

# Metody numeryczne, projekt1: wskaźnik MACD

Franciszek Fabinski - s197797

1 kwietnia 2025

## 1 Wstęp teoretyczny

Wskaźnik MACD (Moving Average Convergence Divergence) jest jednym z najpopularniejszych wskaźników analizy technicznej. Stworzony przez Geralda Appela w latach 70-tych XX wieku, miał pomagać inwestorom w analizie trendów na rynkach finansowych.

Wskaźnik MACD wynika z porównania dwóch wykładniczych średnich kroczących (EMA), przeważnie jednej krótszej (szybciej reagującej na zmiany cen) i jednej dłuższej (reagującej wolniej). Pozwala to na wykrycie zmian trendu na rynku.

Poza samą linią MACD, często stosuje się też linie sygnałową powstającą z wyznaczenia wykładniczej średniej kroczącej z linii MACD. Przecięcie tych linii sugeruje sygnał kupna lub sprzedaży.

## 2 Formalizm matematyczny i dane testowe

Zaimplementowany wskaźnik MACD z definicji korzysta z dwóch średnich kroczących:

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

gdzie  $EMA_n$  to średnia krocząca z  $n$  okresów. W przypadku mojej pracy jeden okres jest równy jednemu dniu. Linia SIGNAL jest za to określona jako

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

Do obliczenia wykładniczej średniej kroczącej z  $n$  okresów korzystam z niżej podanego wzoru:

$$EMA_n(i) = \alpha \cdot x_i + (1 - \alpha) \cdot EMA_n(i - 1) \quad (3)$$

Dane równanie jesteśmy w stanie przekształcić do postaci jawnej:

$$EMA_n(i) = \frac{x_i + (1 - \alpha)x_{i-1} + (1 - \alpha)^2x_{i-2} + \dots + (1 - \alpha)^ix_0}{1 + (1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2 + \dots + (1 - \alpha)^i} \quad (4)$$

gdzie:

- $EMA_n(i)$  to wartość średniej kroczącej z  $n$  okresów w  $i$ -tym okresie
- $x_i$  to wartość z danego okresu
- $\alpha = \frac{2}{n+1}$

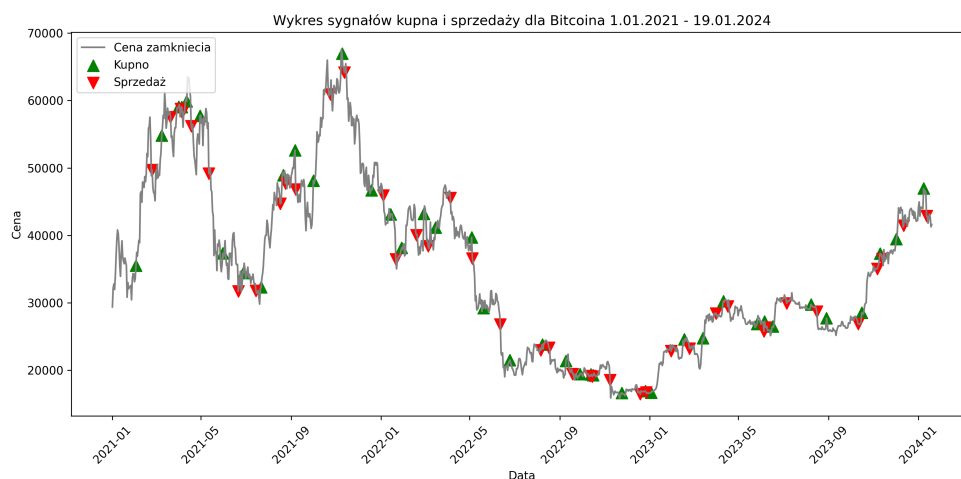
Postać jawna równania (4) sugeruje, że jesteśmy w stanie obliczyć  $EMA_n(0)$  już z jednej wartości  $x_0$ , nawet jeśli liczylibyśmy średnią z np. 26 okresów (dla  $n=26$ ), co przeczyłoby naszej intuicji. Moglibyśmy przyjąć, że  $EMA_n(0) = x_0$ , lecz dla poprawności obliczeń w implementacji przyjąłem liczenie dopiero od  $i = n + 1$ , a więc zaczynając od  $EMA_n(n + 1) = avg(x_0, x_1, \dots, x_n)$  (wartość dla  $i = n + 1$  jest równa średniej pierwszych  $n$  elementów). Wskaźnik został zaimplementowany w języku Python z wykorzystaniem biblioteki pandas do przechowywania i odczytu danych.

Jako dane testowe przyjąłem notowania BTC/USD (1.01.2021 - 19.01.2024) oraz NVDA (29.06.2020 - 3.12.2024). W ten sposób mogę porównać działanie wskaźnika na szybko zmieniających się rynkach kryptowalut oraz na bardziej stabilnych rynku akcji. Używane dane posiadały więcej danych niż było wskazane, więc zostały obcięte do ok. 1100 rekordów.

Dane te pobrane zostały z serwisu kaggle.com w formacie CSV, wykorzystane były do obliczenia wskaźnika MACD oraz do wygenerowania wykresów.

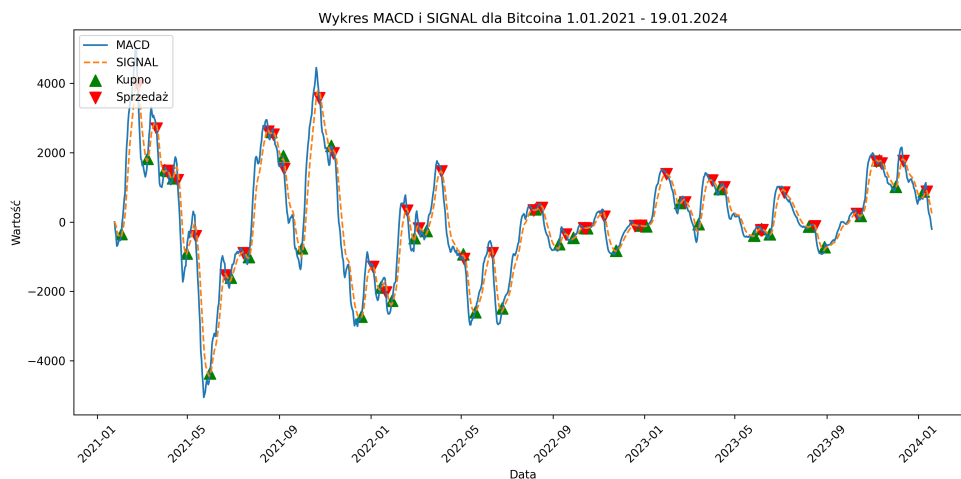
### 3 Analiza notowań i MACD

#### 3.1 BTC/USD



rys. 1: Wykres notowań BTC/USD z sygnałami buy/sell

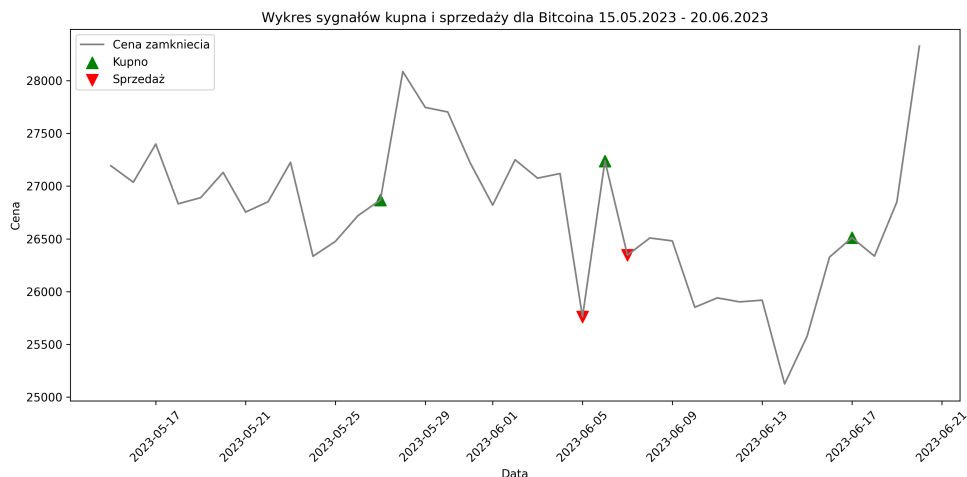
Wykres notowań BTC (rys. 1) przedstawia wielkie wahania cen kryptowaluty - charakterystyczne dla tego rynku.



rys. 2: Wykres wskaźnika MACD dla BTC/USD

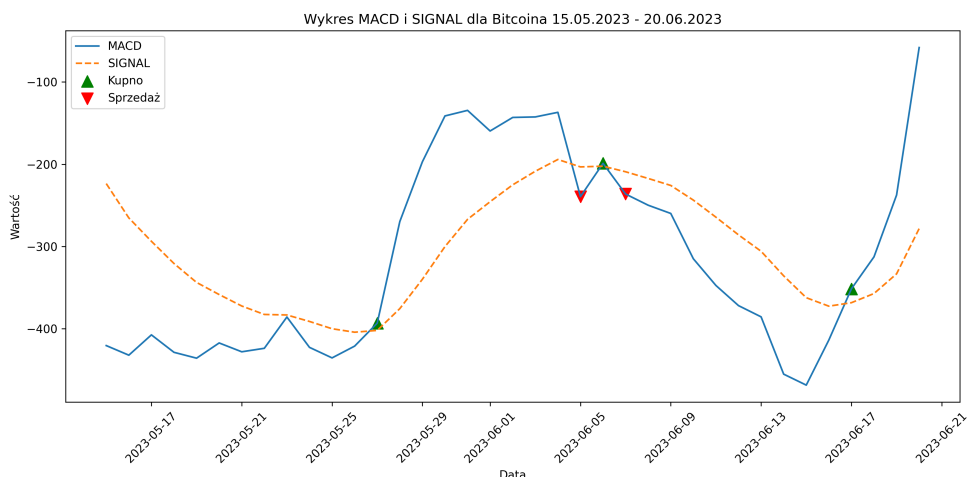
Łatwo zauważyć, że wskaźnik MACD (rys. 2) momentami za szybko reaguje na zmiany cen, co może prowadzić do nieoptymalnych sygnałów kupna

czy sprzedaży (np. około stycznia 2022).

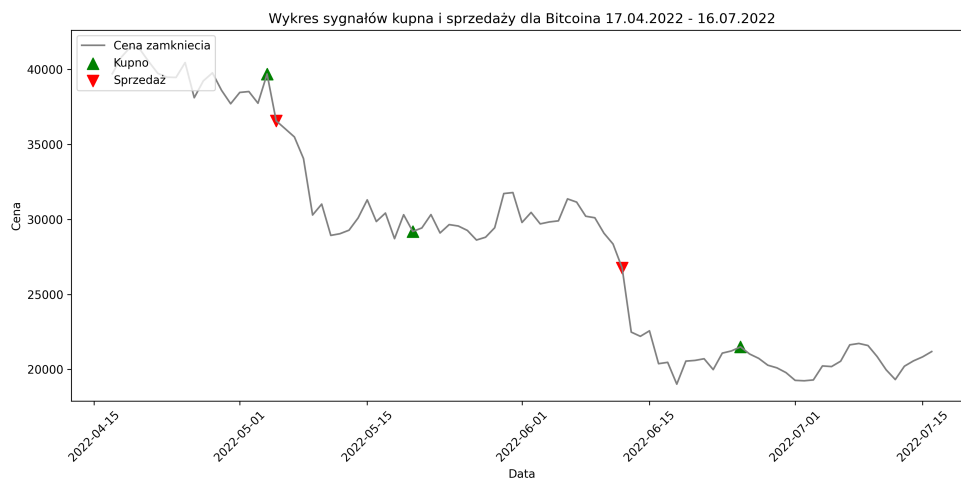


rys. 3: Wykres notowań BTC/USD z sygnałami buy/sell - przybliżenie

Tą sytuację lepiej widać na wykresie zbliżonym (rys. 3). Po zakupie w okolicach dnia 27.05.2023, wskaźnik nie sugeruje sprzedaży po wzroście ceny z ok. 27 tys. USD do ok. 28.5 tys. USD, zamiast tego w oczekiwaniu na większy przyrost ceny napotkał nagły, jednodniowy spadek ceny do ok. 25.75 tys. USD, gdzie sugeruje sprzedanie. Już następnego dnia cena wraca do ok. 27.5 tys. USD, powodując wykazanie sygnału kupna, co kończy się kolejnym spadkiem ceny następnego dnia i sprzedaniem zakupionych wcześniej aktywów już po jednym dniu.

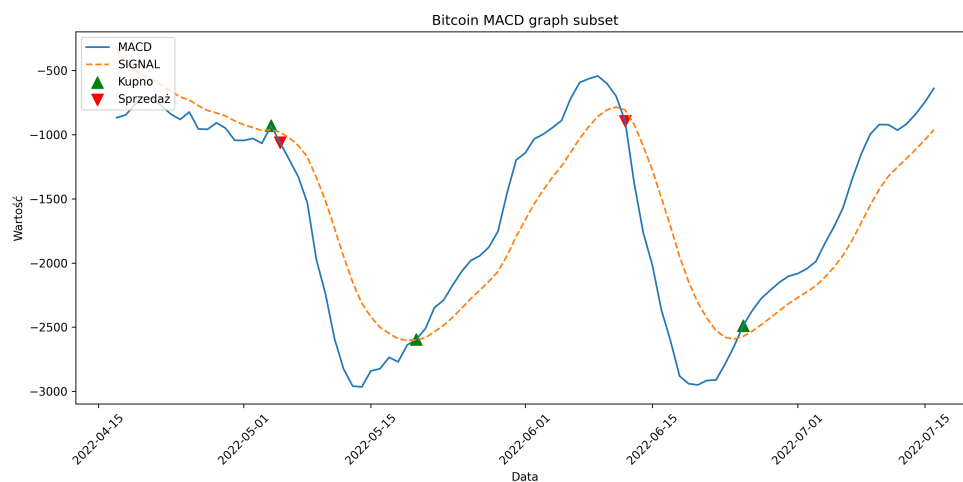


rys. 4: Wykres wskaźnika MACD dla BTC/USD - przybliżenie

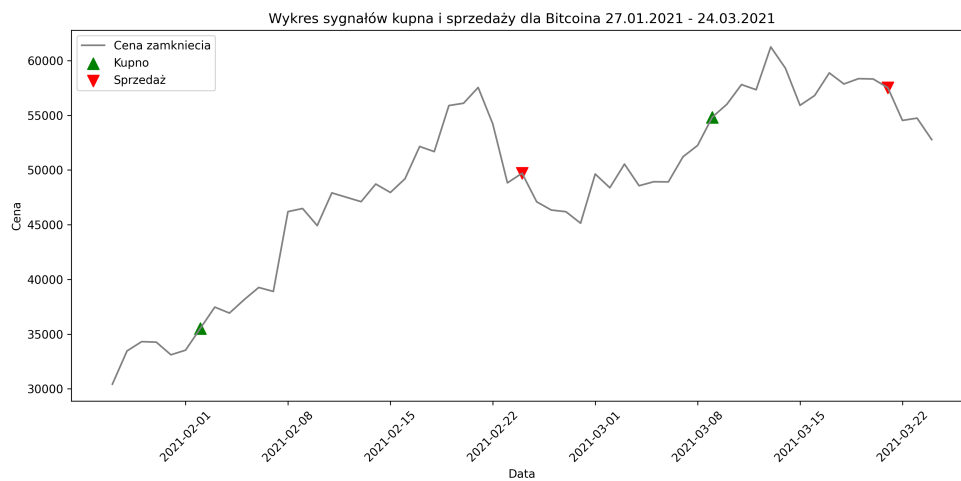


rys. 5: Wykres notowań BTC/USD z sygnałami buy/sell - przybliżenie

Jednak szybka reakcja wskaźnika na zmiany cen może ratować inwestora w przypadku panikowania rynku, tak jak na przykładzie rys. 5, gdzie w okolicach 7.05.2022 wskaźnik szybko zareagował na spadek ceny, co oszczędziło inwestorowi sporej straty. Podobna sytuacja miała miejsce w okolicach 13.06.2022 (również rys. 5).

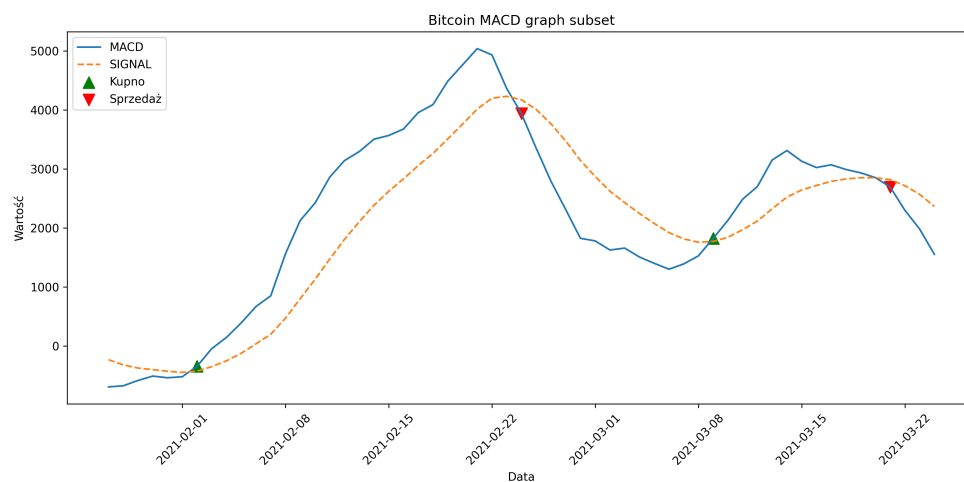


rys. 6: Wykres wskaźnika MACD dla BTC/USD - przybliżenie



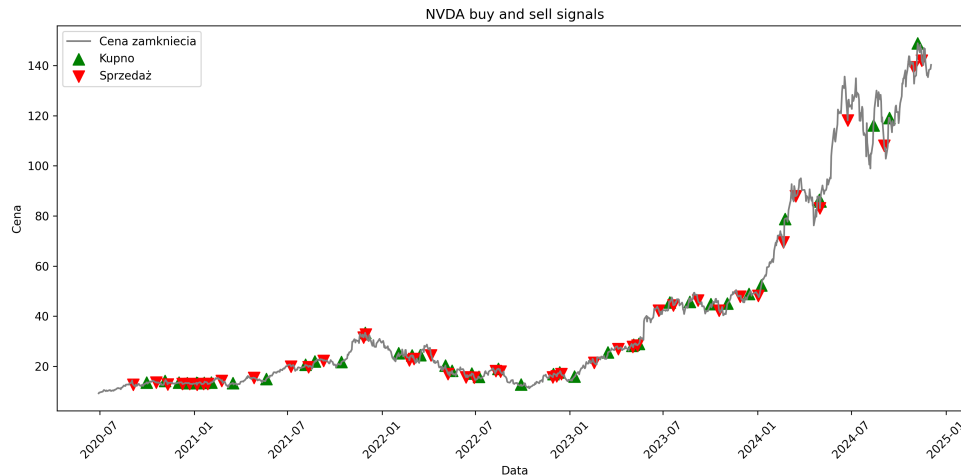
rys. 7: Wykres notowań BTC/USD z sygnałami buy/sell - przybliżenie

Mimo tego, wskaźnik MACD nie jest idealny i nie zawsze daje optymalne sygnały kupna i sprzedaży, jest w stanie pomóc inwestorowi w zarządzaniu ryzykiem. Cena aktywów rośnie, co sprawia, że wskaźnik MACD daje sygnały kupna, po czym lekko spada, co powoduje sygnał sprzedaży, wychodzi to dwukrotnie na korzyść inwestora (rys. 7).



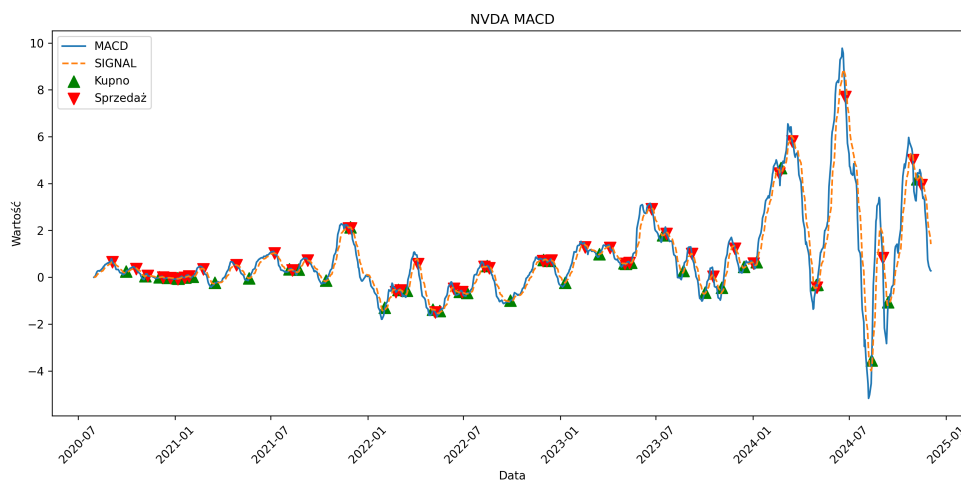
rys. 8: Wykres wskaźnika MACD dla BTC/USD - przybliżenie

## 3.2 NVDA



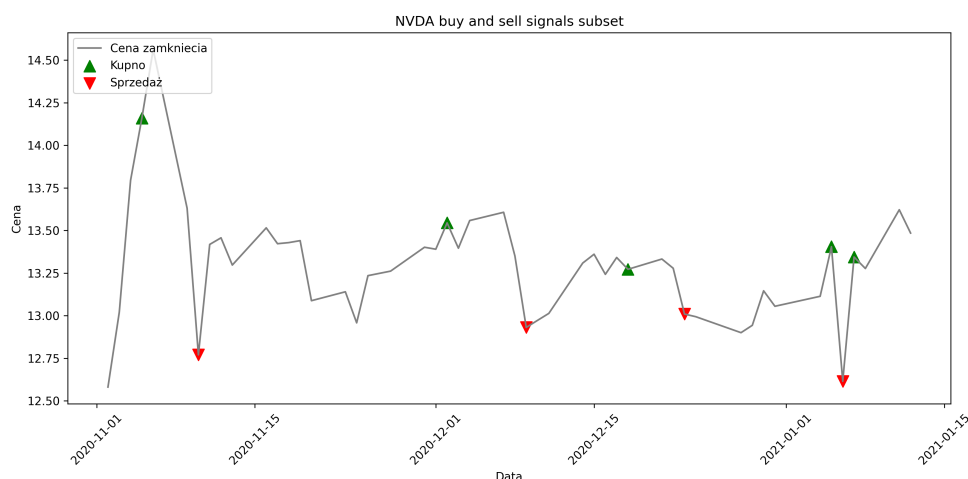
rys. 9: Wykres notowań NVDA z sygnałami buy/sell

Na wykresie notowań NVDA (rys. 9) widać większą stabilność cen akcji w porównaniu do kryptowaluty. Nietrudno też zauważyć wręcz wykładniczy wzrost cen akcji w okresie 2023-2024 spowodowany bańką sztucznej inteligencji. W takich warunkach wskaźnik MACD może być bardziej przydatny niż w przypadku BTC. Przez stabilność ceny akcji wskaźnik MACD daje sygnały kupna i sprzedaży znacznie częściej niż w przypadku BTC.



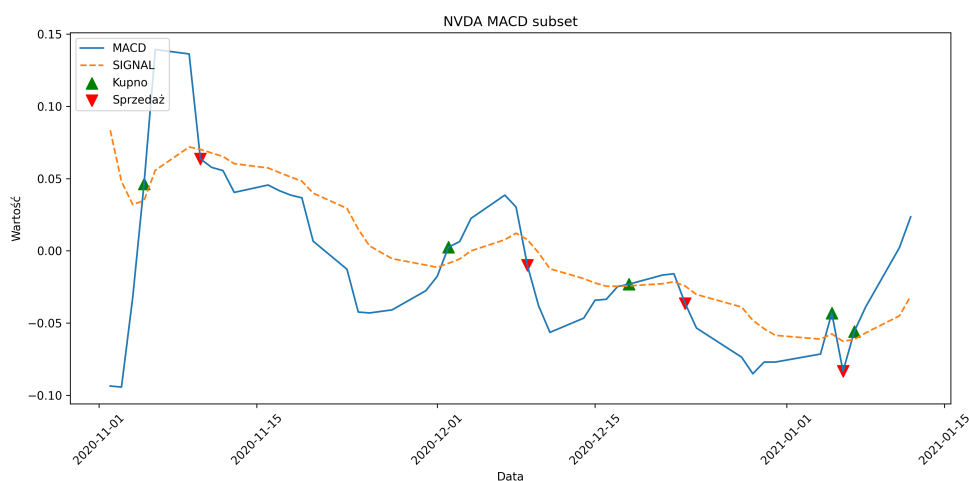
rys. 10: Wykres wskaźnika MACD dla NVDA

Jak widać na rys. 10, wskaźnik MACD dla NVDA daje sygnały kupna i sprzedaży częściej w stabilnych warunkach rynkowych (linie MACD i SIGNAL w takich warunkach łatwiej się przecinają). W późniejszych okresach sygnały są wysyłane bardziej optymalnie, gdyż wzrosty i spadki są wolniejsze i bardziej przewidywalne.



rys. 11: Wykres notowań NVDA z sygnałami buy/sell - przybliżenie

Na przybliżeniu wykresu notowań NVDA (rys. 11) widać, że wskaźnik MACD dla stabilnych i wypoziomowanych cen akcji daje sygnały kupna i sprzedaży niekoniecznie optymalne, przez łatwe wyprowadzenie go z jego toru i spowodowanie przecięcia linii MACD i SIGNAL.



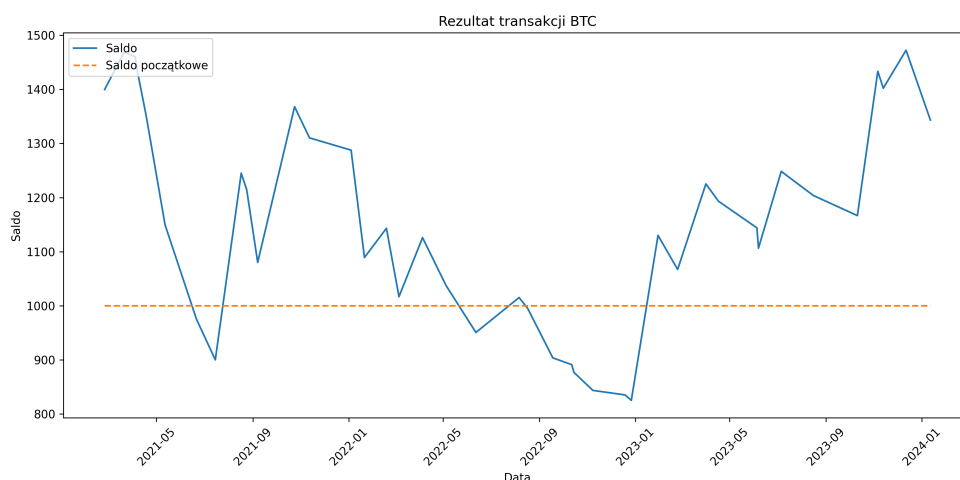
rys. 12: Wykres wskaźnika MACD dla NVDA - przybliżenie



## 4 Symulacja inwestycji

### 4.1 BTC/USD

Dla symulacji inwestycji przyjąłem, że inwestor zaczyna z 1000 jednostkami wartości początkowej. Gdy wskaźnik MACD sugeruje kupno, inwestor kupuje tyle jednostek, ile jest w stanie ze swoim kapitałem. Analogicznie, gdy wskaźnik sugeruje sprzedaż, inwestor sprzedaje wszystkie swoje jednostki.



rys. 13: Symulacja inwestycji w BTC/USD

Na rys. 13 widać, że inwestor zaczynający z 1000 jednostkami kapitału stosując algorytm opisany wcześniej, skończy z 1343.17 jednostkami, co daje zysk **34.32%**.

Z 41 wykonanych par transakcji (kupno/sprzedaż), 12 było zyskownych, a 29 stratnych. Na rys. 1 widać, że punktami zagęszczenia transakcji były okresy względnie stabilnych cen.

#### 4.1.1 Obliczanie EMA

We wstępie teoretycznym poruszyłem temat obliczania wykładniczej średniej kroczącej. Wspomniałem o zakładaniu, że  $EMA_n(0) = x_0$ , lecz zaimplementowałem bliższy prawdzie algorytm, który zaczyna obliczanie średniej dopiero od  $i = n + 1$ . Oto rezultaty transakcji dla obydwu przypadków:

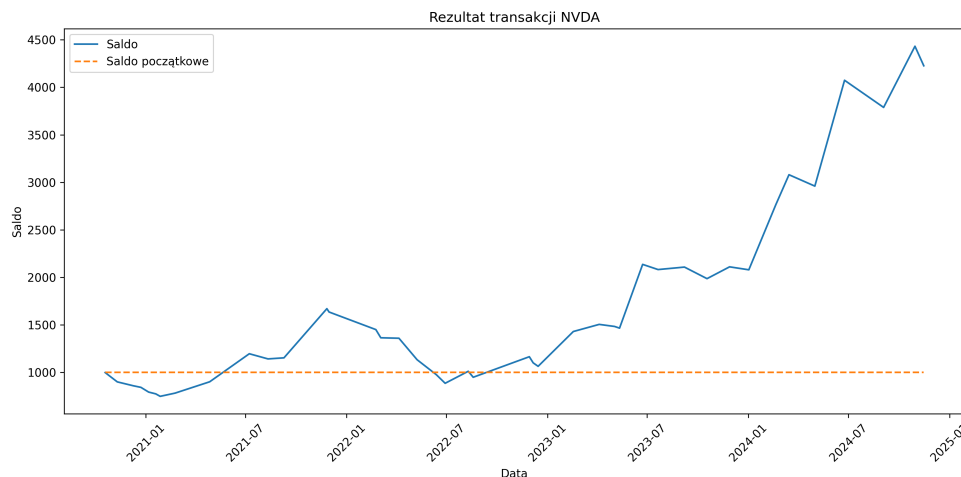
- $EMA_n(0) = x_0 \rightarrow 1334.87$
- $EMA_n(n + 1) = avg(x_0, x_1, \dots, x_n) \rightarrow 1343.17$

Różnica wynosi 1,7 jednostki, zmniejsza się ona wraz z wielkością danych. Następne podane wyniki są obliczane poprawną metodą (zaczynając od  $n+1$ ).

Dla podanych wcześniej przybliżeń (rys. 3 i 5) otrzymujemy następujące wyniki:

- 15.05-20.06(rys. 3)  $1000 \rightarrow 990.88$
- 17.04-16.07(rys. 5)  $1000 \rightarrow 832.15$  (uratowana potencjalna strata 45.8%)
- 27.01-24.03(rys. 7)  $1000 \rightarrow 1468.66$

## 4.2 NVDA



rys. 14: Symulacja inwestycji w NVDA

W przypadku NVDA (rys. 14) wykres balansu inwestora przypomina wykres cen akcji sam w sobie. Wyraźnie widać tu końcowy przyrost kapitału. Zaczynając z 1000 jednostkami kapitału, inwestor kończy z 4226.82 jednostkami. Zysk wynosi **322.68%**. Dla fragmentu wykresu (rys. 11) otrzymujemy przy początkowym kapitale 1000 jednostek rezultat w postaci 802.55 jednostek, co daje stratę 19.74%.

Z 42 wykonanych par transakcji, 10 było zyskowych, a 32 stratne.

### 4.2.1 Mozliwe optymalizacje algorytmu

Algorytm sprzedawania wszystkiego gdy tylko pojawia się sygnał kup/sprzedaj spowodowany MACD często prowadził do sytuacji, w której kupował wiele

razy dzień po dniu, powodując straty. Do zapobiegnięcia takiej panice można by zaimplementować dodatkowe warunki dot. ostatniej transakcji, np. żeby nie kupować/sprzedawać w ciągu 3 dni od ostatniego przecięcia.

## 5 Wnioski

Wskaźnik MACD w przypadku BTC/USD nie był tak wydajny jak w przypadku NVDA, lecz mimo wszystko w obydwu przypadkach przyniósł zyski. W przypadku BTC/USD zysk wyniósł 34.32%, a w przypadku NVDA 322.68%. W obydwu zestawach danych wskaźnik w większości przypadków nie trafiał optymalnie z sygnałami kupna czy sprzedaży, jedynie ok. 25% transakcji było zyskowych. Latwo było jednak odrobic straty dzięki wysokim skokom cen aktywów. Dwa zestawy danych które wybrałem do analizy są znane jako jedne z generujących największe zyski. Bitcoin jest znany z dużych skoków cen, a NVDA z dużego i w miarę stabilnego wzrostu cen akcji. MACD zdecydowanie lepiej sprawdził się w przypadku NVDA, gdyż w przypadku BTC za panikował i gdyby nie powolny i stosunkowo stabilny wzrost cen od roku 2023, inwestor mógłby stracić sporo kapitału.

Wskaźnik MACD wciąż pozostaje jednym z najpopularniejszych wskaźników analizy technicznej, lecz nie jest on na tyle dobry by całkowicie oddać mu stery. Jest on jednak w stanie pomóc inwestorowi w zarządzaniu ryzykiem i sygnalizować potencjalne zmiany trendu na rynku.