

Metody Numeryczne - MACD, projekt 1

Jan Bancerek, 198099

20 marca 2025

1 Wstęp do MACD

Projekt skupia się na wskaźniku giełdowym **MACD** (Moving Average Convergence / Divergence) Wskaźnik ten bada zbieżności i rozbieżności średnich ruchomych oraz jest wykorzystywany do badania sygnałów kupna i sprzedaży akcji. Został opracowany przez analityka Gerarda Appela w 1979 r. Jest różnicą wartości długoterminowej i krótkoterminowej **średniej wykładniczej** – EMA_N , która została zaimplementowana wg wzoru:

$$EMA_N(i) = \alpha \cdot x_i + (1 - \alpha) \cdot EMA_N(i - 1) \quad (1)$$

gdzie:

- cena zamknięcia w i -tym przedziale czasu (okresie): x_i ,
- liczba okresów: N , opisana szczegółowo w sekcji niżej,
- współczynnik wygładzający: $\alpha = \frac{2}{N+1}$.

1.1 Obliczanie MACD i SIGNAL

Wskaźnik MACD jest definiowany jako różnica między średnią wykładniczą o krótkim okresie (EMA_{short}) oraz średnią wykładniczą o dłuższym okresie (EMA_{long}):

$$MACD(i) = EMA_{short}(i) - EMA_{long}(i) \quad (2)$$

Linia sygnałowa (**SIGNAL**), będąca średnią wykładniczą wskaźnika MACD o okresie N_{signal} , jest wykorzystywana do :

$$SIGNAL(i) = EMA_{signal}(MACD(i)) \quad (3)$$

W kodzie zastosowano wartości współczynników:

- $N_{short} = 12$ dla EMA_{short} ,
- $N_{long} = 26$ dla EMA_{long} ,
- $N_{signal} = 9$ dla **SIGNAL**.

1.2 Interpretacja przecięć MACD i SIGNAL

Przecięcia wartości MACD oraz SIGNAL są kluczowe dla analizy technicznej i mogą sygnalizować momenty zmian trendów wzrostu lub spadku akcji:

- **Sygnal kupna** – występuje, gdy MACD przecina SIGNAL od dołu.
- **Sygnal sprzedaży** – występuje, gdy MACD przecina SIGNAL od góry.

Przecięcia występujące w przedziale $(i, i + 1)$ dla danego okresu są oznaczane jako $(i + 1)$ -ty okres. W praktyce oznacza to, że gdy przecięcie występuje po rozpoczęciu się danego dnia, to punkt oznaczamy na początku następnego dnia (kolejnego okresu).

1.3 Implementacja wskaźnika

Implementacja wskaźnika, wraz z symulacją dla rzeczywistych danych giełdowych, została przeprowadzona w języku Python. Wykorzystano biblioteki takie jak `pandas` do wczytywania danych, `matplotlib` do tworzenia wykresów oraz `numpy` do efektywnych obliczeń numerycznych.

- Za początkową wartość średniej wykładniczej przyjęto $EMA_N(0) = x_0$, jest to popularne podejście.
- Po porównaniu rezultatów z wbudowaną funkcją "`pandas.DataFrame.ewm().mean()`", wyniki różnią się nieznacznie tylko na pierwszych 20 pozycjach, a następnie są prawie identyczne.
- Wartości wskaźnika są obliczane dla cen zamknięcia (cen ostatniej transakcji danego dnia), lecz nic nie stoi na przeszkodzie, aby liczyć dla np. cen otwarcia.
- Pliki z danymi zawierają po 1020 wierszy, natomiast program uwzględnia tylko 1000 pierwszych wartości.
- Przecięcia $MACD$ oraz $SIGNAL$ są liczone raz dla całego zestawu danych branego pod uwagę. Przyglądając się dokładniej wybranemu fragmentowi nie ma potrzeby na ponowne obliczanie wskaźnika.

1.3.1 Implementacja symulacji

Symulacja została przeprowadzona dla całego wykresu, czyli dla tysiąca wartości, lecz program oferuje możliwość rozpoczęcia jej od dowolnego momentu i "wzięcie pod lupa" fragmentu wykresu, który nas interesuje. Nie jest to jednak wykorzystywane w programie.

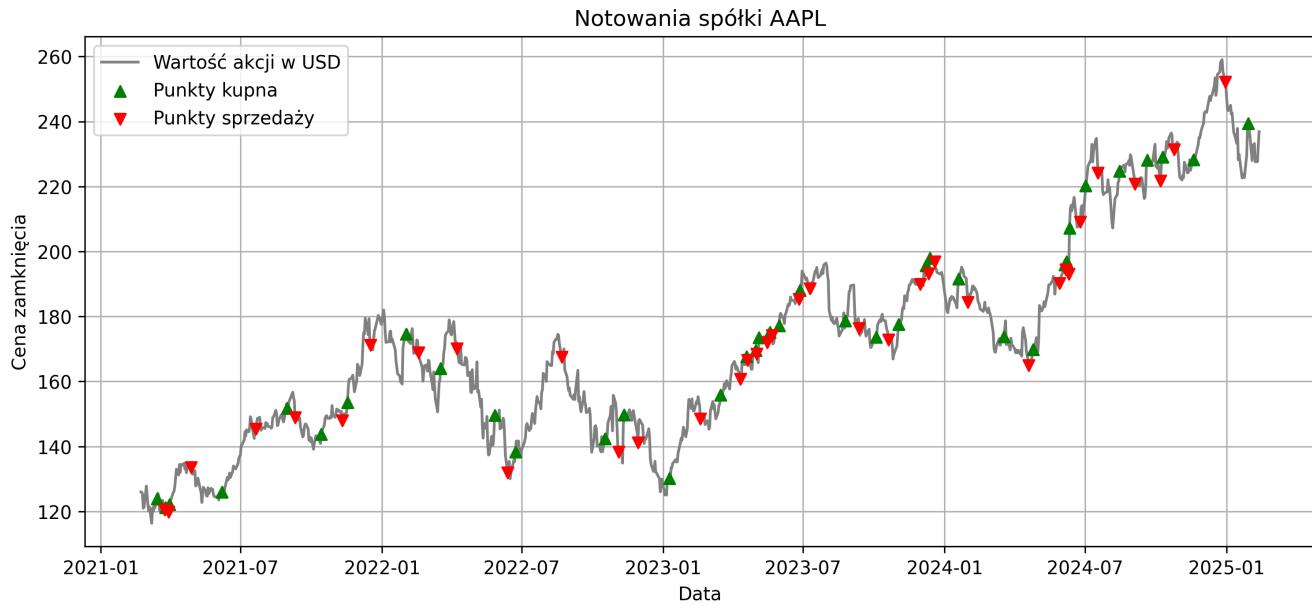
- Zaczynamy z portfelem o wartości 1000 jednostek danej waluty.
- Przy sygnale kupna, wymieniamy całą wartość portfela na równowartość w udziałach.
- Przy sygnale sprzedaży, sprzedajemy wszystkie udziały.
- Zapisujemy wartości kupna i sprzedaży kolejnych akcji, aby następnie stworzyć zestawienie transakcji i określić, czy wskaźnik poprawnie określał dobre momenty na kupno i na sprzedaż.

2 Dane

Dane, na których operujemy uwzględniają 1000 (niekonsekwentnych) dni oraz obejmują 3 spółki o różnych tendencjach rynkowych. Przedstawione dane opisują zarówno wariant pozytywny, neutralny, jak i negatywny. Aby realistycznie sprawdzić przydatność znacznika MACD, należy przeprowadzić analizę dla każdego z tych trzech wariantów, choć najbardziej będzie interesował nas przypadek neutralny, szczególnie w symulacji. W tej sekcji przedstawione są pełne wykresy dla każdej z trzech spółek:

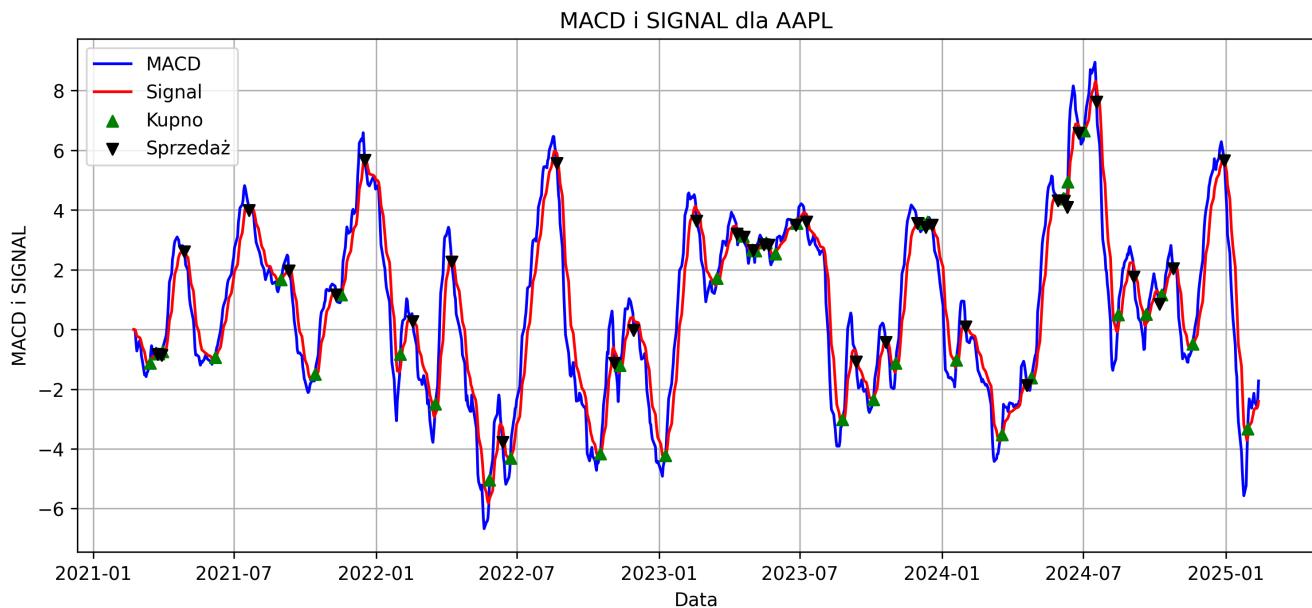
2.1 Spółka Apple – AAPL

- Wariant pozytywny dla wzrostu cen akcji
- Rośnie w badanym okresie czasu (22.02.2021 - 12.02.2025)



Rysunek 1: Wykres cen akcji Apple (AAPL) z oznaczonymi punktami kupna i sprzedaży

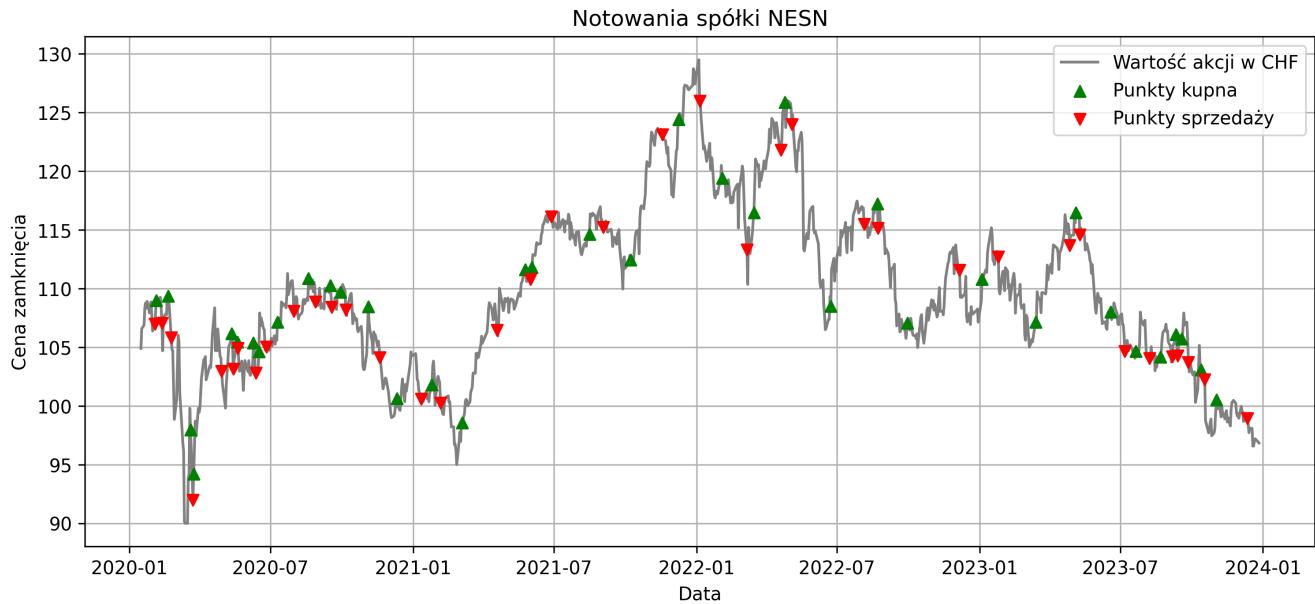
- Punkty kupna i sprzedaży akcji zostały obliczone za pomocą przecięć linii *MACD* i *SIGNAL*, ich rozmieszczenie odpowiada przecięciom na poniższym wykresie MACD:



Rysunek 2: Wykres przecięć linii *MACD* i *SIGNAL* dla AAPL

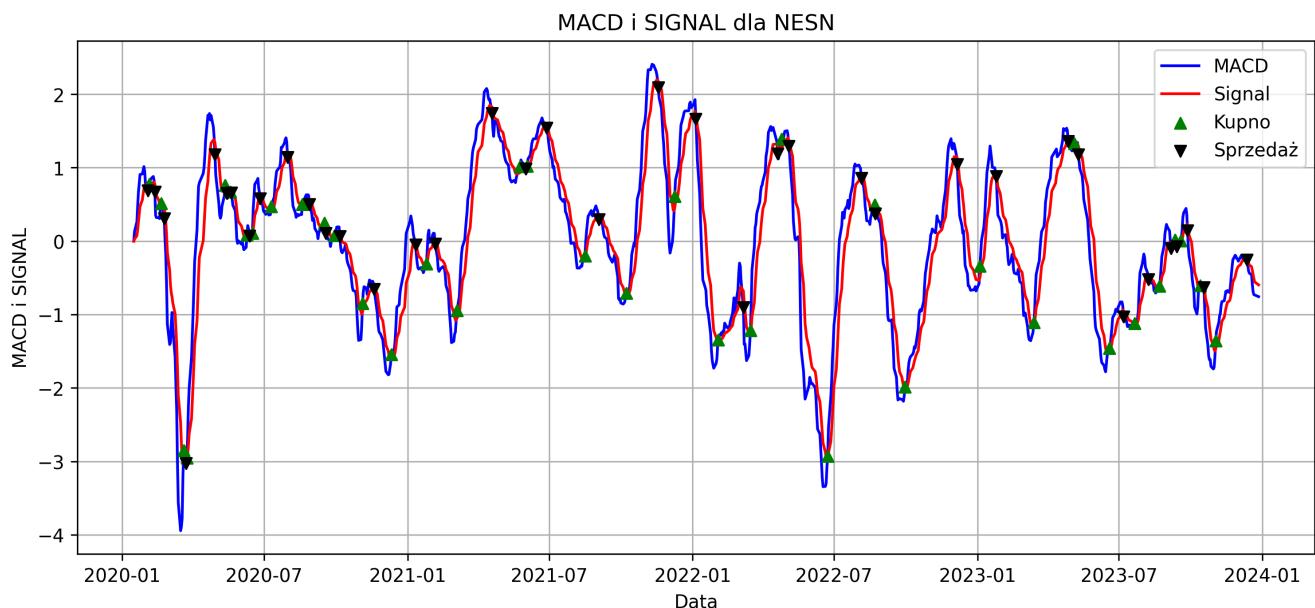
2.2 Spółka Nestlé – NESN

- Wariant neutralny dla wzrostu cen akcji
- Stabilny wykres w badanym okresie czasu (16.01.2020 - 27.12.2023)



Rysunek 3: Wykres cen akcji Nestlé (NESN) z oznaczonymi punktami kupna i sprzedaży

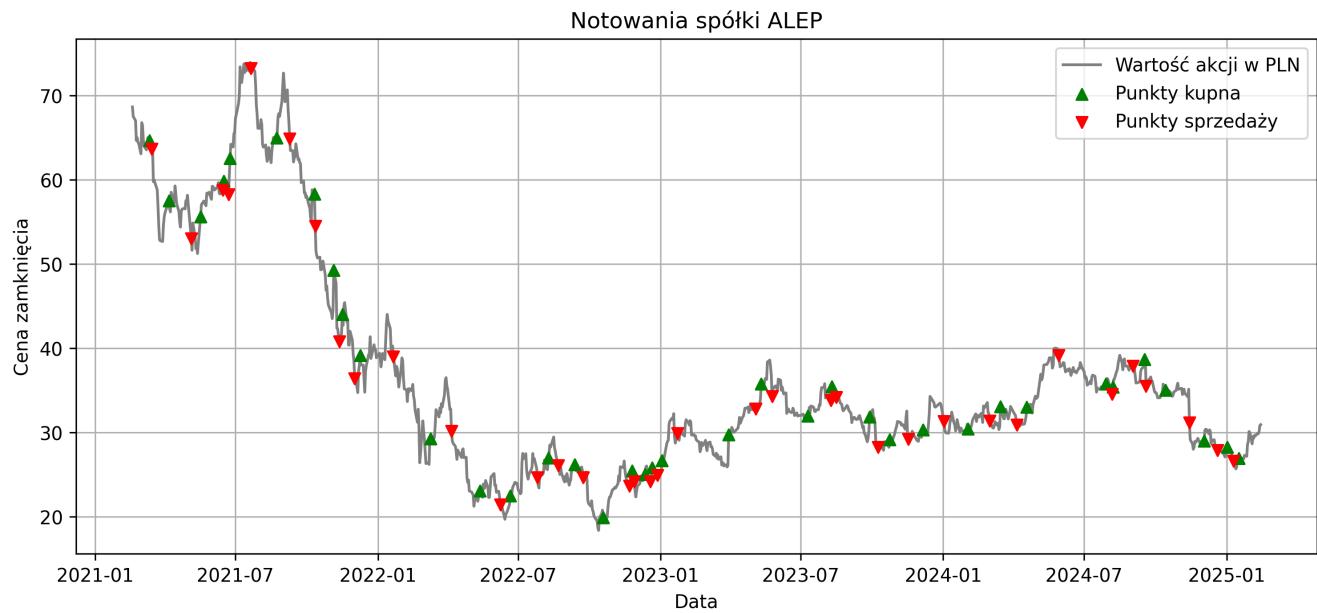
- Podobnie jak wyżej, punkty kupna i sprzedaży odpowiadają przecięciom na wykresie MACD:



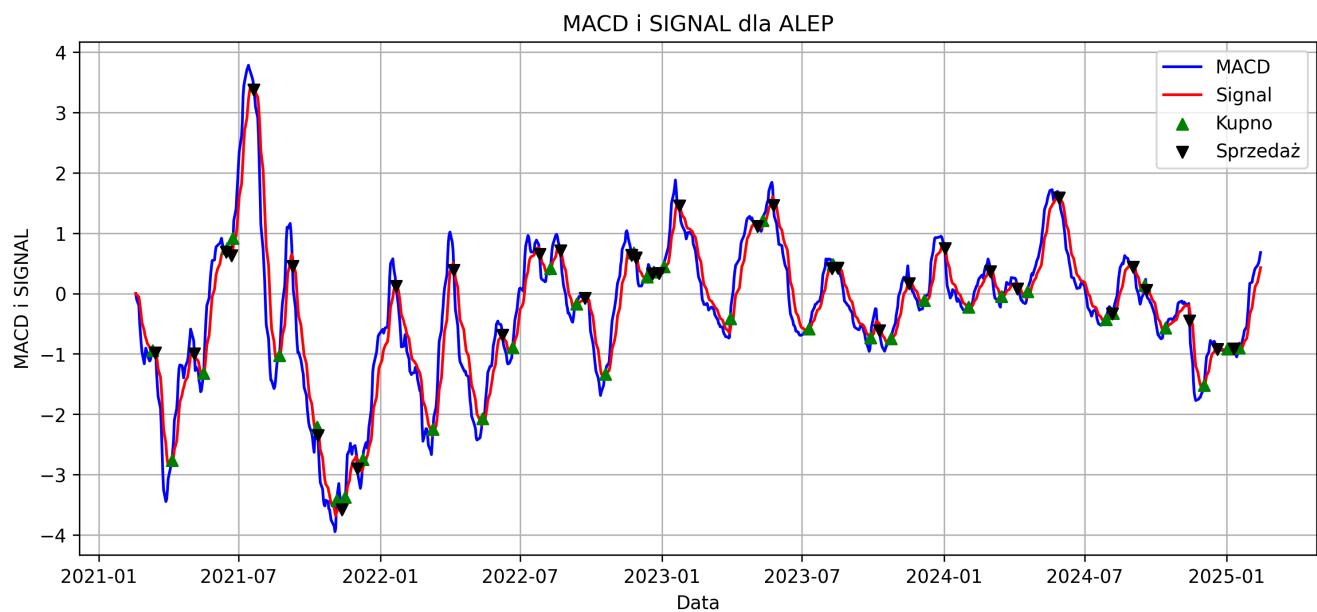
Rysunek 4: Wykres przecięć linii *MACD* i *SIGNAL* dla NESN

2.3 Spółka Allegro – ALEP

- Wariant negatywny dla wzrostu cen akcji
- Maleje w badanym okresie czasu (18.02.2021 - 14.02.2025)



Rysunek 5: Wykres cen akcji Allegro (ALEP) z oznaczonymi punktami kupna i sprzedaży

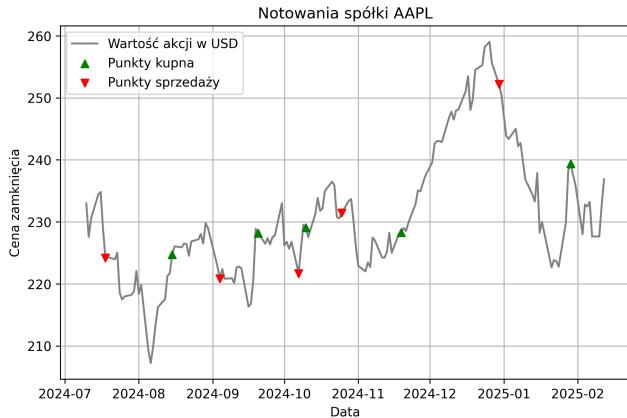


Rysunek 6: Wykres przecięć linii *MACD* i *SIGNAL* dla ALEP

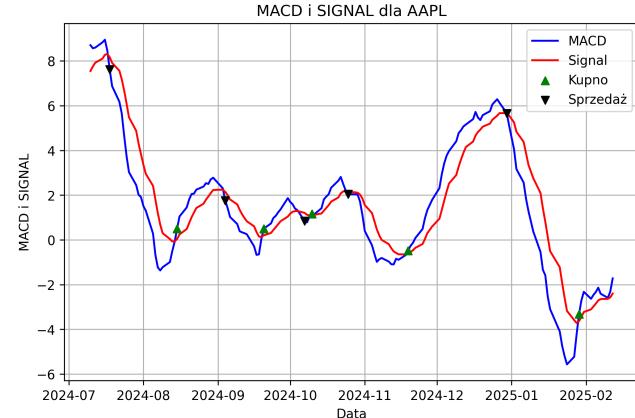
3 Szczegółowa analiza działania MACD

3.1 Wizualizacja dla mniej zagęszczonych danych - przykład Apple

Aby lepiej zobrazować działanie MACD, skupmy się tylko na powiększonym fragmencie wykresu obejmującym okres 8 miesięcy (150 próbek) oraz zawierającym 10 transakcji (przecięć linii sygnałowych). Punkty kupna / sprzedaży nie są oznaczane w momencie załamania wykresu, lecz po paru dniach, gdy cena akcji mogła się drastycznie zmienić, co w praktyce oznacza kupno za większą cenę lub sprzedaż za mniejszą. Poniżej przedstawiono wykres notowań spółki AAPL oraz odpowiadające przecięcia *MACD* i *SIGNAL*:



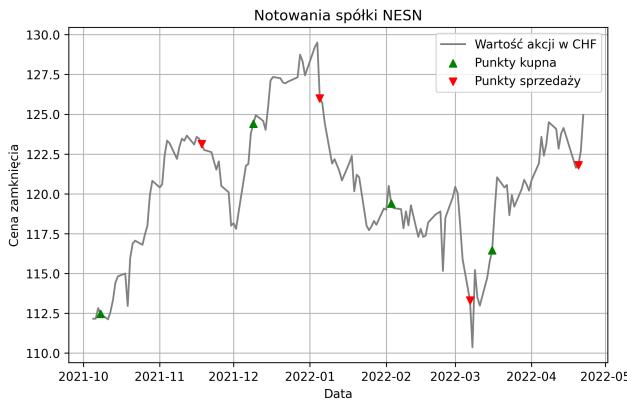
Rysunek 7: Wykres notowań spółki AAPL i sugerowanych transakcji w okresie (01.07.2024 - 11.02.2025)



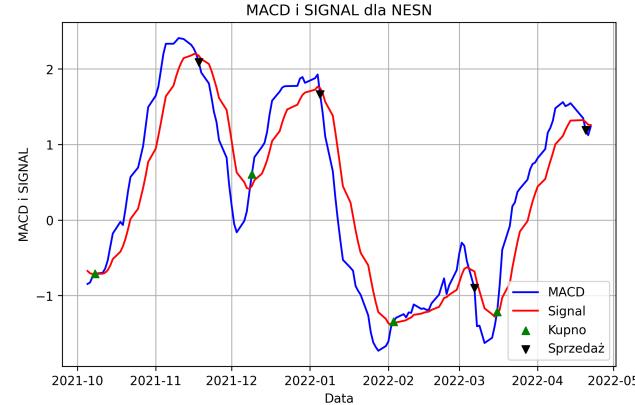
Rysunek 8: Wykres przecięć linii *MACD* i *SIGNAL* dla AAPL w okresie (01.07.2024 - 11.02.2025)

3.2 Wizualizacja dla mniej zagęszczonych danych - przykład Nestlé

Ten fragment obejmuje okres 7 miesięcy (140 próbek). Przeprowadzono w tym czasie 8 transakcji, z czego większość była bardzo korzystna. Gdyby wskaźnik nie działał z parodniowym opóźnieniem, można by uniknąć transakcji z 2022-03 i sprzedać udziały wcześniej. Poniżej znajduje się wykres notowań spółki NESN oraz odpowiadające przecięcia *MACD* i *SIGNAL*:



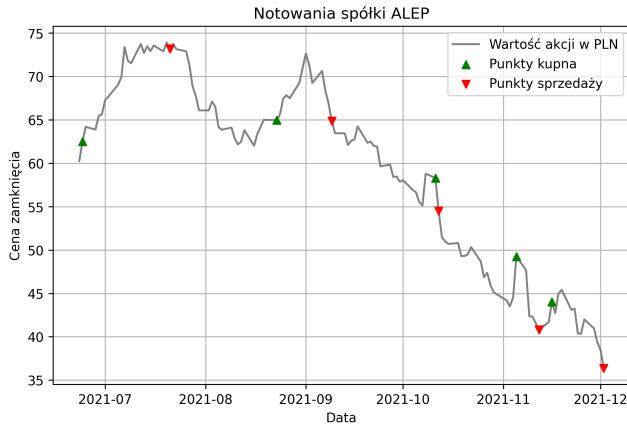
Rysunek 9: Wykres notowań spółki NESN i sugerowanych transakcji w okresie (01.10.2021 - 15.04.2022)



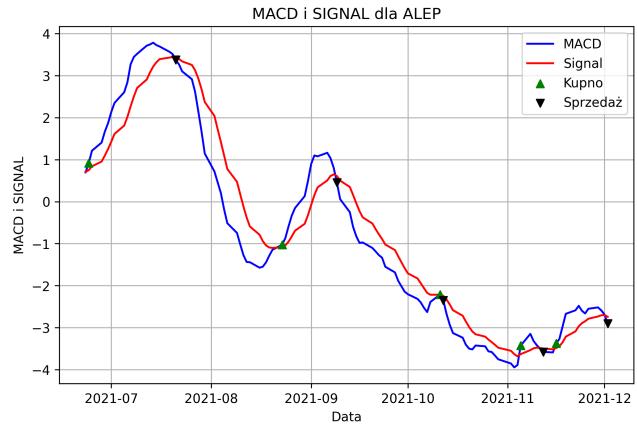
Rysunek 10: Wykres przecięć linii *MACD* i *SIGNAL* dla NESN w okresie (01.10.2021 - 15.04.2022)

3.3 Wizualizacja dla mniej zagęszczonych danych - przykład Allegro

Ostatni już fragment obejmuje okres 6 miesięcy (115 próbek) i przedstawia 10 transakcji. Analizując wykres możemy zauważać, że tylko pierwsza transakcja kupna-sprzedaży jest korzystna. Wszystkie pozostałe przynoszą niewielką stratę, której można było uniknąć dokonując transakcji parę dni wcześniej. Poniżej znajduje się wykres notowań spółki ALEP oraz odpowiadające przecięcia *MACD* i *SIGNAL*:



Rysunek 11: Wykres notowań spółki ALEP i sugerowanych transakcji w okresie (14.06.2021 - 01.12.2021)



Rysunek 12: Wykres przecięć linii *MACD* i *SIGNAL* dla ALEP w okresie (14.06.2021 - 01.12.2021)

3.4 Wstępne wnioski

Z podanych wykresów wynika, że wskaźnik *MACD* działa z pewnym opóźnieniem, które niekorzystnie wpływa na przeprowadzane przez nas transakcje. Punkty kupna / sprzedaży są oznaczane nie w momencie załamania wykresu, lecz po paru dniach, gdy cena akcji mogła się drastycznie zmienić, co w praktyce oznacza kupno za większą cenę lub sprzedaż za mniejszą. Taka sytuacja jest najbardziej niekorzystna dla dynamicznie zmieniających się danych. W przypadku stabilnego wykresu, nie ma to większego znaczenia.

Pomimo opóźnienia, transakcje na wybranych fragmentach były przeprowadzane w sensownych miejscach z szerszego punktu widzenia. Wskaźnik sugerował sprzedaż w momentach gdy akcje zaczynały spadać i kupno w momentach gdy zaczynały nabierać na wartości.

Oznacza to, że wskaźnik spełnia swoją rolę, lecz nie jest niezawodny. W dalszej części przeprowadzimy trzy warianty symulacji, dla pełnych danych, w celu zbadania czy kierowanie się sugestiami oznaczanymi przez wskaźnik jest dobrym podejściem.

4 Symulacja – algorytm opierający się na wskaźniku *MACD*

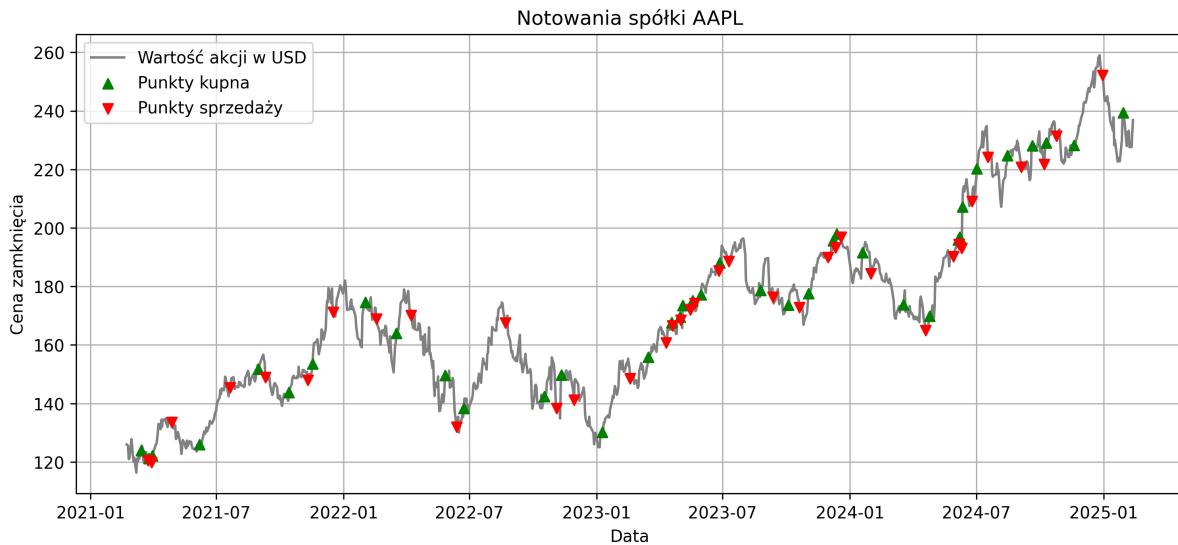
Założenia algorytmu znajdują się w sekcji 1.3.1.

Symulację przeprowadzono dla trzech różnych zbiorów danych, a uzyskane wyniki odzwierciedlały charakterystyczne tendencje każdego z nich. W każdej z poniższych sekcji są przedstawione 4 wykresy:

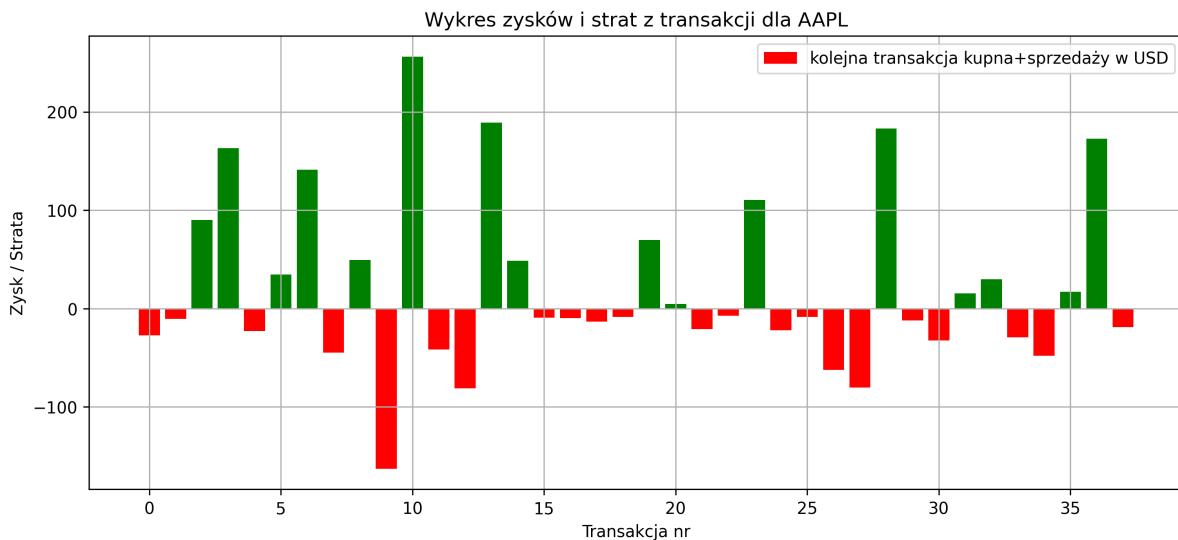
1. Wykres wartości cen akcji danej spółki, widniejący już wyżej w omówieniu danych.
2. Wykres przeprowadzanych kolejno transakcji - zyski oraz straty z każdej pary kupno+sprzedaż.
3. Wykres zmian wartości portfela inwestycyjnego, czyli sumę portfela + wartości akcji.
4. Wykres posiadanych udziałów w danej spółce.

Oraz ich interpretacja, wraz z podsumowaniem.

4.1 Spółka Apple – AAPL



Rysunek 13: Wykres cen akcji Apple (AAPL) z oznaczonymi przez *MACD* punktami kupna i sprzedaży



Rysunek 14: Wykres rezultatów kolejnych transakcji kupna+sprzedaży, łącznie 38 takich zestawień.

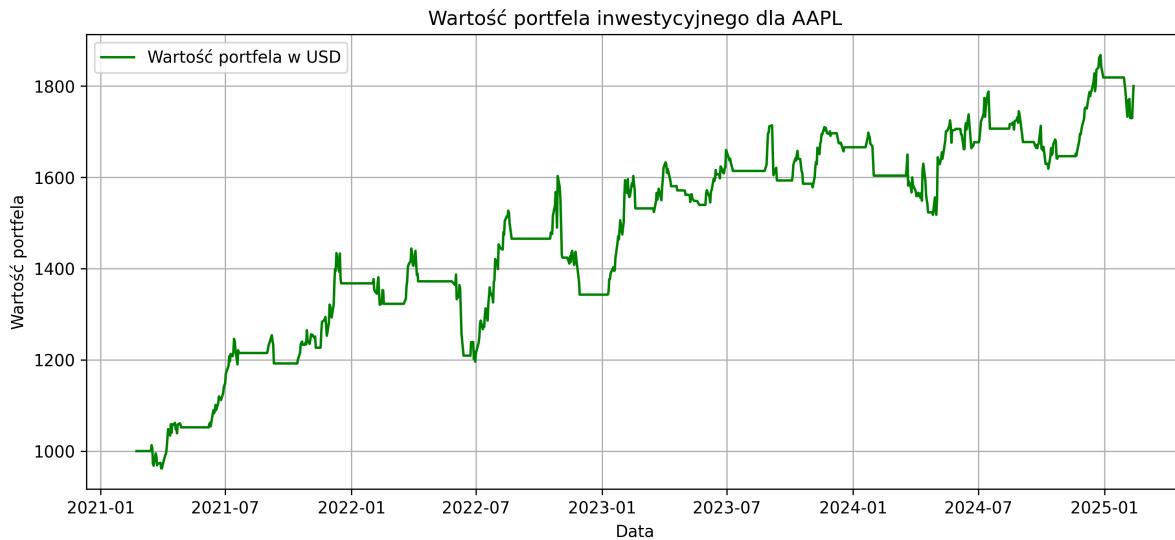
4.1.1 Interpretacja

W 4-letniej symulacji większość transakcji przyniosła zyski, co świadczy o skuteczności strategii bazującej na wskaźniku MACD. Największe zyski pojawiły się w okresach dynamicznych wzrostów cen akcji, co sugeruje, że MACD poprawnie identyfikował silne trendy wzrostowe.

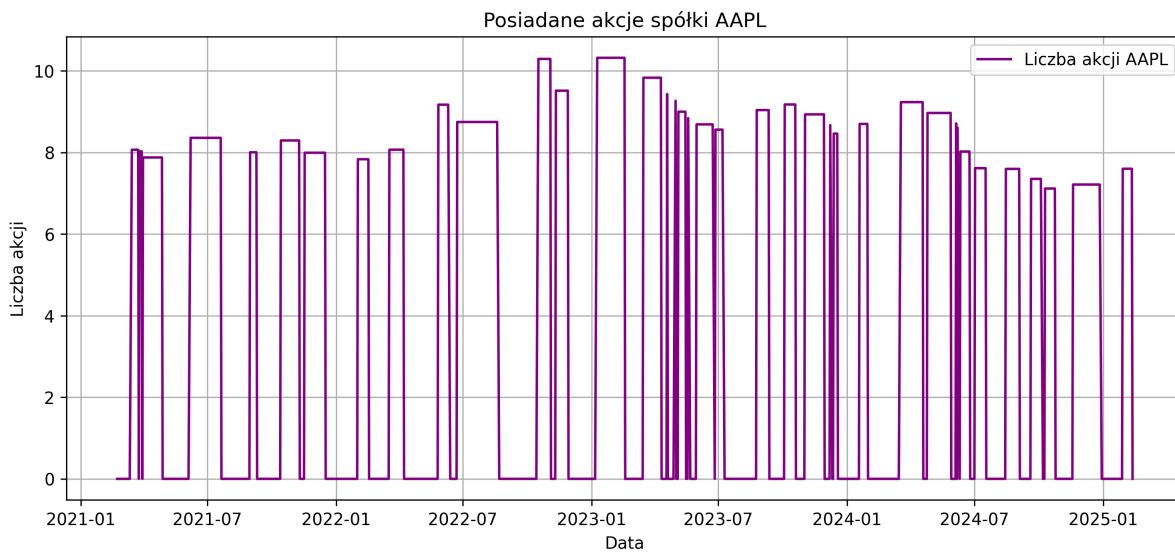
Niektóre transakcje zakończyły się stratami, jednak ich skala była mniejsza w porównaniu do zysków, co potwierdza skuteczność strategii.

Na wykresie możemy jednak dostrzec jeden wyraźny błąd wskaźnika, który doprowadził do największej straty w analizowanym okresie - kupna akcji za cenę 149.64 USD z dnia 27.05.2022, a następnie sprzedaż tych akcji po cenie 131.88 USD 13.06.2022, tracąc przy tym łącznie 162.85 USD.

Porównując najgorszą transakcję z najlepszą, zysk z najlepszej wynosił 256.25 USD i było to kupno za cenę 138.27 USD w dniu 23.06.2022, a następnie sprzedanie akcji 22.08.2022, których wartość wzrosła do 167.57 USD.



Rysunek 15: Wykres przedstawiający zmianę wartości portfela inwestycyjnego podczas symulacji, linie o stałych wartościach oznaczają przechowywanie kapitału w gotówce i czekanie na moment kupna oznaczony przez MACD.



Rysunek 16: Wykres posiadanych udziałów spółki AAPL. Drastyczne skoki i spadki oznaczają wyprzedawanie i kupno udziałów inwestując 100% kapitału, zgodnie z założeniami algorytmu.

4.1.2 Interpretacja

Wskaźnik MACD w trafny sposób zidentyfikował dobre punkty sprzedaży i kupna, co przełożyło się na wzrost wartości portfela z 1000 USD do 1800.08 USD, osiągając 80% zysku w parę lat. Ilość posiadanych udziałów pod koniec symulacji jest nieznacznie mniejsza niż na początku, ale przez większość badanego okresu, ilość ta była większa od startowej wartości 8.065 udziałów firmy AAPL, czasami nawet przekraczając wartość 10 udziałów.

Akcje firmy przez cały przebieg symulacji wzrosły z 126.00 USD do 236.87 USD i akurat w tym przypadku zastosowanie strategii "kup i trzymaj" pozwoliłoby osiągnąć bardzo podobny rezultat, czyli wartość portfela równą 1879.92 USD i zysk rzędu 88%

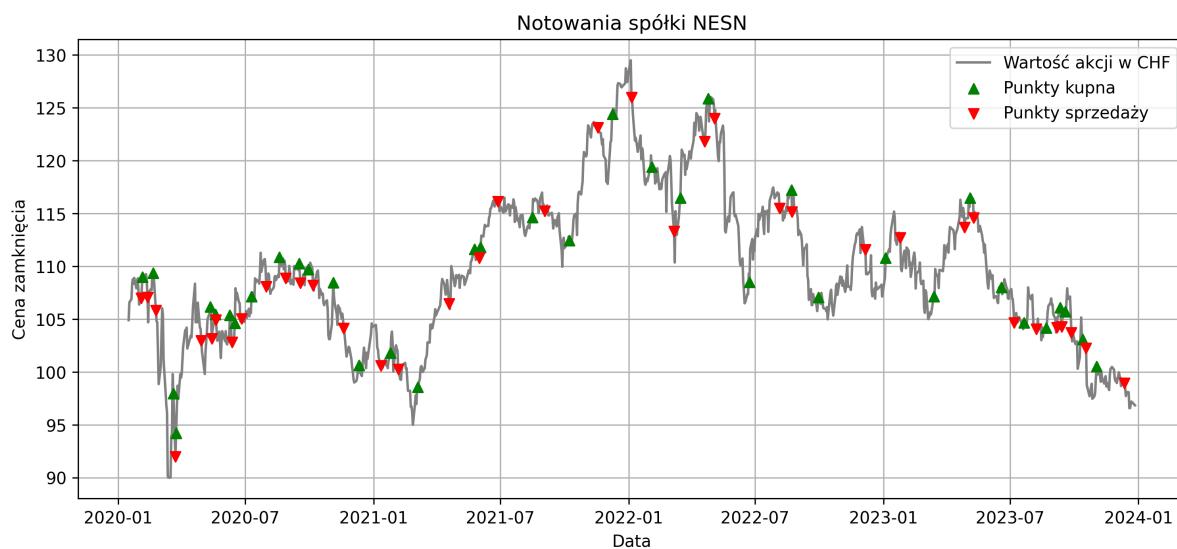
4.1.3 Podsumowanie

Patrząc na ogólny ogólny danych, wskaźnik MACD dla danych firmy Apple działa w dobry sposób. Pozwala on w bezpieczny sposób kontrolować ryzyko inwestycyjne, reagując na krótkoterminowe zmiany cen akcji. Choć w niektórych przypadkach wystąpiły straty, przeważały jednak transakcje przynoszące zysk.

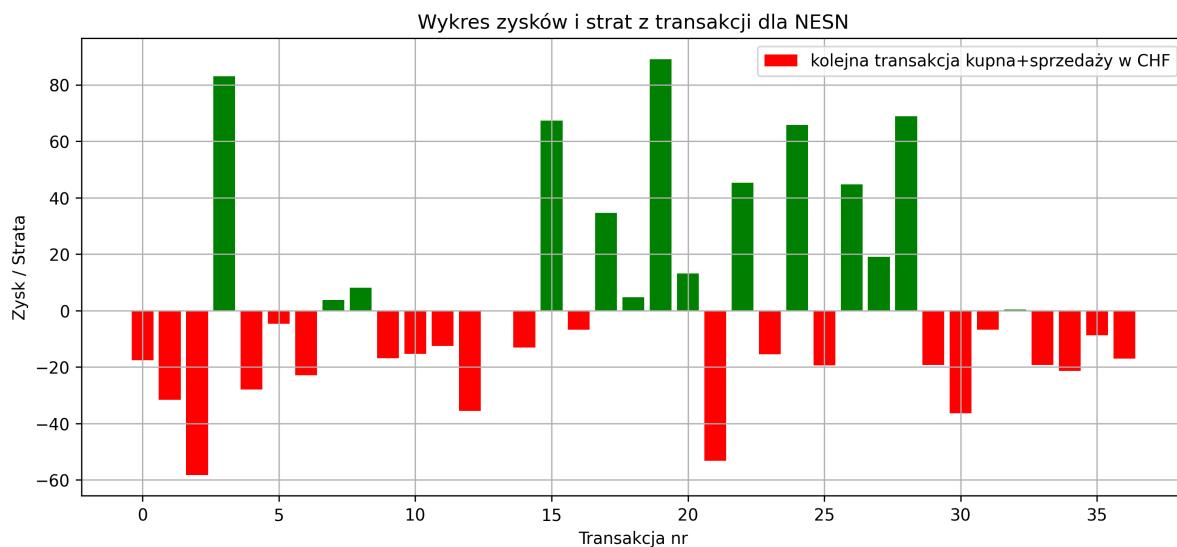
Zaletą strategii MACD nad strategią "kup i trzymaj" jest to, że pozwala inwestorowi wyjść z rynku w okresach niepewności lub spadków, co redukuje ryzyko utraty kapitału w krytycznych momentach.

Strategia inwestowania oparta na wskaźniku MACD pozwala zredukować ryzyko inwestycyjne małym kosztem, jednak nie można w pełni na niej polegać, a występujące opóźnienia mogą źle się spisać dla dynamicznie zmieniających się notowań.

4.2 Spółka Nestlé – NESN



Rysunek 17: Wykres cen akcji Nestlé (NESN) z oznaczonymi przez *MACD* punktami kupna i sprzedaży



Rysunek 18: Wykres rezultatów kolejnych transakcji kupna+sprzedaży, łącznie 37 takich zestawień.

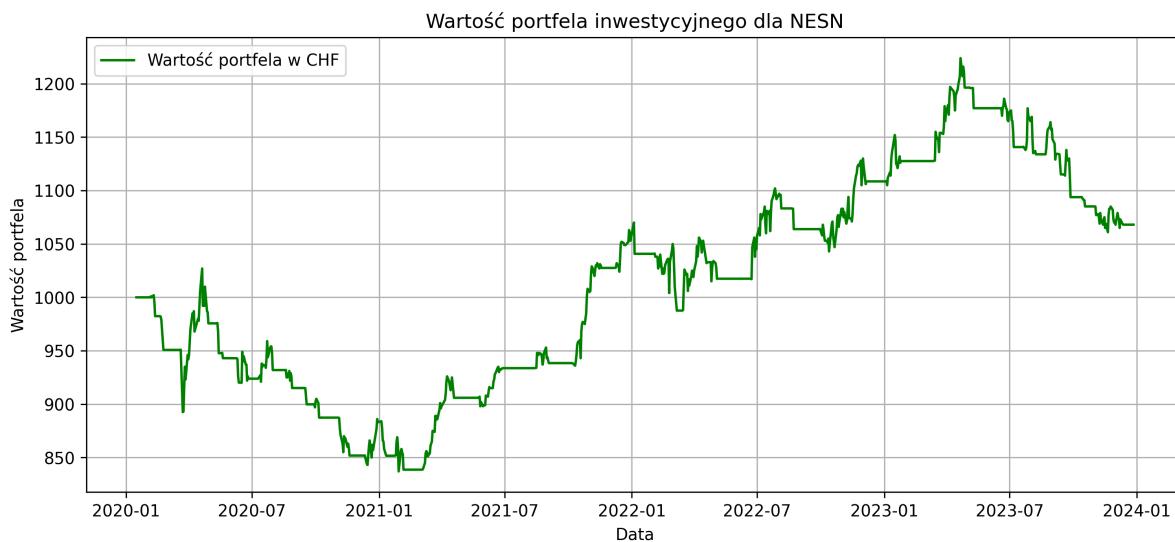
4.2.1 Interpretacja

W trakcie analizowanej symulacji transakcji dla akcji NESN można zauważać znaczną liczbę stratnych transakcji, szczególnie w początkowej fazie symulacji. Oznacza to, że początkowe sygnały generowane przez strategię nie były w pełni skuteczne, co wynikało z opóźnień w oznaczaniu dobrych momentów transakcji przez MACD.

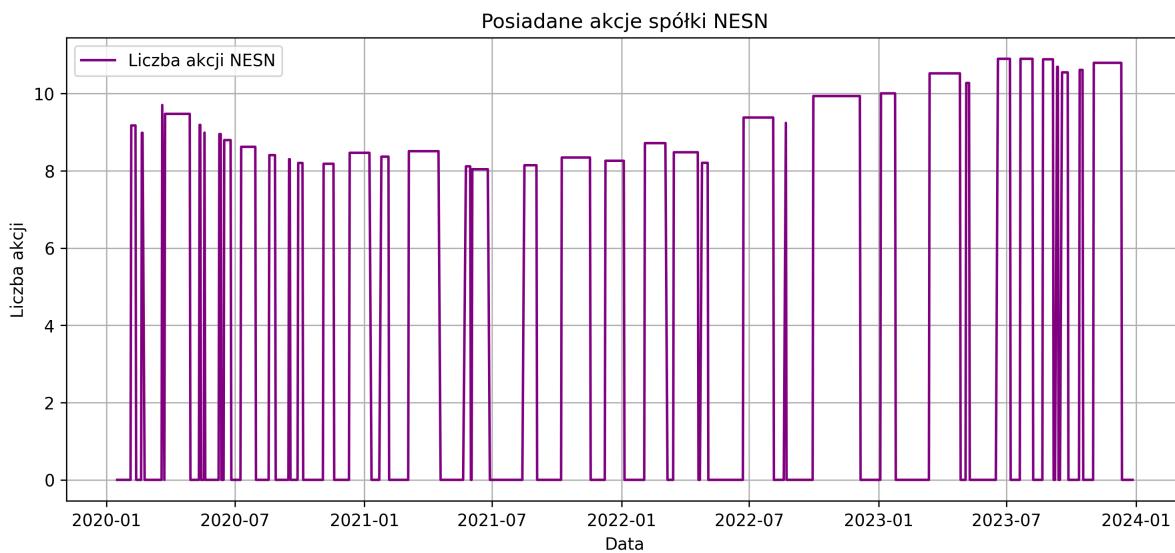
Wartość portfela zaczęła rosnąć dopiero w późniejszym etapie symulacji. Łącznie transakcji zakończonych zyskiem było mniej, lecz były wyraźniejsze, a ich sumaryczna wartość była większa, co przekłada się na końcowy wynik symulacji wynoszący 1068.07 CHF, czyli zysk rzędu 7%

Mimo sukcesów w drugiej połowie symulacji, część transakcji nadal kończyła się stratami. W szczególności widać transakcję nr 21, która przyniosła stratę 53 CHF, co było spowodowane opóźnieniem znacznika MACD przy drastycznie spadających notowaniach.

Przyglądając się najlepszej transakcji, zysk z niej wynosił 89.12 CHF i było to kupno akcji za cenę 112.46 CHF w dniu 08.10.2021, a następnie sprzedanie akcji 18.11.2021, których wartość wzrosła do 123.14 CHF.



Rysunek 19: Wykres przedstawiający zmianę wartości portfela inwestycyjnego podczas symulacji.



Rysunek 20: Wykres posiadanych udziałów spółki NESN.

4.2.2 Interpretacja

Wskaźnik MACD znowu w trafny sposób zidentyfikował dobre punkty sprzedaży i kupna, nie były one idealne, a same notowania nieznacznie spadły w przeciągu badanego okresu, więc wartość portfela wzrosła jedynie z 1000 CHF do 1068.07 CHF, osiągając 7% zysku w parę lat. Ilość posiadanych udziałów pod koniec symulacji jest w tym przypadku większa, niż na początku, z 9.17 wzrosła do 10.80.

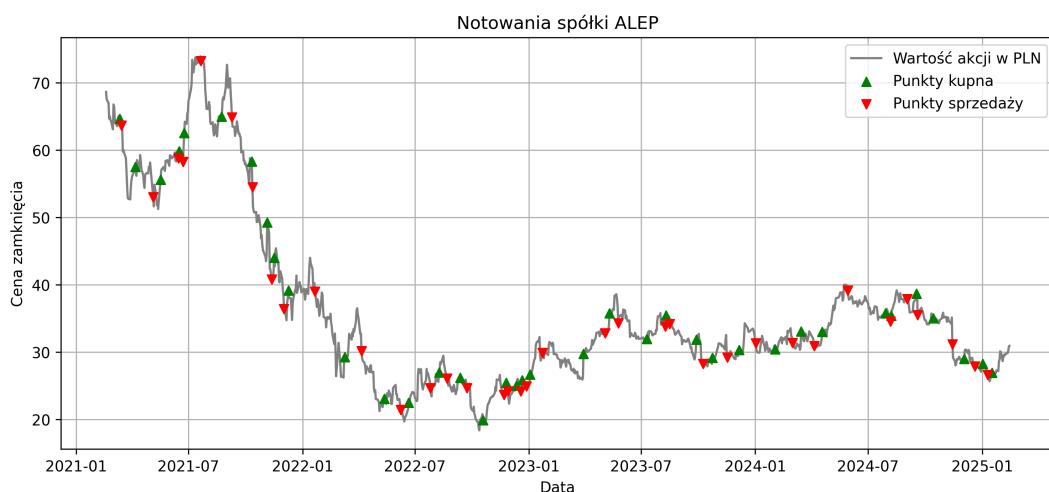
Akcje firmy przez cały przebieg symulacji spadły z 104.90 CHF do 96.84 CHF i zastosowanie strategii "kup i trzymaj" oznaczałoby strategię, a wartość portfela spadłaby do 888.02 CHF (-12%)

4.2.3 Podsumowanie

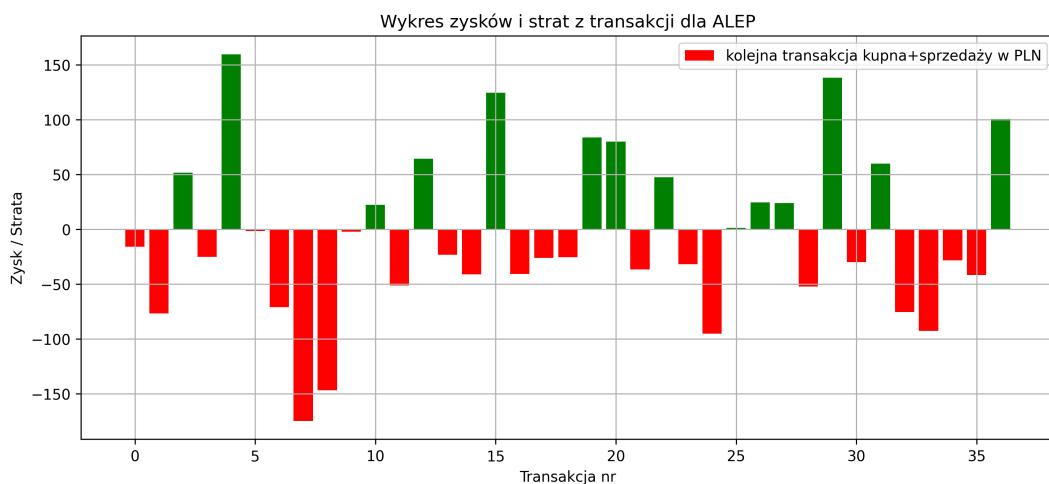
Analizując dane dla firmy Nestlé, MACD bardzo dobrze sobie radzi oraz jest o wiele bezpieczniejszy. Pomimo większej ilości transakcji stratnych, osiągnęliśmy zysk, bo transakcje, na których zarabialiśmy były znaczące.

Strategia inwestowania oparta na wskaźniku MACD sprawdziła się o wiele lepiej z kontrastującą strategią "kup i trzymaj", rozbieżność wynosiła 19%, w przypadku MACD osiągnęliśmy zysk, pomimo że druga strategia przynosiła stratę.

4.3 Spółka Allegro – ALEP



Rysunek 21: Wykres cen akcji Allegro (ALEP) z oznaczonymi przez ALEP punktami kupna i sprzedaży



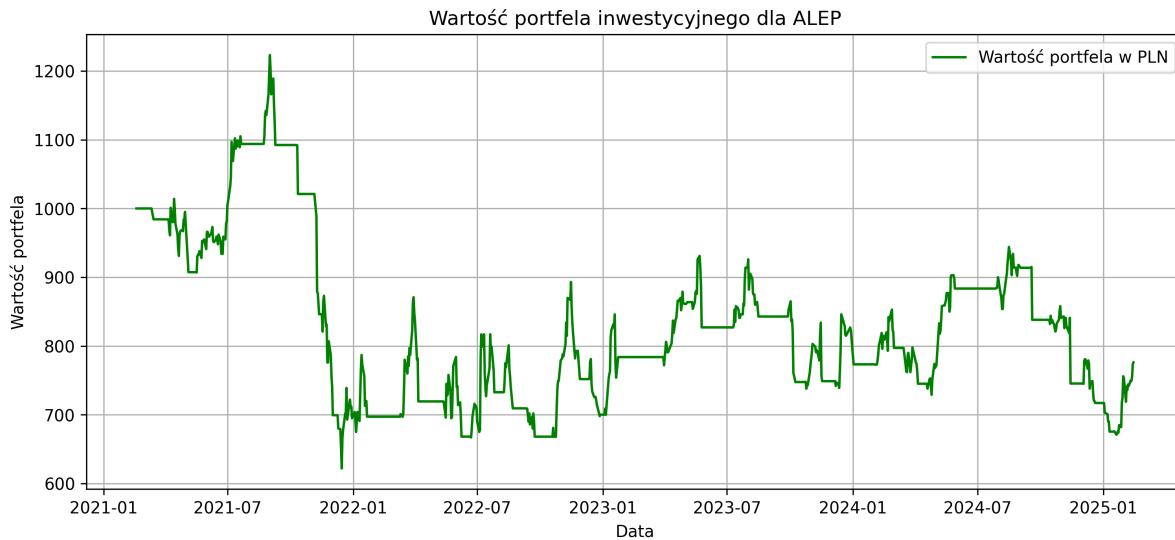
Rysunek 22: Wykres rezultatów kolejnych transakcji kupna+sprzedaży, łącznie 37 takich zestawień.

4.3.1 Interpretacja

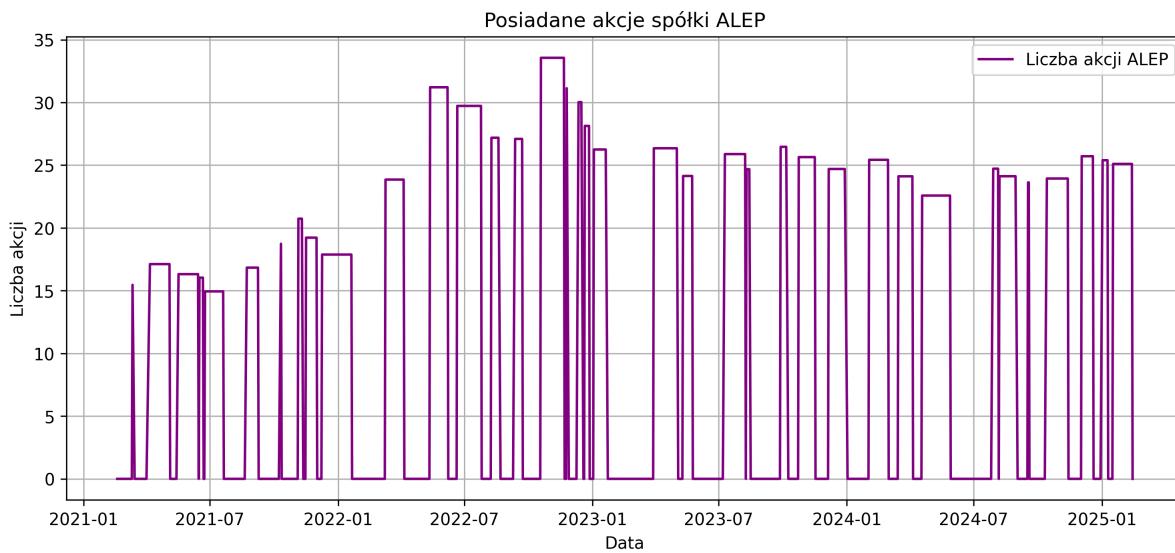
Symulacja dla spółki ALEP – o tendencji spadkowej ilustruje ogólną strategię, wynikającą z wielu niekorzystnych transakcji, które wynikają właśnie z ogólnego spadku wartości akcji.

Przyglądając się bliżej, możemy zauważyć, że znacznik MACD wstrzymywał się z kupnem w momentach, gdy akcje spadały i decydował się na kupno dopiero gdy odbijały, lecz w dalszym stopniu opóźnienie sprawiało, że każda z transakcji odbiegała od perfekcji. Ostateczna suma transakcji, czyli wartość portfela pod koniec symulacji wynosiła 776.18 PLN (-23%)

Przyglądając się najlepszej transakcji, zysk z niej wynosił 159.74 PLN i było to kupno akcji za cenę 62.51 PLN w dniu 24.06.2021, a następnie sprzedanie akcji 21.07.2021, których wartość wzrosła do 73.20 PLN.



Rysunek 23: Wykres przedstawiający zmianę wartości portfela inwestycyjnego podczas symulacji.



Rysunek 24: Wykres posiadanych udziałów spółki ALEP.

4.3.2 Interpretacja

Wskaźnik MACD w trafny sposób zidentyfikował dobre punkty sprzedaży i kupna, w pewnych momentach dawał się nabierać na chwilowe odbicia wykresu notowań. Jednak mimo wszystkiego, ilość posiadanych udziałów pod

koniec symulacji wzrosła z 15.46, do 25.10, a w pewnym momencie wynosiła aż 33.56. Pokazuje to, że dynamiczne reagowanie na zmiany rynkowe pozwala w znaczny sposób zwiększyć ilość posiadanych akcji. Oczywiście gdy wykres maleje, łatwiej jest pomnożyć ilość posiadanych akcji, z takiej racji, że będą one mniej wartości.

Akcje firmy przez cały przebieg symulacji spadły z 68.63 PLN do 30.92 PLN, co jest ekstremalnym przypadkiem, jednak w tym ujęciu uwzględnienia. Zastosowanie strategii "kup i trzymaj" oznaczałoby olbrzymią stratę, wartość portfela spadłaby w takim wypadku do 478.02 PLN (-53%)

4.3.3 Podsumowanie

Analizując dane dla firmy Allegro, MACD pozwoliło znacznie zredukować potencjalną stratę. Gdybyśmy korzystali ze strategii "kup i trzymaj", straciłybyśmy ponad połowę zainwestowanego kapitału. W przypadku MACD straciłyśmy tylko 23%.

5 Ostateczna ocena skuteczności MACD

5.1 Abstrakt

Analiza przeprowadzona na podstawie symulacji trzech spółek: Apple, Nestlé oraz Allegro wykazała, że MACD dobrze się sprawuje i pozwala na uzyskanie osiągnięcie zysków nawet w mniej korzystnych przypadkach, lecz nie w skrajnym przypadku podupadającej spółki. Dla spółki Apple, strategia oparta na MACD przyniosła porównywalny zysk ze strategią "kup i trzymaj". Dla Nestlé, omawiany wskaźnik był bardziej skuteczny niż strategia długoterminowego trzymania akcji, bo zamiast strat osiągnęliśmy zysk. W przypadku Allegro, którego notowania miały tendencję spadkową, MACD pozwoliło ograniczyć straty o połowę, co jest znaczną różnicą.

5.2 Ocena

Wskaźnik MACD jest bardzo pomocnym narzędziem do analizy danych, a jego największymi plusami jest redukcja ryzyka inwestycyjnego, elastyczność i w miarę dobra ocena punktów kupna i sprzedaży. Minusami są opóźnienie, które jest najbardziej zauważalne dla notowań o dynamicznie zmieniającej się cenie akcji. Wskaźnik nie jest również perfekcyjny i może się pomylić. Podsumowując to wszystko, plusy przeważają nad minusami, a jak wynika z opracowanych danych, przekłada się to na ogólny zysk.

Wartości portfela się różnią znacznie dla trzech analizowanych wykresów notowań, więc największy wpływ na osiągnięty zysk wywierają czyste dane, a strategia inwestycyjna (MACD lub "kup i trzymaj") może tylko zwiększyć współczynnik zysku / straty.