

УДК 330.4

Йонг-Черн Су (Тайвань), Лін-Чін Као (Тайвань), Пейвен Чен (Тайвань)

Моделювання економічної вартості ризику фінансових компаній на основі методу NA-GARCH

У роботі використано модель EGARCH, що представляє ефект асиметрії обертання та NA-GARCH, що представляє ефект асиметрії переміщення, з варіаціями в основних рівняннях: ARMA(1,1), AR(1), MA(1), а також моделей визначення економічної вартості ризику (VaR). Форвардний тест визначення VaR на 99% та 95% рівнях довіри проведений з визначенням реалізованих прибутків та витрат для 216 досліджень у двох змодельованих портфелях фінансових холдингових компаній Тайваню. На основі кількості порушень, у статті також порівнюються інші показники діяльності, а саме – VaR, сукупні, середні та максимальні порушення, для визначення балансу між ефективністю моделі та дієвістю нарахувань на основний капітал. Автори приходять до наступних висновків. По-перше, всі моделі прогнозування VaR, окрім ARMA(1,1) на рівні довіри 99%, у моделях EGARCH та NA-GARCH отримують цільовий рівень порушень та визначаються як внутрішні моделі. По-друге, моделі ARMA(1,1) проявляють синхронну динаміку волатильності як і реальні часові ряди прибутку та витрат. По-третє, жодна модель VaR не може перевершити інші та найкраще підходить для даного дослідження. Автори не можуть визначити який з ефектів – ефект асиметрії обертання чи ефект асиметрії переміщення, домінують у портфелях упродовж досліджуваного періоду.

Ключові слова: ринковий ризик, економічна вартість ризику, GARCH, NA-GARCH, фінансові компанії.

Вступ

Сьогоднішні динамічні фінансові ринки та швидкий розвиток фінансових продуктів надають фінансовим установам більші можливості отримати доступ до різних видів діяльності, що одночасно збільшує ризик. Важливість управління ризиком у фінансових установах оцінюється не тільки тому, що він посилює стійкість та стабільність банківської системи, але й здатність управління ризиком є головним завданням фінансових установ. З впровадженням Базель II у кінці 2006 року, використовувалися більш удосконалені підходи, а саме – внутрішні моделі. Ці внутрішні моделі вимагають меншого нарахування на основний капітал.

Ми вважаємо, що фінансові компанії у Тайвані матимуть нагальну потребу у розвитку своїх власних внутрішніх моделей у найближчому майбутньому, починаючи з VaR моделей ринкового ризику. Однак, у декількох емпіричних дослідженнях розглядалися моделі VaR. Берковітц та О'браєн (2002) вперше провели перевірку VaR моделей великих комерційних банків у США та запропонували модель ARMA-GARCH, що мала переваги за характеристиками.

Вже доведено, що асиметричні GARCH моделі працюють краще ніж GARCH моделі у визначенні VaR. Що нас зацікавило, так це те, що асиметрію можна визначити як у переміщенні так і в обертанні нових кривих. Однак, на основі праці Хентчела (1995), ці два типи можуть замінювати один одного та “переміщення” – це домінуюче джерело

асиметрії для невеликих шоків. Тож, у нашому дослідженні використовуємо нелінійну асиметричну групу моделей GARCH (NA-GARCH), забезпечуючи ефект асиметрії переміщення, для порівняння моделей групи EGARCH, забезпечуючи ефект асиметрії обертання. Мета – перевірити який асиметричний ефект найбільш впливовий у моделях прогнозування VaR з точки зору ефективності моделі та ефективності капіталу, та знайти найбільш відповідну модель прогнозування VaR для фінансових холдингових компаній за рахунок асиметричних моделей GARCH: EGARCH та NA-GARCH, поєднуючи різні системи отримання прибутку.

Ми визначили, що всі моделі прогнозування VaR за моделями EGARCH та NA-GARCH можна розглядати як відповідні внутрішні моделі для банків, тому що всі моделі VaR отримують цільовий рівень порушень (для 99% рівня довіри, цільовий рівень порушення становить 1%, кількість пропусків на графіку повинно бути менше ніж 2,1% у 216 досліджень). У портфелі А, моделі NA-GARCH та EGARCH спрацьовують однаково добре при визначенні кількості порушень за 99% рівня довіри. У цій категорії ARMA (1,1)-EGARCHM (1,1) визначає 10 порушень, що є найбільшою кількістю серед всіх моделей в обох портфелях. NA-GARCH моделі перевершують EGARCH моделі у портфелі Б на 99% та 95% рівнях довіри.

Що стосується парного порівняння та зміни VaR для визначення динамічної волатильності, не визначено значної різниці у обох моделях у портфелі А, але після детального огляду ліній графіків, стає зрозумілим, що модель NA-GARCH спрацьовує дещо краще ніж EGARCH,

оскільки стрімко відслідковує негативні шоки. У портфелі Б, EGARCH реагує на змінні прибутки та витрати. Відмітимо, що моделі ARMA проявляють ту ж саму волатильну динаміку часових рядів прибутку та витрат.

Стаття має наступну структуру. У першому розділі визначено дані та представлено основну методологію моделей прогнозування VaR. У другому розділі оцінено моделі з реалізованими прибутками та витратами. У останньому розділі запропоновано висновки.

1. Дані та методологія

За рахунок вимог до конфіденційності комерційних даних у фінансових холдингових компаніях Тайваню та складному доступі до інформації, імітовані портфелі розроблені для подальшого дослідження моделей VaR. Два найбільш активні торгові портфелі фінансових холдингових груп – Fun Von та Cathy, змодельовані у двох портфелях. Всі фінансові положення компаній визначені у період з 28 листопада 2001 року по 15 квітня 2003 року.

У нашому дослідженні використовуємо моделі EGARCH та NA-GARCH. Нельсон (1991) розробив модель E-GARCH, щоб подолати недоліки моделі GARCH, а саме – неможливість відобразити ефект леввериджу, виникнення шоків, та відсутність негативних вимог до коефіцієнтів. Функція E-GARCH може бути виражена наступним чином:

$$R_t = \alpha + Volume R_{t-1} + \beta h_t + MA \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

$$\ln h_t = A + B(1) \ln h_{t-1} + C(2)(\varepsilon_{t-1} / h_{t-1}^{0.5}) + \delta (|\varepsilon_{t-1}| / h_{t-1}^{0.5} - (2/\pi)^{0.5}), \quad (2)$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , π – співвідношення окружності кола до його діаметру, A , $B(1)$, $C(2)$, δ , α , β MA та $Volume$ – параметри.

Поєднуючи рівняння значення та рівняння дисперсії отримуємо модель ARMA (1,1)-EGARCHM (1,1). Модель E-GARCH є асиметричною, тому що рівень $\varepsilon_{t-1} / h_{t-1}^{0.5}$ враховується з коефіцієнтом $C(2)$.

Оскільки коефіцієнт є типово негативним, позитивні зворотні шоки генерують меншу волатильність ніж негативні зворотні шоки, всі останні є рівними.

Модель NA-GARCH вперше у своїй праці визначили Англ та Нг (1993). Вони запропонували “криву впливу новин” (“news impact curve”) як показник того, яким чином новини враховуються в оцінці волатильності за традиційною моделлю GARCH та п’ятьма іншими параметричними моделями, що здатні визначити левверидж та розмір ефектів, серед яких знаходиться NA-

GARCH. Хентчел (1995) класифікував модель NA-GARCH як змінну криву впливу новин, щоб отримати асиметрію та зробив висновок, що зміна – це домінантне джерело асиметрії для малих шоків. Функція NA-GARCH може бути виражена наступним чином:

$$R_t = \alpha + Volume R_{t-1} + \beta h_t + MA \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

$$\ln h_t = A + B(1)h_{t-1} + C(1)(\varepsilon_{t-1} + C(2)\sqrt{h_{t-1}})^2, \quad (4)$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфелю у час t , A , $B(1)$, $C(1)$, $C(2)$, α , β MA та $Volume$ – параметри.

Поєднуючи рівняння значення та рівняння дисперсії отримуємо модель ARMA (1,1)-NA-GARCHM (1,1). Асиметрія визначається у коефіцієнті $C(2)$. Якщо $C(2) > 0$, позитивні інновації сприятимуть більшій волатильності ніж негативні інновації такої ж самої величини і навпаки.

За моделями ARMA (1,1)-EGARCHM (1,1) та ARMA (1,1)-NA-GARCHM (1,1), різні підмоделі можна визначити з рівняння значення:

$$R_t = \alpha + Volume R_{t-1} + \beta h_t + MA \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (5)$$

де α , β MA та $Volume$ – параметри.

Щоб побудувати E-GARCH та NA-GARCH моделі прогнозування VaR, необхідно визначити параметри для початкового періоду. Період збирання даних становить з 28 листопада 2001 року по 15 квітня 2003 року, відповідно до 617 досліджень, що розділені на дві групи: в межах вибірки та поза межами вибірки. Дані 401 дослідження в межах вибірки використовуються у рівняннях значення та дисперсії для визначення сталих параметрів, далі значення та дисперсії для останніх 216 днів можна передбачити. Повторні прогнози VaR поза межами вибірки починаються на 402 день, оцінки поза межами вибірки визначаються щоденно. Тож, випередження на один день при 99% та 95% прогнозу VaR у час t визначається за $\hat{R}_{t+1} - 2.326 \times \hat{h}_{t+1}$ та $\hat{R}_{t+1} - 1.645 \times \hat{h}_{t+1}$, відповідно.

Останні 216 досліджень реальних часових рядів прибутків та витрат можуть відігравати роль природної основи для визначення моделей прогнозування VaR, оскільки найголовніший тест VaR можна провести якщо фактично досягнути рівня ймовірності. Якщо фактичні витрати у час t більші ніж прогнозована VaR, ми називаємо це явище “удар”, або порушення. У форвардному тестуванні прогнози VaR поза межами вибірки для 216 днів (з 16 червня 2002 року по 15 квітня 2003 року) перевіряються на 95% та 99% рівнях довіри. На думку керівників банків, ефективність моделі та ефективність нарахувань на основний капітал є обов’язковими в управлінні

ринковим ризиком. Тому, крім кількості порушень ми використовуємо значення VaR, середнє значення порушень, сукупне порушення та максимальне порушення як показники для порівняння які з моделей VaR найкраще підходять для двох змодельованих портфелів.

2. Емпіричні результати

2.1. Структура часових рядів щоденних прибутків та витрат. Ми розраховуємо всі 617 пунктів вибірки на основі прив'язки до ринку, щоб отримати щоденні прибутки та витрати. Жоден з розподілів прибутку не співпадає з нормальним розподілом, явище ексцесу спостерігається в обох портфелях прибутків. Крім того, за значеннями коефіцієнту асиметрії можна припустити, що портфель А – лівоасиметричний, а портфель Б – правоасиметричний. Ця якість визначена за результатами статистики про те, що портфель Б має більші 95-ту та 99-ту процентилі ніж портфель А. Ми визначили, що портфель А має дещо вищий середній дохід і менше стандартне відхилення; це також відповідає диверсифікованому розподілу активів у портфелі А. В теорії ексцес та асиметричний розподіл мають відмінні характеристики від нормальних розподілів. Тож, використовуючи VaR з іншими методиками, модель умовної дисперсії відповідає нашому дослідженню.

2.2. Результати перевірки моделей VaR. Ми використовуємо дві групи моделей VaR – EGARCH та NA-GARCH, та визначаємо чотири підмоделі на основі дисперсії рівняння значень, а саме – ARMA (1,1), MA (1), AR (1) та моделей EGARCHM (1,1) або NA-GARCHM (1,1). Оцінені параметри та детальна статистика восьми моделей представлені в таблицях 1-8 (дивись додаток). Зазначимо, що $C(2)$ є негативним у двох моделях EGARCH та NA-GARCH, що відповідає асиметричному ефекту, який ми припускаємо. Парне порівняння моделей EGARCH та NA-GARCH далі використовується для визначення найкращої моделі для двох змодельованих портфелів.

2.2.1. Різні моделі VaR. У таблицях 9 та 10 (дивись додаток), ми показуємо всі вісім моделей на рівнях довіри 99% та 95% портфелю А з урахуванням кількості порушень та інших показників діяльності: середньої VaR, сукупного, середнього та максимального порушення. У портфелі А, окрім моделей ARMA(1,1) зібрано три порушення, решта моделей визначають лише один сплеск значення на графіку (outlier) на рівні довіри 99%. Однак, на рівні довіри 95% кількість порушень збільшується до 10 у моделі ARMA(1.1)-EGARCHM(1.1). У портфелі Б відбувається не різка зміна між рівнями 95% та 99%, досі ARMA(1.1)-EGARCHM(1,1) залишається найгіршою моделлю – 5 порушень,

3.6773% сукупних порушень на рівні 95%. Зміна часових рядів прибутків та витрат та відповідні моделі прогнозування VaR з випередженням на один день представлені на рисунках 1-8 (додаток) можуть пояснити як моделі динамічно реагують на зміну волатильності. Волатильність моделей AR-MA(1,1) дотримується реалізованих прибутків витрат з одноденним лагом, в той час як інші моделі – MA(1), AR(1) та “in mean” мають рівні лінії. У портфелі А лінії зображені на основі моделі прогнозування VaR, враховуючи що MA(1), AR(1), у обох моделях EGARCH та NA-GARCH є заплутаними. У портфелі Б визначається більш помітна різниця між MA(1), AR(1), “in mean” у моделях EGARCH.

2.2.2. Порівняння моделей EGARCH та NA-GARCH. Результати попарного порівняння моделей прогнозування VaR EGARCH та NA-GARCH представлені в таблицях 11 та 12 (дивись додаток). На 99% рівні довіри, EGARCH та NA-GARCH визначили ту ж саму кількість порушень у портфелі А. У портфелі Б групи NA-GARCH переважають виходячи з кількості порушень (окрім того, що кількість порушень AR-MA(1,1) = 3) у 216 дослідженнях значення нарахування на основний капітал сягає більше 4% (лише ARMA(1,1) = 2.76%), набагато більше ніж моделі EGARCH. MA (1)-EGARCHM(1,1), AR(1)-EGARCHM(1,1) та AR(1)-NAGARCHM(1,1) проявляють себе краще у портфелі А на 95% рівні довіри. У портфелі Б, у групі NAGARCH залишається нульовий рівень порушень (окрім ARMA (1,1), кількість порушень становить 5).

Знову, зміни у моделях прогнозування VaR можна наявно спостерігати у лінійних графіках (рисунки 11-18 у додатку) щоб оцінити здатність визначити волатильність, що змінюється з часом серед різних моделей. У портфелі А, не має значної різниці між моделями EGARCH та NA-GARCH у поведінці відповідної волатильності, реакції є повільними та м'якими, лінії порівняно стійкі, моделі ARMA не враховані. Однак у портфелі Б, група моделей EGARCH реагує на шоки щоденних прибутків та витрат, крім того, з меншою кількістю VaR ніж NA-GARCH моделей упродовж періоду форвардного прогнозування.

Висновки

У статті використано моделі EGARCH та NA-GARCH з дисперсією у рівняннях значення ARMA(1,1), AR(1), MA(1) та моделі прогнозування VaR. Далі розраховано результати VaR з одноденним випередженням на 99% та 95% рівнях довіри з реалізованими прибутками у двох змодельованих портфелях, представляючи дві найбільш активні фінансові холдингові компанії у

Тайвані. Ми провели форвардний тест VaR для 216 досліджень з урахуванням кількості порушень. Однак, інші показники, а саме – значення VaR, сукупні, середні та максимальні порушення підводять баланс між ефективністю та рентабельністю.

Ми визначили, що всі моделі прогнозування VaR у групах EGARCH та NA-GARCH можуть розглядатися як внутрішні моделі для банків тому що всі VaR отримують цільовий рівень порушень (на рівні довіри 99%, цільовий рівень порушень становить 1%, кількість сплесків значень повинна бути меншою за 2,1% разів). У портфелі А моделі NA-GARCH та EGARCH спрацьовують однаково краще для визначення кількості порушень на рівні

99%. У цій категорії ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1) визначають 10 порушень, що є найбільшою кількістю у двох портфелях. Моделі NA-GARCH перевершують моделі EGARCH у портфелі Б на рівнях довіри 99% та 95%.

Для попарного порівняння та змін VaR щоб визначити динамічну волатильність, не визначаємо великої різниці у двох моделях у портфелі А, а після огляду лінійних графіків, робимо висновок, що модель NA-GARCH спрацьовує дещо краще ніж модель EGARCH. У портфелі Б модель EGARCH активно реагує на зміну прибутку та витрат. Зауважимо, що моделі ARMA проявлять майже ту ж динаміку волатильності як і часові ряди прибутку та витрат.

Список використаних джерел

1. Andersen Torben G., Bollerslev Tim, Christoffersen Peter F. and Peter F., Francis X. (2005). Practical Volatility and Correlation Modeling for Financial Market Risk Management, *NBER Working Paper Series*, 11069, January.
2. Berkowitz Jeremy and Tames O'Brien (2002). How Accurate are Value-at-Risk Models at Commercial Banks? *Journal of Finance*, 57, pp. 1093-1112.
3. Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, *Journal of Econometrics*, 31, pp. 307-327.
4. Burns Patrick (2002). The Quality of Value-at-Risk via Univariate GARCH, *Burns Statistic Working Paper*, October.
5. Christoffersen Peter, Hahn Jinyong, and Atsushi Inoue (1999). Testing, Comparing, and Combining Value-at-Risk Measures, October.
6. Christoffersen Peter F. and Diebold Francis X. (1999). How Relevant Is Volatility Forecasting for Financial Risk Management, July.
7. Degiannakis Stavros, Xekalaki Evdokia. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH) Models: a Review, available at: www.gloriamundi.org/.
8. Engle, R.F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of UK Inflation, *Econometrica*, 50, pp. 987-1008.
9. Engle, R.F., D.M. Lilien and R.P. Robins (1987). Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: the ARCHM Model, *Econometrica*, 55, pp. 391-407.
10. Engle, R.F. and V.K. Ng (1993). Measuring and Testing the Impact of News on Volatility, *Journal of Finance*, 48, pp. 1749-1778.
11. Engle, R.F. and Manganelli Simone (2001). Value-at-Risk Models in Finance, *European Central Bank Working Paper Series*, No. 75, August.
12. Hentschel, Ludger (1995). All in the family nesting symmetric and asymmetric GARCH models, *Journal of Financial Economics*, 39, pp. 71-104.
13. Nelson, D. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: a New Approach, *Econometrica*, 59, pp. 347-370.
14. Overview of the amendment to the capital accord to incorporate market risks (1996). *Bank for International Settlement*, January.
15. Schwert, G. William (1999). Why Does Stock Market Volatility Change over Time, *Journal of Finance*, 44, December, pp. 1115-1153

Додаток

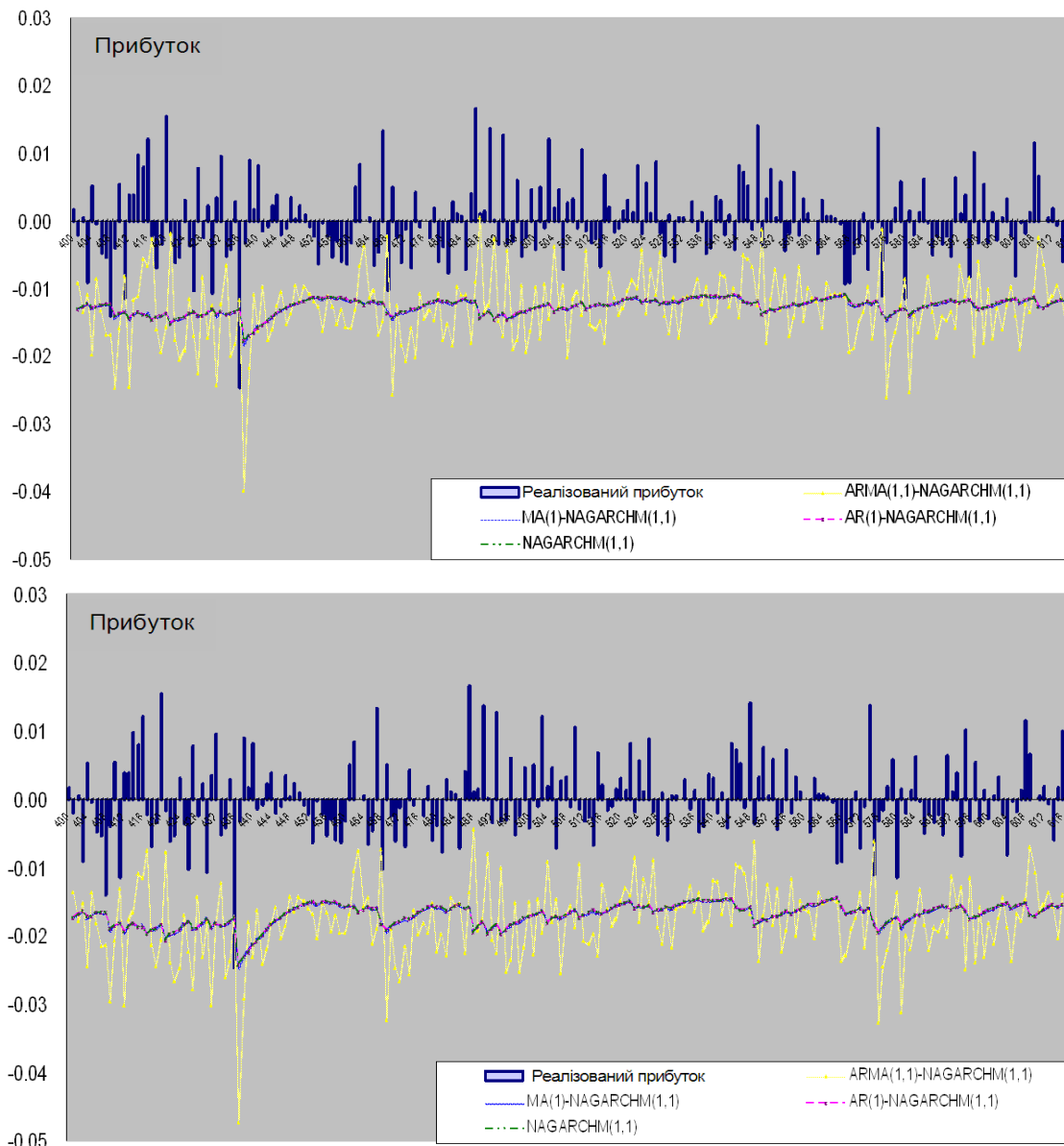


Рис. 1. Модель VaR NA-GARCH у портфелі А при рівнях довіри 99% та 95%

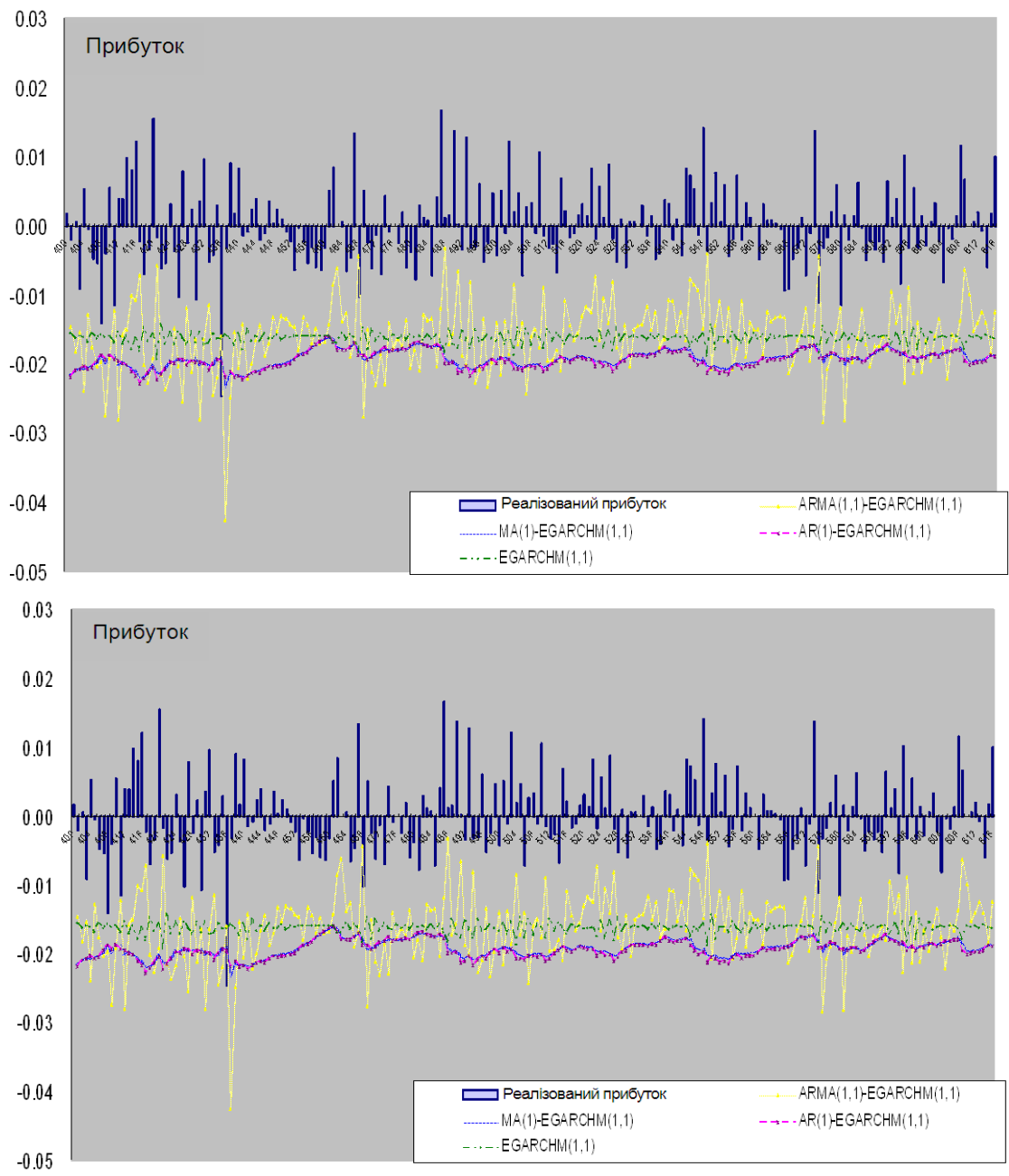


Рис. 2. Модель VaR EGARCH у портфелі А при рівнях довіри 99% та 95%

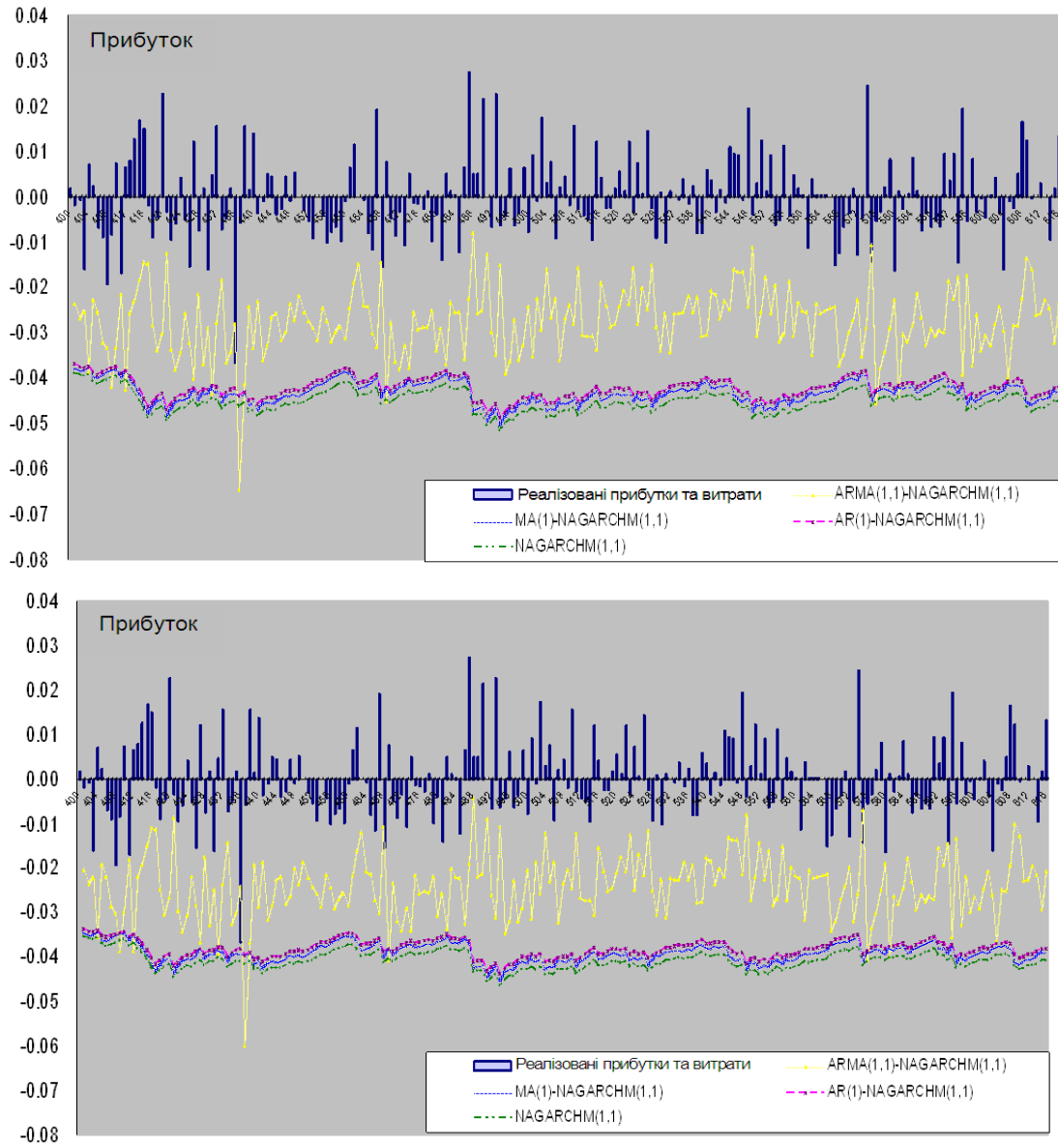


Рис. 3. Модель VaR NA-GARCH у портфелі Б при рівнях довіри 99% та 95%

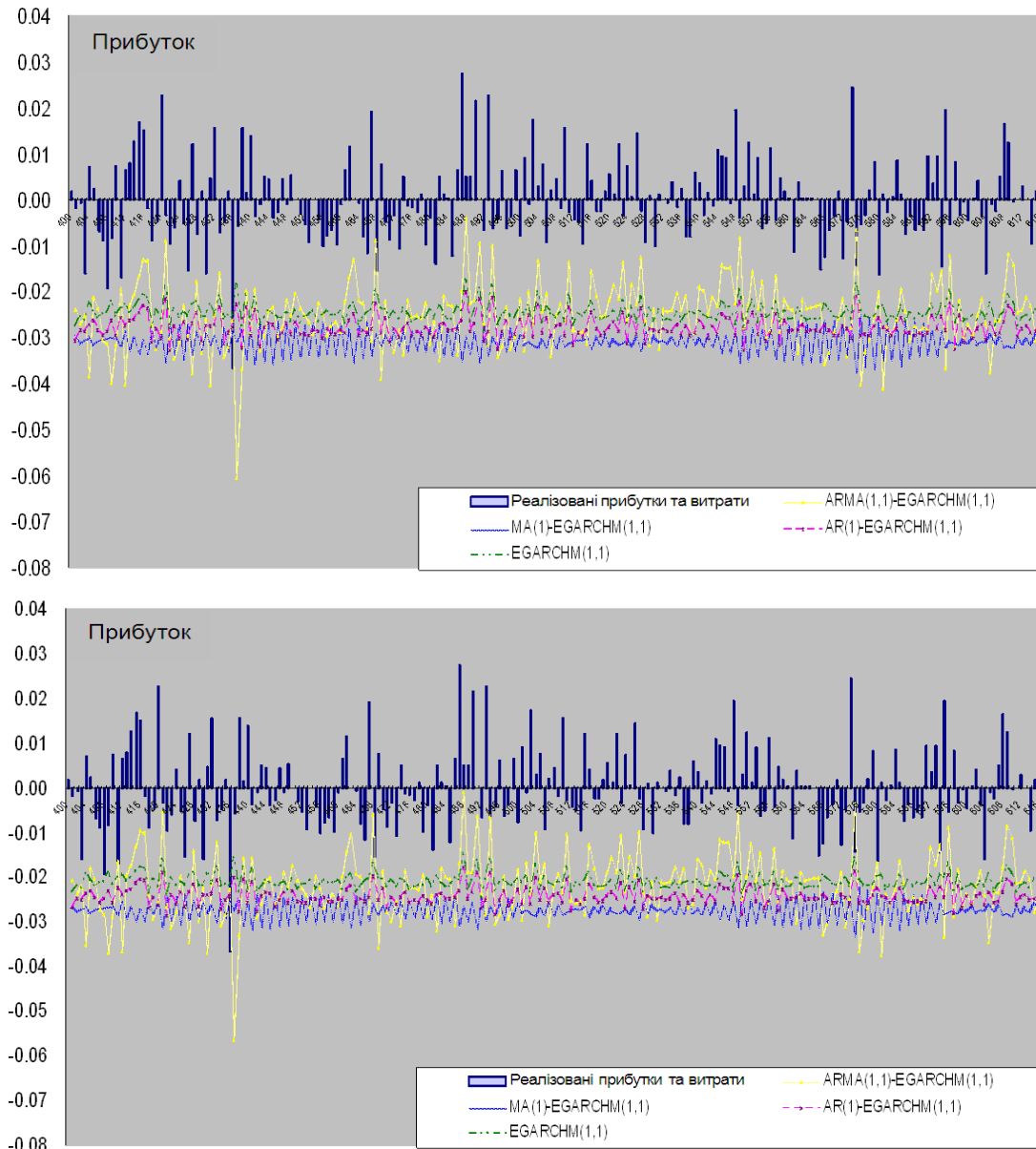


Рис. 4. Модель VaR EGARCH у портфелі при рівнях довіри 99% та 95%

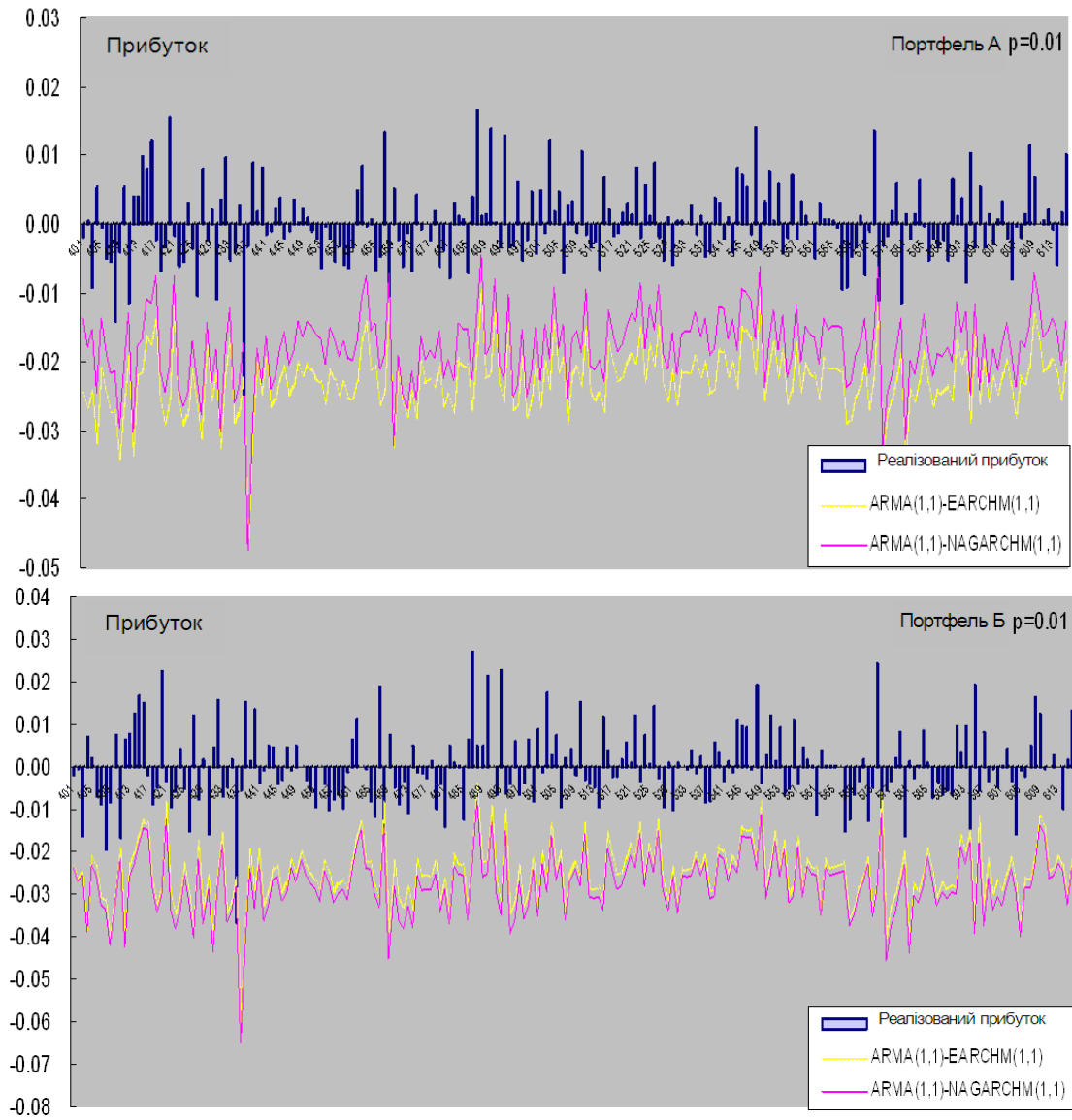


Рис. 5. Попарне порівняння моделей ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1) та ARMA(1,1)-NAGARCHM(1,1) при рівні довіри 99%

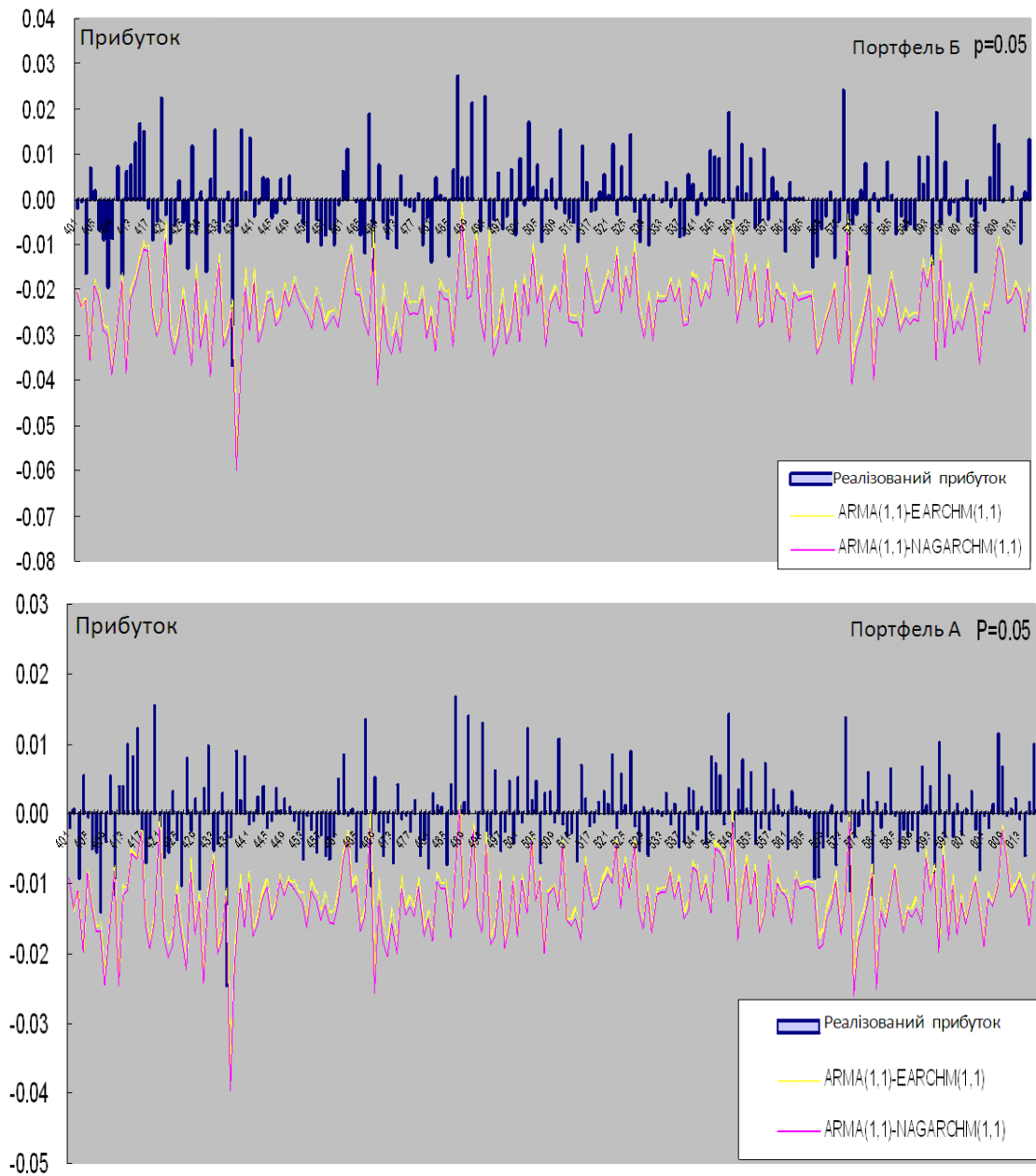


Рис. 6. Парне порівняння моделей ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1) та ARMA(1,1)-NA-GARCHM(1,1) при рівні довіри 95%

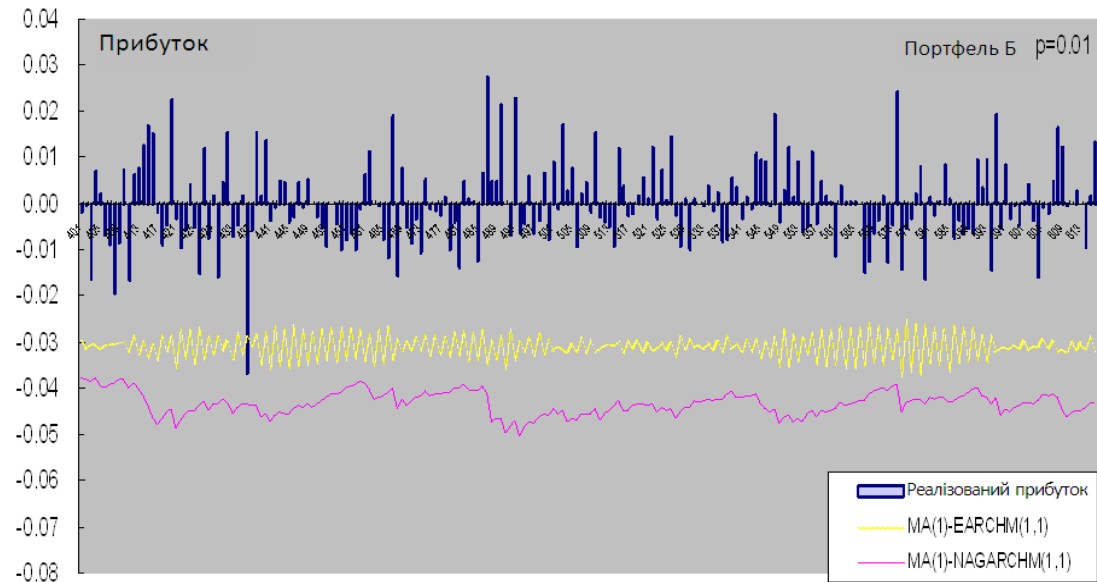
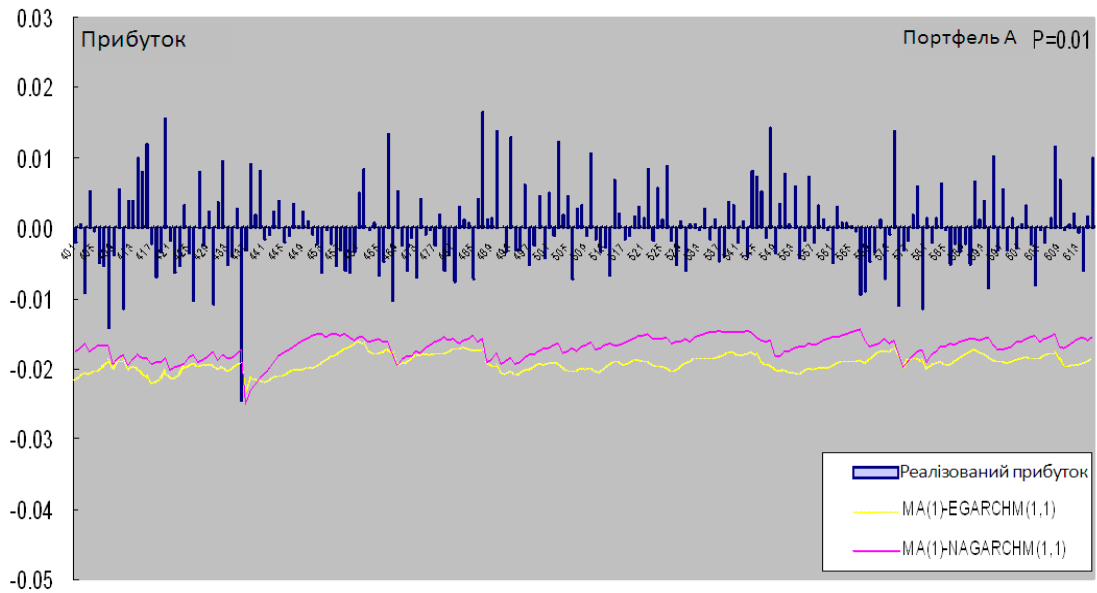


Рис. 7. Порівняння моделей MA(1)-EGARCHM(1,1) та MA(1)-NAGARCHM(1,1) при рівні довіри 99%

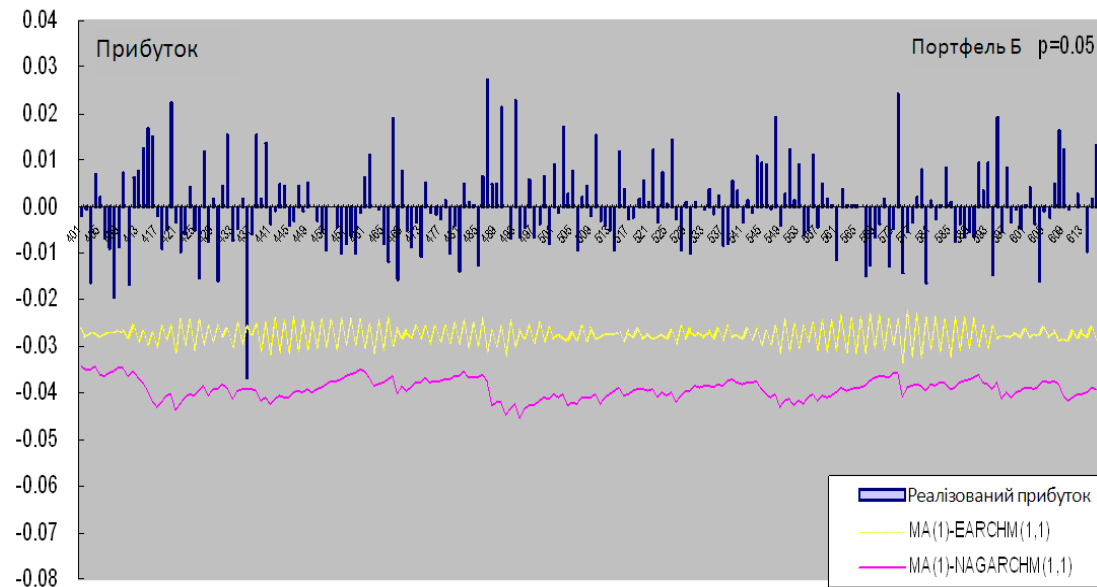


Рис. 8. Порівняння моделей MA(1)-EGARCHM(1,1) та MA(1)-NAGARCHM(1,1) при рівні довіри 95%

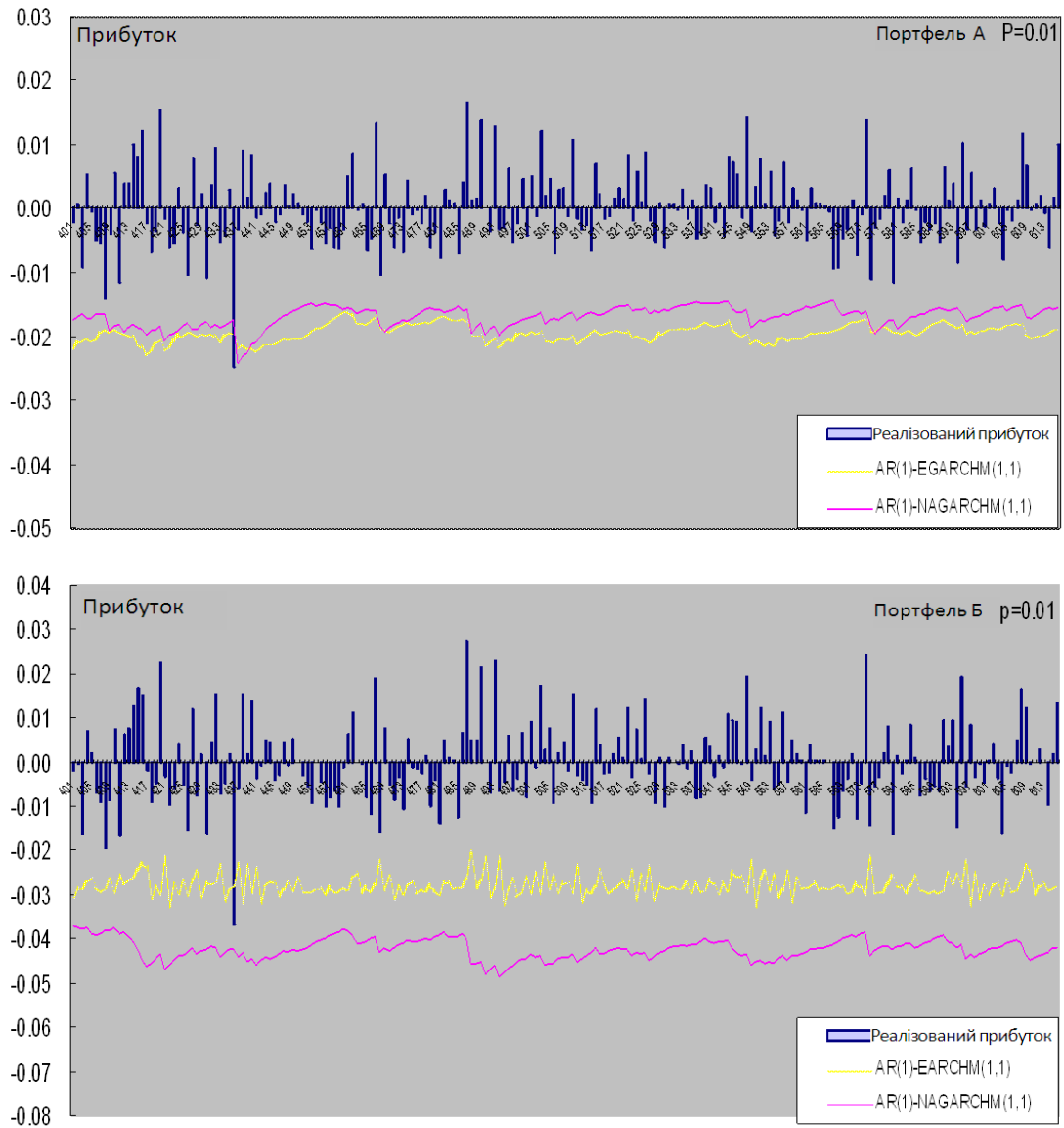


Рис. 9. Порівняння моделей AR (1)-EGARCHM (1,1) та AR(1)-NA-GARCHM(1,1) при рівні довіри 99%

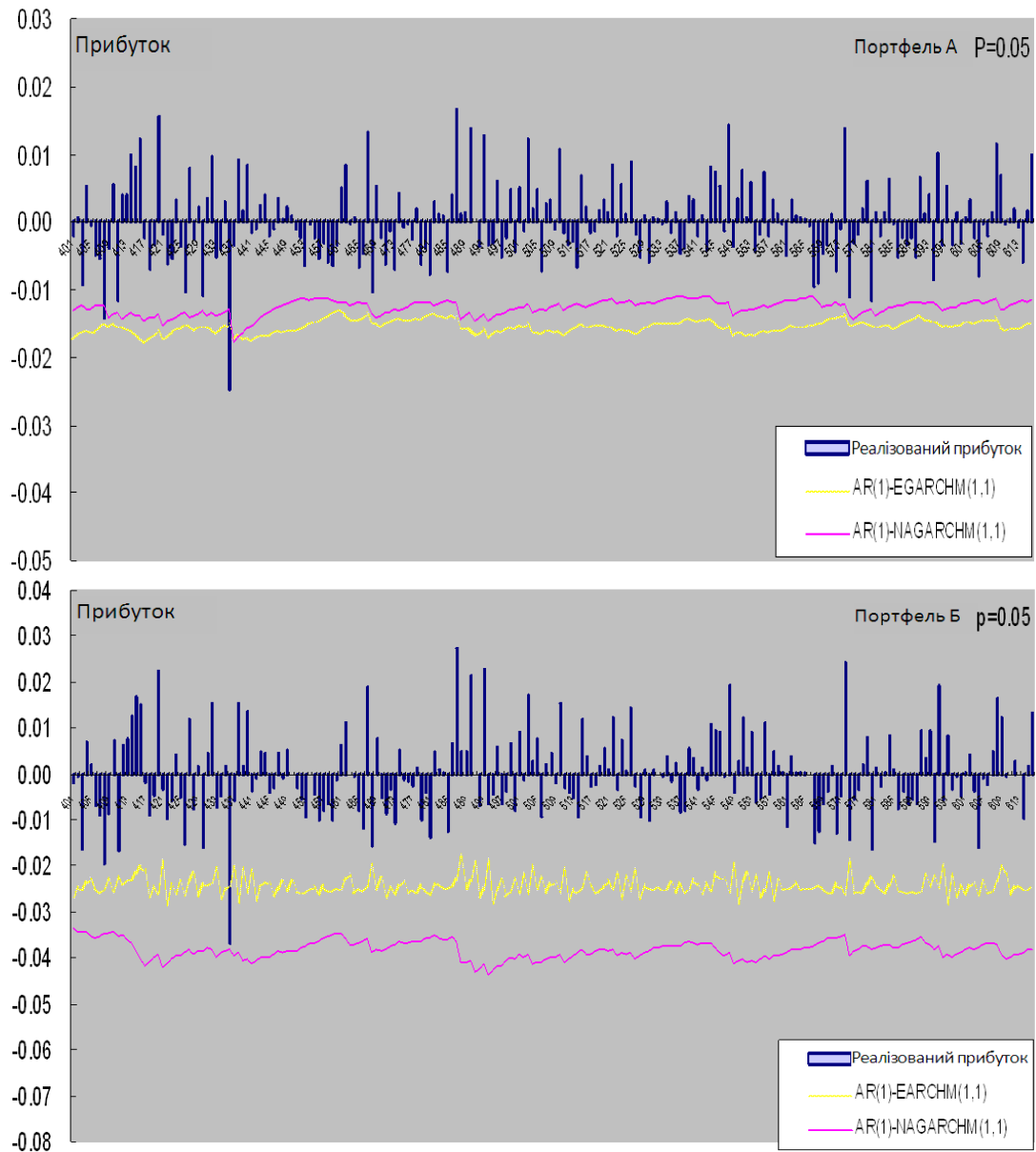


Рис. 10. Попарне порівняння моделей AR(1)-EGARCHM(1,1) та AR(1)-NA-GARCHM(1,1) при рівні довіри 95%

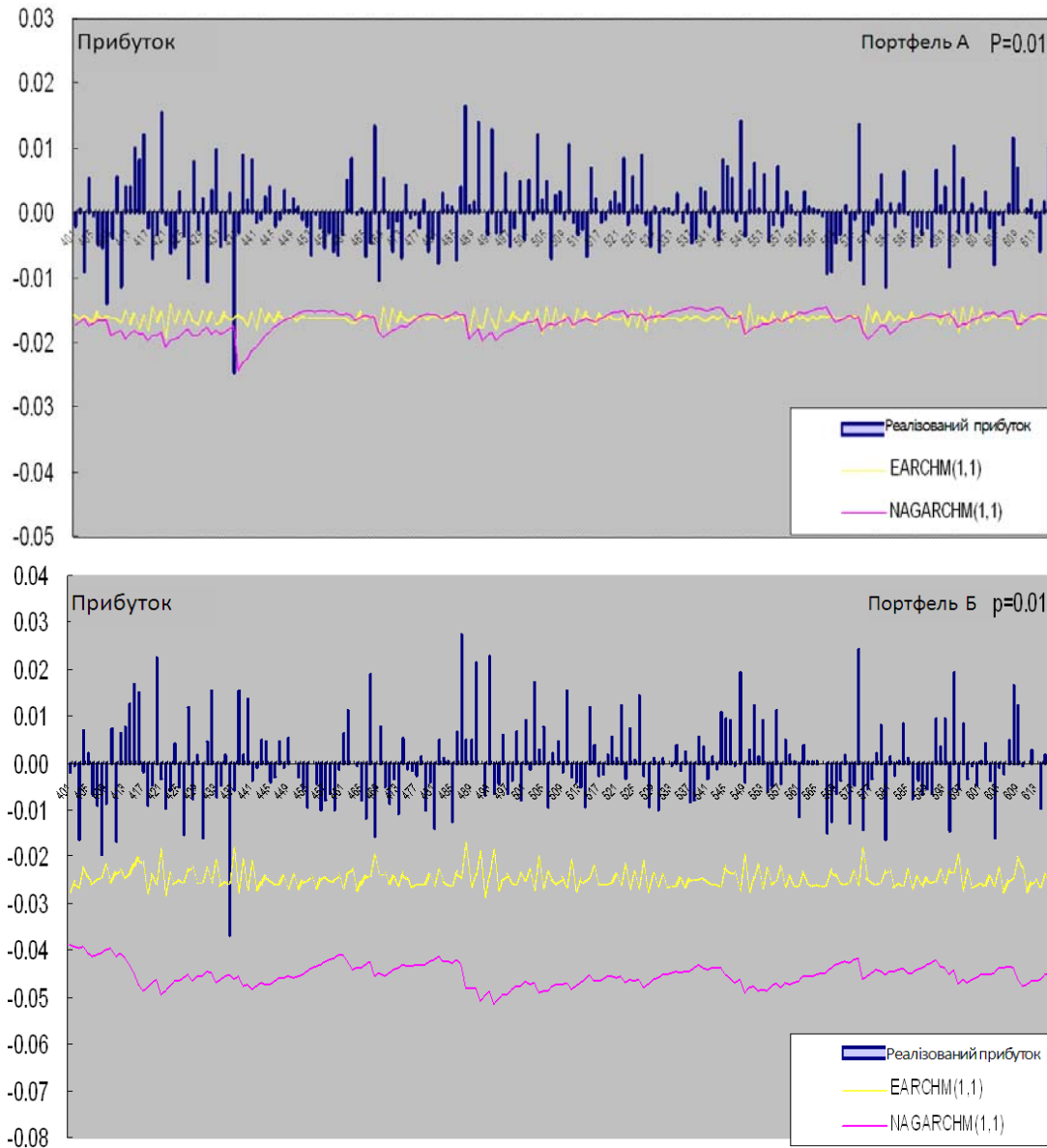


Рис. 11. Попарне порівняння моделей EGARCHM (1,1) та NA-GARCHM(1,1) при рівні довіри 99%

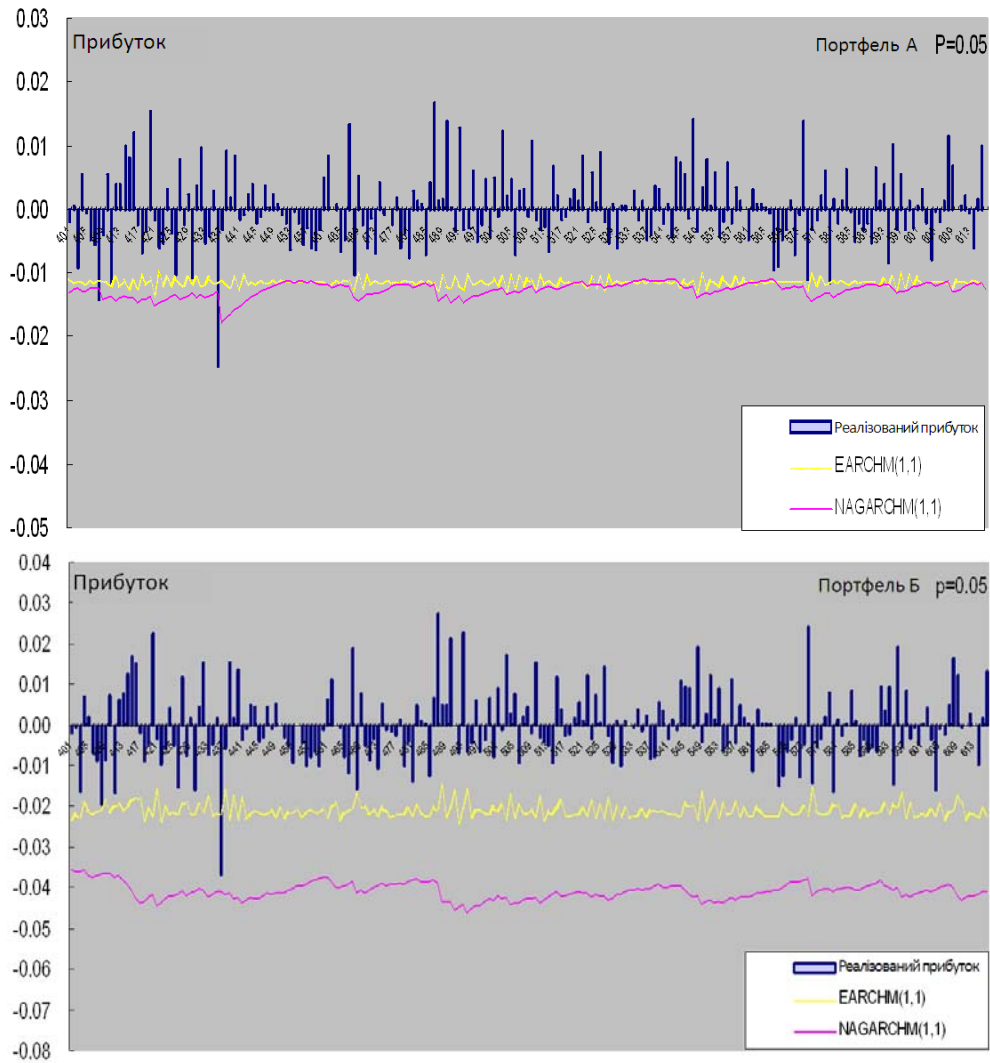


Рис. 12. Попарне порівняння моделей EGARCHM (1,1) та NA-GARCHM(1,1) при рівні довіри 95%

Таблиця 1. Параметри оцінені за моделлю ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)

$$R_t = \alpha + VolumeR_{t-1} + \beta h_t + MA\varepsilon_{t-1},$$

$$\ln h_t = A + B(1) \ln h_{t-1} + C(2) \left(\varepsilon_{t-1} / h_{t-1}^{0.5} \right) + \delta \left(|\varepsilon_{t-1}| / h_{t-1}^{0.5} - (2/\pi)^{0.5} \right),$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , π – коефіцієнт співвідношення окружності круга до його діаметру, $A, B(1), C(2), \delta, \alpha, \beta, Volume$ та MA – параметри.

Портфель А					Портфель Б				
Змінна	Значення	Ст. похибка	T-стат.		Змінна	Значення	Ст. похибка	T-стат.	
α	-0.0016	0.0014	-1.1540		α	-0.0044	0.0043	-1.0210	
$Volume$	0.7975	0.1837	4.3420	***	$Volume$	0.8145	0.1850	4.4030	***
β	0.2318	0.2014	1.1510	*	β	0.4561	0.4480	1.0180	
MA	-0.8355	0.1178	-4.7000	***	MA	-0.7913	0.2075	-3.8140	***
A	-0.6749	0.3914	-1.7240	*	A	-0.8642	0.8303	-1.0410	
$B(1)$	0.9316	0.0395	23.6020	***	$B(1)$	0.9066	0.0898	10.1010	***
$C(2)$	-0.0052	0.0283	-0.1830		$C(2)$	-0.0320	0.0326	-0.9810	
δ	0.1143	0.0427	3.3750	***	δ	0.1027	0.0718	1.4310	

Примітка: *, ** та *** представляють значимість на рівнях 10%, 5%, та 1%, відповідно.

Таблиця 2. Параметри оцінені за MA(1,1)-EGARCHM(1,1)

$$R_t = \alpha + \beta h_t + MA \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t,$$

$$\ln h_t = A + B(1) \ln h_{t-1} + C(2) (\varepsilon_{t-1} / h_{t-1}^{0.5}) + \delta (|\varepsilon_{t-1}| / h_{t-1}^{0.5} - (2/\pi)^{0.5}),$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , π – коефіцієнт співвідношення окружності круга до його діаметру, $A, B(1), C(2), \delta, \alpha, \beta, Volume$ та MA – параметри.

Портфель А					Портфель Б				
Змінна	Значення	Ст. похибка	Т-стат.		Змінна	Значення	Ст. похибка	Т-стат.	
α	-0.0057	0.0029	-2.0000	**	α	-0.0076	0.0081	-0.9380	
β	0.8354	0.4105	2.0350	**	β	0.7749	0.8249	0.9390	
MA	-0.0548	0.0519	-1.0570		MA	0.0403	0.0560	0.7200	
A	-0.3909	0.2612	-1.4960		A	-18.1861	0.2014	-90.2980	***
$B(1)$	0.9602	0.0264	36.3100	***	$B(1)$	0.9692	0.0168	-57.6460	***
$C(2)$	-0.0168	0.0218	-0.7680		$C(2)$	0.0265	0.0183	1.4460	
δ	0.1223	0.0466	2.6270	***	δ	0.0317	0.0325	0.9750	

Примітка: *, ** та *** означають значимість на рівнях 10%, 5%, та 1%, відповідно.

Таблиця 3. Параметри оцінені за AR(1,1)-EGARCHM(1,1)

$$R_t = \alpha + Volume R_{t-1} + \beta h_t + \varepsilon_t,$$

$$\ln h_t = A + B(1) \ln h_{t-1} + C(2) (\varepsilon_{t-1} / h_{t-1}^{0.5}) + \delta (|\varepsilon_{t-1}| / h_{t-1}^{0.5} - (2/\pi)^{0.5}),$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , π – коефіцієнт співвідношення окружності круга до його діаметру, $A, B(1), C(2), \delta, \alpha, \beta, Volume$ – параметри.

Портфель А					Портфель Б				
Змінна	Значення	Ст. похибка	Т-стат.		Змінна	Значення	Ст. похибка	Т-стат.	
α	-0.0059	0.0031	-1.9310	*	α	-0.0041	0.0052	-0.7840	
$Volume$	-0.0513	0.0518	-0.9910		$Volume$	0.0389	0.0443	0.8780	
β	0.8586	0.4379	1.9610	***	β	0.4138	0.5342	0.7750	
A	-0.3866	0.2611	-1.4810		A	-12.5391	2.9327	-4.2760	***
$B(1)$	0.9606	0.0264	36.3420	***	$B(1)$	-0.3557	0.3170	-1.1220	
$C(2)$	-0.0173	0.0218	-0.7910		$C(2)$	-0.0524	0.0671	-0.7810	
δ	0.1215	0.0465	2.6610	***	δ	-0.2638	0.1060	-2.4880	**

Примітка: *, ** та *** означають значимість на рівнях 10%, 5%, та 1%, відповідно.

Таблиця 4. Параметри оцінені за EGARCHM(1,1)

$$R_t = \alpha + \beta h_t + \varepsilon_t,$$

$$\ln h_t = A + B(1) \ln h_{t-1} + C(2) (\varepsilon_{t-1} / h_{t-1}^{0.5}) + \delta (|\varepsilon_{t-1}| / h_{t-1}^{0.5} - (2/\pi)^{0.5}),$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , π – коефіцієнт співвідношення окружності круга до його діаметру, $A, B(1), C(2), \delta, \alpha, \beta$ – параметри.

Портфель А					Портфель Б				
Змінна	Значення	Ст. похиб.	Т-стат.		Змінна	Значення	Ст. похиб.	Т-стат.	
α	0.0002	0.0065	0.0250		α	-0.0006	0.0046	-0.1320	
β	-0.0068	0.9193	-0.0070		β	0.0609	0.4706	0.1290	
A	-16.1627	2.9305	-5.5150	***	A	-12.3246	3.0527	-4.0370	***
$B(1)$	-0.6352	0.2949	-2.1540	**	$B(1)$	-0.3326	0.3302	-1.0070	
$C(2)$	0.0758	0.0445	1.7040	*	$C(2)$	-0.0527	0.0682	-0.7730	
δ	0.0669	0.0665	1.0050		δ	-0.2720	0.1044	-2.6070	**

Примітка: *, ** та *** означають значимість на рівнях 10%, 5%, та 1%, відповідно.

Таблиця 5. Параметри оцінені за моделлю ARMA(1,1)-NAGARCHM(1,1)

$$R_t = \alpha + VolumeR_{t-1} + \beta h_t + MA\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t,$$

$$h_t = A + B(1)h_{t-1} + C(1)\left(\varepsilon_{t-1} + C(2)\sqrt{h_{t-1}}\right)^2,$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , $A, B(1), C(1), C(2), \alpha, \beta, Volume$ та MA – параметри.

Портфель А				Портфель Б					
Змінна	Значення	Ст. похиб.	Т-стат.		Змінна	Значення	Ст. похиб.	Т-стат.	
α	-0.0011	0.0011	-0.9570		α	-0.0040	0.0040	-0.9870	
$Volume$	0.8222	0.1827	4.5010	***	$Volume$	0.8104	0.1973	4.1080	***
β	0.1550	0.1625	0.9540		β	0.4068	0.4133	0.9840	
MA	-0.8343	0.1895	-4.4020	***	MA	-0.7855	0.2223	-3.5330	***
A	0.0000	0.0000	2.2210	**	A	0.0000	0.0000	1.1440	
$B(1)$	0.8166	0.0508	16.0710	***	$B(1)$	0.8313	0.1230	6.7560	***
$C(1)$	0.0808	0.0246	3.2810	***	$C(1)$	0.0562	0.0396	1.4200	
$C(2)$	-0.3275	0.2265	-1.4450		$C(2)$	-0.4111	0.2917	-1.4090	

Примітка: *, ** та *** означають значимість на рівнях 10%, 5%, та 1%, відповідно.

Таблиця 6. Параметри оцінені за MA(1,1)-NAGARCHM(1,1)

$$R_t = \alpha + \beta h_t + MA\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t,$$

$$h_t = A + B(1)h_{t-1} + C(1)\left(\varepsilon_{t-1} + C(2)\sqrt{h_{t-1}}\right)^2,$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , $A, B(1), C(1), C(2), \alpha, \beta$, та MA – параметри.

Портфель А				Портфель Б					
Змінна	Значення	Ст. похиб.	Т-стат.		Змінна	Значення	Ст. похиб.	Т-стат.	
α	-0.0024	0.0025	-0.9680		α	-0.0154	0.0094	-1.6380	
β	0.3464	0.3612	0.9590		β	1.5746	0.9670	1.6280	
MA	-0.0229	0.0634	-0.3610		MA	0.0299	0.0597	0.5010	
A	0.0000	0.0000	2.0780	**	A	0.0000	0.0000	1.8260	*
$B(1)$	0.8328	0.0492	16.9140	***	$B(1)$	0.8931	0.0419	21.3070	***
$C(1)$	0.0814	0.0280	2.9100	***	$C(1)$	0.0407	0.0214	1.9000	*
$C(2)$	-0.3890	0.1953	-1.9920	**	$C(2)$	-0.2852	0.2381	-1.1980	

Примітка: *, ** та *** означають значимість на рівнях 10%, 5%, та 1%, відповідно.

Таблиця 7. Параметри оцінені за AR(1,1)-NAGARCHM(1,1)

$$R_t = \alpha + VolumeR_{t-1} + \beta h_t + \varepsilon_t,$$

$$h_t = A + B(1)h_{t-1} + C(1)\left(\varepsilon_{t-1} + C(2)\sqrt{h_{t-1}}\right)^2,$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , $A, B(1), C(1), C(2), \alpha, \beta$ та $Volume$ – параметри.

Портфель А				Портфель Б					
Змінна	Значення	Ст. похиб.	Т-стат.		Змінна	Значення	Ст. похиб.	Т-стат.	
α	-0.0024	0.0025	-0.9500		α	-0.0148	0.0090	-1.6450	*
$Volume$	-0.0205	0.0630	-0.3260		$Volume$	0.0359	0.0592	0.6060	
β	0.3469	0.3686	0.9410		β	1.5126	0.9250	1.6350	
A	0.0000	0.0000	2.0730	**	A	0.0000	0.0000	1.8200	**
$B(1)$	0.8328	0.0491	16.9550	***	$B(1)$	0.8912	0.0428	20.8080	***
$C(1)$	0.0814	0.0278	2.9250	***	$C(1)$	0.0414	0.0217	1.9060	*
$C(2)$	-0.3914	0.1958	-1.9990	**	$C(2)$	-0.2957	0.2389	-1.2370	

Примітка: *, ** та *** означають значимість на рівнях 10%, 5%, та 1%, відповідно.

Таблиця 8. Параметри оцінені за NAGARCHM(1,1)

$$R_t = \alpha + \beta h_t + \varepsilon_t,$$

$$h_t = A + B(1)h_{t-1} + C(1)(\varepsilon_{t-1} + C(2)\sqrt{h_{t-1}})^2,$$

де $\ln h_t$ – логарифм умовної дисперсії у час t , R_t – прибуток портфеля у час t , $A, B(1), C(1), C(2), \alpha, \beta$ – параметри.

Портфель А				Портфель Б					
Змінна	Значення	Ст. похибка	Т-стат.		Змінна	Значення	Ст. похибка	Т-стат.	
α	-0.0024	0.0025	-0.9580		α	-0.0166	0.0101	-1.6560	*
β	0.3513	0.3706	0.9480		β	1.7048	1.0348	1.6470	*
A	0.0000	0.0000	2.1440	**	A	0.0000	0.0000	1.8810	
B(1)	0.8297	0.0445	18.6620	***	B(1)	0.8992	0.0385	23.3530	***
C(1)	0.0820	0.0239	3.4270	***	C(1)	0.0380	0.0204	1.8590	*
C(2)	-0.4091	0.1959	-2.0880	**	C(2)	-0.2334	0.2298	-1.0160	

Примітка: *, ** та *** означають значимість на рівнях 10%, 5%, та 1%, відповідно.

Таблиця 9. Всі моделі VaR у портфелі А

Точність моделі визначається за кількістю порушень форвардного тесту прогнозів VaR. Сукупні порушення характеризують загальну кількість додаткових нарахувань на основний капітал якщо порушення дійсно виникають. Відсоток сукупних

порушень визначається як $\sum_{i=1}^n \left(\frac{R_i - VaR_i}{VaR_i} \right)$, де n – кількість порушень. Рівень середніх порушень описує середню кількість додаткових нарахувань на капітал якщо порушення дійсно виникають. Відсоток середніх порушень може визначити рівень середньої кількості додаткових нарахувань на капітал відповідно до прогнозу VaR. Відсоток середніх порушень визначається як $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R_i - VaR_i}{VaR_i} \right)$. Максимальне порушення визначає максимальну кількість додаткових нарахувань на капітал якщо виникають порушення. Відсоток максимальних порушень визначається як $-\left(\frac{R_i - VaR_i}{VaR_i} \right)$ для $i = 1$ до n .

Портфель А						
Рівень довіри 99%						
	Досл.	К-сть поруш.	Сер. VaR	Сукуп. поруш.	Сер. поруш.	Макс. поруш.
ARMA(1,1)-NAGARCHM(1,1)	216	3	-1.7843%	-1.5433%	-0.5144%	-0.7561%
MA(1)-NAGARCHM(1,1)	216	1	-1.6927%	-0.7291%	-0.7291%	-0.7291%
AR(1)-NAGARCHM(1,1)	216	1	-1.6918%	-0.7256%	-0.7256%	-0.7256%
NAGARCHM(1,1)	216	1	-1.6967%	-0.7227%	-0.7227%	-0.7227%
ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)	216	3	-1.6108%	-2.1243%	-0.7081%	-0.8660%
MA(1)-EGARCH(1,1)	216	1	-1.9144%	-0.5465%	-0.5465%	-0.5465%
AR(1)-EGARCHM(1,1)	216	1	-1.9405%	-0.5129%	-0.5129%	-0.5129%
EGARCHM(1,1)	216	1	-1.6314%	-0.8330%	-0.8330%	-0.8330%
ARMA(1,1)-NAGARCHM(1,1)	216	7	-1.2890%	-3.9491%	-0.5642%	-1.2977%
MA(1)-NAGARCHM(1,1)	216	2	-1.2631%	-1.3339%	-0.6670%	-1.1732%
AR(1)-NAGARCHM(1,1)	216	2	-1.2628%	-1.3431%	-0.6715%	-1.1684%
NAGARCHM(1,1)	216	2	-1.2686%	-1.3317%	-0.6659%	-1.1640%
ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)	216	10	-1.1804%	-4.8496%	-0.4850%	-1.3640%
MA(1)-EGARCH(1,1)	216	1	-1.5106%	-0.9561%	-0.9561%	-0.9561%
AR(1)-EGARCHM(1,1)	216	1	-1.5341%	-0.9225%	-0.9225%	-0.9225%
EGARCHM(1,1)	216	2	-1.1470%	-1.6134%	-0.8067%	-1.3173%

Таблиця 10. Всі моделі VaR у портфелі Б

Портфель Б						
Рівень довіри 99%						
	Досл.	К-сть поруш.	Сер. VaR	Сукуп. поруш.	Сер. поруш.	Макс. поруш.
ARMA(1,1)-NA-GARCHM(1,1)	216	3	-2.7650%	-1.3022%	-0.4341%	-0.8612%
MA(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	0	-4.3280%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
AR(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	0	-4.2261%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
NA-GARCHM(1,1)	216	0	-4.5207%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)	216	3	-2.5130%	-2.4927%	-0.8309%	-1.0547%
MA(1)-EGARCH(1,1)	216	1	-3.1078%	-0.7699%	-0.7699%	-0.7699%
AR(1)-EGARCHM(1,1)	216	1	-2.7889%	-0.8818%	-0.8818%	-0.8818%
EGARCHM(1,1)	216	1	-2.4676%	-1.0905%	-1.0905%	-1.0905%

Продовження табл. 10

Портфель Б						
95% рівень довіри						
	Досл.	К-сть поруш.	Сер. VaR	Сукуп. поруш.	Сер. поруш.	Макс. поруш.
ARMA(1,1)-NA-GARCHM(1,1)	216	4	-2.4109%	-2.4477%	-0.6119%	-1.2390%
MA(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	0	-3.9124%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
AR(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	0	-3.8180%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
NA-GARM(1,1)	216	0	-4.0878%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)	216	5	-2.2025%	-3.6773%	-0.7355%	-1.3981%
MA(1)-EGARCH(1,1)	216	1	-2.7586%	-1.0864%	-1.0864%	-1.0864%
AR(1)-EGARCHM(1,1)	216	1	-2.4328%	-1.2373%	-1.2373%	-1.2373%
EGARCHM(1,1)	216	1	-2.1059%	-1.4686%	-1.4686%	-1.4686%

Таблиця 11. Попарне порівняння моделей EGARCH та NA-GARCH на рівні довіри 99%

Рівень довіри 99%						
Портфель А	Досл.	К-сть поруш.	Рівень порушень	Сер. VaR	Сукуп. поруш.	Макс. поруш.
ARMA(1,1)-NA-GARCHM(1,1)	216	3	1.39%	-1.7843%	-1.5433%	-0.7561%
ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)	216	3	1.39%	-1.6108%	-2.1243%	-0.8660%
MA(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-1.6927%	-0.7291%	-0.7291%
MA(1)-EGARCH(1,1)	216	1	0.46%	-1.9144%	-0.5465%	-0.5465%
AR(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-1.6918%	-0.7256%	-0.7256%
AR(1)-EGARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-1.9405%	-0.5129%	-0.5129%
NA-GARM(1,1)	216	1	0.46%	-1.6967%	-0.7227%	-0.7227%
EGARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-1.6314%	-0.8330%	-0.8330%
Портфель Б	Досл.	К-сть поруш.	Рівень порушень	Сер. VaR	Сукуп. поруш.	Макс. поруш.
ARMA(1,1)-NA-GARCHM(1,1)	216	3	1.39%	-2.7650%	-1.3022%	-0.8612%
ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)	216	3	1.39%	-2.5130%	-2.4927%	-1.0547%
MA(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	0	0.00%	-4.3280%	0.0000%	0.0000%
MA(1)-EGARCH(1,1)	216	1	0.46%	-3.1078%	-0.7699%	-0.7699%
AR(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	0	0.00%	-4.2261%	0.0000%	0.0000%
AR(1)-EGARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-2.7889%	-0.8818%	-0.8818%
NA-GARM(1,1)	216	0	0.00%	-4.5207%	0.0000%	0.0000%
EGARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-2.4676%	-1.0905%	-1.0905%

Таблиця 12. Попарне порівняння моделей EGARCH та NA-GARCH на рівні довіри 95%

Рівень довіри 95%						
Портфель А	Досл.	К-сть поруш.	Рівень порушень	Сер. VaR	Сукуп. поруш.	Макс. поруш.
ARMA(1,1)-NA-GARCHM(1,1)	216	7	3.24%	-1.2890%	-3.9491%	-1.2977%
ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)	216	10	4.63%	-1.1804%	-4.8496%	-1.3640%
MA(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	2	0.93%	-1.2631%	-1.3339%	-1.1732%
MA(1)-EGARCH(1,1)	216	1	0.46%	-1.5106%	-0.9561%	-0.9561%
AR(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-1.6918%	-0.7256%	-0.7256%
AR(1)-EGARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-1.9405%	-0.5129%	-0.5129%
NAGARM(1,1)	216	2	0.93%	-1.2686%	-1.3317%	-1.1640%
EGARCHM(1,1)	216	2	0.93%	-1.1470%	-1.6134%	-1.3173%
Портфель Б	Досл.	К-сть поруш.	Рівень порушень	Сер. VaR	Сукуп. поруш.	Макс. поруш.
ARMA(1,1)-NA-GARCHM(1,1)	216	4	1.85%	-2.4109%	-2.4477%	-1.2390%
ARMA(1,1)-EGARCHM(1,1)	216	5	2.31%	-2.2025%	-3.6773%	-1.3981%
MA(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	0	0.00%	-3.9124%	0.0000%	0.0000%
MA(1)-EGARCH(1,1)	216	1	0.46%	-2.7586%	-1.0864%	-1.0864%
AR(1)-NA-GARCHM(1,1)	216	0	0.00%	-3.8180%	0.0000%	0.0000%
AR(1)-EGARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-2.4328%	-1.2373%	-1.2373%
NAGARM(1,1)	216	0	0.00%	-4.0878%	0.0000%	0.0000%
EGARCHM(1,1)	216	1	0.46%	-2.1059%	-1.4686%	-1.4686%

Отримано 04.01.2011
Переклад з англ. Лисенко Ю.