

# Статистичний арбітраж як приклад алгоритмічної торгової стратегії

Виконав:

студент 4-го курсу

групи КА-43

Рубленко Є. А.

Керівник:

к. ф.-м. н., доцент

Каніовська І. Ю.

# Актуальність дослідження

- ▶ Задача створення нових торгових стратегій є провідною для сучасних фондових ринків
- ▶ Алгоритмічні торгові стратегії набагато кращі за звичайних трейдерів із-за слідування чіткому торговому алгоритму та відсутності психологічного тиску
- ▶ Наразі торгові моделі, що базуються на статистичному арбітражі застосовуються для торгівлі цінними паперами на фондовому ринку як банками, так і хедж-фондами

## ► Об'єкт дослідження

Фінансові часові ряди цінних паперів

## ► Предмет дослідження

Алгоритмічні торгові стратегії на основі явища повернення до середнього значення

## ► Мета дослідження

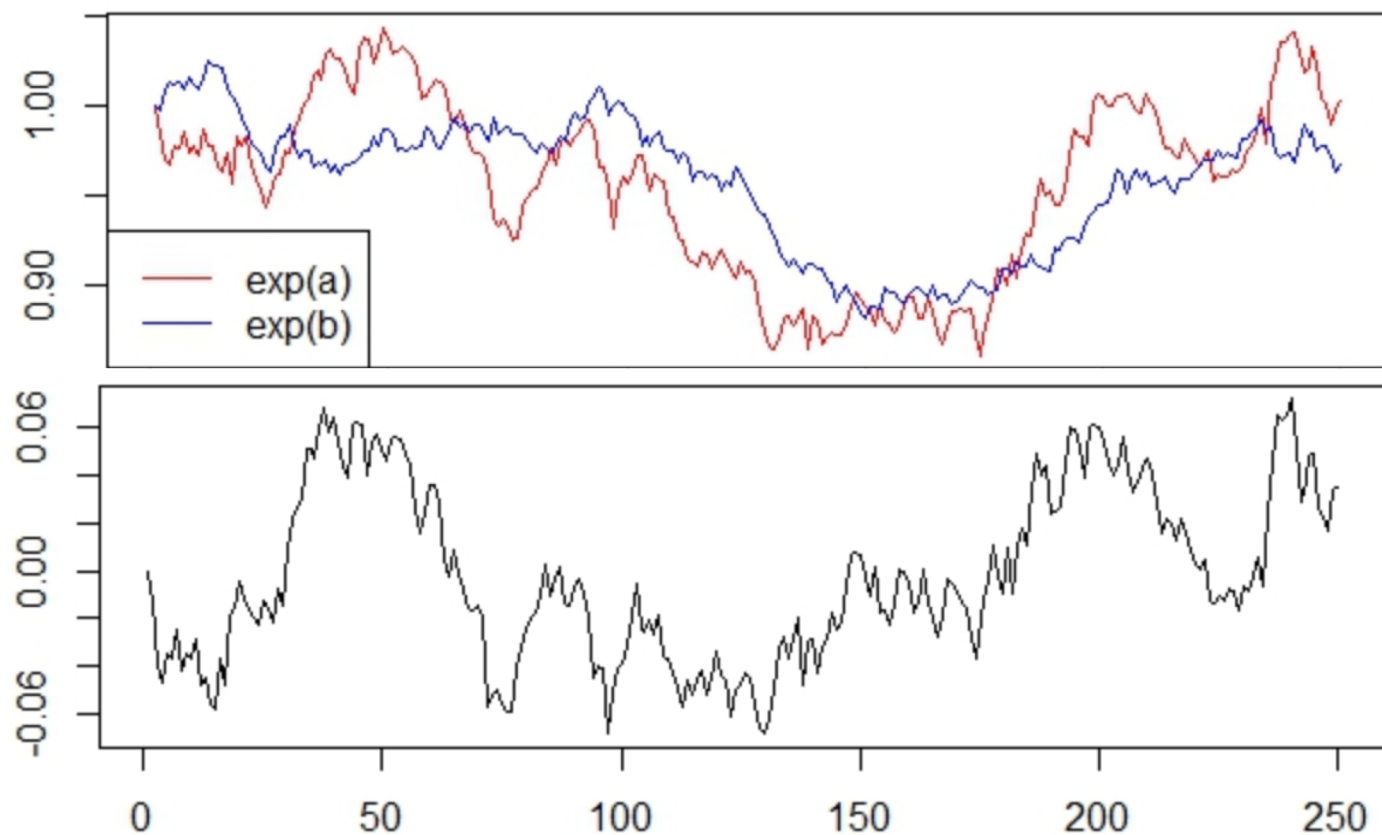
Проаналізувати предмет дослідження, реалізувати декілька трейдингових стратегій, провести тестування стратегій на історичних даних та порівняти оцінки

# Постановка задачі

- ▶ Проаналізувати історичні дані деякого набору цінних паперів на наявність коінтеграції за допомогою статистичних тестів.
- ▶ Реалізувати декілька стратегій статистичного арбітражу, що базуються на явищі повернення до середнього значення.
- ▶ Протестувати реалізовані моделі на історичних даних та виконати порівняльний аналіз отриманих стратегій за допомогою фінансових показників. Зробити висновки щодо можливостей та доцільності застосування використаних моделей, відзначити їх обмеження, переваги та недоліки.

# Коінтеграція часових рядів

- $y_t = (y_t^1, y_t^2, \dots, y_t^k)^T$  - сукупність нестационарних часових рядів. Такі часові ряди коінтегрують, якщо існує вектор  $a = (a_1, \dots, a_k)^T$ , такий що часовий ряд  $z_t = a^T y_t = \sum_{i=1}^k a_i y_t^i \in$  стаціонарним процесом.



# Перевірка коінтеграції часових рядів

## ► Експонента Харста:

$$\langle |z(t + \tau) - z(t)|^2 \rangle \sim \tau^{2H} \text{ для } \forall \tau,$$

де  $z(t)$  - часовий ряд логарифмів цін та  $\langle \dots \rangle$  - усереднення по всім значенням  $t$

Якщо  $H = 0.5$  – часовий ряду є броунівським рухом;  $H < 0.5$  – ряд є стаціонарним;  $H > 0.5$  – часовий ряд с трендом.

## ► Доповнений тест Дікі-Фуллера:

$$\text{AR}(p): y_t = a_1 y_{t-1} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$$

$$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \delta_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \delta_p \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

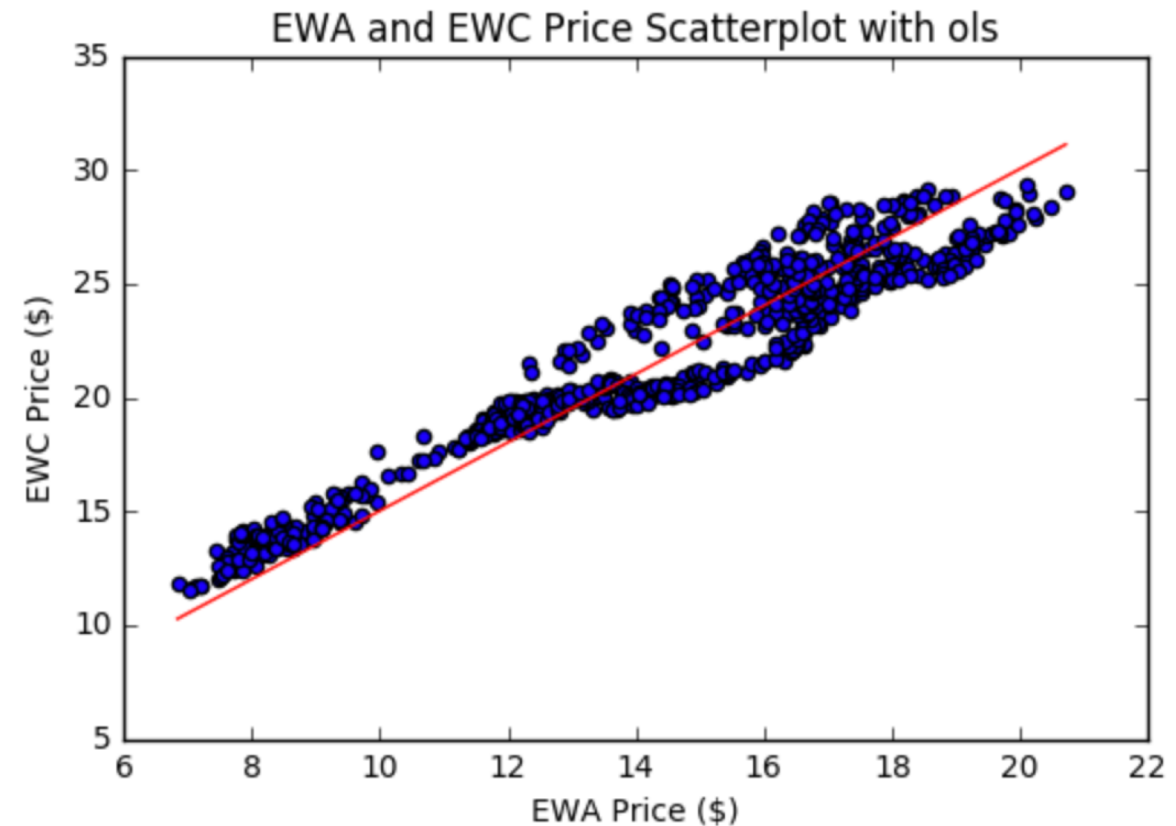
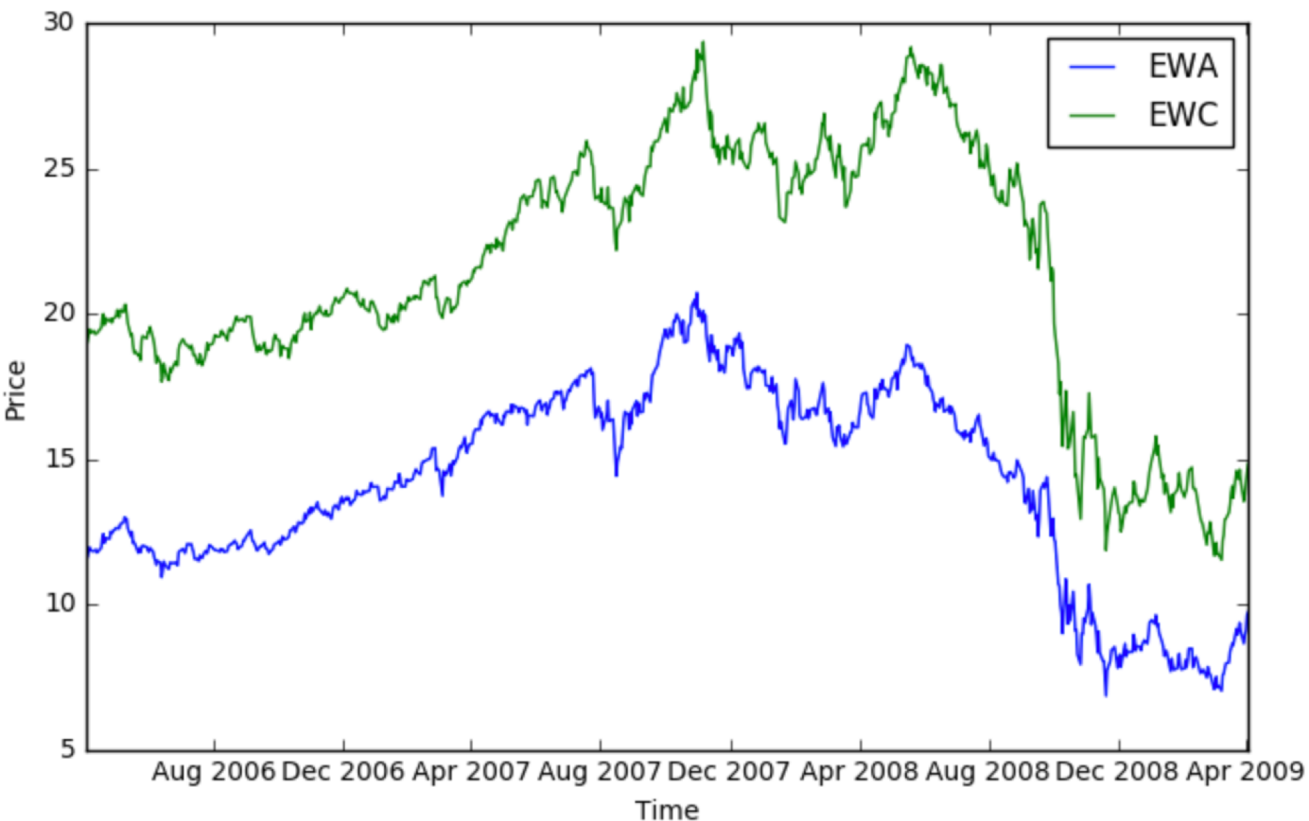
$H_0: \gamma = 0$  - ряд не є стаціонарним

$H_1: \gamma < 0$  - ряд стаціонарний

$DF_t = \hat{\gamma} / SE(\hat{\gamma})$ , де  $SE$  - стандартна помилка для  $\hat{\gamma}$

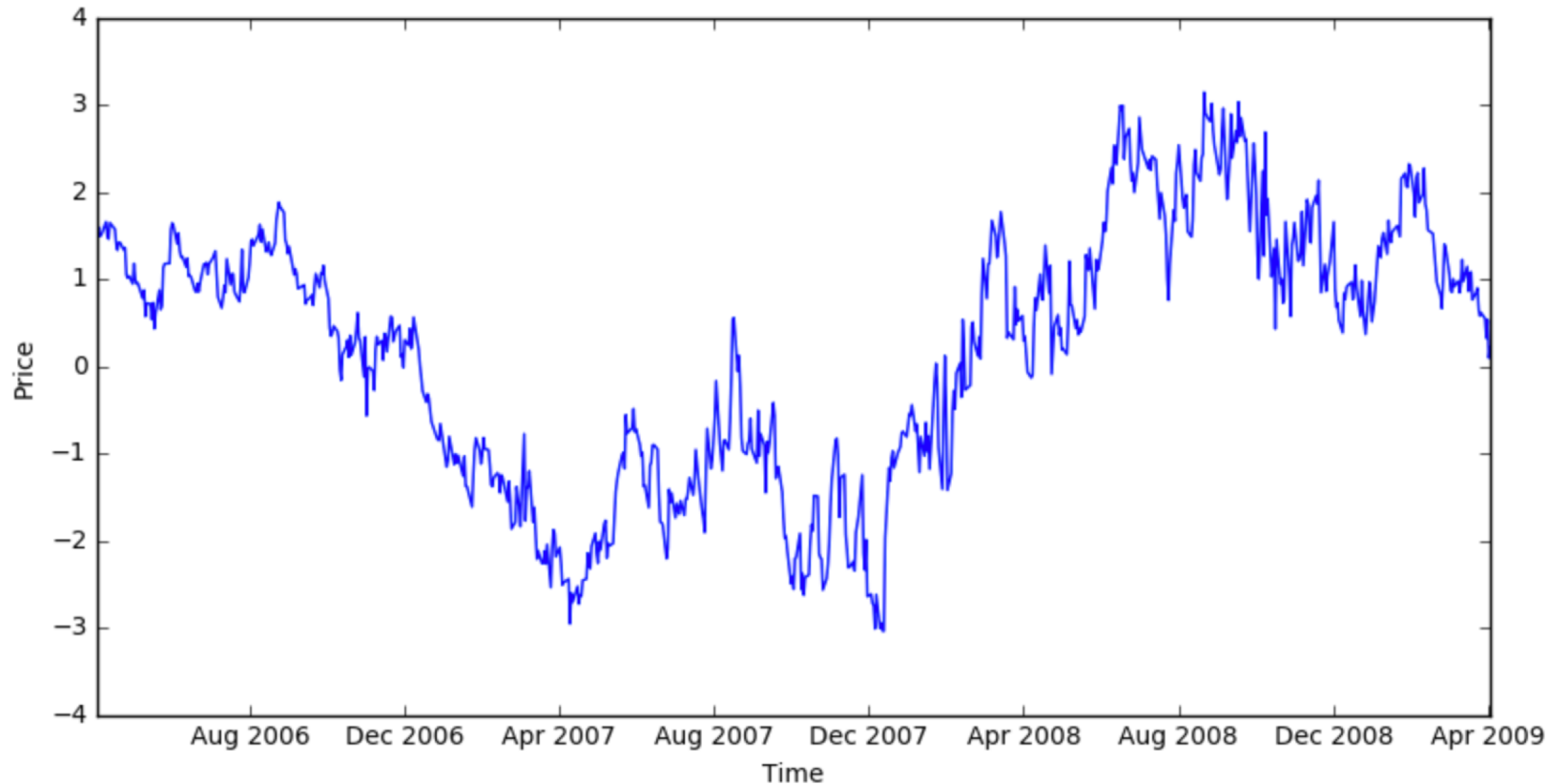
# Перевірка коінтеграції: пара індексів EWA та EWC

- ▶  $y_t = \beta x_t + \varepsilon_t$  – рівняння лінійної регресії,  
де  $\beta$  - це коефіцієнт хеджування



# Перевірка коінтеграції: пара індексів EWA та EWC

- ▶  $s_t = y_t - \beta * x_t$  – спред пари акцій
- ▶ Augmented Dickey Fuller test statistic = -2.0722
- ▶ Augmented Dickey Fuller critical values = {'5%': -1.9413, '1%': -2.5687, '10%': -1.6164}





# Загальні кроки створення та бектестингу стратегій повернення до середнього значення

- ▶ Обробка даних (перевірка коінтеграції та знаходження спреду)
- ▶ Створення часового ряду на основі спреду для генерації торгового сигналу
- ▶ Зіставлення позицій для кожної з акцій на кожен день
- ▶ Розрахунок прибутків та збитків за кожен день, кумулятивного прибутку
- ▶ Знаходження оцінок стратегії (періоди просідання, відношення Шарпа та річного темпу приросту)

# Показники для оцінювання якості роботи алгоритмічної стратегії

- ▶ Кумулятивний прибуток - це загальна сума, яку принесли або втратили інвестиції з плином часу.

$CR = (p_t - p_0)/p_0$ , де  $p_t$  - це ціна портфоліо на даний момент

- ▶ Крива кумулятивного прибутку - графік значень кумулятивного прибутку для кожного  $t$ .
- ▶ CAGR (compound annual growth rate) - середньорічний темп зростання інвестицій за деякий проміжок часу

$$CAGR = (p(t_n)/p(t_0))^{\frac{1}{t_n-t_0}} - 1$$

- ▶ Коефіцієнт Шарпа - показник ефективності інвестиційного портфеля, який обчислюється як відношення середньої премії за ризик до середнього відхилення портфеля (волатильність портфеля).

$$S = \frac{E[R-R_f]}{\sigma} = \frac{E[R-R_f]}{\sqrt{Var[R-R_f]}}$$

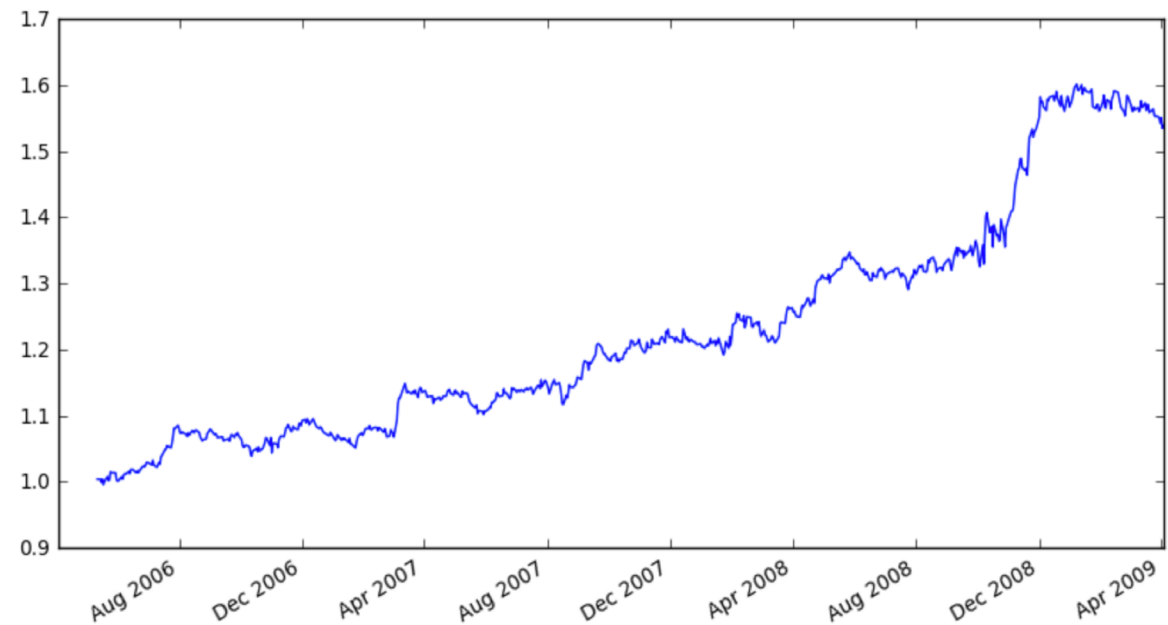
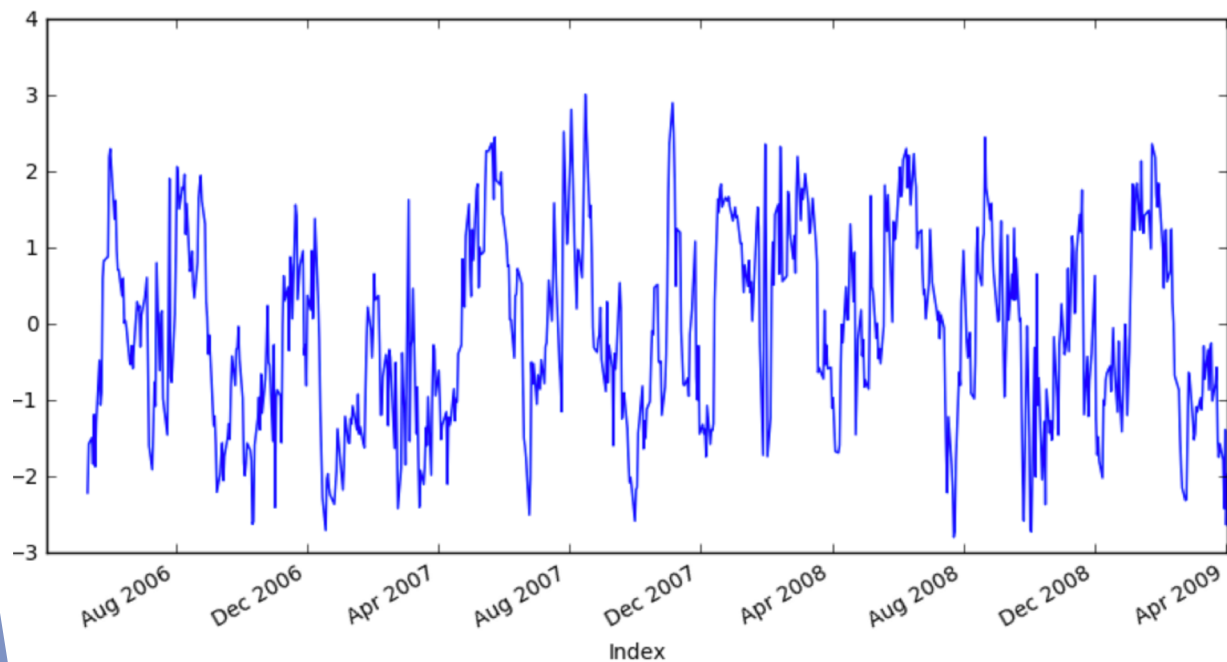
де  $R$  - це прибутковість портфеля,  $R_f$  - безризикова

процентна ставка

# 1. Лінійна стратегія

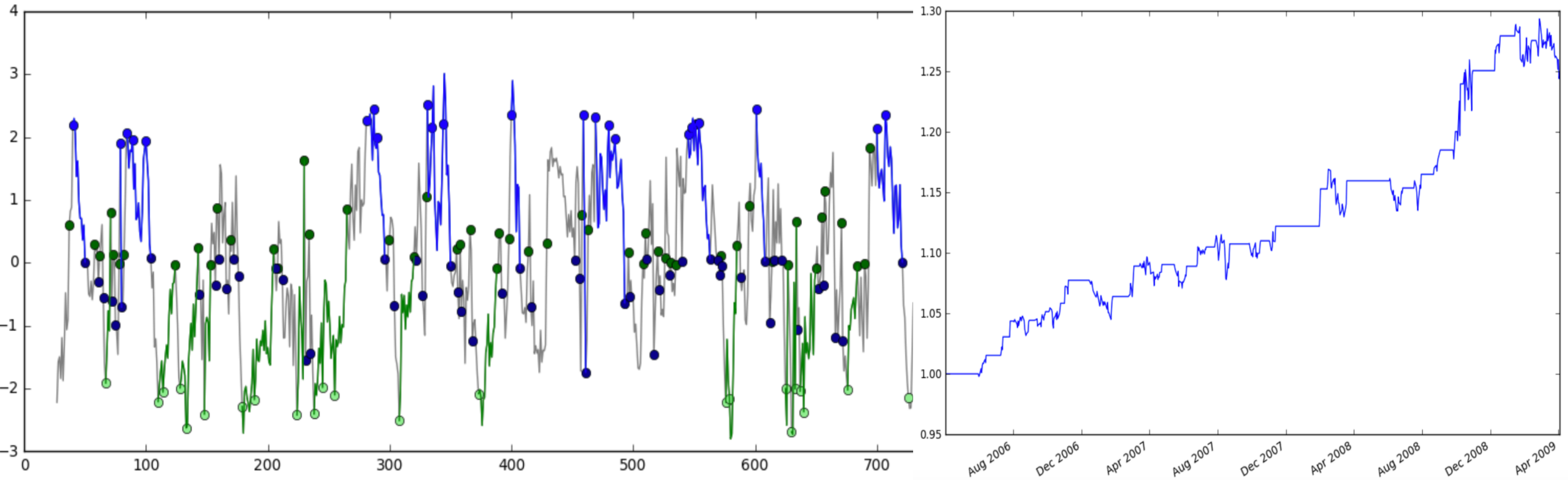
- ▶ Полягає в масштабуванні кількості одиниць акцій, інвестованих в стаціонарний портфель, пропорційно відхиленню ринкової вартості портфеля від ковзного середнього його ціни.
- ▶ Відхилення ринкової вартості описується за допомогою z-score:

$$z_t = \frac{s_t - \mu_t}{\sigma_t}, \text{ де } \mu_t \text{ та } \sigma_t - \text{ це характеристики спреду підраховані у часовому вікні}$$



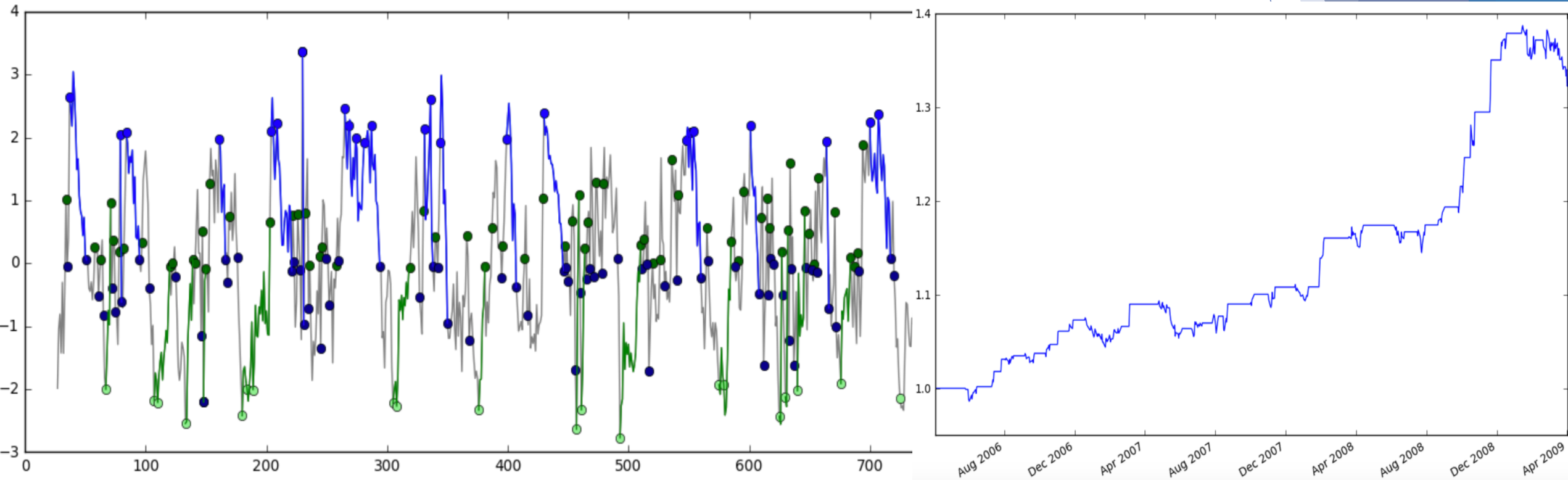
## 2. Стратегія z-score

- ▶ Стратегія має CAGR рівний 7.66% та коефіцієнт Шарпа рівний 1.1. В цілому за увесь період часу інвестиції зросли на 24%.



# 3. Стратегія z-score з динамічним коефіцієнтом хеджування

- ▶ Стратегія має CAGR рівний 9.87% та коефіцієнт Шарпа рівний 1.44. В цілому за увесь період часу інвестиції зросли на 33%.



# Висновки

- ▶ Моделі статистичного арбітражу мають чітке математичне обґрунтування на відміну від багатьох інших торгових стратегій
- ▶ Проаналізовано основні етапи створення стратегій повернення до середнього значення з використанням двох цінних паперів
- ▶ Розроблено декілька стратегій статистичного арбітражу. Серед них найкращою є z-score з динамічним коефіцієнтом хеджування, як з точки зору метрик ризику, так і зі сторони прибутковості
- ▶ При правильному підборі пари акцій та проведення всіх необхідних статистичних тестів, на виході отримуємо прибуткову стратегію, яка може бути використана для алгоритмічної торгівлі на фондовому ринку

# Подальші дослідження

- ▶ Знайти актуальну пару акцій, яка коінтегрує по сьогоднішній день та побудувати торгову модель
- ▶ Залучити більшу кількість цінних паперів до створених стратегій статистичного арбітражу
- ▶ Застосувати стратегії для торгівлі іншими фінансовими інструментами

**Дякую за увагу!**