

Metody Numeryczne - Projekt 1:

Wskaznik MACD

Jakub Szymczyk, 198134

Marzec 2025

1 Wstęp

Głównym celem projektu była implementacja wskaźnika MACD oraz analiza jego przydatności w automatycznym podejmowaniu decyzji o kupnie lub sprzedaży akcji.

Analiza wskaźnika została przeprowadzona na notowaniach indeksu giełdowego S&P 500 oraz kursie Bitcoina.

Projekt został zrealizowany w języku Python z wykorzystaniem bibliotek pandas, numpy oraz matplotlib. Biblioteki te służyły jedynie do wczytywania danych oraz wizualizacji wyników, natomiast wszystkie obliczenia zostały zaimplementowane bezpośrednio w kodzie źródłowym projektu.

2 Czym jest MACD

Wskaźnik MACD (*Moving Average Convergence/Divergence*) został opracowany przez Gerarda Appela w 1979 roku i stanowi jedno z najpopularniejszych narzędzi analizy technicznej. Jego głównym celem jest identyfikacja trendów rynkowych poprzez analizę zbieżności i rozbieżności dwóch średnich wykładniczych (EMA – *Exponential Moving Average*).

Wskaźnik MACD obliczany jest jako różnica wartości krótkoterminowej i długoterminowej średniej wykładniczej, najczęściej z okresami 12 i 26 dni. Dodatkowo, na wykresie często uwzględnia się tzw. linię sygnałową, będącą

9-okresową średnią wykładniczą wartości MACD, która pomaga w interpretacji sygnałów kupna i sprzedaży.

Podstawowe zasady interpretacji wskaźnika MACD obejmują:

- **Przecięcie linii MACD i linii sygnałowej** – sygnał kupna pojawia się, gdy MACD przecina linię sygnałową od dołu, natomiast sygnał sprzedaży – gdy przecina ją od góry.
- **Przecięcie poziomu zerowego** – gdy MACD przechodzi powyżej zera, wskazuje na rosnącą siłę trendu wzrostowego, a gdy spada poniżej zera, może sygnalizować początek trendu spadkowego.
- **Dywergencje** – jeśli cena akcji lub indeksu osiąga nowe szczyty, ale MACD nie potwierdza tego wzrostu, może to wskazywać na osłabienie trendu i potencjalną zmianę kierunku.

Dzięki swojej konstrukcji wskaźnik MACD jest często wykorzystywany w strategiach automatycznego handlu oraz analizie algorytmicznej.

3 Implementacja

Wskaźnik MACD został zaimplementowany w następujący sposób:

$$MACD = EMA_{12} - EMA_{26} \quad (1)$$

$$SIGNAL = EMA_9(MACD) \quad (2)$$

gdzie EMA_N oznacza wykładniczą średnią kroczącą (ang. *Exponential Moving Average*) obliczaną według wzoru:

$$EMA_N^{today} = (p \cdot \alpha) + EMA_N^{yesterday} \cdot (1 - \alpha) \quad (3)$$

gdzie:

- p – cena zamknięcia w danym przedziale czasowym,
- α – współczynnik wygładzający, określony jako:

$$\alpha = \frac{2}{N + 1} \quad (4)$$

- N – liczba okresów.

Który został wyprowadzony z:

$$EMAN(i) = \frac{x_i + (1 - \alpha)x_{i-1} + (1 - \alpha)^2x_{i-2} + \dots + (1 - \alpha)^ix_0}{1 + (1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2 + \dots + (1 - \alpha)^i} \quad (5)$$

4 Dane do analizy

Do analizy wykorzystujemy notowania dwóch instrumentów finansowych:

4.1 Indeks giełdowy S&P 500

Analizujemy indeks S&P 500 w okresie od końca 2015 do końca 2024. Jest to indeks, na którym bazuje wiele funduszy ETF, co umożliwi nam ogólną analizę skuteczności działania wskaźnika MACD.

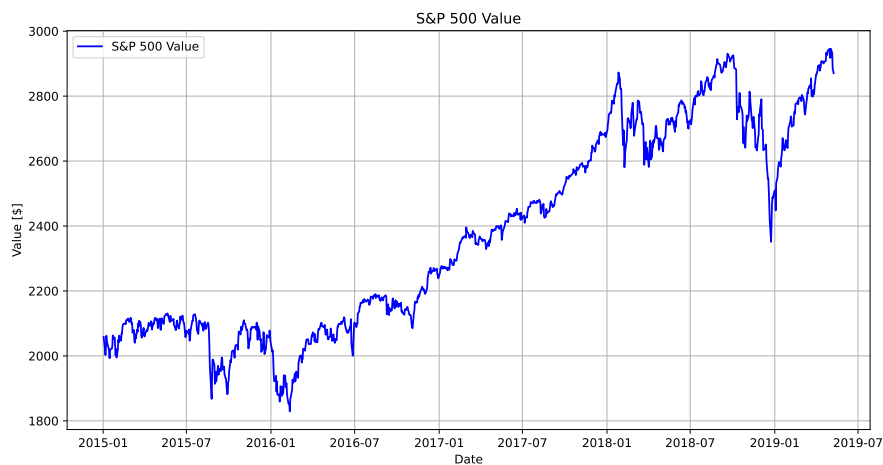


Figure 1: Wykres indeksu S&P 500 od roku 2015 do 2019

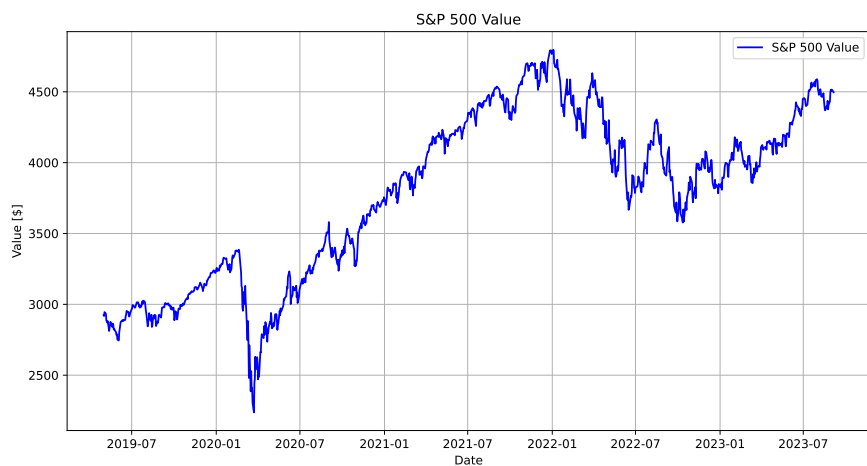
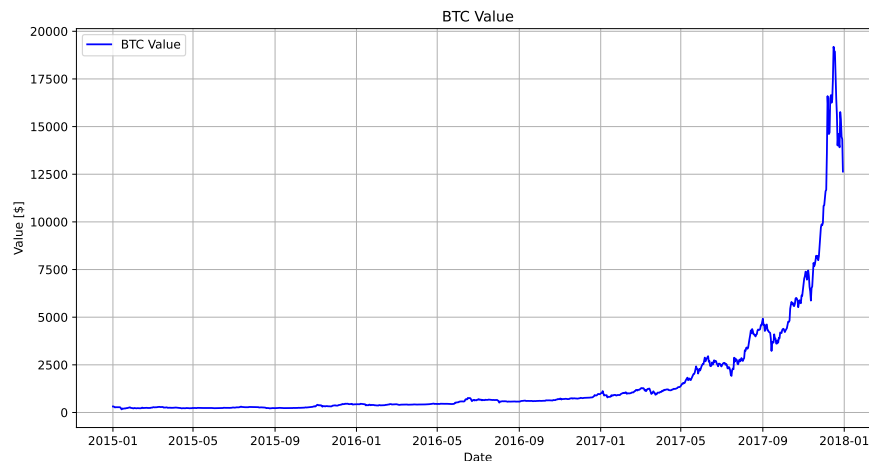


Figure 2: Wykres indeksu S&P 500 od roku 2019 do 2023

4.2 Kryptowaluta Bitcoin

Analizujemy notowania Bitcoina w okresie od końca 2014 do 2022. Ten instrument pozwala na przetestowanie wskaźnika MACD w bardzo zmiennych warunkach rynkowych.



+0.4+0.4

Figure 3: Wykres wartości BTC od roku 2014 do 2017

5 Relacja MACD do danych wejściowych

5.1 S&P 500 2014-2019

- Sygnały **BUY** występowały na początku wzrostowych trendów, co pozwalało na korzystne wejście na rynek. Sygnały **SELL** zazwyczaj skutecznie wskazywały na momenty osłabienia trendu wzrostowego lub rozpoczęcia spadków.
- Przecięcie poziomu zerowego w górę potwierdzało wzrostową dynamikę rynku, a spadek poniżej tego poziomu zapowiadał tendencję spadkową.

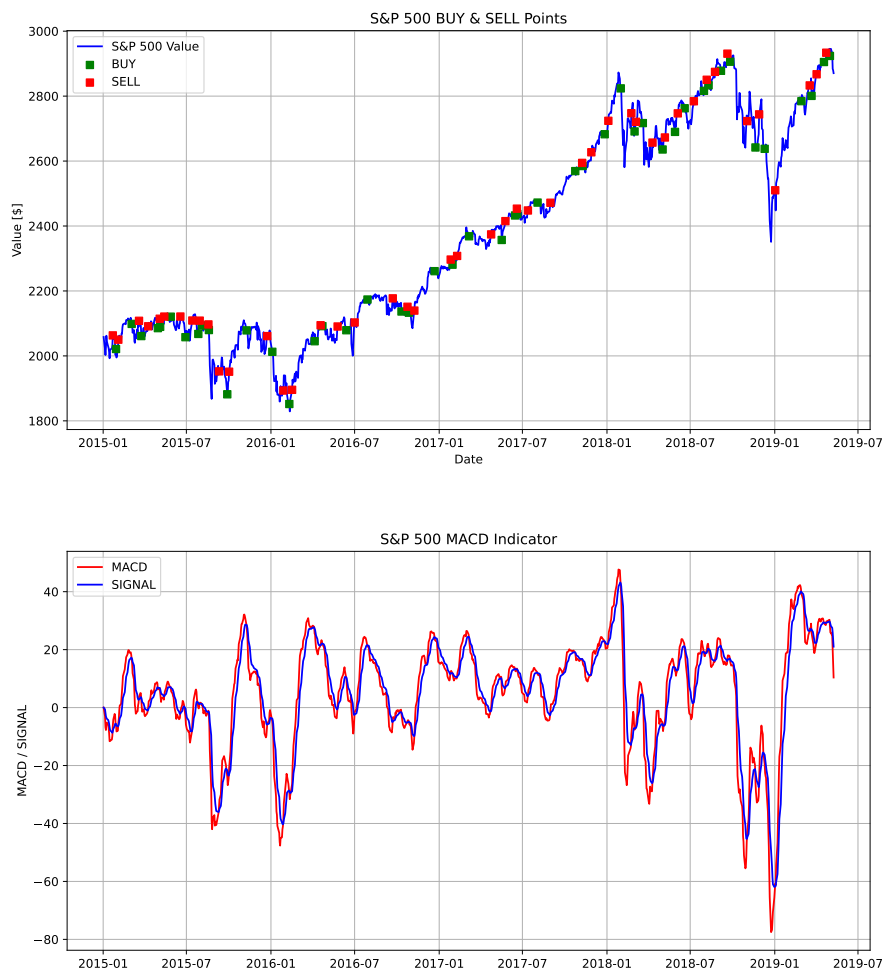


Figure 4: Wykresy wartosci oraz wskaźnika MACD dla S&P 500 2015-2019

5.2 S&P 500 2019-2023

- W tym okresie MACD dobrze identyfikował zarówno krótkoterminowe korekty, jak i długotrwałe trendy.
- Silne odchylenia MACD wskazywały na dynamiczne ruchy cenowe, co okazało się użyteczne w przewidywaniu okresów dużej zmienności.

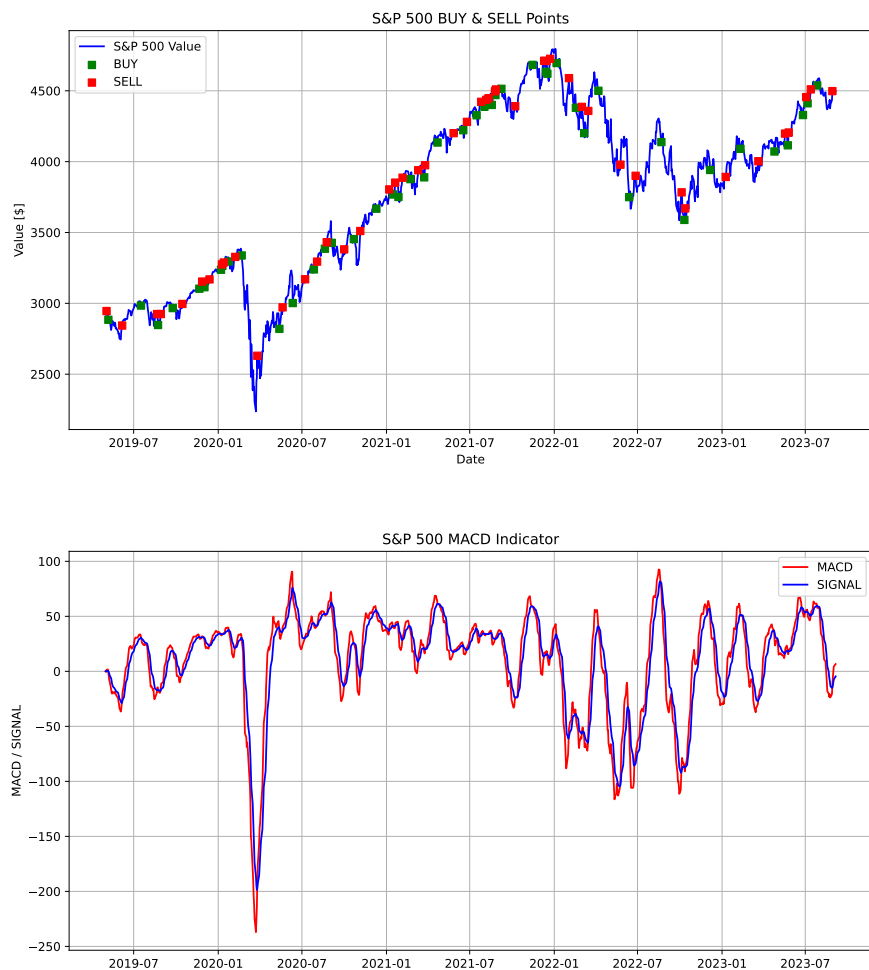


Figure 5: Wykresy wartosci oraz wskaźnika MACD dla S&P 500 2019-2023

5.3 BTC 2015-2019

- Sygnały **BUY** i **SELL** były mniej przewidywalne niż w przypadku indeksu S&P 500, co wynika z większej zmienności rynku kryptowalut.
- W okresach dynamicznych wzrostów MACD generował liczne sygnały, co wymagało dodatkowej analizy w celu uniknięcia fałszywych alarmów.

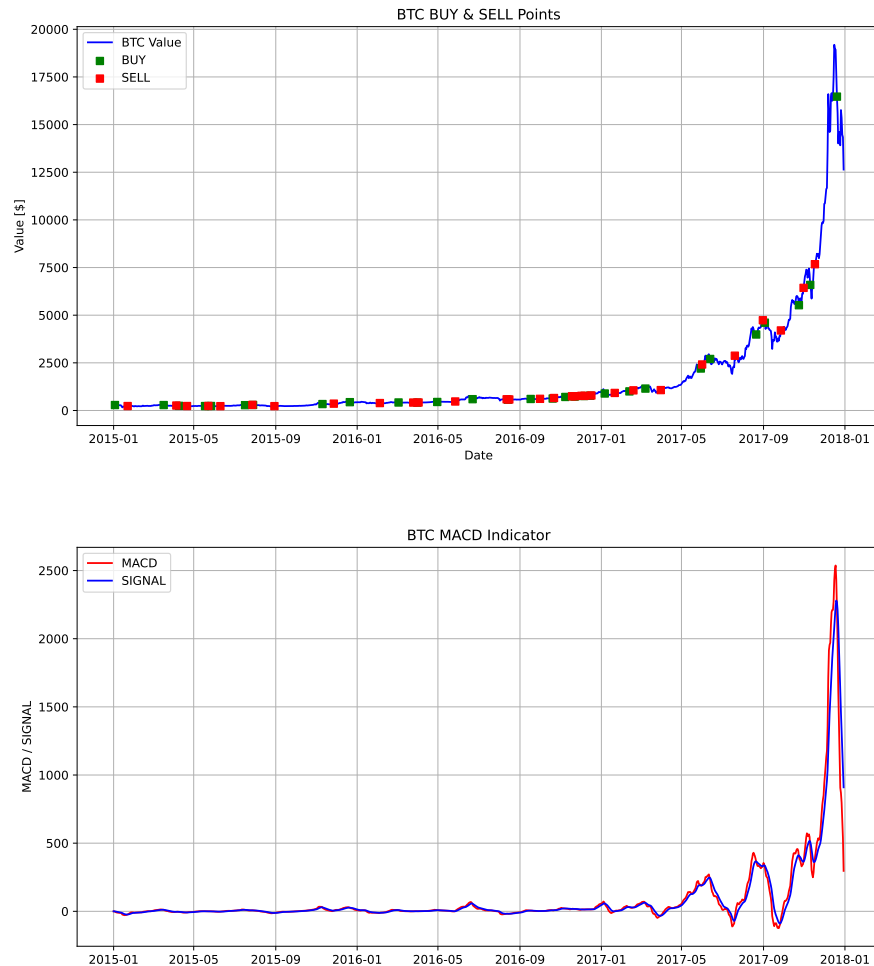


Figure 6: Wykresy wartosci oraz wskaźnika MACD dla BTC 2015-2019

5.4 Podsumowanie

Wskaźnik MACD wykazał się wysoką skutecznością w identyfikacji trendów na rynku S&P 500, chociaż przy dużych zmianach na rynku powodował więcej fałszywych sygnałów, a co gorsza, często prowadził do dużych strat. Natomiast w przypadku Bitcoina, z powodu jego wysokiej zmienności (ang. volatility), możemy zauważyć, że generował więcej fałszywych sygnałów niż nawet w S&P 500. Połączenie MACD z dodatkowymi wskaźnikami technicznymi

oraz analizą fundamentalną może znacząco zwiększyć trafność prognoz inwestycyjnych.

6 MACD na mniejszych zakresach

6.1 S&P 500 – 8 transakcji

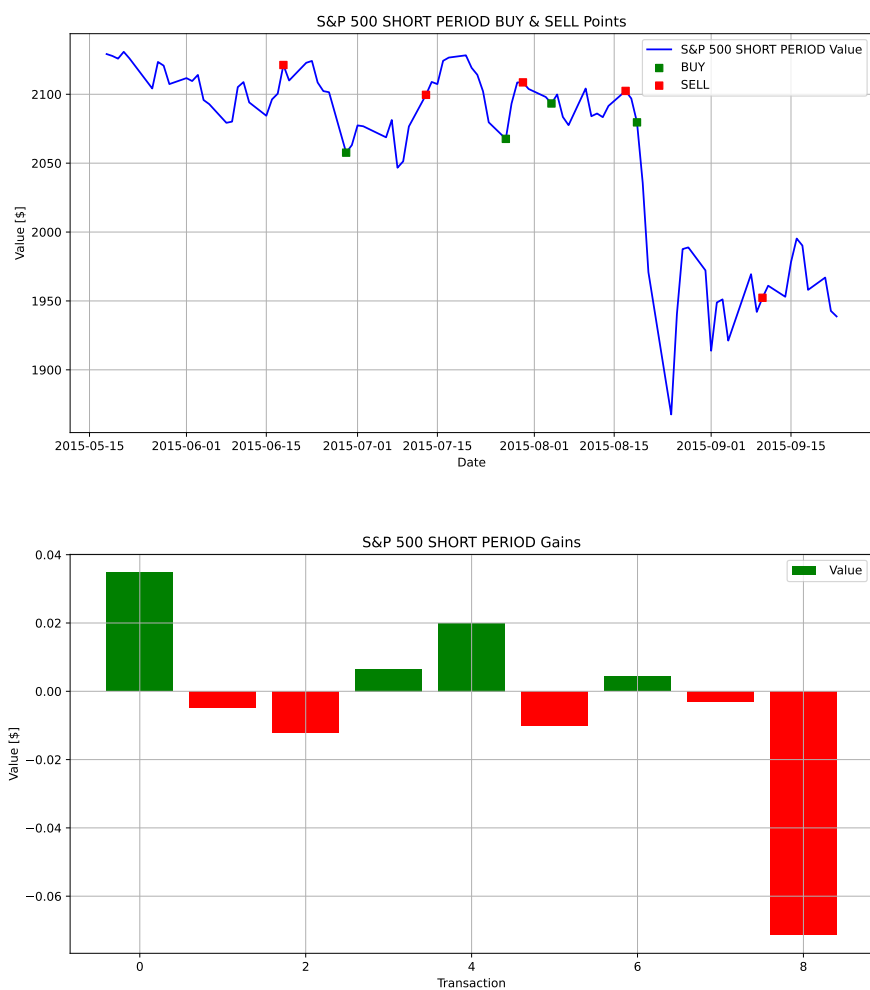


Figure 7: Wykresy zyskow MACD S&P 500 2015-2019

- Analiza krótkoterminowych sygnałów MACD dla indeksu S&P 500 wskazuje, że strategia oparta na 8 transakcjach przynosiła niewielkie, ale stabilne zyski.
- Wykresy pokazują, że momenty kupna i sprzedaży były dobrze dopasowane do lokalnych szczytów i dołków rynku.
- Zyski były relatywnie niskie, co sugeruje, że MACD w krótkim terminie może nie być wystarczająco skuteczne samodzielnie. Dodatkowo widać dużą stratę w momencie gwałtownego spadku.

6.2 BTC – 8 transakcji

- W przypadku Bitcoina MACD generował więcej fałszywych sygnałów niż dla S&P 500.
- Zmienność rynku kryptowalut powodowała, że momenty kupna i sprzedaży były mniej przewidywalne.
- Strategia 8 transakcji nie przyniosła stabilnych zysków, a w niektórych przypadkach generowała straty.

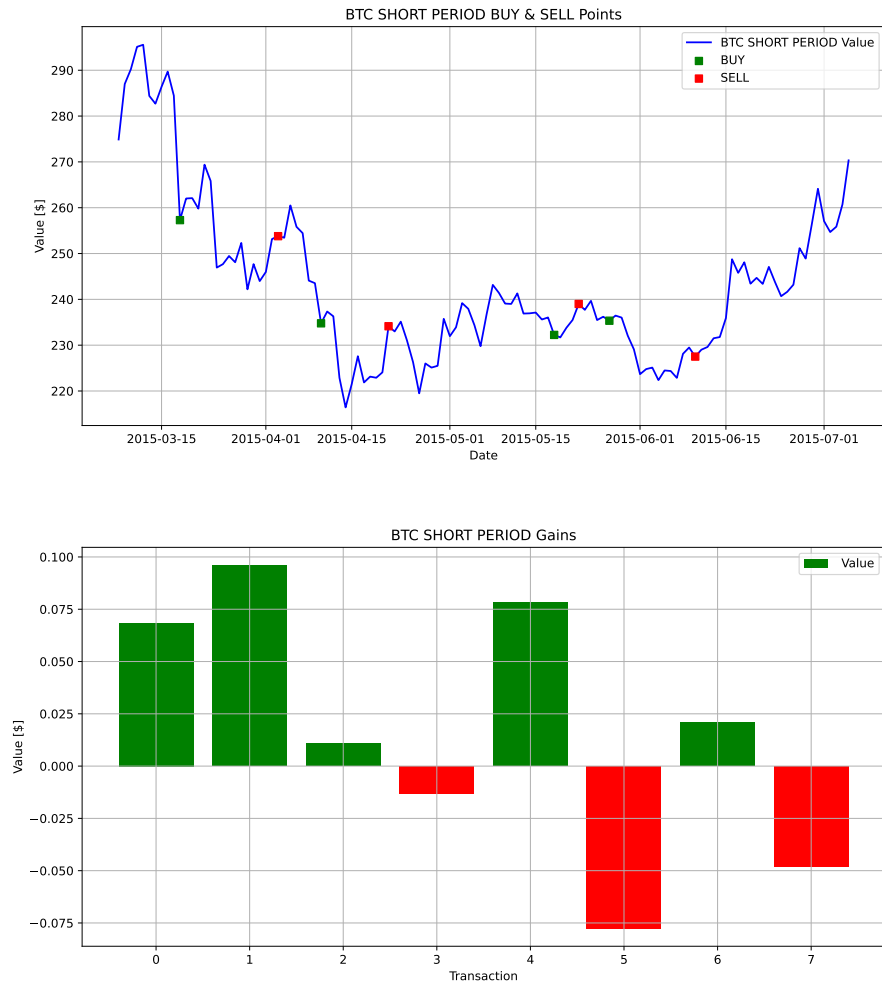


Figure 8: Wykresy zyskow MACD BTC 2015-2019

7 Symulacja portfela z MACD

7.1 Symulacja S&P 500 2014-2019

Wykresy wskazują, że strategia MACD pozwoliła osiągnąć lepsze wyniki niż jednorazowe kupno i trzymanie aktywów do końcówki roku 2017, gdzie potem można zaobserwować stagnację zysków, co może być powiązane z większymi wahaniami wartości. Wartość portfela z transakcjami opartymi na MACD

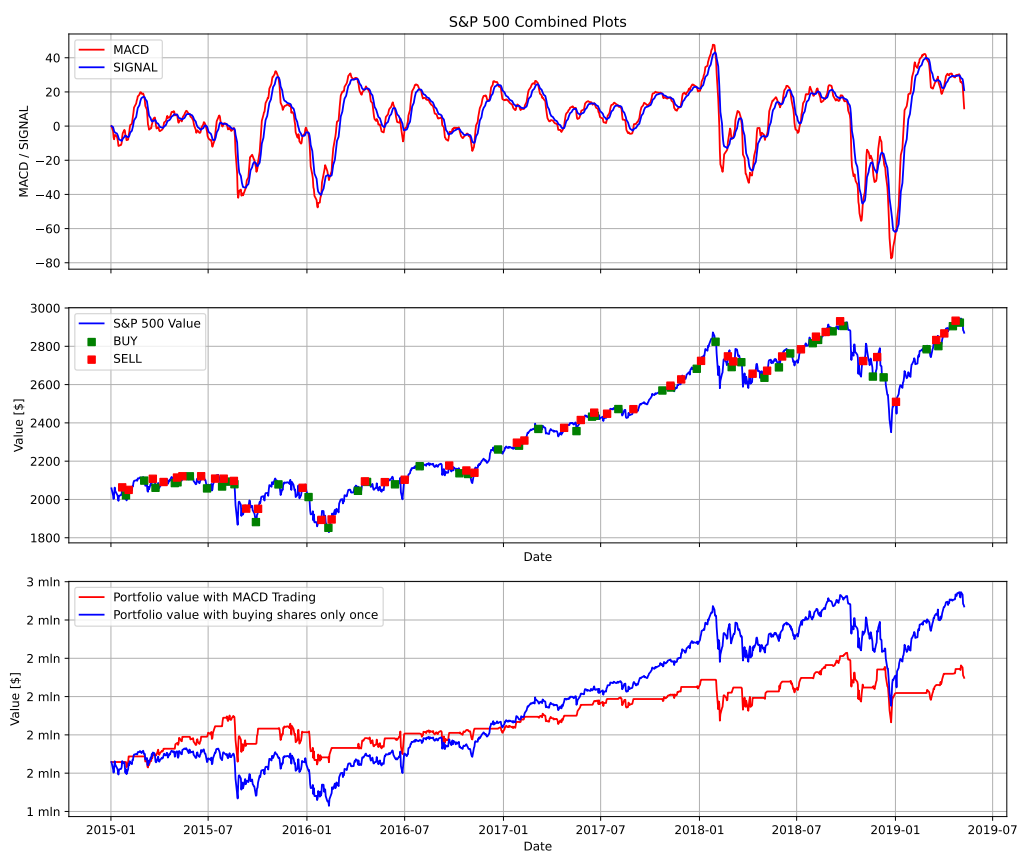


Figure 9: Symulacja z wykresami dla S&P 2015-2019

rosła stopniowo, ale nieznacznie przewyższała pasywną strategię inwestycyjną.

7.2 Symulacja S&P 500 2019-2023

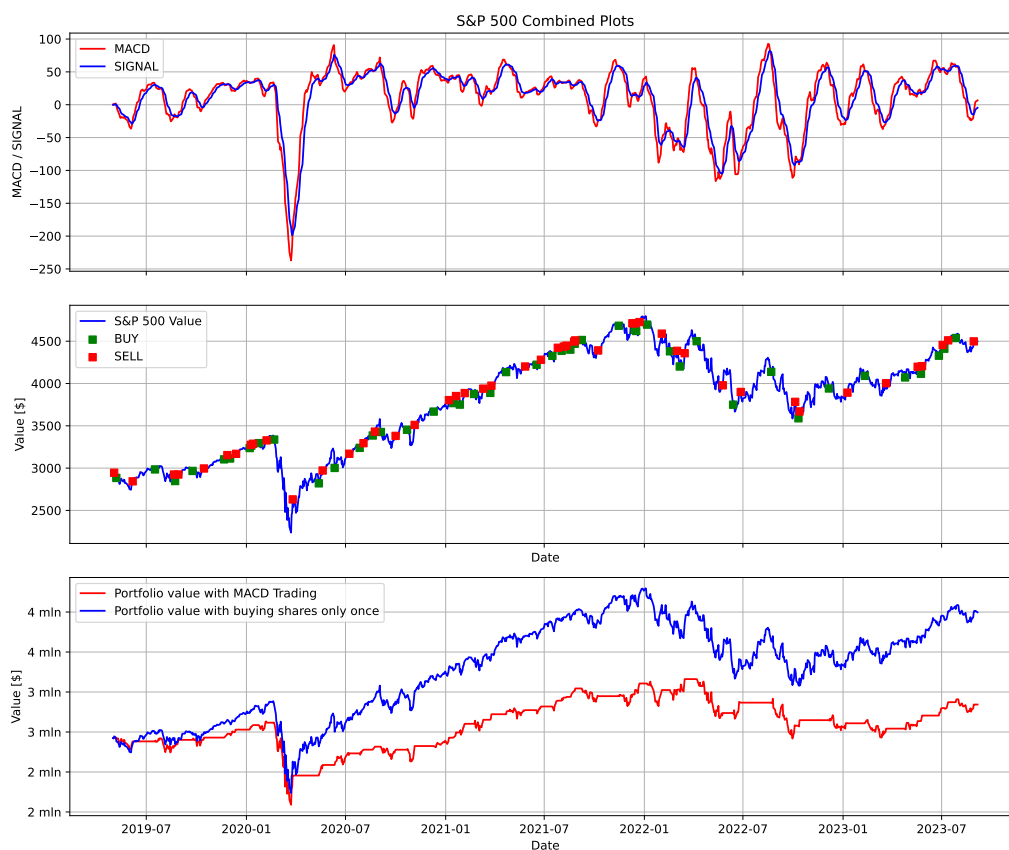


Figure 10: Symulacja z wykresami dla S&P 2019-2023

W przeciwieństwie do poprzedniego okresu, MACD po spadku wynikającym z pandemii COVID-19 nie mógł powrócić do wartości konkurujących lub przewyższających wartości strategii BUY and HOLD.

7.3 Symulacja BTC 2014-2019

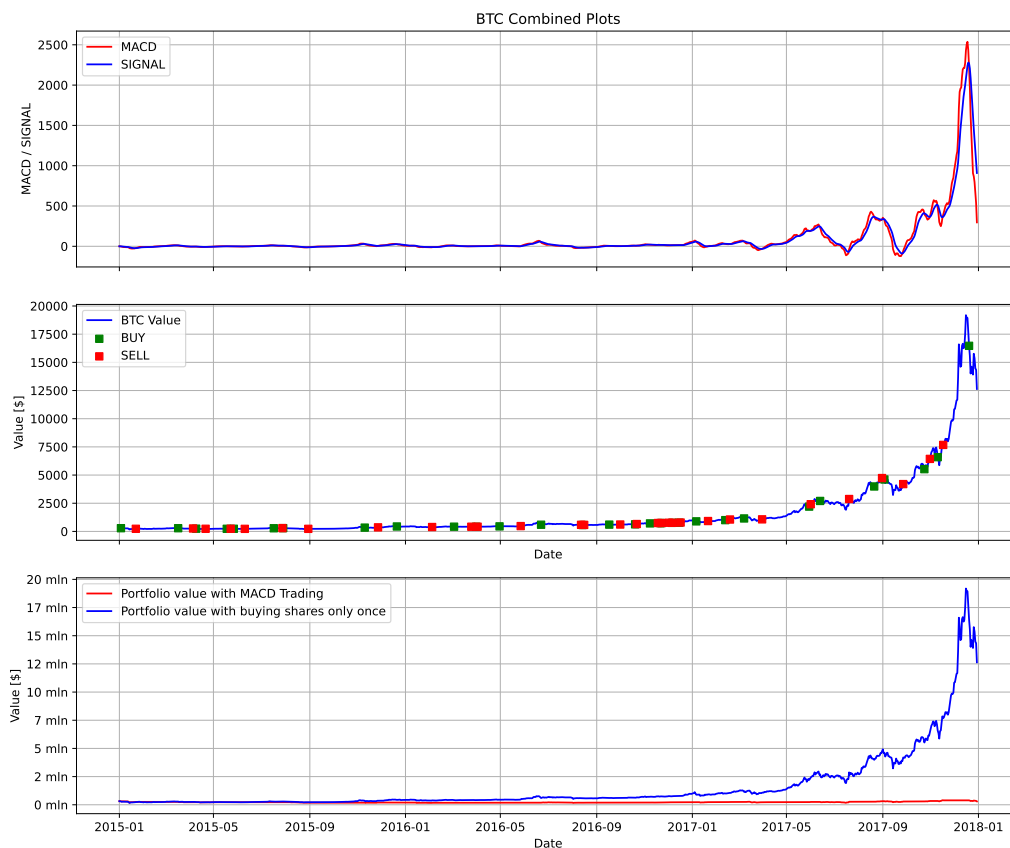


Figure 11: Symulacja z wykresami dla BTC 2015-2019

Wykresy pokazują ogromne wahania wartości portfela, co potwierdza, że Bitcoin jest znacznie bardziej niestabilny niż S&P 500. Wartość portfela opartego na MACD wahała się od kilku milionów do ponad 20 milionów dolarów, co sugeruje dużą ekspozycję na ryzyko. MACD generował wiele fałszywych sygnałów, co w krótkim terminie mogło prowadzić do nieoptymalnych decyzji inwestycyjnych i praktycznie zerowego zysku.

7.4 Podsumowanie

MACD sprawdzał się lepiej dla indeksu S&P 500 niż dla Bitcoina, co nie zmienia faktu, że nadal był gorszy niż strategia BUY and HOLD. Może to być skorelowane z wahaniami rynku – im większe wahania, tym łatwiej wprowadzić MACD w błąd.

8 Podsumowanie

- **Efektywność MACD** – Wskaźnik MACD jest skuteczny w analizie trendów dla indeksów giełdowych, takich jak S&P 500. Natomiast nie nadaje się do samodzielnego podejmowania decyzji – może być składnikiem algorytmu lub systemu podejmującego decyzje o kupnie lub sprzedaży aktywów. W przypadku kryptowalut, takich jak Bitcoin, jego skuteczność jest ograniczona przez wysoką zmienność rynku, która generuje bardzo duże błędy dla wskaźnika.
- **Krótkoterminowe vs. długoterminowe podejście** – W krótkich interwałach czasowych oraz stabilnym rynku MACD mogło sprawdzić się w zdobywaniu zysku na krótkich wahaniami. W dłuższym terminie strategia MACD generowała duże straty względem strategii BUY and HOLD, ponieważ duży spadek mógł spowodować bardzo wysokie straty, które były trudne do odzyskania.
- **Możliwości ulepszenia strategii** – Dodatkowe wskaźniki analizy technicznej mogą poprawić skuteczność transakcji. Strategie łączące MACD z analizą fundamentalną mogą zapewnić lepszą przewidywalność trendów rynkowych. MACD na pewno może być składnikiem większego systemu podejmującego decyzje o kupnie i sprzedaży aktywów finansowych.

Wnioski sugerują, że MACD może być użyteczne jako element strategii inwestycyjnej, ale nie powinno być jedynym wskaźnikiem przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych.