МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Тема роботи:

# “Ринкові ризики та їх оцінювання з використанням прогнозів волатильності”

**ВИКОНАЛА:**

СТУДЕНТКА ГРУПИ КА-24
ЧУПРИНА ОЛЕКСАНДРА

**НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:**

Д.Т.Н., ПРОФ. БІДЮК П.І.

Київ - 2016

# Актуальність роботи

- Необхідність у ефективному управлінні ризиками
- Потреба у розумінні точного характеру фінансових даних, побудові адекватних моделей
- Поширеність гетероскедастичних фінансово-економічних процесів.
- Обчислення оцінок волатильності для прийняття обгрунтованих рішень стосовно:
  - Виконання операцій на біржі
  - Інвестування та спекулювання
  - Менеджменту фінансових ризиків

# Об’єкт, предмет і мета дослідження

**Об’єкт** дослідження – нестаціонарні гетероскедастичні фінансово-економічні процеси.

**Предмет** дослідження – математичні моделі і методи опису гетероскедастичних процесів, оцінювання та аналізу якості прогнозів, а також моделі оцінювання ринкових ризиків.

**Методи** дослідження – теорія моделювання і прогнозування часових рядів, регресійний аналіз, статистичні методи аналізу фінансових ризиків.

**Мета** роботи – побудова адекватних моделей гетероскедастичних процесів для прогнозування волатильності та оцінювання ринкових ризиків за їх допомогою

# Постановка задачі

**1.** Виконати **огляд** сучасних математичних **моделей** для моделювання і прогнозування нестаціонарних  гетероскедастичних фінансово-економічних процесів, **методів** оцінювання ринкових ризиків.

**2.** Зібрати необхідні статистичні **дані** для виконання обчислювальних експериментів.

**3.** Створити **програмний продукт** для виконання обчислювальних експериментів, а саме **моделювання і прогнозування** процесів зі змінною дисперсією, **оцінки ризику**.

**4.** Провести **практичне застосування** моделей для оцінки ризиків.

**5.** Виконати **аналіз отриманих результатів** і зробити висновки.

# Ринкові ризики

**Ринковий ризик** — наявний або потенційний ризик для надходжень і капіталу, який виникає в результаті зміни ринкових цін

- процентний ризик;
- валютний ризик;
- ціновий ризик ринку акцій, або фондовий ризик;
- ціновий ризик товарних ринків або товарний ризик;

# Оцінювання ризиків

$P_t$ — ціна акції або значення індексу деякого фінансового інструменту в момент часу *t*.

$y_t$ — логарифмічна доходність $\ln P_t / P_{t-1} \sim N(\mu, \sigma^2)$

---

## Показник **V**alue **a**t **R**isk

$$P(VaR_t \geq y_t) = 1 - \alpha$$

$$VaR_{t|t-1} = F(\alpha)\hat{\sigma}_{t|t-1}$$

Ключові характеристики для VaR:

- Очікуваний об’єм ризикового капіталу
- Часовий горизонт для розрахунків
- Рівень довіри

# Використані моделі

$$y_t = c + \sum_{i=1}^{s} a_i y_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{r} b_i \varepsilon_{t-i}$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t \xi_t$$

Моделі для оцінки прогнозу волатильності:

*GARCH(p,q):* $\sigma^2{}_t = k + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \sigma^2{}_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \varepsilon_{t-j}^2$

*EGARCH(p,q):* $\log(\sigma^2{}_t) = k + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \log(\sigma^2{}_{t-i}) + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \frac{|\varepsilon_{t-j}|}{\sigma_{t-j}} + \sum_{j=1}^{q} \gamma_j \frac{\varepsilon_{t-j}}{\sigma_{t-j}}$

*GJR(p,q):* $\sigma^2{}_t = k + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \sigma^2{}_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^{q} \gamma_j I[\varepsilon_{t-j} < 0] \varepsilon_{t-j}^2$

# Критерії якості моделей

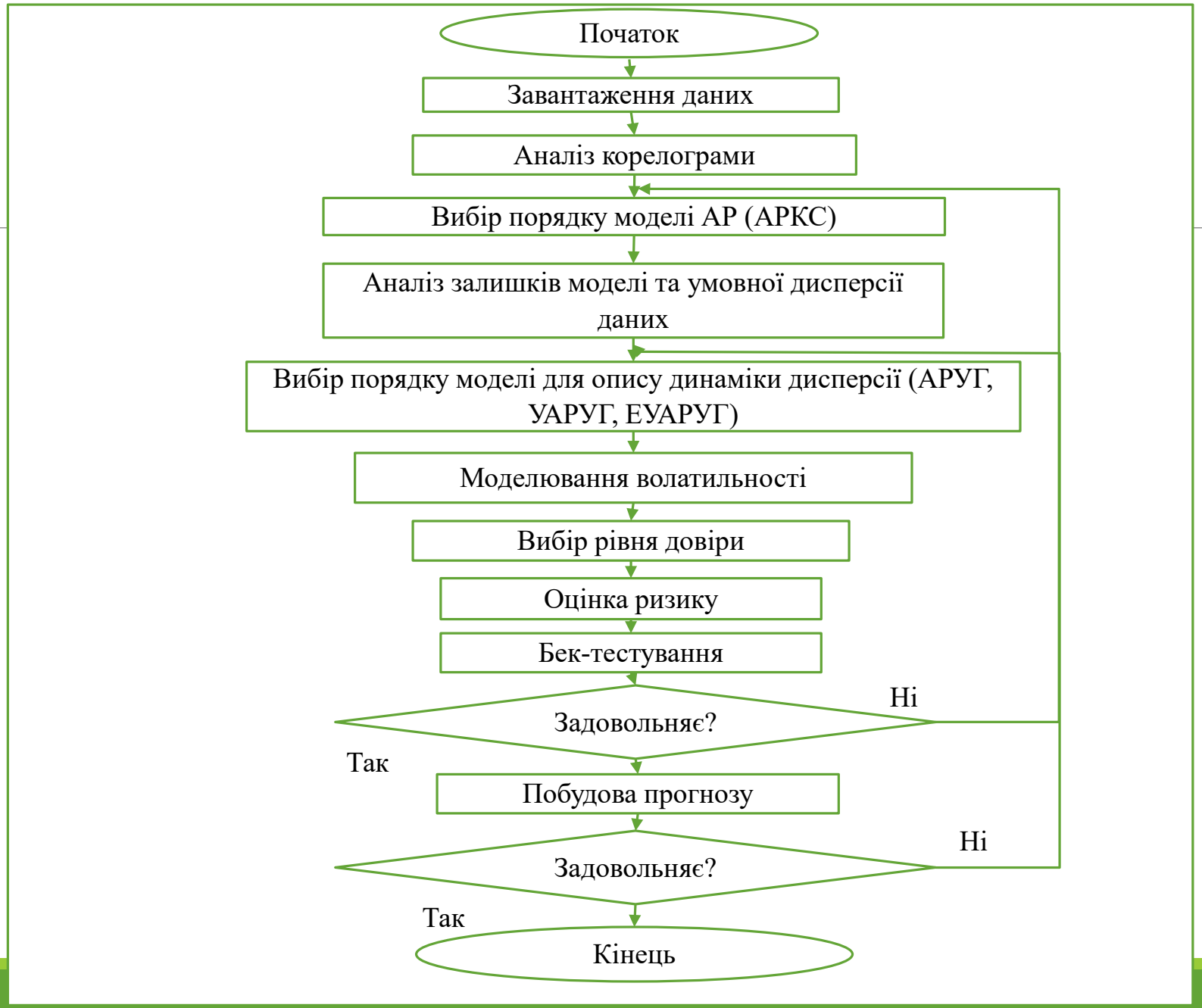
- Коефіцієнт детермінації $R^2 = \frac{\text{var}(\hat{y})}{\text{var}(y)}$
- Сума квадратів похибок моделі $SSE = \sum_{t=1}^{N}(y - \hat{y})^2$
- Середньоквадратична похибка $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \hat{y}_i)^2}{N}}$
- Статистика Дарбіна-Уотсона $DW = \frac{\sum_{t=2}^{N}(\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{N}\varepsilon_t^2}$
- Функція логариф. правдоподібності: $LogL = -\frac{N}{2}\cdot\left(1 + \log(2\cdot\pi) + \log\left(\frac{\sum_{t=1}^{N}(y - \hat{y})^2}{N}\right)\right)$
- Інформаційні критерії:
- Критерій Акайке $AIC = -\frac{2\cdot l}{N} + \frac{2\cdot k}{N}$
- Критерій Шварца $SC = -\frac{2\cdot l}{N} + \frac{k\cdot \log N}{N}$
- Критерий Ханнана-Куінна $HQ = -\frac{2\cdot l}{N} + \frac{2\cdot k\cdot \log(\log(N))}{N}$

$k = p + q + 1$

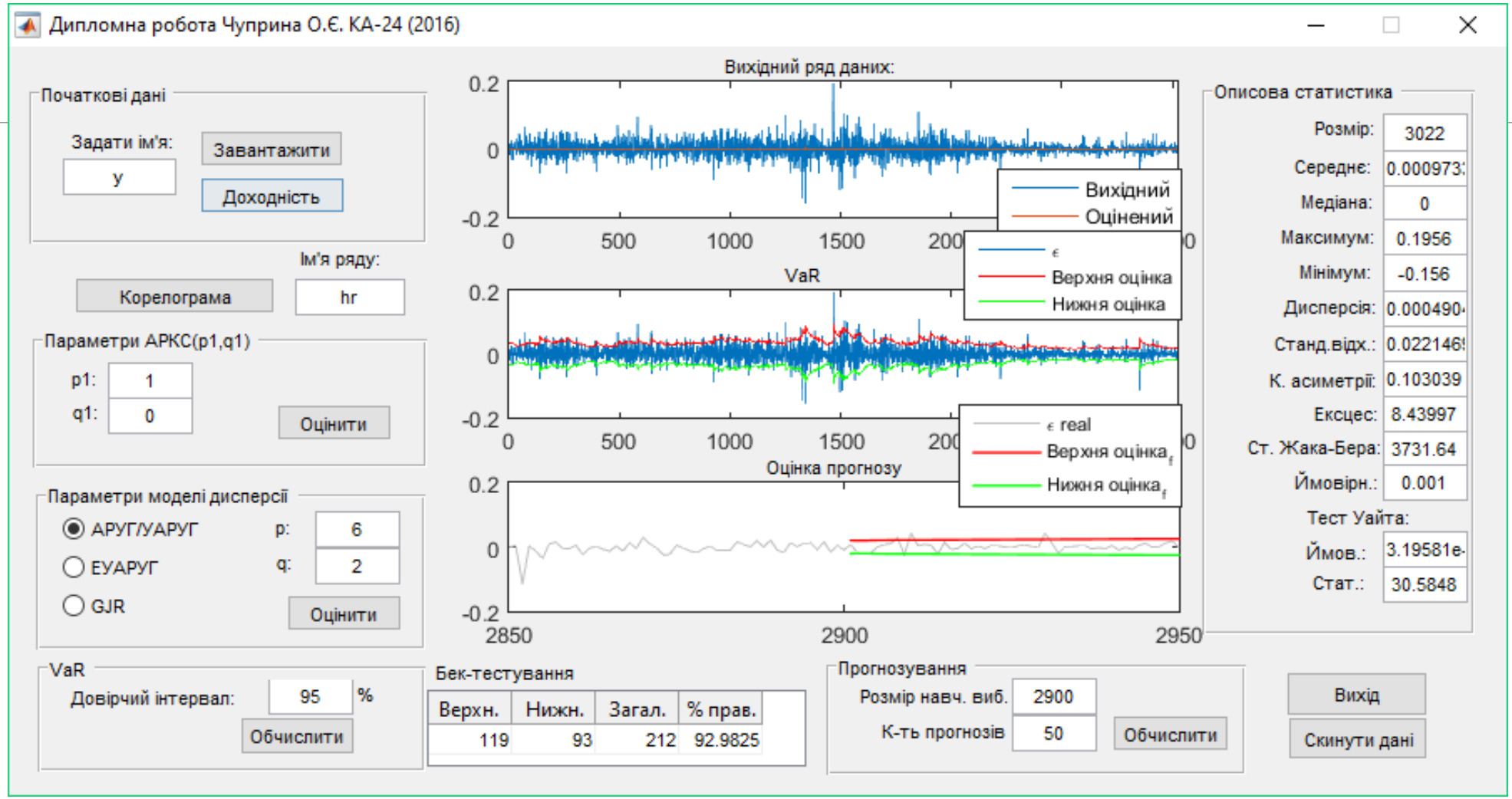
# Критерії якості оцінок прогнозів

- Коефіцієнт Тейла $U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(y_i)^2} + \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(\hat{y}_i)^2}}$
- Середня абсолютна похибка $MAE = \frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}\left|y(k+s) - \hat{y}(k+s,k)\right|$
- Абсолютна середня похибка в процентах $MAPE = \frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}\frac{\left|y(k+s) - \hat{y}(k+s,k)\right|}{\left|y(k+s)\right|}\times 100\%$

# Блок-схема розробленої програми

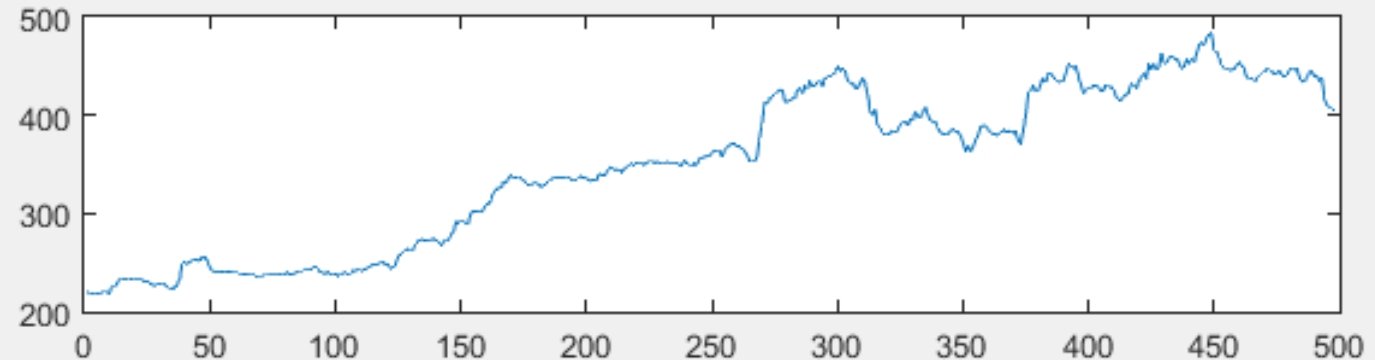


# Головне вікно програми



# Вхідні дані

**Значення індексу ПФТС у період з 19.05.2014 до 19.05.2016**




Ряд доходностей:

**Індекс ПФТС** — біржовий індекс, який розраховується щодня за результатами торгів ПФТС(«Перша Фондова Торговельна Система» ) на основі середньозваженої ціни за угодами, укладеними з 20 найбільш ліквідними акціями емітетів, види економічної діяльності яких відносять до основних секторів економіки України.

# Побудовані моделі. Аналіз результатів

AR(1) $y_t = 0{,}0009 + 0.2294\, y_{t-1} + \varepsilon_t$

$\varepsilon_t = \sigma_t \xi_t$

---

ARCH(1): $\sigma^2{}_t = 0.0001 + 0.3528\, \varepsilon^2{}_{t-1}$

GARCH(1,1): $\sigma^2{}_t = 0.0001 + 0.2696\, \sigma^2{}_{t-1} + 0.3135\, \varepsilon^2_{t-1}$

EGARCH(1,1): $\log(\sigma^2{}_t) = -1.4388 + 0.8373 \log(\sigma^2{}_{t-1}) + 0.3769 \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} + 0.121 \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$

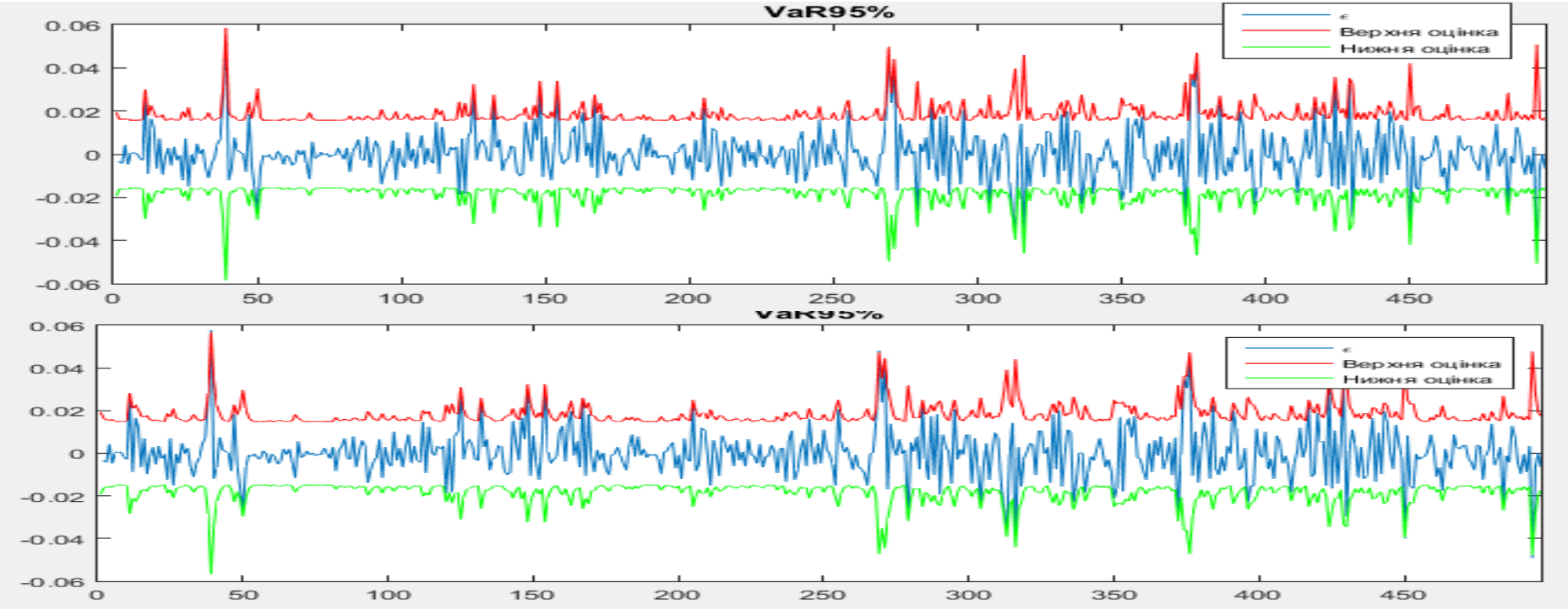
GJR(1,1): $\sigma^2{}_t = 0.0001 + 0.1798\, \sigma^2{}_{t-1} + 0.4343\, \varepsilon^2_{t-1} - 0.239\, I[\varepsilon_{t-1} < 0]\varepsilon^2_{t-1}$

| | R2 | LogL | AIC | SC | HQ |
|---|---|---|---|---|---|
| **ARCH (1)** | 0.5154 | 3681.41 | -14.9266 | -14.9096 | -14.9199 |
| **GARCH(1,1)** | 0.4844 | **3727.18** | **-15.1082** | **-15.0827** | **-15.0982** |
| **EGARCH(1,1)** | 0.489 | 3716.34 | -15.0643 | -15.0387 | -15.0542 |
| **GJR(1,1)** | **0.6346** | 3694.23 | -14.9745 | -14.949 | -14.9645 |

# Оцінка VaR 95%

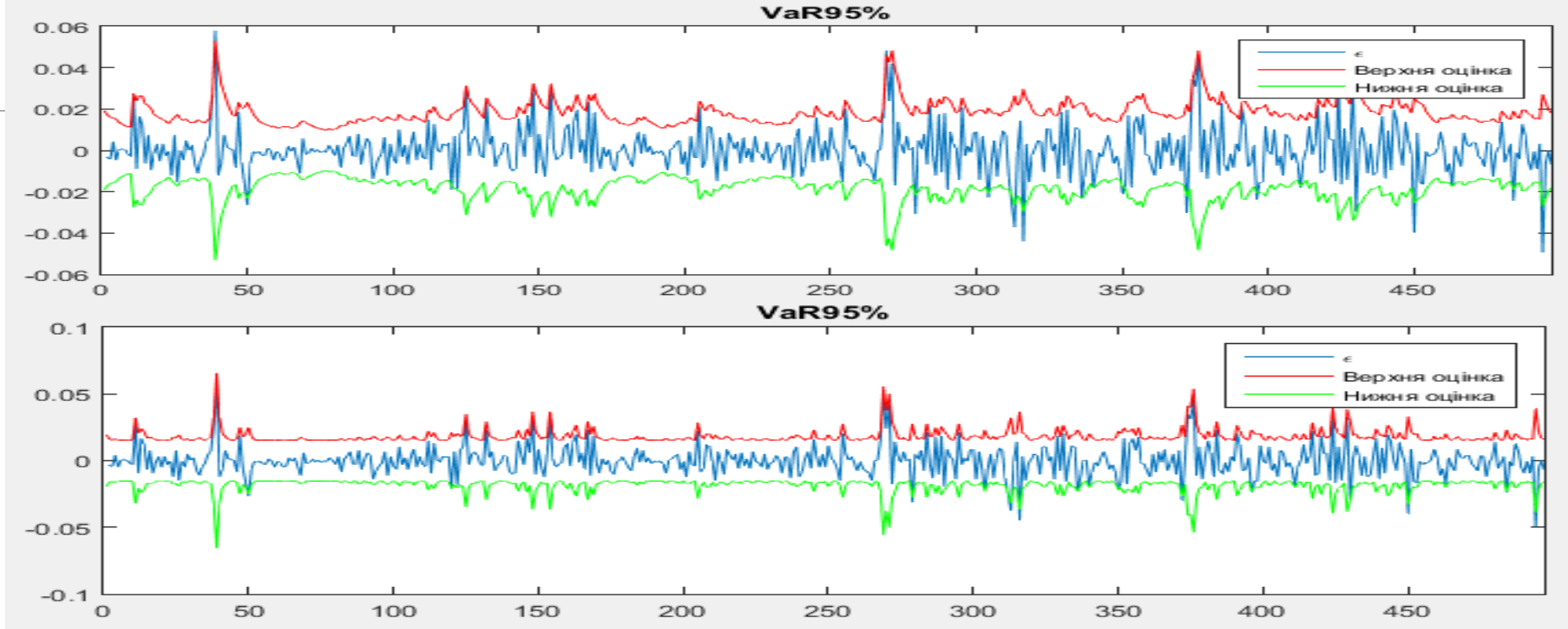
ARCH(1):

GARCH(1,1):



EGARCH(1,1):

GJR(1,1):



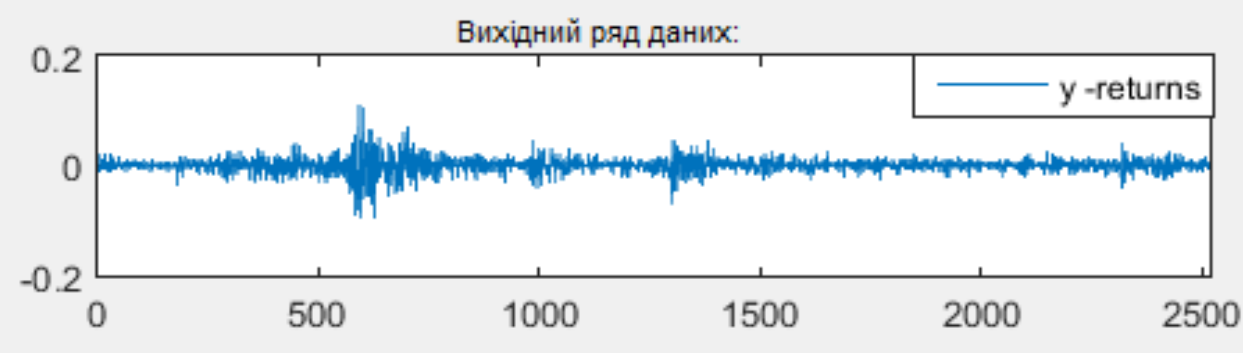
| | Бек-тестування | | Оцінка якості прогнозу | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | VaR 95% (497) | VaR 99% (497) | MAE | MAPE | U |
| **ARCH (1)** | (0) 100% | (0) 100% | 0.000085 | 44.94 | 0.14255 |
| **GARCH(1,1)** | (5) 99% | (0) 100% | **0.000077** | 40.534 | **0.10867** |
| **EGARCH(1,1)** | (17) 96.6% | (3) 99.4% | 0.000078 | **30.592** | 0.12124 |
| **GJR(1,1)** | (11) 97.78% | (0) 100% | 0.000083 | 42.332 | 0.13087 |

# Вхідні дані

**Значення індексу S & P 500 у період з 19.05.2006 до 19.05.2016**

**S & P 500** — фондовий індекс, в кошик якого включено 500 обраних акціонерних компаній США, що мають найбільшу капіталізацію.

Ряд доходностей:



# Побудовані моделі. Аналіз результатів

$$y_t = 0{,}0002 + \varepsilon_t$$
$$\varepsilon_t = \sigma_t \xi_t$$

ARCH(1): $\sigma^2{}_t = 0.0001 + 0.3588\, \varepsilon^2{}_{t-1}$

GARCH(1,1): $\sigma^2{}_t = 0.8738\, \sigma^2{}_{t-1} + 0.1087\, \varepsilon^2_{t-1}$

EGARCH(1,1): $\log(\sigma^2{}_t) = -0.2515 + 0.9725 \log(\sigma^2{}_{t-1}) + 0.1333 \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} - 0.1826 \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$

GJR(1,1): $\sigma^2{}_t = 0.8762\, \sigma^2{}_{t-1} + 0.2032\, I[\varepsilon_{t-1} < 0]\varepsilon^2_{t-1}$

| | R2 | LogL | AIC | SC | HQ |
|---|---|---|---|---|---|
| **ARCH (1)** | 0.2315 | 16354.33 | -13.0142 | -13.0096 | -13.0125 |
| **GARCH(1,1)** | 0.4376 | 17078.1 | -13.5894 | -13.5825 | -13.5869 |
| **EGARCH(1,1)** | 0.3207 | 17066.48 | -13.5802 | -13.5732 | -13.5776 |
| **GJR(1,1)** | **0.5543** | **17301.5** | **-13.7672** | **-13.7603** | **-13.7647** |

| | Бек-тестування | | Оцінка якості прогнозу | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | VaR 95% (2517) | VaR 99% (2517) | MAE | MAPE | U |
| **ARCH (1)** | (1) 99,96% | (0) 100% | 0.00014 | 36.33 | 0.27118 |
| **GARCH(1,1)** | (181) 92.8% | **(5) 99.8%** | 0.00009 | 15,8 | 0.12767 |
| **EGARCH(1,1)** | (195) 92.25% | (31) 98.77% | 0.00009 | 12,98 | 0.14626 |
| **GJR(1,1)** | (183) 92.73% | (23) **99.09%** | 0.00009 | **12,92** | **0.087302** |

# Висновки

У даній дипломній роботі було виконано аналіз і моделювання гетероскедастичних процесів.

За допомогою адекватно побудованих моделей спрогнозовано волатильність відповідних ФЕП та оцінено ринкові ризики.

Застосовані методи для оцінки волатильності факторів ризику показують високі результати навіть при невисоких порядках, що виправдовує їх розповсюджене використання.

## Майбутнє покращення методології VaR

- Застосування різних розподілів випадкової величини
- Застосування стрес-тестування для шокових випадків
- Показники *Shortfall*, *CVaR*, для врахування малоймовірних збитків;
- Застосування теорій хаосу, фракталів, нейронних мереж, нечітку логіку для управління ринковими ризиками.

# Дякую за увагу!