

# Badanie skuteczności wskaźnika MACD w analizie instrumentów finansowych

Maksymilian Kempa 197259

26.03.2024

## 1. Wstęp

Wskaźnik MACD (Moving Average Convergence Divergence) to jedno z najpopularniejszych narzędzi analizy technicznej, stosowanych przez inwestorów na rynkach finansowych. Został opracowany przez Geralda Appela w latach 70. XX wieku i od tego czasu stał się kluczowym elementem analizy cen akcji, surowców, walut i innych instrumentów finansowych. Głównym celem wskaźnika jest identyfikacja trendów rynkowych oraz potencjalnych punktów wejścia i wyjścia z pozycji na rynku.

Wskaźnik składa się z dwóch linii: linii MACD i linii sygnałowej (SIGNAL). Linia MACD to różnica pomiędzy długoterminową (zazwyczaj 26-okresową), a krótkoterminową (zazwyczaj 12-okresową) średnią kroczącą cen zamknięcia. Linia sygnałowa jest wykładniczą średnią kroczącą (zazwyczaj 9-okresową) linii MACD. Wzór na wykładniczą średnią kroczącą N-okresową wygląda następująco:

$$EMA_N = \frac{p_0 + (1 - \alpha)p_1 + (1 - \alpha)^2 p_2 + \dots + (1 - \alpha)^N p_N}{1 + (1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2 + \dots + (1 - \alpha)^N}$$

gdzie:

- $p_i$  jest próbką z  $i$ -tego dnia,  $p_0$  jest próbką z aktualnego dnia,  $p_N$  - to próbka sprzed  $N$  dni.
- $\alpha = \frac{2}{N + 1}$
- $N$  - liczba okresów

Ostatecznie, wektor MACD można policzyć ze wzoru:

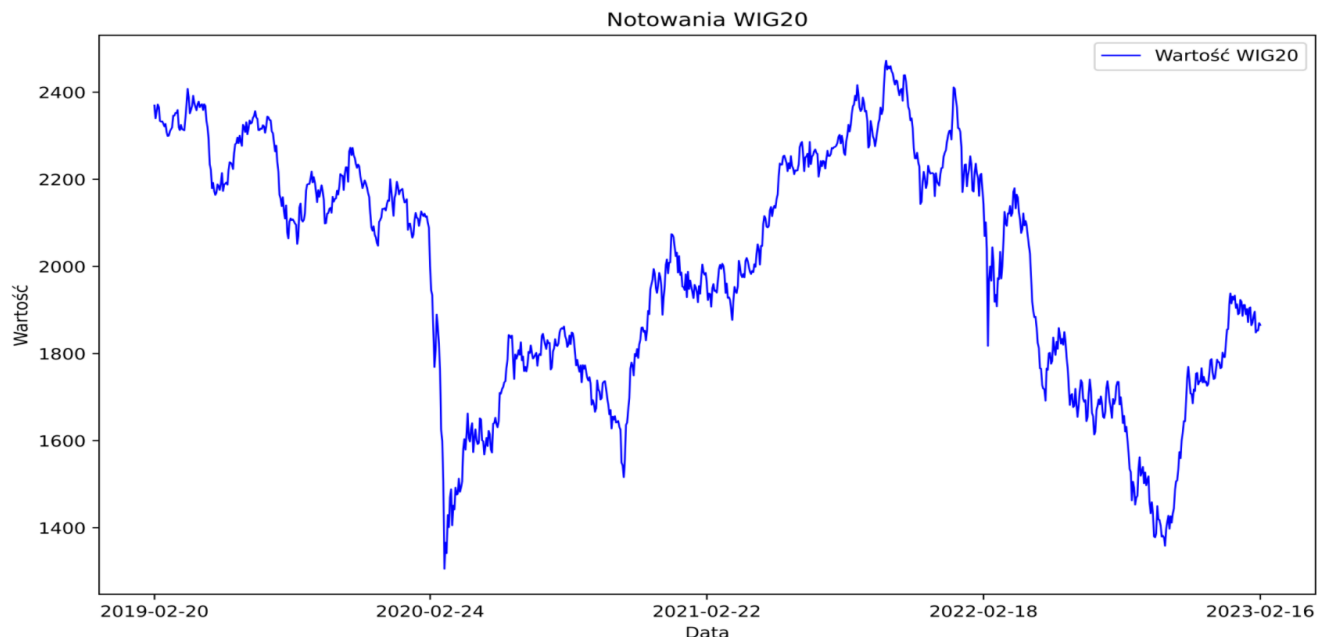
$$\text{MACD} = \text{EMA}_{12} - \text{EMA}_{26}$$

Interpretacja wskaźnika MACD jest stosunkowo prosta. Krzyżowanie się linii MACD i SIGNAL może sygnalizować zmianę trendu. Gdy linia MACD przecina linię sygnałową od dołu, sugeruje zakup instrumentu finansowego, natomiast gdy linia MACD przekracza linię sygnałową od góry, sygnalizuje to dobry moment do sprzedaży. Wskaźnik MACD jest jednym z podstawowych narzędzi analizy technicznej, jednak jego skuteczność zależy od kontekstu rynkowego i strategii inwestycyjnej, szczególnie, że sygnały kupna i sprzedaży są często sygnałami spóźnionymi.

Tematem projektu jest ocena przydatności wskaźnika MACD w analizie instrumentów finansowych. Moim celem było zaimplementowanie wskaźnika MACD na przykładzie notowań giełdowych WIG20, którego dane obejmują dzienne ceny zamknięcia z okresu od 20.02.2019 do 16.02.2023 i zostały pobrane ze strony investing.com w formacie .csv. Następnym zadaniem było stworzenie algorytmu, który na podstawie danych o przecięciu linii MACD i SIGNAL automatycznie podejmuje decyzję o zakupie lub sprzedaży akcji. Implementacji powyższych zadań dokonałem przy użyciu języka Python oraz środowiska programistycznego PyCharm.

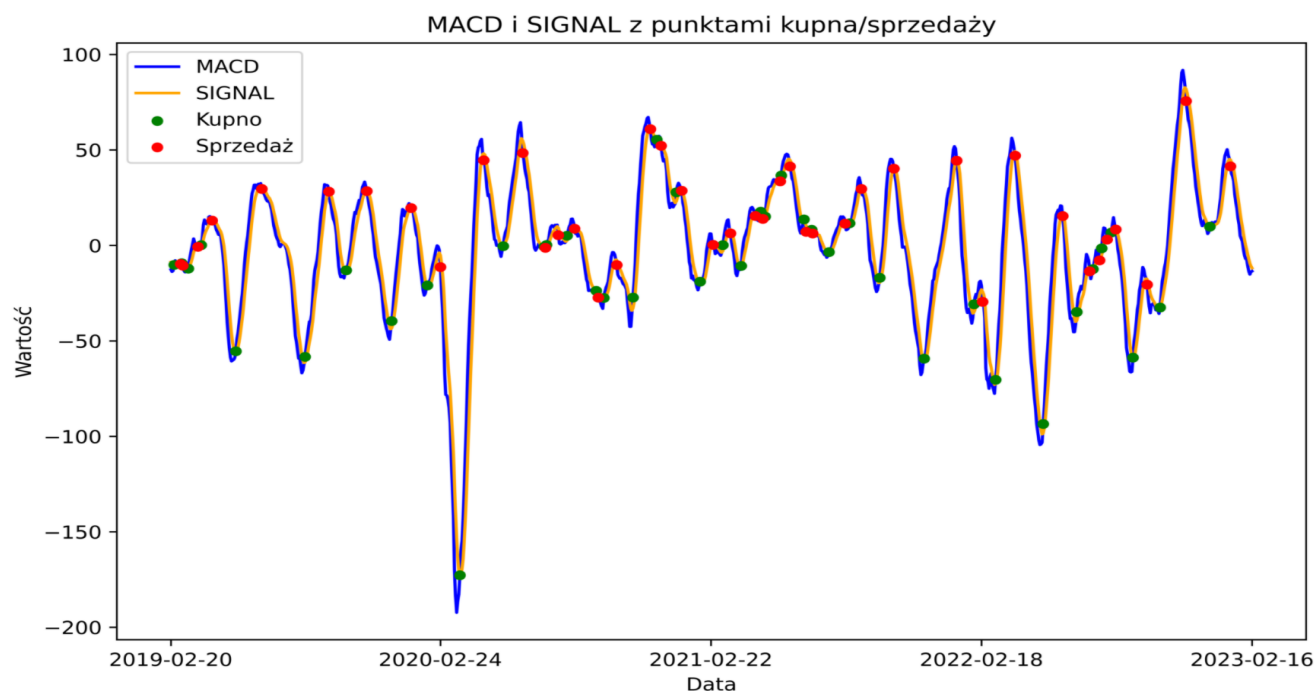
## 2. Analiza wykresów

Wykres 1. Notowania WIG20 w przedziale czasowym od 20.02.2019 do 16.02.2023



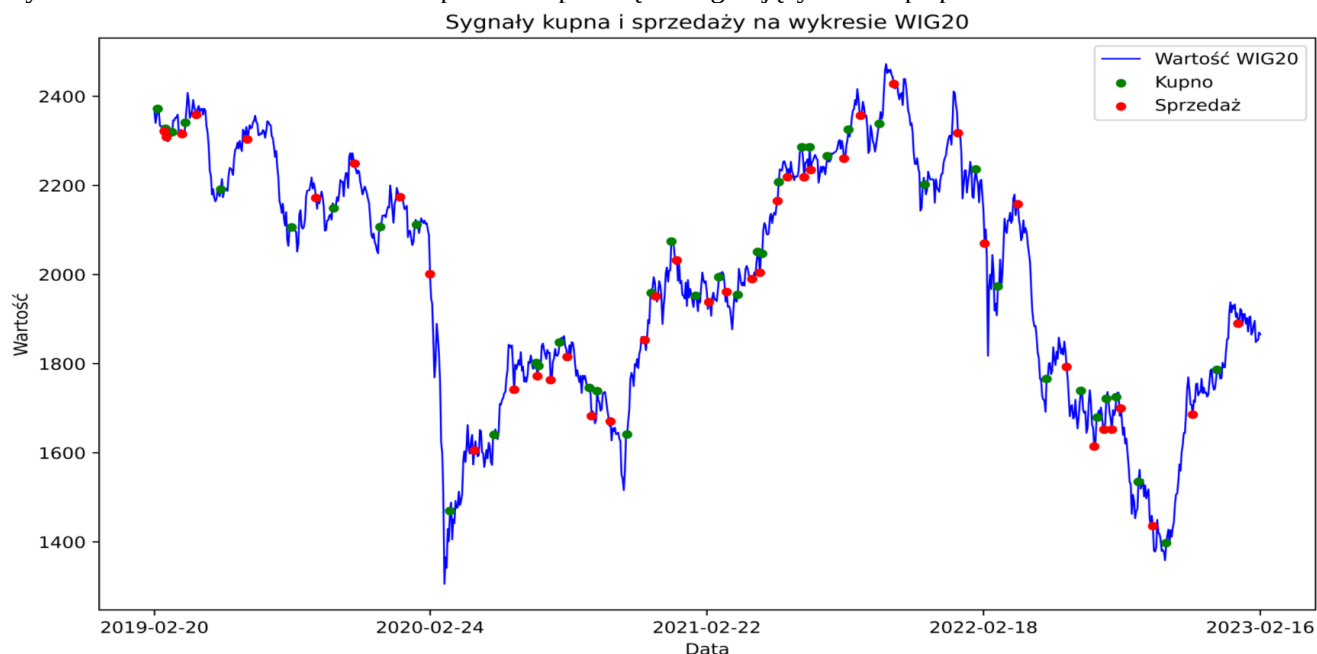
Wykres notowań WIG20 w podanym okresie przedstawia bardzo duże wahania cen. Warto zwrócić uwagę szczególnie na przełom lutego i marca 2020, kiedy cena akcji spadła niesamowicie z uwagi na wybuch pandemii COVID-19 i związanego z nim lockdownu. Takich zdarzeń losowych inwestor nie jest w stanie przewidzieć, co czyni działania na rynku finansowym niezwykle trudne. Jak w takich warunkach radzi sobie wskaźnik MACD?

Wykres 2. Linie wskaźnika MACD oraz SIGNAL wraz z punktami przecięcia sugerującymi zakup/sprzedaż



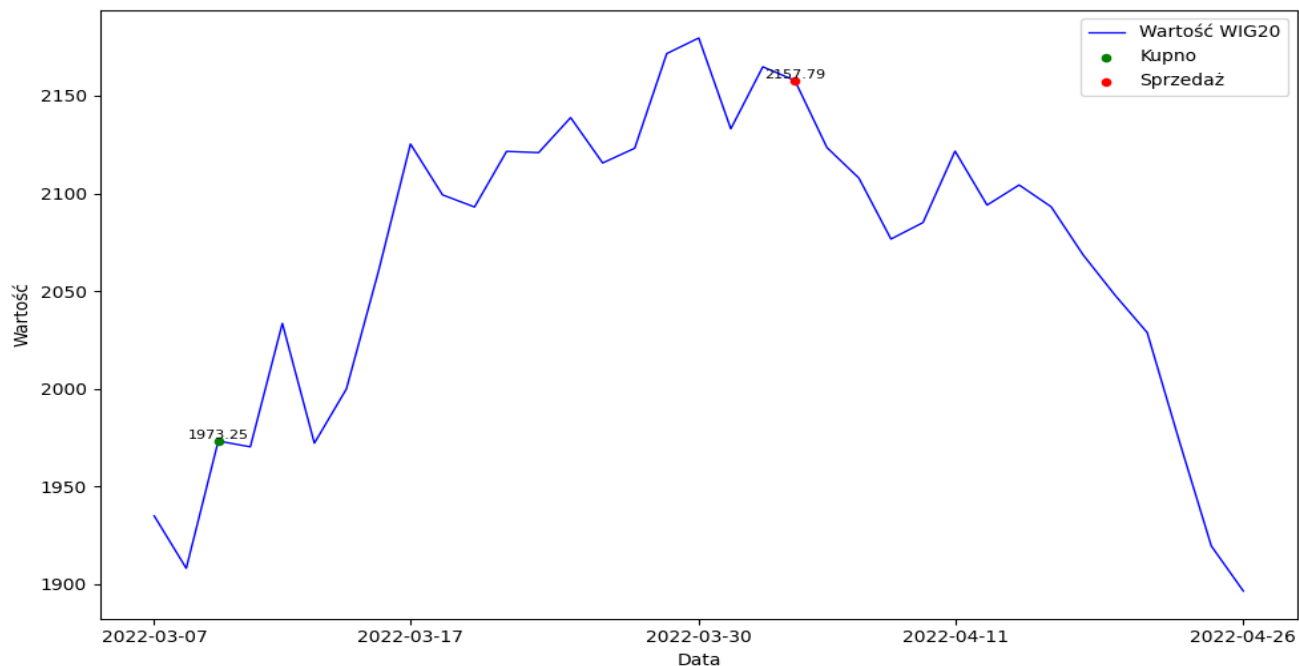
Widać, że sygnały sprzedaży występują na maksimach lokalnych linii MACD, natomiast punkty sprzedaży pojawiają się na minimach. Jakże ma to przełożenie na wykres cen WIG20?

Wykres 3. Notowania WIG20 wraz z punktami przecięcia sugerującymi zakup/sprzedaż



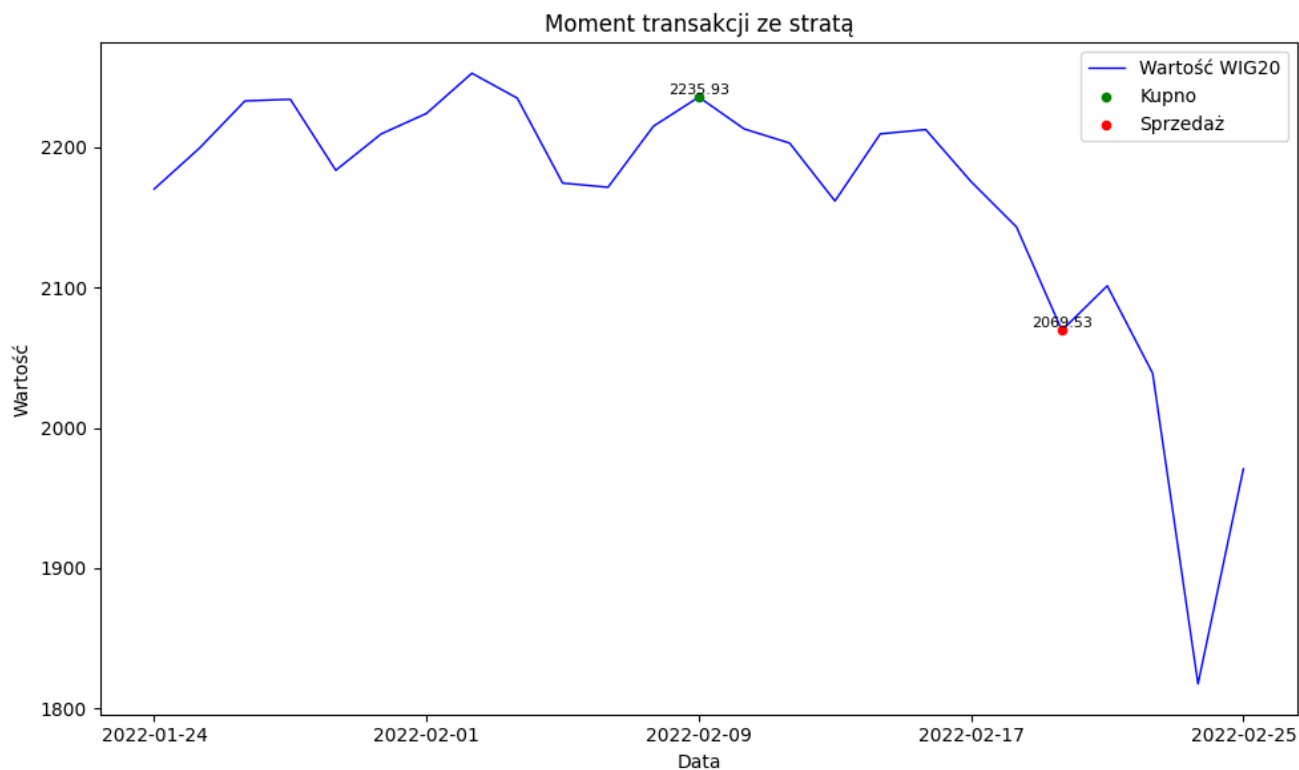
Na podstawie wykresu możemy stwierdzić, że pomimo bardzo chaotycznych momentów na giełdzie, wskaźnik MACD dosyć dobrze radził sobie z generowaniem punktów kupna i sprzedaży. W momentach, kiedy następuje gwałtowny spadek, wygenerowany został sygnał sugerujący sprzedaż akcji. Najlepiej widać to na przykładzie spadku podczas początku lockdownu w marcu 2020, gdzie sygnał minimalnie się spóźnił, ale ciężko obwiniać za to sam algorytm, gdyż cena akcji szymbowała wówczas w dół z olbrzymią prędkością. Jednocześnie na początku równie gwałtownego odbicia zasugerował zakup akcji, co pozwoliło wygenerować duży zysk. Dobre działanie MACD świetnie widać na przykładzie umieszczonym na kolejnej stronie.

Wykres 4. Przykład zyskowej transakcji, sugerowanej przez wskaźnik MACD



Jak widać, algorytm zasugerował kupno akcji po cenie 1973.25 na chwilę przed znaczącym wzrostem cen akcji, a następnie zasygnalizował ich sprzedaż po cenie rynkowej 2157.79 chwilę przed spadkiem notowań, co przy ówczesnym kapitale i ilości akcji pozwoliło osiągnąć zysk na poziomie 1107.25 PLN. Jednak MACD nie zawsze sprawdzał się tak dobrze. Poniższy wykres pokazuje przykład transakcji, która przyniosła stratę:

Wykres 5. Przykład transakcji ze stratą, sugerowanej przez wskaźnik MACD



W tym przypadku algorytm zasugerował kupno w zupełnie nieodpowiednim momencie i spóźnił się również z sygnalizacją sprzedaży, przez co portfel zanotował stratę w wysokości 830 PLN.

### 3. Implementacja algorytmu

Po wygenerowaniu wykresów zaimplementowałem symulację inwestycji na przestrzeni okresu od 20.02.2019 do 16.02.2023 bez użycia MACD oraz z jego wykorzystaniem. Startową ilością kapitału będzie 10000 PLN. Algorytm opiera się na prostej regule: w przypadku sygnalizacji zakupu akcji kupuje on po cenie rynkowej z danego dnia maksymalną liczbę akcji, jaką jest w stanie za wartość posiadanego w tym momencie kapitału. W momencie sygnalizacji sprzedaży, sprzedaje on wszystkie posiadane akcje po cenie rynkowej. Jeżeli ostatniego dnia w zadanym okresie w posiadaniu inwestora nadal znajdują się akcje, sprzedaje wszystkie po cenie zamykającej z ostatniego dnia symulacji. Symulacja bez użycia MACD polega po prostu na zakupie maksymalnej ilości akcji pierwszego dnia z kapitałem startowym w wysokości 10000 PLN i sprzedaży wszystkich akcji ostatniego dnia symulacji. Jak widać, wyniki są dalekie od pozytywnych:

```
Investing without using MACD algorithm
Starting capital: 10000
Final capital: 7983.24
Percentage of improvement: -20.17 %
```

W przypadku braku aktywności na giełdzie w okresie symulacji osiągnelibyśmy stratę w wysokości 20.17%. Sprawdźmy, jak w tym samym okresie poradził sobie algorytm MACD:

```
Investing using MACD algorithm
Starting capital: 10000
Final capital: 13732.69
Percentage of improvement: 37.33 %
Number of transactions with loss: 23
Number of transactions with profit: 18
Biggest profit: 2017.89, recorded on date: 2022-11-21
Biggest loss: -875.7, recorded on date: 2022-07-14
Maximal capital during simulation (measured after every transaction): 13732.69
Minimal capital during simulation (measured after every transaction): 9707.36
```

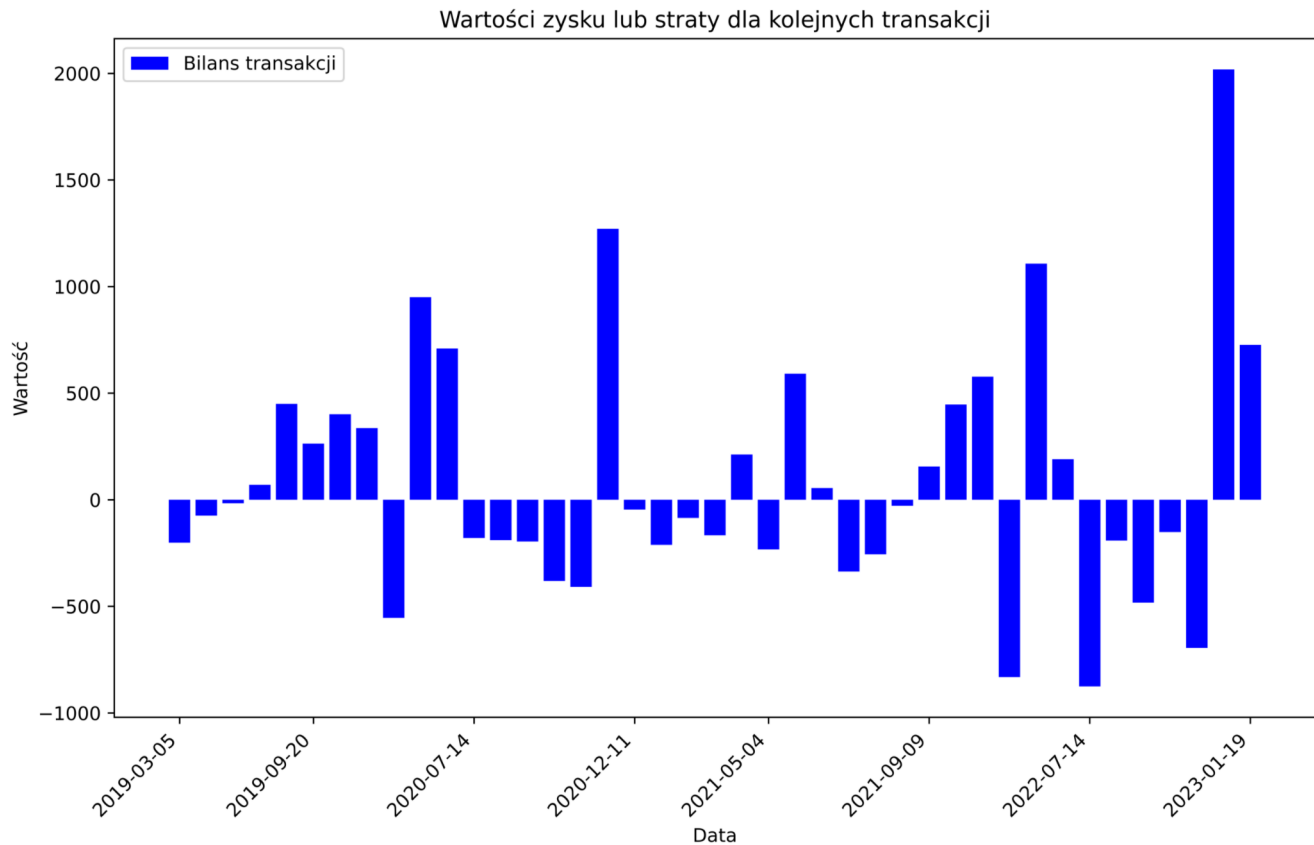
Powyższe dane wskazują na duży zysk. Udało się osiągnąć zysk na poziomie 37.33% względem początkowego kapitału, przy czym końcowy kapitał jest najwyższym zanotowanym na przestrzeni całej symulacji (maksymalna wartość kapitału była mierzona po każdej dokonanej transakcji, gdzie poprzez transakcję rozumiana jest każda para kupna i sprzedaży akcji, następująca po sobie w tej kolejności). Jednocześnie na przestrzeni całej symulacji nie odnotowano większej straty względem początkowego kapitału niż 0.029%, co można uznać za bardzo dobry wynik. Największy odnotowany profit uzyskano 21.11.2022 w wysokości 2017.89 PLN, natomiast największą stratę 14.07.2022 w wysokości 875.70 PLN. Co ciekawe, liczba stratnych transakcji przewyższyła liczbę transakcji zyskowych w stosunku 23 do 18. Podsumowanie wszystkich transakcji zamieszczono w tabeli na kolejnej stronie.

Tabela 1. Podsumowanie wszystkich transakcji z podanego okresu, uwzględniające datę transakcji, cenę zamknięcia akcji podczas zakupu i sprzedaży akcji oraz bilans (zysk lub stratę) odniesione po transakcji

Data	Cena podczas zakupu	Cena podczas sprzedaży	Bilans po transakcji
3/5/2019	2371.69	2321.32	-201.48
3/7/2019	2327.16	2308.48	-74.72
3/27/2019	2319.28	2315.17	-16.44
4/15/2019	2340.74	2358.19	69.8
6/25/2019	2190.93	2303.31	449.52
9/20/2019	2105.88	2171.75	263.48
11/12/2019	2148.53	2248.81	401.12
1/16/2020	2106.51	2173.74	336.15
2/24/2020	2111.76	2000.9	-554.3
4/22/2020	1469.43	1605.12	949.83
6/15/2020	1640.18	1741.47	709.03
7/14/2020	1801.64	1771.7	-179.64
7/30/2020	1794.78	1763.22	-189.36
8/20/2020	1847.73	1815.03	-196.2
9/21/2020	1745.73	1682.26	-380.82
10/14/2020	1738.44	1670.26	-409.08
11/27/2020	1640.94	1852.69	1270.5
12/11/2020	1958.53	1950.85	-46.08
1/14/2021	2074.11	2031.71	-212
2/24/2021	1952.1	1937.9	-85.2
3/18/2021	1994.18	1960.75	-167.15
4/22/2021	1954.38	1989.73	212.1
5/4/2021	2050.69	2004.04	-233.25
5/26/2021	2046.67	2164.89	591.1
6/9/2021	2207.47	2218.45	54.9
6/30/2021	2285.81	2218.41	-337
7/8/2021	2285.79	2234.6	-255.95
8/19/2021	2265.69	2260.02	-28.35
9/9/2021	2325.19	2356.39	156
10/21/2021	2338.09	2427.35	446.3
1/18/2022	2201.86	2317.36	577.5
2/21/2022	2235.93	2069.53	-832
4/4/2022	1973.25	2157.79	1107.24
6/8/2022	1765.63	1792.8	190.19
7/14/2022	1739.08	1613.98	-875.7
7/27/2022	1679.27	1651.89	-191.66
8/5/2022	1721.11	1652.14	-482.79
8/18/2022	1724.98	1699.68	-151.8
9/28/2022	1534.68	1435.37	-695.17
11/21/2022	1397.23	1685.5	2017.89
1/19/2023	1786.1	1889.84	726.18

Jak widać z powyższej tabeli, najgorzej algorytm MACD radził sobie w okresach, w których ceny akcji utrzymywała się na podobnym poziomie. Dobrze obrazują to okresy od lipca do października 2020 roku oraz od lipca do września 2022 roku, kiedy algorytm regularnie sygnalizował działania na rynku akcji i zanotował 5 ujemnych transakcji z rzędu. Z kolei w przypadkach, kiedy ceny akcji notowały gwałtowny spadek lub wzrost, algorytm odnajdował się nieźle (na przykład w przypadku spadku i odbicia w marcu 2020 lub podczas przedostatniej transakcji, kiedy algorytm zasugerował zakup akcji na chwilę przed ogromnym wzrostem, co pozwoliło na osiągnięcie największego zysku na przestrzeni całej symulacji. Podane powyżej momenty na rynku widać dobrze na wykresie 3, przedstawionym w poprzedniej części sprawozdania.

Wykres 6. Zestawienie kolejnych wartości bilansu po poszczególnych transakcjach



Pomimo większej liczby transakcji stratnych, algorytm odnotował zysk rzędu 37.33%. Analizując powyższy wykres, możemy zauważyć, że chociaż transakcji zyskowych było mniej, kilka z nich pozwoliło zanotować bardzo duży zysk i tym samym wyjść końcowemu bilansowi na plus.

#### 4. Podsumowanie i ocena przydatności

Przeprowadzona symulacja pokazuje, że wskaźnik MACD nadaje się do inwestycji giełdowych szczególnie w przypadkach, kiedy występują trendy wartości instrumentów finansowych. W momentach, kiedy ceny utrzymują się na stosunkowo równym poziomie z krótkimi wahaniami cen, MACD generuje wiele sygnałów do zakupu lub sprzedaży, co prowadzi najczęściej do utraty kapitału. Dzieje się tak dlatego, że sygnały MACD są często sygnałami spóźnionymi lub fałszywymi i nie są w stanie zagwarantować sygnalizacji optymalnego momentu do podjęcia działania na rynku. W przypadku wykresu indeksu WIG20 na przestrzeni podanego okresu można było zaobserwować jednak błyskawiczne spadki oraz wzrosty notowań, na które algorytm reagował całkiem dobrze, generując minimalnie spóźnione sygnały. Efektem były zyski, które ostatecznie przewyższyły straty. Możemy zatem stwierdzić, że algorytm MACD nie jest gwarantem zysku w krótkoterminowych inwestycjach, szczególnie, jeśli w tym małym wycinku czasu ceny nie będą podlegały wyraźnym trendom spadkowym lub wzrostowym. Natomiast w przypadku inwestycji długoterminowych pojawia się szansa na wykorzystanie trendów rynkowych lub dynamicznych zmian na giełdzie, co pozwala na pozytywne działanie wskaźnika. Z pewnością do wykorzystania MACD w prawdziwych inwestycjach trzeba podchodzić ostrożnie. W przedstawionym okresie dużych wahań wskaźnik poradził sobie naprawdę dobrze, ale nie wiadomo, czy tak samo byłoby w przypadku spokojniejszego okresu.