hợp của hiệu ứng ARCH trong mô hình hồi quy EQ01, ta thu được kết quả như sau:

Dependent Variable: DCLOSE
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
Date: 03/22/25 Time: 18:05
Sample (adjusted): 3/30/2021 3/07/2025
Included observations: 984 after adjustments
Convergence achieved after 19 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients
MA Backcast: 3/29/2021
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(15)	-0.074814	0.019698	-3.798096	0.0001
MA(1)	0.286811	0.019757	14.51714	0.0000

Variance Equation

	C	RESID(-1)^2		
	59085.54	0.606598	2762.387	0.0000
			0.073514	8.251437
				0.0000

R-squared	0.065680	Mean dependent var	-4.525261
Adjusted R-squared	0.064728	S.D. dependent var	373.1667
S.E. of regression	360.8875	Akaike info criterion	14.38680
Sum squared resid	1.28E+08	Schwarz criterion	14.40669
Log likelihood	-7074.306	Hannan-Quinn criter.	14.39436
Durbin-Watson stat	2.044998		

Hình 9. Kết quả ước lượng mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(1)

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

Dựa trên kết quả ước lượng mô hình ARCH(1), ta đánh giá ý nghĩa thống kê của các hệ số như sau: hệ số của biến AR(15) có p-value = 0.001 < 5%, hệ số của MA(1) có p-value = 0.000 < 5%, chứng tỏ biến có tác động đáng kể đến mô hình.

Trong phương trình phương sai, hằng số C có giá trị 59085.54 với p-value bằng 0.000, khẳng định rằng nó có ý nghĩa thống kê. Hệ số của biến RESID(-1)^2 là 0.606598 với p-value = 0.000, cho thấy sự tồn tại của hiệu ứng ARCH bậc 1.

Ngoài ra, các tiêu chí đánh giá mô hình như Akaike (AIC = 14.38680), Schwarz (SC = 14.40669) và Hannan-Quinn (HQ = 14.39436) đều ở mức hợp lý. Giá trị Durbin-Watson

khoảng 2.044998 cho thấy mô hình không có hiện tượng tự tương quan nghiêm trọng. Như vậy, mô hình ARCH(1) được đánh giá là phù hợp để mô tả sự biến động phương sai theo thời gian của chuỗi dữ liệu.

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành ước lượng mô hình ARCH với các bậc từ 2 trở lên nhằm kiểm tra xem liệu mô hình bậc cao hơn có cải thiện khả năng mô tả sự biến động phương sai hay không. Dưới đây là bảng tổng hợp p-value của kiểm định Ljung-Box tại độ trễ 36 cho các mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(p) với các bậc từ 1 đến 5:

Bảng 5. Kết quả kiểm định Ljung-Box tại độ trễ 36 cho các mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(p)

Độ trễ (Lag)	ARCH(1) p-value	ARCH(2) p-value	ARCH(3) p-value	ARCH(4) p-value	ARCH(5) p-value
3	0.014	0.001	0.039	0.029	0.054
4	0.011	0.000	0.013	0.014	0.023
5	0.028	0.001	0.024	0.026	0.039
6	0.015	0.001	0.017	0.023	0.025
7	0.029	0.003	0.033	0.044	0.049
8	0.034	0.006	0.046	0.070	0.076
9	0.041	0.006	0.040	0.063	0.080
10	0.060	0.011	0.064	0.096	0.119
11	0.092	0.018	0.096	0.141	0.171
12	0.084	0.022	0.105	0.137	0.171
13	0.115	0.035	0.145	0.188	0.230
14	0.128	0.050	0.181	0.236	0.288
15	0.108	0.070	0.198	0.234	0.315
16	0.146	0.094	0.248	0.288	0.385

17	0.171	0.119	0.293	0.343	0.438
18	0.207	0.132	0.317	0.345	0.408
19	0.230	0.145	0.347	0.374	0.427
20	0.266	0.169	0.404	0.431	0.473
21	0.262	0.189	0.432	0.440	0.496
22	0.297	0.232	0.492	0.501	0.561
23	0.340	0.272	0.519	0.526	0.584
24	0.376	0.315	0.566	0.578	0.631
25	0.392	0.357	0.625	0.636	0.687
26	0.449	0.390	0.665	0.684	0.731
27	0.495	0.387	0.700	0.719	0.772
28	0.420	0.293	0.614	0.659	0.726
29	0.468	0.315	0.634	0.699	0.756
30	0.486	0.337	0.662	0.737	0.778
31	0.514	0.381	0.704	0.776	0.813
32	0.559	0.428	0.749	0.814	0.847
33	0.482	0.389	0.719	0.792	0.838
34	0.521	0.434	0.760	0.826	0.868
35	0.318	0.271	0.610	0.733	0.767
36	0.317	0.307	0.629	0.738	0.775

Nguồn: Kết quả tổng hợp từ phần mềm Eviews 12 (2025)

Dựa trên kết quả kiểm định Ljung-Box đối với phần dư chuẩn hóa của các mô hình ARIMA(15,1,1) kết hợp với ARCH từ bậc 1 đến bậc 5, mô hình ARCH(1) mặc dù vẫn còn một

số p-value nhỏ hơn 0.05 tại các độ trễ thấp (lag 3 đến 9), nhưng từ độ trễ 10 trở đi, phần dư đã không còn tự tương quan có ý nghĩa thống kê. Trong khi đó, các mô hình ARCH bậc cao hơn như ARCH(3), ARCH(4) hay ARCH(5) chỉ cải thiện p-value ở một mức rất nhỏ, không mang lại khác biệt đáng kể về chất lượng mô hình nhưng lại làm tăng đáng kể độ phức tạp. Vì vậy, để đảm bảo sự cân bằng giữa hiệu quả xử lý khuyết tật và tính đơn giản, dễ diễn giải của mô hình, mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(1) được lựa chọn là phù hợp nhất.

4.3.2. Kiểm định mô hình

4.3.2.1. Hiệu ứng ARCH

Kết quả kiểm định cho thấy p-value = 0.1334, có thể kết luận rằng không còn tồn tại hiệu ứng ARCH trong dữ liệu. Mô hình ARCH đã loại bỏ được hiệu ứng phương sai thay đổi và phù hợp với dữ liệu, không cần điều chỉnh thêm.

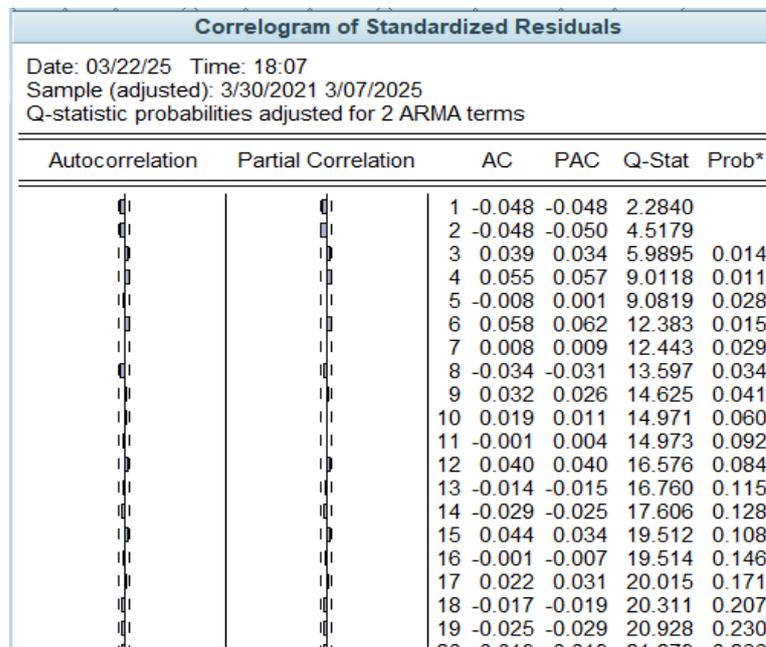
Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	2.256294	Prob. F(1,981)	0.1334	
Obs*R-squared	2.255706	Prob. Chi-Square(1)	0.1331	
Test Equation:				
Dependent Variable: WGT_RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 03/22/25 Time: 18:06				
Sample (adjusted): 3/31/2021 3/07/2025				
Included observations: 983 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.048466	0.070894	14.78913	0.0000
WGT_RESID^2(-1)	-0.047905	0.031892	-1.502096	0.1334
R-squared	0.002295	Mean dependent var	1.000526	
Adjusted R-squared	0.001278	S.D. dependent var	1.986037	
S.E. of regression	1.984768	Akaike info criterion	4.210914	
Sum squared resid	3864.458	Schwarz criterion	4.220864	
Log likelihood	-2067.664	Hannan-Quinn criter.	4.214699	
F-statistic	2.256294	Durbin-Watson stat	1.983948	
Prob(F-statistic)	0.133394			

Hình 10. Kết quả kiểm định hiệu ứng ARCH của mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(1)

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

4.3.2.2. Tự tương quan

Do p-value tại tất cả độ trễ đều lớn hơn 0.05, nghĩa là không có bằng chứng thống kê để bác bỏ giả thuyết H_0 rằng phần dư là nhiễu trắng. Suy ra có hiện tượng tự tương quan trong phần dư chuẩn hóa.

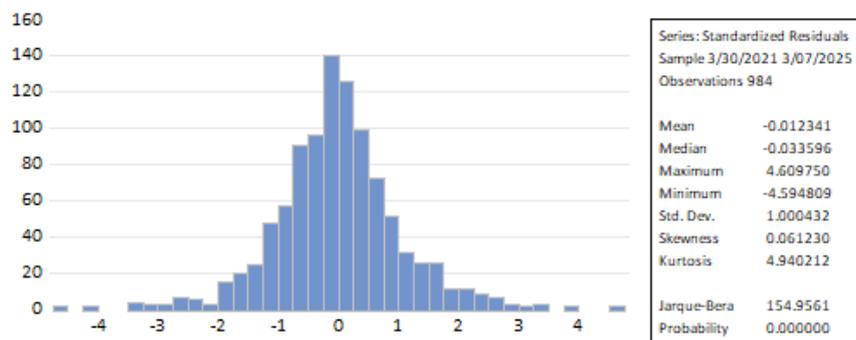


Hình 11. Biểu đồ tự tương quan của phần dư mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(1)

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

4.3.2.3. Phân phối chuẩn

Kết quả cho thấy p-value: $0.000000 < 0.05$, bác bỏ giả thuyết H_0 , suy ra phần dư của mô hình ARCH không tuân theo phân phối chuẩn.



Hình 12. Kết quả kiểm định tính phân phối chuẩn của phần dư mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(1)

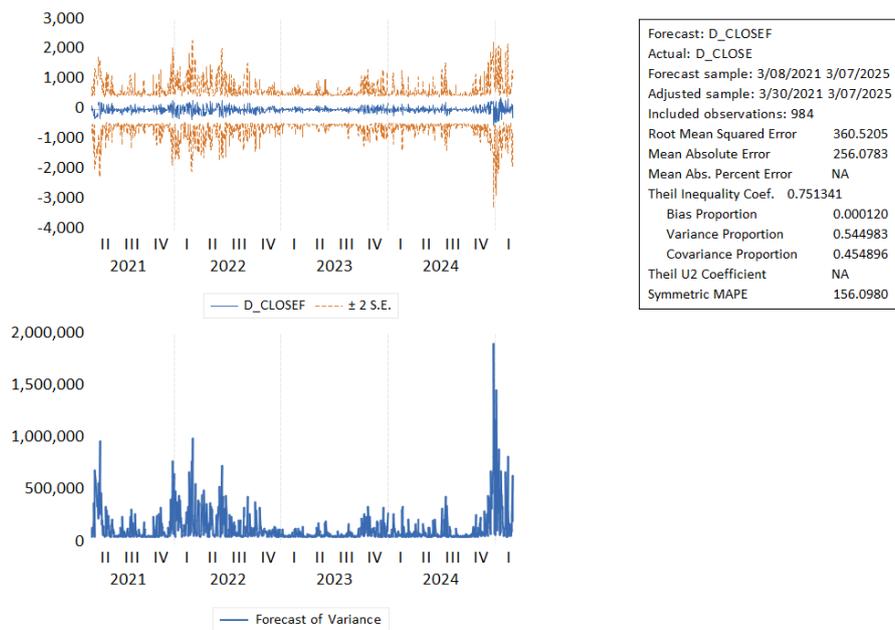
Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

4.4. Dự báo

Dựa trên mô hình ARCH đã ước lượng được, nghiên cứu sẽ dự báo giá đóng cửa của mã cổ phiếu YEG đến ngày 30/3/2025. Mô hình ARCH dự báo có dạng:

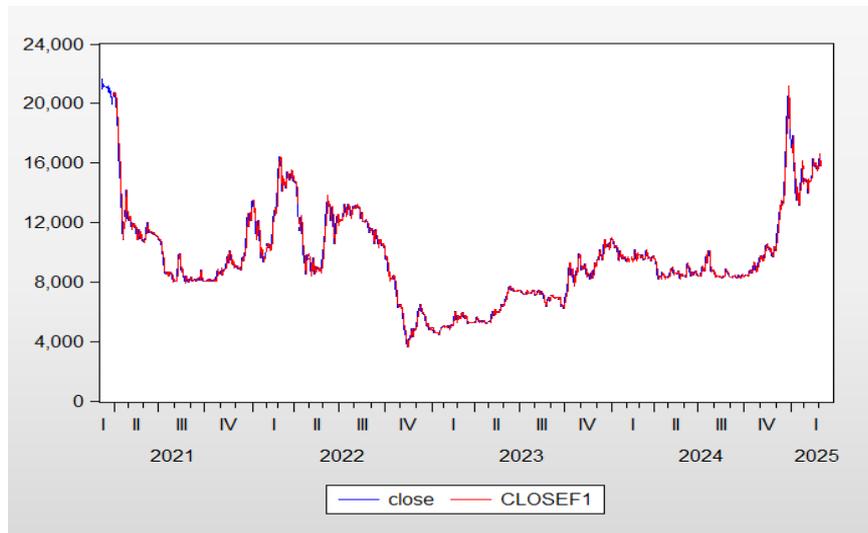
$$Y_t = 0,0692644Y_{t-6} + 0,059807\varepsilon_{t-3} + \varepsilon_t$$
$$\sigma^2_t = 103459 + 0.650047\varepsilon^2_{t-1}$$

Sau khi thực hiện tổng hợp, xử lý và tính toán số liệu, nghiên cứu dự báo được giá đóng cửa của cổ phiếu YEG từ ngày 08/03/2025 đến ngày 30/03/2025 bằng mô hình ARCH(1) với độ tin cậy 95%. Để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình, nghiên cứu tiến hành so sánh một số kết quả dự báo với thực tế và tính toán sai số.



Hình 13. Kết quả dự báo tính giá đóng cửa của cổ phiếu YEG

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)



Hình 14. Biểu đồ so sánh giá đóng cửa cổ phiếu YEG thực tế và dự báo từ 8/3/2021 đến 30/3/2025

Nguồn: Kết quả trích xuất từ phần mềm Eviews 12 (2025)

Bảng 6. Dự báo giá đóng cửa cổ phiếu YEG từ 10/3/2025 đến 30/3/2025

Thời gian	Kết quả dự báo	Thực tế (Đến ngày 19/03/2025)	Sai số (%)
10/03/2025	16,074.86	15,900	1%
11/03/2025	16060.18	15,750	2%
12/03/2025	16075.47	16,400	-2%
13/03/2025	16117.03	16,000	1%
14/03/2025	16072.01	15,800	2%
17/03/2025	16072.01	15,100	6%
18/03/2025	16073.73		
19/03/2025	16072.71		
20/03/2025	16073.77		
21/03/2025	16076.65		
24/03/2025	16073.53		
25/03/2025	16073.53		
26/03/2025	16073.65		
27/03/2025	16073.58		
28/03/2025	16073.65		

Nguồn: Kết quả tổng hợp từ phần mềm Eviews 12 (2025)

Như vậy, kết quả dự báo cho thấy đến ngày 30/3/2025, giá đóng cửa cổ phiếu YEG dao động ở mức 16000VNĐ. Đồng thời, kết quả 6 ngày đầu tiên trong khoảng dự báo cho thấy mức sai lệch nhỏ khoảng -2% đến 6%. Như vậy, mô hình dự báo là phù hợp. Tuy nhiên, cần chú ý tới các thay đổi của thị trường và các sự kiện liên quan để kết quả dự báo chính xác hơn. Do đó, kết quả này chỉ mang tính tham khảo cho nhà đầu tư.

5. Kết luận và hướng nghiên cứu trong tương lai

Nghiên cứu đã xây dựng thành công mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(1) nhằm dự báo giá cổ phiếu YEG của Công ty Cổ phần Tập đoàn Yeah1 dựa trên dữ liệu thực tế từ tháng 3/2021 đến tháng 3/2025. Sau khi xử lý chuỗi giá đóng cửa bằng sai phân bậc 1 để đảm bảo tính dừng, mô hình ARIMA được lựa chọn dựa trên các tiêu chí thống kê AIC, BIC và các kiểm định phần dư. Tuy nhiên, kết quả kiểm định ARCH-LM cho thấy phương sai sai số thay đổi theo thời gian, do đó thành phần ARCH(1) được tích hợp để hình thành mô hình kết hợp ARIMA(15,1,1)-ARCH(1). Mô hình này đã khắc phục hiệu quả hiện tượng tự tương quan còn sót lại và phản ánh được tính biến động theo thời gian trong phương sai điều kiện. Kết quả dự báo trong khoảng thời gian từ 8/3 đến 30/3/2025 cho thấy giá cổ phiếu YEG dao động quanh mức 16.000 VNĐ, với sai số dao động từ -2% đến +6% so với giá thực tế, cho thấy khả năng dự báo ngắn hạn tốt và độ tin cậy chấp nhận được.

Trên phương diện học thuật, nghiên cứu khẳng định giá trị của việc kết hợp mô hình ARIMA với ARCH trong bối cảnh chuỗi tài chính có phương sai không ổn định. Đồng thời, trên phương diện thực tiễn, mô hình ARIMA(15,1,1)-ARCH(1) cho thấy tính ứng dụng cao, giúp nhà đầu tư nắm bắt xu hướng biến động ngắn hạn, từ đó ra quyết định kịp thời và kiểm soát rủi ro tốt hơn. Tuy nhiên, mô hình vẫn tồn tại một số hạn chế. Phần dư chưa hoàn toàn tuân theo phân phối chuẩn, cho thấy khả năng còn chịu ảnh hưởng từ các yếu tố ngoại sinh chưa được mô hình hóa. Ngoài ra, mô hình chưa xét đến các biến số kinh tế vĩ mô hay yếu tố nội tại doanh nghiệp, và cũng chưa kiểm chứng hiệu quả trong khung dự báo dài hạn. Do đó, nhà đầu tư khi sử dụng kết quả dự báo từ mô hình nên coi đây là một công cụ hỗ trợ, kết hợp với các phân tích cơ bản, kỹ thuật và thông tin thị trường để đưa ra quyết định toàn diện hơn.

Trong tương lai, nghiên cứu có thể mở rộng theo các hướng như: áp dụng các biến thể GARCH, tích hợp thêm các yếu tố vĩ mô và vi mô vào mô hình, thử nghiệm với các cổ phiếu khác hoặc nhóm cổ phiếu ngành, cũng như kéo dài khung thời gian dự báo để đánh giá khả năng tổng quát hóa và độ ổn định của mô hình trong trung và dài hạn. Những cải tiến này kỳ

vọng sẽ nâng cao hơn nữa tính chính xác, khả năng thích ứng và giá trị ứng dụng thực tế của mô hình ARIMA-ARCH trong phân tích tài chính và hỗ trợ ra quyết định đầu tư.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Akhtar, S., Ramzan, M., Shah, S., Ahmad, I., Khan, M.I., Ahmad, S., El-Affendi, M.A. & Qureshi, H. (2022), “Forecasting Exchange Rate of Pakistan Using Time Series Analysis”, *Mathematical Problems in Engineering*, Vol.1.

Alam, M.Z., Siddiquee, Md.N. & Masukujjaman, Md. (2013), “Forecasting Volatility of Stock Indices with ARCH Model”, *International Journal of Financial Research*, Vol.4, pp. 126.

Ariyo, A.A., Adewumi, A.O. & Ayo, C.K. (2014), “Stock Price Prediction Using the ARIMA Model”, in *2014 UKSim-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation, 26-28 March 2014*, IEEE, Cambridge, pp. 106–112.

Uma Devi, B., Sundar, D. & Alli, P. (2013), “An Effective Time Series Analysis for Stock Trend Prediction Using ARIMA Model for Nifty Midcap-50”, *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process (IJDKP)*, Vol.3, pp. 65–78.

Bollerslev, T. (1986), “Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity”, *Journal of Econometrics*, Vol.31, pp.307-327.

Chowdhury, T.U., Islam, S. (2021), “ARIMA Time Series Analysis in Forecasting Daily Stock Price of Chittagong Stock Exchange (CSE)”, *International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)*, Vol.05, pp. 214–233.

Dickey, D.A., Fuller, W.A. (1979), “Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root”, *Journal of the American Statistical Association*, Vol.74, pp. 427-431.

Engle, R.F. (1982), “Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation”, *Econometrica*, Vol.50, pp. 987-1007.

Gujarati, D.N., Porter, D.C. (2009), *Basic econometrics*. 5th edn. McGraw-Hill Education, New York.

- Hamilton, J.D. (1994), *Time series analysis*, Princeton University Press, Princeton
- Jeffrey, E.J., Eric, K. (2011), “ARIMA Modeling with Intervention to Forecast and Analyze Chinese Stock Prices”, *International Journal of Engineering Business Management*, Vol.3.
- Liu, Z., Lv, Y. (2011), “A Study of the USDX Predication Based on ARIMA and GARCH Models”, in *2011 Fourth International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering*, IEEE Xplore, Wuhan, pp. 82–85.
- Kamruzzaman, M., Khudri, M.M. & Rahman, M.M. (2017), “Modeling and Predicting Stock Market Returns: A Case Study on Dhaka Stock Exchange of Bangladesh”, *Dhaka University Journal Science*, Vol.65, pp. 97–101.
- Mondal, P., Shit, L. & Goswami, S. (2014), “Study of Effectiveness of Time Series Modeling (Arima) in Forecasting Stock Prices”, *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications (IJCSEA)*, Vol.4, pp. 13–29.
- Phillips, P.C.B., Perron, P. (1988), “Testing for a unit root in time series regression”, *Biometrika*, Vol.75, pp. 335-346.
- Soni, P., Tewari, Y. & Krishnan, D. (2022), “Machine Learning Approaches in Stock Price Prediction: A Systematic Review”, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol.2161.
- Sunarya, I.W. (2024), “Prediction Stock Price of Shanghai Pudong Development Bank with ARIMA and ARCH/GARCH Models”, *Jurnal Aplikasi Manajemen, Ekonomi dan Bisnis*, Vol.9, pp. 11–27.