

**Економічна теорія**

Георгіос ТАНАСАС,  
Іван ГАВРИЛОВ

**ЕМПІРИЧНИЙ АНАЛІЗ  
ПРИЧИННИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПЕРЕЛИВІВ  
ВОЛАТИЛЬНОСТІ ІНДЕКСУ S&P-500**

**Резюме**

Розкрито волатильний характер залежності між фондовим індексом та акціями, що його представляють. Досліджуються напрями переливів волатильності в контексті трансформації причинних зв'язків. Проаналізовано взаємозв'язки і переливи волатильності між індексом S&P-500 та акціями META та GOOG (технологічний сектор), JPM та BAC (фінансовий сектор), MRO та OXY (нафтогазовий сектор), які входять до індексу. За основу методики дослідження взято модель GARCH (1,1), що дає змогу враховувати розвиток дисперсії в часі та динаміку умовної волатильності часових рядів. Виявлено взаємозалежності, орієнтовані на прогнозування шоків переливів волатильності від S&P-500 до акцій і навпаки.

---

© Георгіос Танасас, Іван Гаврилов, 2024.

Танасас Георгіос, д-р, доцент, Патрський університет, Греція. ORCID: 0000-0002-7893-9363  
E-мейл: thanasasgeo@upatras.gr  
Іван Гаврилов, магістр фінансів, банківської справи та страхування Київського національного економічного університету ім. Вадима Гетьмана, м. Київ, Україна. ORCID: 0009-0007-0844-9418  
E-мейл: gavrylov231299@gmail.com

### **Ключові слова:**

перелив волатильності; причинність Грейнджера; модель GARCH (1,1); індекс S&P-500; умовна волатильність.

**Класифікація за JEL:** C58, G17, G10, G12.

4 рисунки; 1 таблиця; 15 джерел літератури.

### **Постановка проблеми та огляд літератури**

Волатильність доходів індексів фондових ринків, з одного боку, сприяє виникненню великої кількості емпіричних досліджень, а з іншого – викликає необхідність у нових наукових підходах, що дають змогу виявляти й обґрунтувати напрями причинно-наслідкових зв'язків.

Емпіричні дослідження на прикладі даних Норвегії щодо дохідностей фондового індексу OSLO All-Share та нафти марки Brent свідчать, що їхній причинно-наслідковий зв'язок змінний у часі (Raifu, 2023). У дослідженні Ісіака Аканде Райфу стверджується, що місячні й тижневі дохідності акцій демонструють односторонній казуальний вплив на місячні й тижневі дохідності нафти, тобто флуктуації під час торгів на фондовому ринку впливають на ціну нафти, але не навпаки. Утім, для щоденних дохідностей причинний зв'язок є двостороннім. Результати інших досліджень свідчать про існування двостороннього причинно-наслідкового зв'язку між ціною на нафту та індексом фондового ринку на прикладі щомісячних даних Росії та Китаю (Ghedira & Nakhli, 2023).

Також відомі дослідження, в яких тестується симетрична та асиметрична причинність з урахуванням різної частоти даних, де однією змінною є фондовий ринок (Yilanci et al., 2021; Demirtaş et al., 2021; Hatemi-J, 2022). За результатами тесту Тода-Ямамото на динамічну причинність за Грейнджером є підтвердження відсутності будь-яких залежностей між цінами на акції

та обмінними курсами на прикладі даних Ірану (Siarni-Namini, 2017). Використовуючи тест на причинність Грейнджера для часових рядів волатильності доходів індексів фондових ринків RKLCl (Малайзія), RLQ (Індонезія) та RSET (Таїланд) виявлено двосторонній причинно-наслідковий зв'язок (Lim et al., 2023).

Вже згадані взаємозв'язки доповнюються подібними дослідженнями щодо двостороннього причинно-наслідкового зв'язку між індексом фондового ринку Nifty (Індія) і валютною парою USD/INR та цінами на нафту, а також одностороннього причинно-наслідкового зв'язку між індексом Nifty і дохідністю золота, Bitcoin та державних облігацій (Rawlin et al., 2022). Це означає, що кожна змінна містить корисну інформацію для прогнозування індексу Nifty. Утім, односторонній причинно-наслідковий зв'язок між фондовими індексами та криптовалютами може зникати в періоди високої волатильності (Mgadmi et al., 2024).

Модифікований тест на причинність Грейнджера на основі типів моделей сімейства GARCH може використовуватися для виявлення ефектів переливу волатильності на міжнародних ринках, що створює можливості для диверсифікації ризиків (Zarezade et al., 2024; Yadav et al., 2023). Напрям причинно-наслідкового зв'язку Грейнджера змінюється залежно від фаз економічних циклів, що впливає на переливи волатильності (Yadav et al., 2023; Jiang et al., 2022; Ozdemir, 2020). Використання методів і моделей, що враховують розвиток дисперсії у часі дає змогу отримувати більш точні результати для оцінювання причинного зв'язку, ніж коли передбачається, що дисперсія є константою (Ozdemir, 2020).

Емпірична база дослідженням причинно-наслідкових зв'язків між індексами фондових ринків різних країн та деякими іншими змінними (інші класи активів та їхні ринки) містить неузгоджені результати для формування однозначного висновку. Серед згаданих досліджень найбільш подібним до порушеної проблеми в цій статті є наукова праця Донг Тунг Ліма і співавторів (Lim et al., 2023). Проте вони сконцентрувалися на причинних зв'язках волатильності між фондовими індексами деяких країн Південно-Східної Азії, а в статті досліджено причинні взаємозв'язки волатильності фондового індексу S&P-500 (США) не з іншими індексами, а з акціями, що до S&P-500 входять.

**Мета статті** – розкриття взаємозалежностей волатильності між фондовим індексом S&P-500 та акціями, які в нього входять відповідно до інформаційно-технологічного, фінансового та нафтогазового секторів економіки.

## Методологія дослідження

Проблема у прогнозуванні динаміки волатильності фондових індексів, у т. ч. акцій, полягає в тому, що їхні дохідності не підкоряються нормальному закону розподілу Гаусса та Лапласа. Порушення нормального закону розподілу дохідностей є предметом дискусій у сфері фінансової економіки, зокрема теорії портфельного інвестування. Значні хвости в розподілі дохідностей свідчать про виникнення в динаміці ціни різких екстремальних відхилень від її середнього значення. Учасників фондового ринку більше цікавлять саме екстремальні негативні дохідності, адже такі значення безпосередньо пов'язані з можливим збитком від інвестиції. В парадигмі портфельного інвестування (Sortino, 1994) перенесено акцент із загального ризику на ризик зниження. Обрахунок тієї частини волатильності (стандартного відхилення), що містить серію значень лише негативних дохідностей, є важливим завданням, оскільки це дає інформацію про те, скільки дохідності припадає на кожну одиницю ризику зниження.

Екстремальні негативні дохідності характеризують фінансові крахи на біржах. Буває, що вони (крахи) виникають одночасно на декількох біржах. Може виникнути питання щодо можливості однієї із бірж бути передвісницею для іншої. Необхідність стежити за флуктуаціями індексу біржі не тільки одного ринку, а й інших можна обґрунтувати тим, що поточні відхилення індексу біржі можуть виникнути внаслідок переходу новин з іншої біржі, тобто одна біржа може інтерпретувати поведінку іншої.

Попарне моделювання казуальних зв'язків між індексами бірж та акцій вписується в ґрейнджерівську парадигму тестування причинності між двома змінними. Як показав (Granger, 1969), використовуючи два рівняння регресії можна тестувати часові ряди на казуальність. Встановлення казуального зв'язку між двома змінними допомагає переконатися у тому, що є випадки, коли дисперсію змінної  $Y_t$  можна пояснити її минулими значеннями і включеними у модель минулими значеннями змінної  $X_t$ , останні мають покращувати це пояснення. У цій статті використовується тест Грейнджера на причинність – процедура на перевірку казуальності зв'язків між динамічними часовими рядами.

Розглянемо казуальний зв'язок між  $X_t$  та  $Y_t$ . Модель матиме вигляд:

$$X_t = \sum_{j=1}^m a_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m b_j Y_{t-j} + \varepsilon_t,$$

$$Y_t = \sum_{j=1}^m c_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m d_j Y_{t-j} + w_t,$$

де  $X_t, Y_t$  – змінні, причинні зв'язки між якими досліджуються;

$a_j, b_j, c_j, d_j$  – коефіцієнти авторегресії;

$\varepsilon_t, w_t$  – похибки.

Тестування залежностей дають змогу перевірити причинно-наслідкові зв'язки волатильності індексу S&P-500 відповідно до таких гіпотез:

1. Між  $X_t$  та  $Y_t$  існує односторонній причинний зв'язок. Тобто волатильність акцій, що входять в індекс S&P-500, зумовлює волатильність самого індексу, але не навпаки.

2. Між  $X_t$  та  $Y_t$  існує двосторонній причинний зв'язок. Тобто волатильність акцій, що входять в індекс S&P-500, зумовлює волатильність самого індексу і навпаки.

3. Між  $X_t$  та  $Y_t$  відсутній будь-який причинний зв'язок за тестом Грейнджера.

Причинність за Грейнджером підтверджується через прийняття альтернативної гіпотези про те, що  $X_t$  впливає на  $Y_t$ , відповідно, відхилення нульової гіпотези про те, що  $X_t$  не впливає на  $Y_t$ . Для справдження альтернативної гіпотези необхідно, щоб р-значення досліджуваної пари фондових індексів були менші за рівень значущості 0,05.

Умовну волатильність у моделі GARCH описує рівняння:

$$\sigma_t^2 = a_0 + a_1 \varepsilon_{t-1}^2 + a_2 \varepsilon_{t-2}^2 \dots + a_p \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

де  $q$  – кількість лагових дисперсій;

$p$  – кількість лагових залишків.

У статті здійснено виявлення причинно-наслідкового зв'язку між волатильністю фондового індексу S&P-500 та волатильністю акцій, що входять у його розрахунок відповідно до трьох секторів економіки, а саме: Meta Platforms, Inc. та Alphabet Int. (інформаційно-технологічний сектор); JPMorgan Chase & Co та Bank of America (фінансовий сектор); Occidental Petroleum та Marathon Oil Corporation (нафтогазовий сектор). Ціни закриття індексів вилучені з Yahoo Finance. Часові ряди охоплюють період з 2018-01-01 по 2023-12-31.

## Результати дослідження

Динаміка волатильності, або її ще називають динамікою страху, є одним із основних індикаторів фінансових ринків. Вона відображає рівень ризику, тому визначення процесів переливу волатильності між ринками є важливим завданням як з практичної, так і з теоретичної точки зору. Проблема складності передбачати можливі переливи шоків волатильності на фінансових ринках змушує замислитися над причинними зв'язками, що існують у закономірностях розвитку ринків. У прийнятті інвестиційних рішень критично важливим є розуміння переливів волатильності не тільки між окремими видами активів та фондовими індексами, а й між індексом та акціями, що в нього входять, адже з'ясування такого зв'язку може бути сигналом для прийняття правильного інвестиційного рішення та давати змогу передвіщати певні небажанні переходи волатильності.

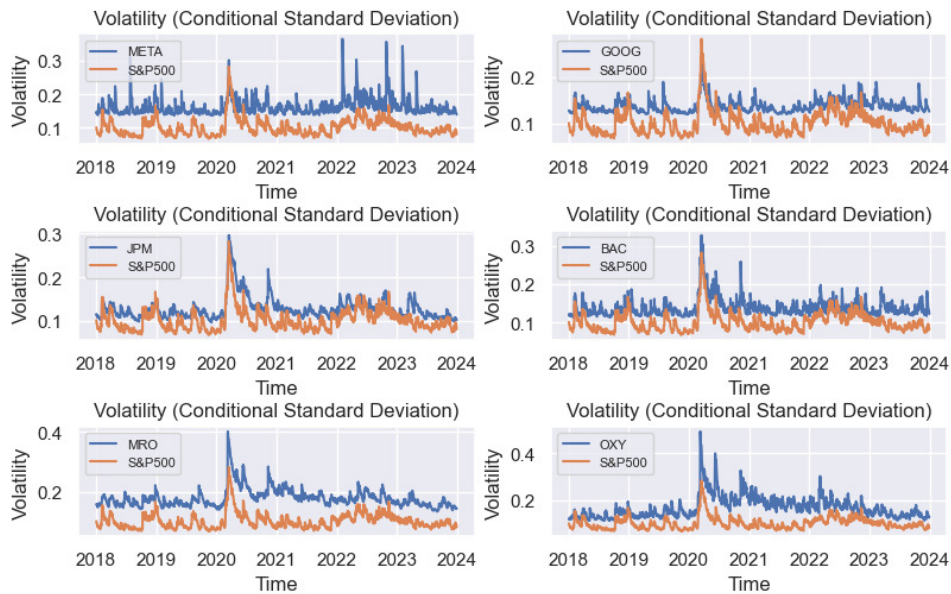
Раптова зміна рівня занепокоєння учасників фондового ринку щодо перспектив розвитку певної галузі економіки може вплинути на всі інші галузі, що входять у розрахунок фондового індексу. Крім того, зміна рівнів волатильності акцій може по-різному вплинути на волатильність фондового індексу. Загалом, система взаємозв'язків між волатильністю акцій та індексом проявляється через ефект переливу, що посилює загальну волатильність фондового індексу. Розуміння ефекту переливів шоків волатильності на основі моделей GARCH та причинності за Грейнджером формує правильне сприйняття інвестором взаємозалежностей у таких складних системах, як фондові індекси.

Для встановлення взаємозв'язку волатильності індексу S&P-500 та волатильності акцій, які цей індекс представляють, використано модель GARCH (1,1) порядків. На основі результатів оцінювання моделі GARCH (1,1) побудовані графіки динаміки умовної волатильності індексу S&P-500 та акцій, що до нього входять. Згідно з рис. 1, період рецесії, що спричинена пандемією COVID-19 і яка припадає в США на другий квартал 2020 р., простежується стрімке зростання волатильності індексу та акцій.

Повна волатильність акції компанії META, якщо порівняти з іншими акціями та індексом S&P-500, демонструє в період 2022–2023 рр. вищі флуктуації. Поясненням підвищення волатильності є те, що в четвертому кварталі 2022 р. чистий прибуток компанії скоротився більш ніж удвічі. Проте можна припустити, що це сталося через перелив волатильності від інших акцій, щодо яких, наприклад, знизилися позитивні очікування інвесторів. Теоретично це означає, що поточні значення дисперсії акції META можуть бути описані її минулими значеннями та минулими шоками дохідності, а також минулими значеннями дисперсії та минулими шоками дохідності індексу S&P-500.

Рисунок 1

## Умовна волатильність, що визначена за моделлю GARCH (1,1)



Джерело: власні розрахунки автора

Таким чином, виникає необхідність у з'ясуванні взаємозалежності волатильності акції компанії META та індексу S&P-500, який може відображати загальні настрої на ринку. Щоб з'ясувати направленість причинних зв'язків волатильності, використано тест Грейнджера. Результати наведені в табл. 1. Як бачимо припущення хибне, оскільки індекс S&P-500 не є причинністю за Грейнджером для META, тобто індекс не впливає на META і перелив волатильності від S&P-500 до META не відбувається.

Таблиця 1

## Результати оцінки причинності Грейнджера на основі моделі GARCH (1,1)

Сфера	Нульова гіпотеза	p-value	Результат оцінювання
Технологій	META не є причинністю за Грейнджером для S&P-500	2.E-02	Спростовуємо
	S&P-500 не є причинністю за Грейнджером для META	0.3545	Не спростовуємо
	GOOG не є причинністю за Грейнджером для S&P-500	3.E-36	Спростовуємо
	S&P-500 не є причинністю за Грейнджером для GOOG	0.0953	Не спростовуємо
Фінансів	JPM не є причинністю за Грейнджером для S&P-500	9.E-05	Спростовуємо
	S&P-500 не є причинністю за Грейнджером для JPM	0.0261	Спростовуємо
	BAC не є причинністю за Грейнджером для S&P-500	3.E-13	Спростовуємо
	S&P-500 не є причинністю за Грейнджером для BAC	0.0572	Спростовуємо
Нафтогазова	MRO не є причинністю за Грейнджером для S&P-500	0.0043	Спростовуємо
	S&P-500 не є причинністю за Грейнджером для MRO	8.E-05	Спростовуємо
	OXY не є причинністю за Грейнджером для S&P-500	0.0015	Спростовуємо
	S&P-500 не є причинністю за Грейнджером для OXY	1.E-05	Спростовуємо

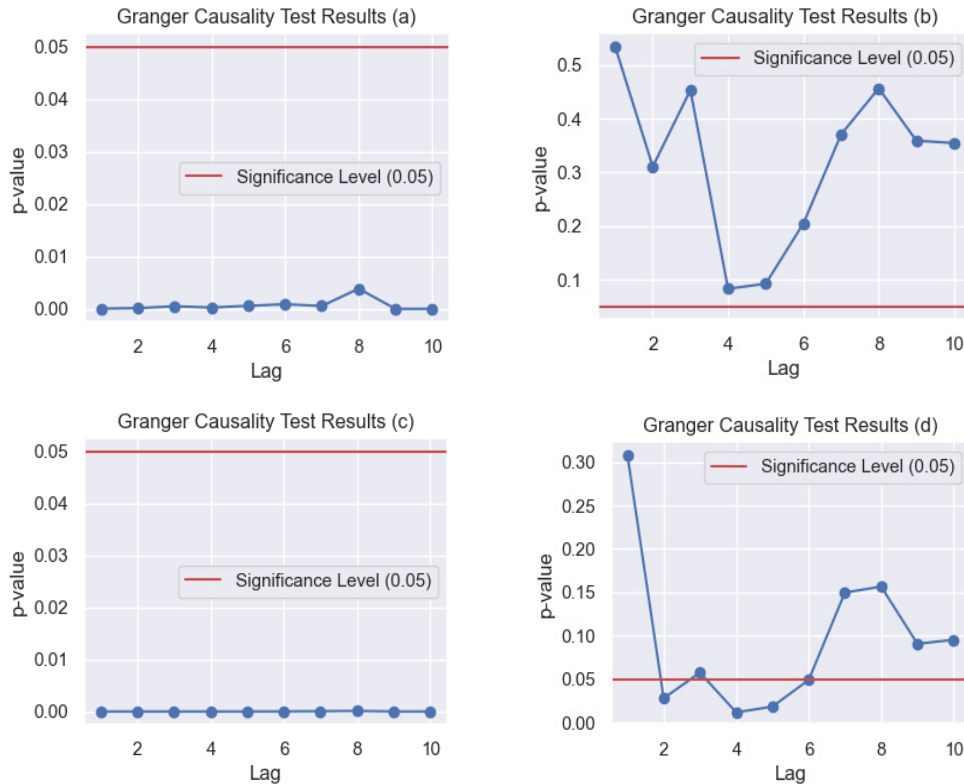
Джерело: власні розрахунки автора

Проте волатильність META викликає волатильність S&P-500. Таким чином, між META та S&P-500 існує односторонній причинний зв'язок відповідно до тесту Грейнджера. Аналогічний висновок щодо причинного зв'язку між GOOG та S&P-500. Він також односторонній, тобто GOOG передає волатильність S&P-500, але зворотного зв'язку немає. На рис. 2 видно, що в разі виявлення причинного зв'язку від META до S&P-500, а також від GOOG до S&P-500 р-значення на всіх лагах знаходиться нижче 0,05. Водночас якщо виявлено прямий причинний зв'язок від S&P-500 до META та GOOG, то р-значення знаходиться не на всіх лагах нижче 0,05.



Рисунок 2

## Знайдені р-значення на різних лагах



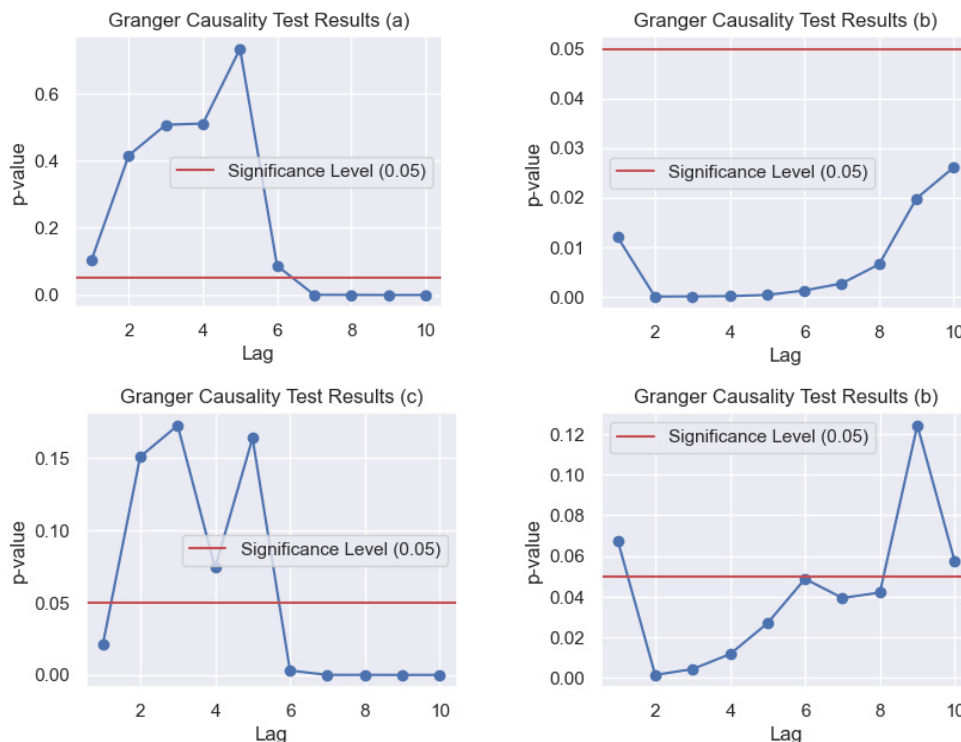
Джерело: власні розрахунки автора

Примітка: (a) – від META до S&P-500; (b) – від S&P-500 до META; (c) – від GOOG до S&P-500; (d) – від S&P-500 до GOOG.

Щодо волатильності акцій компаній з фінансового сектору, то їхній зв'язок із індексом S&P-500 двосторонній. На рис. 3 графіків (a) та (c) видно, що існує особливість взаємозв'язку між JPM та S&P-500, а також між BAC та S&P-500, яка полягає в тому, що передача волатильності з 2 по 5 часовий лаг не відбувається, але починаючи з 6 лагу стабілізується за межею нижче 0,05. Це вказує на запізнілу, але значущу залежність, коли волатильність акцій найбільших банків США і світу нарощується й передається на індекс S&P-500. Водночас S&P-500 передає волатильність на ці банки, згідно з причинністю Грейнджера.

Рисунок 3

## Знайдені р-значення на різних лагах



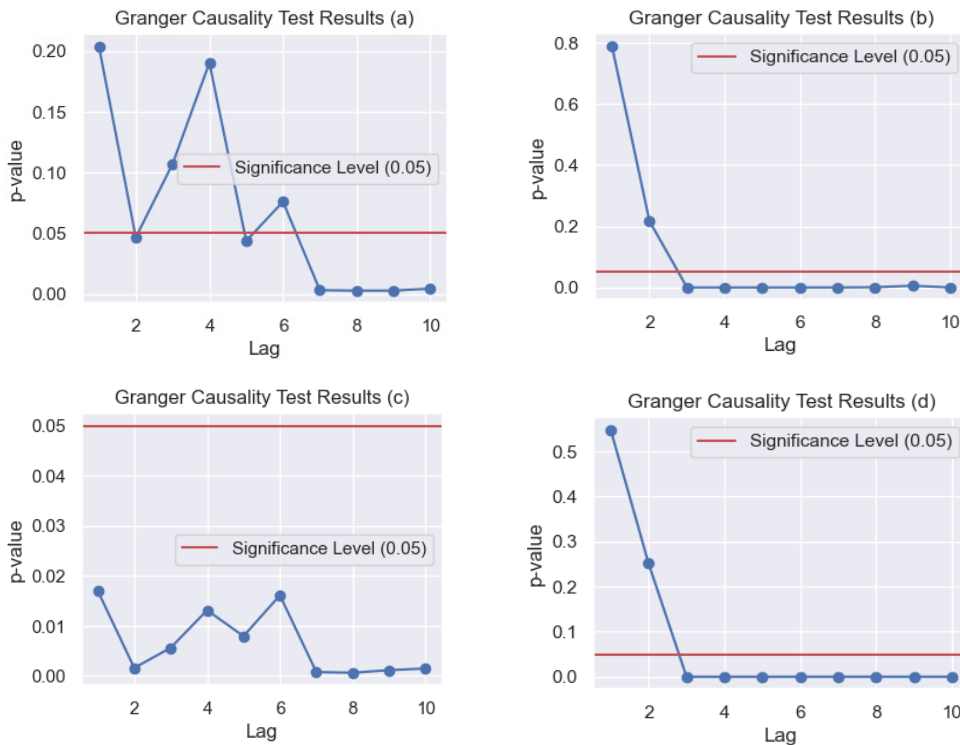
Джерело: власні розрахунки автора

Примітка: (a) – від JPM до S&P-500; (b) – від S&P-500 до JPM; (c) – від BAC до S&P-500; (d) – від S&P-500 до BAC.

Щодо передачі волатильності компаніями нафтогазового сектору, то їхній зв'язок із індексом S&P-500 також двосторонній. Тобто S&P-500 як отримує, так і передає волатильність MRO та OXY. На рис. 4 графіків (b) та (d) видно, що існує особливість передачі волатильності індексом S&P-500 на акції MRO та OXY. Вона полягає в тому, що р-значення на лагах 1 та 2 не є статистично значимі. Це свідчить про слабкий причинно-наслідковий зв'язок, тобто в перший та другий попередні моменти часу не відбувається передача волатильності від S&P-500 до нафтогазових компаній. Утім, з 3 по 10 лаг р-значення нижче 0,05. Таким чином, згодом MRO та OXY реагують на шоки передачі волатильності від S&P-500.

Рисунок 4

## Знайдені р-значення на різних лагах



Джерело: власні розрахунки автора

Примітка: (а) – від MRO до S&P-500; (b) – від S&P-500 до MRO; (c) – від OXY до S&P-500; (d) – від S&P-500 до OXY.

## Висновки

Причинність Грейнджера на основі моделі GARCH (1,1) показала різні результати для взаємозв'язків S&P-500 та акцій, що до нього входять. Зв'язок S&P-500 та компаній з технологічного сектору односторонній. Перелив волатильності від S&P-500 до META та GOOG не відбувається. Результати оцінювання переливу волатильності дали змогу встановити двосторонню волатильність між S&P-500 та нафтогазовими компаніями. Передача во-

латильності від S&P-500 пов'язана з тим, що компанії нафтогазового сектору нестабільні, оскільки часто опиняються в аутсайдерах індексу S&P-500.

Волатильність S&P-500 не передається як на лідируючі компанії з технологічного сектору, так і компанії фінансового сектору, які також становлять переважну частину доходів S&P-500 згідно з причинністю Грейнджера. Передача шоків між S&P-500 та компаніями фінансового сектору двостороння, тобто перелив волатильності відбувається як з фінансового на реальний сектор економіки, так і навпаки.

Перспективи подальших досліджень мають спрямовуватися на аналіз взаємозв'язків та переливів волатильності між фондовими індексами різних національних економік та акцій, що до них входять. Саме такий зв'язок мало вивчений, оскільки більшість останніх досліджень розкривають взаємозв'язок безпосередньо окремих індексів. Дослідження взаємозв'язків між складовими індексу є джерелом цінної інформації про те, які акції насправді підвищують волатильність індексу, та яким акціям насправді індекс передає волатильність. Висновки дослідження будуть корисні у диверсифікації ризиків та прогнозуванні дохідності фінансових інструментів учасниками фондового ринку.

### Список використаної літератури

- Demirtaş, C., Ilıkkın Özgür, M., & Soyu, E. (2021). The Symmetric and Asymmetric Time-Varying Causality Relationships Between the COVID-19 Outbreak and the Stock Exchange: The Case of Selected Countries. *Ekonomika*, 100(2), 144–170. <https://doi.org/10.15388/Ekon.2021.100.2.7>
- Ghedira, A., & Nakhli, M.S. (2023). Dynamic causality between oil prices and stock market indexes in Russia and China: «does US financial instability matter?». *International Journal of Emerging Markets*. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-06-2022-1018>
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424–438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
- Hatemi-J, A. (2022). Dynamic Asymmetric Causality Tests with an Application. *Engineering Proceedings*, 18(1), 41. <https://www.mdpi.com/2673-4591/18/1/41>.
- Jiang, W., Gao, R., & Lu, C. (2022). The Analysis of Causality and Risk Spillover between Crude Oil and China's Agricultural Futures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10593. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710593>

- Lim, D. T., Goh, K. W., Sim, Y. W., Mokhtar, K., & Thinagar, S. (2023). Estimation of stock market index volatility using the GARCH model: Causality between stock indices. *Asian Economic and Financial Review*, 13(3), 162–179. <https://doi.org/10.55493/5002.v13i3.4738>
- Mgadmi, N., Sadraoui, T., & Abidi, A. (2024). Causality between stock indices and cryptocurrencies before and during the Russo–Ukrainian war. *International Review of Economics*. <https://doi.org/10.1007/s12232-023-00444-5>
- Ozdemir, L. (2020). Volatility Spillover Between Stock Prices and Trading Volume: Evidence From the Pre-, In-, and Post Global Financial Crisis Periods. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 5, 65. <https://doi.org/10.3389/fams.2019.00065>
- Raifu, I. A. (2023). Examining the Time-Varying Causality Between Oil Returns and Stock Returns in Norway. *Energy RESEARCH LETTERS*, 4(1). <https://doi.org/10.46557/001c.37693>
- Rawlin, R. S., Ramachandran, S. R., & Rekha (July, 2022). Causal Relationships of the Stock Market with other Asset Classes: An Indian Perspective. *International Conference on E-business, Management and Economics*, 13, 392–398. <https://doi.org/10.1145/3556089.3556146>
- Siarni-Namini, S. (2017). Granger Causality Between Exchange Rate and Stock Price: A Toda Yamamoto Approach. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(4), 603–607. <https://www.econjournals.com/index.php/ijefi/article/view/5131>.
- Sortino, F. (1994). Performance Measurement in a Downside Risk Framework. *The Journal of Investing*, 3, 59–64. <https://doi.org/10.3905/joi.3.3.59>
- Yadav, M. P., Sharma, S., & Bhardwaj, I. (2023). Volatility Spillover Between Chinese Stock Market and Selected Emerging Economies: A Dynamic Conditional Correlation and Portfolio Optimization Perspective. *Asia-Pacific Financial Markets*, 30, 427–444. <https://doi.org/10.1007/s10690-022-09381-9>
- Yilanci, V., Ozgur, O., & Gorus, M. S. (2021). Stock prices and economic activity nexus in OECD countries: new evidence from an asymmetric panel Granger causality test in the frequency domain. *Financial Innovation*, 7, 11. <https://doi.org/10.1186/s40854-020-00221-1>
- Zarezade, R., Ghousi, G., & Mohammadi, E. (2024). Spillover effects of volatility between the Chinese stock market and selected emerging economies in the middle east: A conditional correlation analysis with portfolio optimization perspective. *Accounting*, 10(2), 97–106. <https://doi.org/10.5267/j.ac.2023.11.001>