

STRESZCZENIE

Aplikacja wraz z GUI do analizy sygnałów dyskretnych

Sygnały otaczają człowieka we wielu aspektach życia od telekomunikacji, aż po medycynę i inwestycje giełdowe. Celem niniejszej pracy dyplomowej jest stworzenie zaawansowanego narzędzia w środowisku python do analizy sygnałów dyskretnych za pomocą szerokiego spektrum narzędzi numerycznych.

Pierwsza część pracy porusza zagadnienie sygnałów. Wprowadzone jest pojęcie sygnałów cyfrowych i podstawowe narzędzia służące do ich analizy.

W drugiej części opisywane są wybrane, popularne metody analizy sygnałów. Jeden rozdział został poświęcony wykrywaniu transformacji sygnałów z dziedziny czasu, do dziedziny częstotliwości znajdujących się w sygnale, za pomocą transformacji Fouriera. Z kolei następny rozdział przybliża zagadnienie analizy technicznej, wykorzystywanej do wykrywania sygnałów w decyzjach inwestycyjnych i ich interpretacji.

W ostatniej części pracy poruszone zostały zagadnienia implementacji narzędzia do analizy sygnałów w środowisku Python. Rozdział omawia wykorzystywane narzędzia, Pycharm Anaconda oraz Jupyter Notebook. Omówione zostały także zastosowane biblioteki. Podane są wymagania sprzętowe oraz opis instalacji wymienionego środowiska. Na koniec został zaprezentowany interfejs stworzonego narzędzia i instrukcja jego obsługi.

Słowa kluczowe: sygnały, sygnały cyfrowe, sygnały dyskretne, inwestycje, Pycharm Anaconda, Jupyter Notebook, transformacja Fouriera, analiza techniczna, wskaźniki

Dziedzina nauki i techniki, zgodnie z wymogami OECD: nauki inżynierskie i techniczne, elektrotechnika, elektronika, inżynieria informatyczna

ABSTRACT

Application with GUI for discrete signal analysis

Signals surround us in many aspects of life, from telecommunications to medicine and stock market investments. The purpose of this project is to create advanced python tool for analyzing discrete signals using a wide spectrum of numerical tools.

The first part of the work is about signals. There is introduction about what signals are and some basic tools for their analysis are described.

The second part consist details about the chosen popular signal analysis methods. One chapter is devoted to detecting the transformation of time domain signals into the domain of frequencies contained in a signal using Fourier transform. And next chapter introduces the technical analysis wchich is used to detect investments signals and its interpretation.

The last part of this paper is abut the implementation of the tool for analyzing discrete signals using python tool. The chapter introduces the tools that are used in a project, it is Pycharm Anaconda and Jupyter Notebook. Next there are presented the libraries used in the project. The chapter also consist hardware requirements and installation description of the mentioned environment. Finally, there is presented the interface of the created tool and the user manual.

Keywords: signals, digital signals, discrete signals, investments, Pycharm Anaconda, Jupyter Notebook, Fourier transformation, technical analysis, indicators

Field of science and technology, according to requirements of OECD: engineering and technology, electrical engineering, electronic engineering, information engineering

SPIS TREŚCI

Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów	5
1. WSTĘP I CEL PRACY / <i>AGNIESZKA WOJCIECHOWSKA</i>	6
1.1. Wprowadzenie do sygnałów	6
1.2. Cel pracy, założenia	6
1.3. Podział pracy	7
1.4. Struktura pracy	8
2. SYGNAŁY CYFROWE	9
2.1. Wprowadzenie / <i>Agnieszka Wojciechowska</i>	9
2.2. Narzędzia	10
2.2.1. Odchylenie standardowe / <i>Mateusz Rutkiewicz</i>	10
2.2.2. Pochodne / <i>Mateusz Rutkiewicz</i>	11
2.2.3. Całkowanie / <i>Mateusz Rutkiewicz</i>	12
2.2.4. Średnia krocząca / <i>Agnieszka Wojciechowska, Mateusz Rutkiewicz</i>	15
3. TRANSFORMACJA FOURIERA / <i>MATEUSZ RUTKIEWICZ</i>	18
3.1. Wprowadzenie	18
3.2. Wzór	19
3.3. Postać wykładnicza liczby zespolonej	19
4. ANALIZA TECHNICZNA	22
4.1. Wprowadzenie / <i>Agnieszka Wojciechowska</i>	22
4.1.1. Analiza rynkowa	22
4.2. MACD / <i>Agnieszka Wojciechowska</i>	24
4.2.1. wprowadzenie	24
4.2.2. zasady działania	24
4.2.3. przykłady numeryczne	25
4.2.4. podsumowanie	27
4.3. Wstęgi Bollingera / <i>Mateusz Rutkiewicz</i>	27
4.3.1. wprowadzenie	27
4.3.2. zasady działania	28
4.3.3. przykłady numeryczne	29
4.3.4. podsumowanie	30
4.4. Oscylator Stochastyczny / <i>Agnieszka Wojciechowska</i>	30
4.4.1. wprowadzenie	30
4.4.2. zasady działania	30
4.4.3. przykłady numeryczne	31
4.4.4. podsumowanie	33
4.5. Wskaźnik zagregowany / <i>Mateusz Rutkiewicz</i>	33
4.5.1. Normalizacja wskaźników	34
4.5.2. Algorytm Genetyczny	34
4.5.3. Podsumowanie	35
4.6. Porównanie wskaźników / <i>Mateusz Rutkiewicz</i>	36

5. PREZENTACJA APLIKACJI	38
5.1. Wykorzystywane narzędzia i biblioteki / <i>Mateusz Rutkiewicz</i>	38
5.1.1. Pycharm for Anaconda	38
5.1.2. Jupyter Notebook	38
5.1.3. Numpy	38
5.1.4. Numba	38
5.1.5. Cudatoolkit	39
5.1.6. Pandas	39
5.1.7. Plotly	39
5.2. Instrukcja	39
5.2.1. Wymagania sprzętowe / <i>Agnieszka Wojciechowska</i>	39
5.2.2. Instalacja i konfiguracja / <i>Agnieszka Wojciechowska</i>	39
5.2.3. Instrukcja obsługi / <i>Agnieszka Wojciechowska, Mateusz Rutkiewicz</i>	40
6. ZAKOŃCZENIE	46
6.1. Wnioski / <i>Agnieszka Wojciechowska</i>	46
6.2. Kierunki rozwoju / <i>Mateusz Rutkiewicz</i>	46
Wykaz literatury	48
Wykaz rysunków	49

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW

MACD – Moving Average Convergence / Divergence

MA – Moving average

SMA – simple moving average

EMA – exponential moving average

MPEG - Moving Picture Experts Group

1. WSTĘP I CEL PRACY

1.1. Wprowadzenie do sygnałów

Sygnałem nazywamy zmienność dowolnej mierzalnej wielkości w funkcji argumentu, którym najczęściej jest czas.

Sygnały można spotkać wszędzie. Znajdują one zastosowanie we wielu dziedzinach życia, od telekomunikacji, muzyki, elektryki aż po medycynę i astronomię. Przykładowo w telekomunikacji sygnały są nośnikami informacji w systemach takich jak 5G, czy Wi-fi w centralach telefonicznych. Z kolei w medycynie służą do oceny stanu rytmu serca i wykrycia ewentualnych zaburzeń za pomocą badania elektrokardiografii. Wynikiem odczytu sygnału jest krzywa, która odpowiada pełnemu cyklowi serca, której interpretacji dokonuje lekarz. W podobny sposób w medycynie są odczytywane także inne czynności życiowe, takie jak puls czy czynności układu nerwowego. Z kolei w elektronice sygnały są wykorzystywane do mierzenia wartości napięcia elektrycznego w układach elektronicznych. W motoryzacji sygnały są wykorzystywane do sterowania systemem wytrysku paliwa, a w ekonomii do badania zjawisk ekonomicznych, takich jak popyt czy podaż. Sygnały można też spotkać na rynku giełdowym, gdy inwestor analizuje wykresy kursu akcji. Wysyłane i odbierane są wtedy sygnały kupna i sprzedaży. W przemyśle sygnały są używane do przesyłania informacji o stanie urządzeniach jak piece i roboty, ponadto służą też do sterowania nimi. Sygnały służą też do ochrony przed wstrząsami sejsmologicznymi poprzez badanie energii masy. Podobnie w astronomii za pomocą sygnału przesyłane są informacje o impulsach emitowanych przez obiekty pozaziemskie. Możliwy jest wtedy między innymi odczyt jak szybko lub w jakim kierunku obiekt się porusza. Co więcej, sygnały są również wykorzystywane w wojsku w systemach bezpieczeństwa, nawigacji i łączności, a nawet w zdalnym sterowaniu maszynami bezzałogowymi [3] [4].

Istnieje bardzo dużo narzędzi do analizy danych. Systemy te zawierają różne wskaźniki czyli narzędzia, które służą do identyfikacji kierunku rozwoju cen akcji, tak zwanego trendu. W dostępnych systemach najczęściej używane są te najbardziej popularne wśród inwestorów, gdzie można odczytać ich wykresy. Wreszcie można także znaleźć zakładki z odpowiednią interpretacją wartości wskaźników i oceną o kupnie, bądź sprzedaży generowanej przez dany wskaźnik. Są to jednak prezentowane pojedyncze decyzje w postaci listy wskaźników wraz z ich oceną.

Biorąc pod uwagę powyższe fakty, można stwierdzić, że analiza sygnałów jest tematem kluczowym we współczesnej nauce i inżynierii.

1.2. Cel pracy, założenia

Celem projektu jest stworzenie uniwersalnego, zaawansowanego narzędzia w środowisku python do analizy sygnałów dyskretnych za pomocą szerokiego spektrum narzędzi numerycznych. Narzędzia te mogą być stosowane do analizy sygnałów we wszystkich wymienionych wcześniej obszarach nauki i inżynierii.

System umożliwia wczytywanie pliku z rozszerzeniem csv z danymi opisującymi sygnał. Do ich analizy możliwy jest wybór odpowiedniego narzędzia takiego jak szybka transformacja Fouriera, pochodne, całkowanie, czy też odchylenie standardowe. Osoba obsługująca system

ma możliwość odczytania wyników analizy na wykresie. W narzędziu możliwe jest dynamiczne zarządzanie takim wykresem przez użytkownika poprzez dowolne przybliżanie oraz dodawanie/usuwanie wybranych parametrów wykresu.

Stworzone środowisko zawiera również narzędzia przeznaczone do analizy wykresów giełdowych. Na podstawie notowań indeksów giełdowych, czyli wycen akcji wybranych spółek giełdowych wyliczane są wartości wskaźników, które są wizualizowane na dynamicznie zarządzanym przez użytkownika wykresie. Osoba obsługująca system ma możliwość odczytania interpretacji wskaźników, również zagregowanej decyzji z dowolnego dnia z przeszłości, aż do najnowszego. Możliwe jest również przeprowadzenie symulacji inwestycji z decyzjami sugerowanymi przez system na wczytanych danych historycznych. Ta funkcjonalność może być przydatna przykładowo w poznawaniu nowego indeksu giełdowego.

W trakcie gry giełdowej liczy się czas, zwłaszcza przy inwestycjach krótkoterminowych od inwestora wymagane jest podjęcie szybkiej decyzji. Cechą która wyróżnia ten projekt, spośród innych systemów w analizie technicznej jest wprowadzenie usprawnienia w postaci zaregowanego wskaźnika do komponentu związanego z analizą techniczną. System wspomaga decyzję użytkownika w postaci podsumowania ocen wszystkich użytych wskaźników do jednej czytelnej oceny, co znacznie usprawnia podjęcie decyzji.

Istotnymi założeniami projektu jest przeznaczenie systemu dla zaawansowanych inwestorów. W trakcie inwestycji istotna jest znajomość podstawowej wiedzy na temat dostępnych narzędzi i umiejętność odczytania przedstawionych wykresów. Warto nadmienić, że wspomniane narzędzia pochodzą z obszaru analizy technicznej. Do skutecznego inwestowania, oprócz narzędzi z tego obszaru zaleca się również używania wiedzy i informacji o sytuacji gospodarczej.

1.3. Podział pracy

Agnieszka Wojciechowska

- Aplikacja:
 - interfejs inwestora,
 - wskaźnik: oscylator stochastyczny,
 - moduł interpretacji wskaźników: MACD, wstęgi Boilingera, oscylator stochastyczny
- Tekst pracy: streszczenie, abstract, rozdział 1, punkty 2.1, 2.2.1, 4.1, 4.2, 4.4, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 - uruchomienie i interfejs inwestora, 6.1

Mateusz Rutkiewicz

- Aplikacja:
 - interfejs podstawowy,
 - wskaźnik: MACD, wstęgi Boilingera, zagregowany wskaźnik,
 - operacje matematyczne
- Tekst pracy: rozdział 3, punkty 2.2.1 - 4, 4.3, 4.5, 4.6, 5.1, 5.2.3 - interfejs standardowy i zagregowanego wskaźnika, 6.2

1.4. Struktura pracy

Omawiana praca dyplomowa została podzielona na sześć rozdziałów, które poniżej zostaną krótko przybliżone.

Drugi rozdział zawiera omówienie teorii sygnałów cyfrowych, która jest używana w projekcie. Przybliżone zostały podstawowe narzędzia takie jak średnia krocząca i odchylenie standardowe.

Trzeci rozdział został w całości poświęcony transformacji Fouriera, która jest jedną z najpowszechniejszych metod analizy sygnałów i znajduje zastosowanie między innymi w interpretacji częstotliwości dźwięku.

Kolejny rozdział omawia szczegółowo pojęcie analizy technicznej poprzez prezentację zasad działania zastosowanych w projekcie wskaźników wraz z omówieniem zaproponowanego wskaźnika i jego wyników. Na zakończenie przedstawiono testy symulacji inwestycji z udziałem omówionych wskaźników oraz wnioski z otrzymanych wyników.

Piąty rozdział, piąta przedstawia prezentację interfejsu stworzonego narzędzia. Rozdział omawia wykorzystywane narzędzia i biblioteki. Podane są wymagania sprzętowe, opis instalacji wymaganego środowiska oraz instrukcja obsługi narzędzia.

Ostatnia część zawiera podsumowanie i prezentację wniosków z uzyskanych efektów w pracy. Zaproponowane zostały również dalsze kierunki rozwoju.

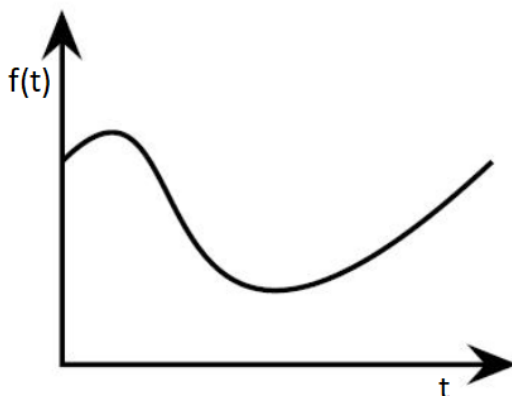
2. SYGNAŁY CYFROWE

2.1. Wprowadzenie

Ze względu na ciągłość dziedziny i wartości, sygnały można podzielić na analogowe, dyskretne i cyfrowe [5]. Proces ich otrzymywania został opisany poniżej.

Sygnał analogowy

Cechą szczególną sygnału analogowego jest fakt, że może on przyjmować dowolne wartości, które są znane w każdej chwili czasu. Zatem dziedzina i zbiór wartości sygnału analogowego są ciągłe.



Rys. 2.1. Wykres przedstawia sygnał analogowy.

Poniżej zostaną omówione dwa procesy, dyskretyzacja i kwantyzacja, które służą do tworzenia sygnału cyfrowego.

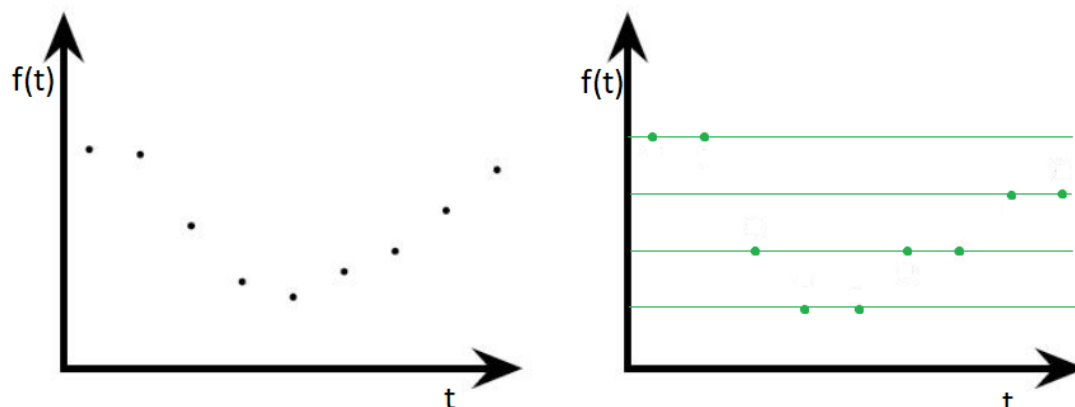
Dyskretyzacja sygnału analogowego

Sygnał dyskretny i cyfrowy powstaje poprzez operację próbkowania sygnału. Próbkowanie polega na zmierzeniu wartości w danej chwili czasu i następnie zapisanie jej. Proces podziału czasu na pewne rozłączne podzbiory, które są reprezentowane w strukturze danych nazywa się dyskretyzacją. W ten sposób powstaje sygnał dyskretny. Sygnał ten ma dyskretną dziedzinę, a wartości pozostają ciągłe w czasie, ponieważ przyjmuje dowolne wartości w konkretnych punktach osi czasu. [5] [6] [7]

Kwantyzacja sygnału analogowego

Inaczej jest dla sygnału cyfrowego. Najpierw wartości są próbkowane w czasie, jak w przypadku sygnału dyskretnego. Następnie ze względu na potrzeby wykorzystania sygnałów w systemach cyfrowych powstała potrzeba dostosowania odczytywanych wartości do skończonej liczby bitów możliwej do odczytania przez te urządzenia. Proces odwzorowania dowolnych wartości do najbliższych poziomów reprezentacji nazywany jest kwantyzacją. Taka operacja zmniejsza do-

kładność danych. Różnica między pierwotną wartością, a skwantyzowaną nazywana jest błędem kwantyzacji. [5] [6] [8]



Rys. 2.2. Wykres po lewej przedstawia sygnał dyskretny. Z kolei na wykresie po prawej powstaje sygnał cyfrowy. Zakładając, że zielone linie to zakres wartości, które może przyjąć to część wartości trzeba zaokrąglić. Efektem tego są są dyskretne wartości zaznaczone zielonymi kropkami na wykresie po prawej przekształcone z pierwotnego zdyskretyzowanego sygnału oznaczonego czarnymi kropkami na wykresie po lewej. [9]

2.2. Narzędzia

Poniżej zostały zaprezentowane wybrane uniwersalne narzędzia do analizy sygnałów cyfrowych.

2.2.1. Odchylenie standardowe

opis

Odchylenie standardowe jest miarą rozrzucenia próbek. Informuje nas, jak bardzo próbki są oddalone od średniej. Im bliżej wartości 0, tym bliżej wszystkim próbkom do średniej. Odchylenie standardowe jest bardzo często stosowane w probabilistyce, gdzie pozwala obliczyć oczekiwany błąd wynikający z losowości danych. Samo odchylenie standardowe wraz z wartością średnią jest wystarczające do jednoznacznego określenia funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla rozkładu Gaussa, chociaż zazwyczaj stosuje się średnią oraz wariancję (kwadrat odchylenia standardowego). W analizie technicznej znajduje swoje zastosowanie np. we Wstęgach Bollingera, gdzie jest używane jako krocząca odchylenie standardowe (podobnie jak krocząca średnia opisana wyżej) i pomaga wykrywać szczyty i dołki cenowe.

zasady działania

Wzór na odchylenie standardowe to:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (X_i - SMA)^2} \quad (2.1)$$

W przypadku analizy technicznej, odchylenie standardowe może się pojawić jako kroczące odchylenie standardowe σ_n , które jest zbliżone do definicji średniej kroczącej. Wartość kroczącego odchylenia standardowego w danym miejscu to odchylenie standardowe z n ostatnich próbek.

Dla sygnału, który ma wszystkie próbki takie same, co oznacza, że i średnia tego sygnału jest taka sama, kwadrat różnicy we wzorze wyniesie 0 dla każdej próbki, co sprawi, że odchylenie standardowe wyniesie 0. Oznacza to brak rozrzucenia danych i jest to jedyny przypadek, dla którego odchylenie standardowe może wynieść 0.

2.2.2. Pochodne

opis

Pochodna funkcji jest jednym z podstawowych pojęć w analizie matematycznej. Opisuje ona szybkości wzrostu funkcji w danym momencie. Ma swoje zastosowanie nawet w najbardziej podstawowych pojęciach fizycznych, np. prędkość jest pochodną położenia, czyli opisuje zmianę położenia, przyspieszenie jest pochodną prędkości, czyli opisuje zmianę prędkości, itp.

zasady działania

Pochodna $f'(x)$ jest liczona jako różnica pomiędzy wartością $f(x)$ w dwóch różnych punktach podzielona przez odległość między tymi punktami h dla h dążącego do 0.

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \quad (2.2)$$

W praktyce stosuje się bardziej zwięzły zapis w postaci $\frac{df(x)}{dx}$, która umożliwia przeprowadzanie bardziej złożonych operacji na pochodnych (np. w równaniach różniczkowych). dx informuje nas, która zmienna jest operatorem w pochodnej.

Wzór na pochodną funkcji złożonej można sformułować korzystając z powyżej opisanej postaci pochodnej. Pochodna funkcji złożonej to pochodna funkcji razy pochodna wnętrza tej funkcji. Weźmy np. funkcję złożoną $g(f(x))$. Pochodną tej funkcji $\frac{dg(f(x))}{dx}$ wraża się wzorem:

$$\frac{dg(f(x))}{dx} = \frac{dg(f(x))}{df(x)} \cdot \frac{df(x)}{dx} \quad (2.3)$$

Wracając do sposobu w jaki zapisujemy pochodną, drugi sposób pozwala też na rozróżnianie zmiennych w pochodnych funkcji wielu zmiennych, np. $f(x, y)$. Tego typu pochodne nazywa się pochodnymi cząstkowymi. Pochodne cząstkowe funkcji $f(x, y)$ zapisuje się w następujący sposób:

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial f(x, y)}{\partial y}. \quad (2.4)$$

W przypadku pochodnych dyskretnych nie można tak łatwo policzyć pochodnej przy dx zmierzającym do 0. Zamiast tego liczy się pochodną jako różnicę między próbkami, które mamy, podzieloną przez odległość między tymi próbkami. Najczęściej stosuje się wzór na pochodną środkową, jako że jest on bardzo prosty do zaimplementowania. Sprawdzamy w nim różnicę pomiędzy próbką odrobinę z tyłu oraz próbką odrobinę z przodu oraz dzielimy przez odległość pomiędzy tymi próbkami. W przypadku pochodnej na początku sygnału stosuje się pochodną prawostronną, czyli zastępujemy próbkę z lewej strony próbką, dla której liczymy pochodną. Analogicznie dla pochodnej na końcu sygnału stosujemy pochodną lewostronną, gdzie prawa próbka

jest zastępowana aktualną próbką. Wyraża się to we wzorach:

$$f'(x_n) = \frac{f(x_{n+1}) - f(x_{n-1}))}{x_{n+1} - x_{n-1}} \quad (2.5)$$

$$f'(x_n) = \frac{f(x_{n+1}) - f(x_n)}{x_{n+1} - x_n} \quad (2.6)$$

$$f'(x_n) = \frac{f(x_n) - f(x_{n-1}))}{x_n - x_{n-1}} \quad (2.7)$$

Wzory te mogą być także stosowane dla pochodnych cząstkowych, gdzie liczymy pochodną dla jednej zmiennej, a pozostałe traktujemy jako stałe. Wzór na pochodne cząstkowe środkowe dla funkcji $f(x, y)$:

$$\frac{\partial f(x_n, y_n)}{\partial x_n} = \frac{f(x_{n+1}, y_n) - f(x_{n-1}, y_n)}{x_{n+1} - x_{n-1}} \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial f(x_n, y_n)}{\partial y_n} = \frac{f(x_n, y_{n+1}) - f(x_n, y_{n-1}))}{y_{n+1} - y_{n-1}} \quad (2.9)$$

2.2.3. Całkowanie

opis

Całkowanie funkcji najczęściej jest przedstawiane po prostu jako operacja odwrotna do różniczkowania. Jako, że jedną z interpretacji całki jest pole pod wykresem funkcji, może ona być stosowana w matematyce do obliczania pól figur opisanych za pomocą funkcji matematycznych.

zasady działania

Jeżeli funkcja $F(x)$ jest całką funkcji $f(x)$, to $f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$. Ponieważ dodanie do funkcji $F(x)$ wartości stałej nie wpływa na wynik pochodnej, stosuje się podział na całki nieoznaczone i oznaczone. Całkę nieoznaczoną funkcji $f(x)$ zapisuje się wzorem:

$$F(x) = \int f(x)dx, \quad (2.10)$$

gdzie do wyniku całki dopisuje się stałą oznaczoną często symbolem c , ponieważ jak już wcześniej wspomniano stała wartość nie ma wpływu na operację odwrotną do całkowania, czyli prawdą jest, że $f(x) = \frac{d(F(x)+c)}{dx}$. Drugi rodzaj całki to całka oznaczona, która jest różnicą całek nieoznaczonych pomiędzy wartościami a oraz b . Całkę oznaczoną zapisuje się wzorem:

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a) \quad (2.11)$$

W przypadku całki oznaczonej nie stosuje się już stałej c , ponieważ jest taka sama dla $F(b)$ oraz $F(a)$, a przez odejmowanie we wzorze skraca się. Można tutaj zauważyć, że wynikiem całki oznaczonej jest wartość będąca wynikiem odejmowania, a w całce nieoznaczonej była to funkcja $F(x)$.

W całkowaniu dyskretnym możemy mówić jedynie o całkach oznaczonych, gdzie bardzo często wykorzystuje się interpretację całki oznaczonej jako pole powierzchni pod wykresem funkcji $f(x)$ pomiędzy wartościami a oraz b . Tutaj proponowane są 2 proste sposoby na obliczanie przybliżenia całki: metoda prostokątów oraz metoda trapezów. Metoda prostokątów polega na obliczaniu pola prostokątów pomiędzy próbkami i zsumowania tych pól, co daje w przybliżeniu wynik

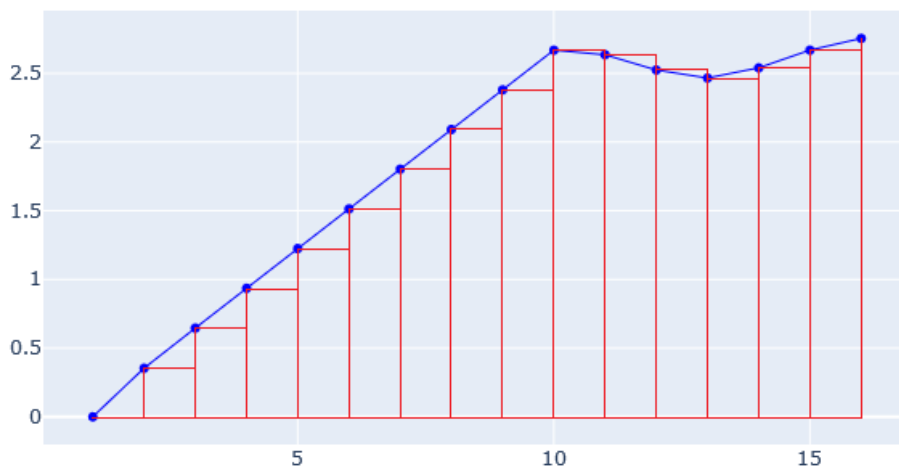
całki. Z tego powodu bardzo często mówi się, że sumowanie zastępuje całkowanie w obliczeniach na wartościach dyskretnych. Drugi sposób, to wyznaczanie pól trapezów pomiędzy wartościami dyskretnymi, co daje zazwyczaj lepsze przybliżenie niż metoda prostokątów. Poniżej są wzory na całkę dyskretną dla sygnału $f(x)$ o n próbkach, gdzie 2 pierwsze to metoda prostokątów, a trzeci to metoda trapezów:

$$F(x) \approx \sum_{i=0}^{n-2} (f(x_i) \cdot (x_{i+1} - x_i)) \quad (2.12)$$

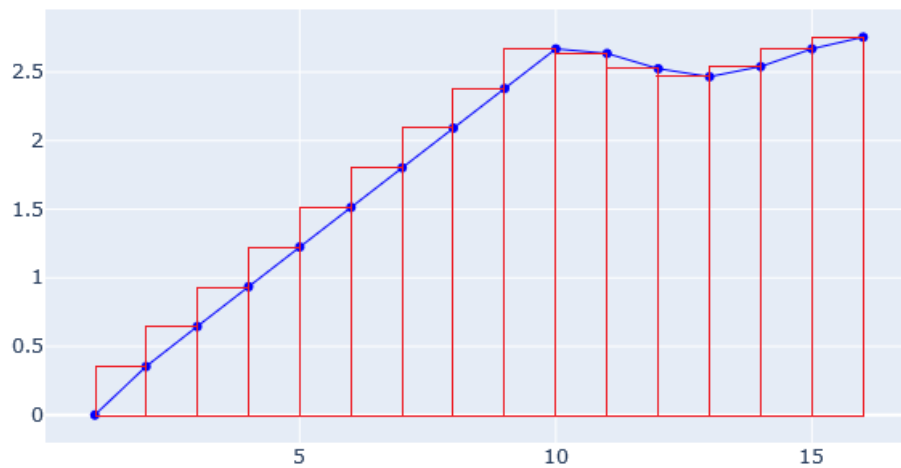
$$F(x) \approx \sum_{i=0}^{n-2} (f(x_{i+1}) \cdot (x_{i+1} - x_i)) \quad (2.13)$$

$$F(x) \approx \sum_{i=0}^{n-2} \left(\frac{f(x_i) + f(x_{i+1})}{2} \cdot (x_{i+1} - x_i) \right) \quad (2.14)$$

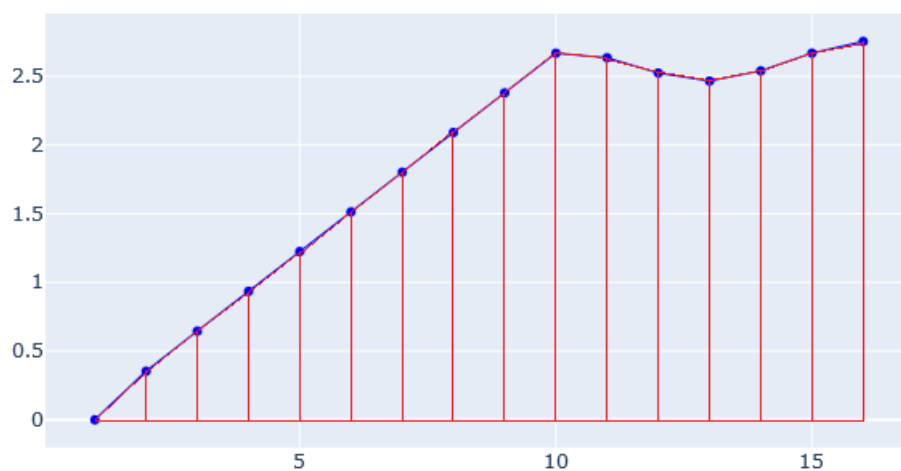
Dwa sposoby na obliczenie całki metodą prostokątów wynikają z tego, że wartość jednej próbki sygnału (pierwsza $f(x_0)$ lub ostatnia $f(x_{n-1})$) jest nieużywana, a w metodzie trapezów wykorzystujemy zawsze wszystkie próbki.



Rys. 2.3. metoda prostokątów - sposób pierwszy



Rys. 2.4. metoda prostokątów - sposób drugi



Rys. 2.5. metoda trapezów - na wykresie można zauważyć, że trapezy pokrywają się z dużą dokładnością z całą funkcją, jednak sam wykres jest przybliżeniem wartości pomiędzy próbkami. Oznacza to, że wynik całkowania obarczony jest pewnym błędem.

2.2.4. Średnia krocząca

opis

Moving average, czyli MA to w polskim tłumaczeniu jest średnia krocząca. Jest to bardzo popularne narzędzie w gronie inwestorów. Przydatne jest między innymi do analizowania trendu panującego na rynku.

Występuje wiele rodzajów średnich kroczących, które różnią się między sobą interpretacją i sposobem obliczania. Generalnie każdy z nich opiera się na obliczeniu średniej wartości z wyznaczonej liczby przeszłych okresów. Okrelenie "krocząca" w średniej kroczącej oznacza właśnie ten stały okres odstępów czasu pomiędzy obliczeniami.

W poniższej części opisane zostały dwie najbardziej popularne średnie ruchome to prosta średnia ruchoma SMA oraz wykładnicza średnia ruchoma EMA. [10]

zasady działania

Prosta średnia ruchoma

Tak zwana SMA, czyli z angielskiego simple moving average, a w polskim tłumaczeniu "prosta średnia ruchoma" to zwykła średnia ze wszystkich wartości, podzielona przez n okresów:

$$SMA = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} p_i = \frac{p_0 + p_1 + \dots + p_{n-1}}{n}, \quad (2.15)$$

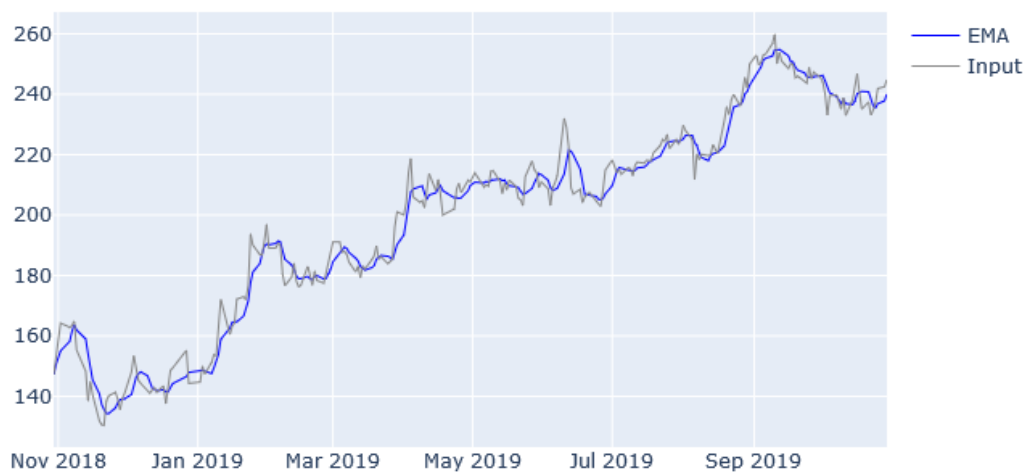
gdzie:

- SMA - simple moving average (po polsku prosta średnia ruchoma)
- n to liczba okresów,
- p_i to wartość z sprzed i okresów

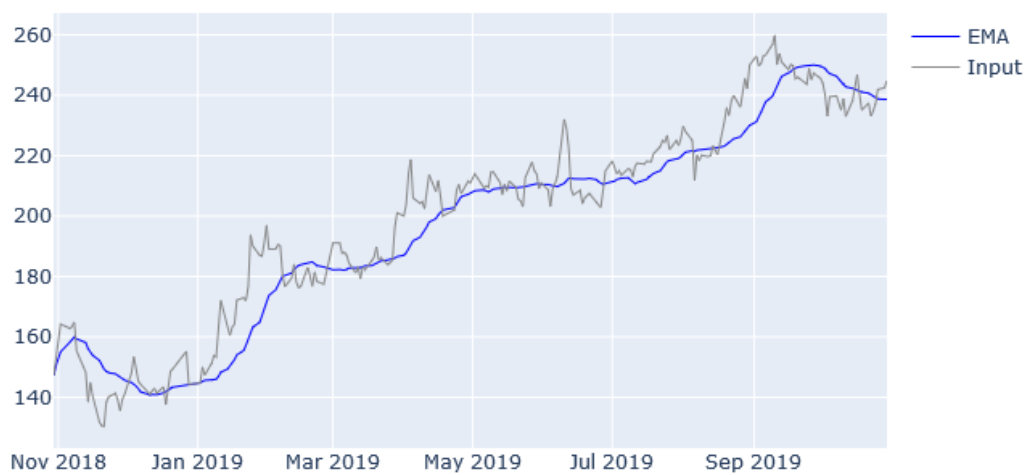
Jej działanie polega "kroczeniu" po wykresie i obliczaniu dla danego punktu na wykresie średniej z ostatnich n próbek. W przypadku, gdy n jest większe niż ilość ostatnich próbek, którą dysponujemy, parametr n jest zmniejszany w danym miejscu do ilości dysponowanych ostatnich próbek. Oznacza to, że np. dla pierwszej próbki liczymy średnią ruchomą z jednej próbki, dla dwóch pierwszych próbek z dwóch, itd. aż do n -tej próbki, skąd liczymy już tylko dla n ostatnich próbek.

Wolna średnia krocząca charakteryzuje się wolnymi reakcjami na zmieniające się ceny. Jej celem jest pokazanie trendu poprzez wygładzenie wykresu pozbywając się krótkookresowych zmian i uwidaczniając bardziej te długookresowe. Zaletą SMA jest do ochrony przed fałszywymi sygnałami na rynku. Jednak minusem jest zdecydowanie opóźnienie w odczytywaniu trendu. [10]

Poniżej zaprezentowano różnice w wygładzaniu wykresu EMA dla różnych parametrów n .

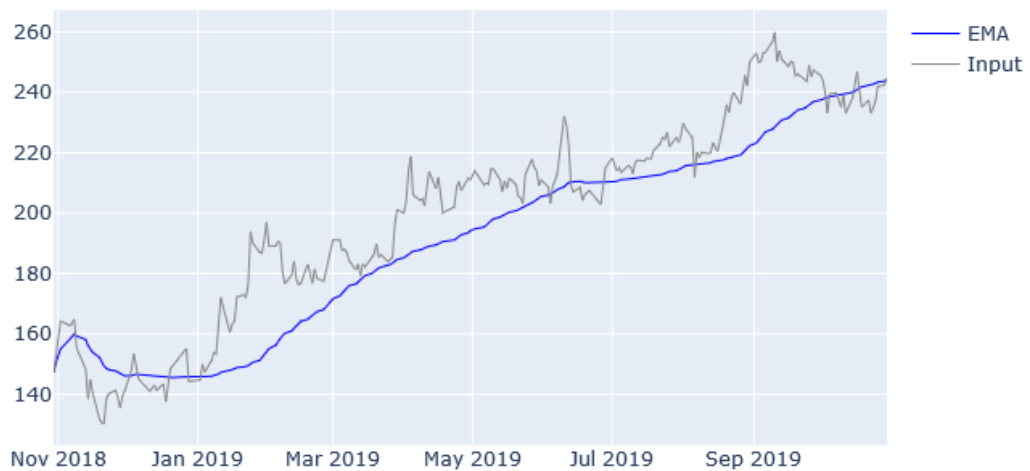


Rys. 2.6. EMA_5



Rys. 2.7. EMA_{20}

Trzy powyższe wykresy (rys. 2.3, 2.4, 2.5) przedstawiają średnią kroczącą EMA_n dla parametrów 3, 20 oraz 50. Można zauważyć, że im większy jest parametr n , tym wykres staje się gładzszy.



Rys. 2.8. EMA_{50}

Wykładnicza średnia ruchoma

Z kolei EMA, czyli z angielskiego exponential moving average, co znaczy "wykładnicza średnia ruchoma" to pewna forma średniej ważonej, gdzie znaczenie coraz bardziej odległych w czasie składników maleje wykładniczo.

$$EMA = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} ((1 - \alpha)^i p_i)}{\sum_{i=0}^{n-1} (1 - \alpha)^i}, \quad (2.16)$$

gdzie:

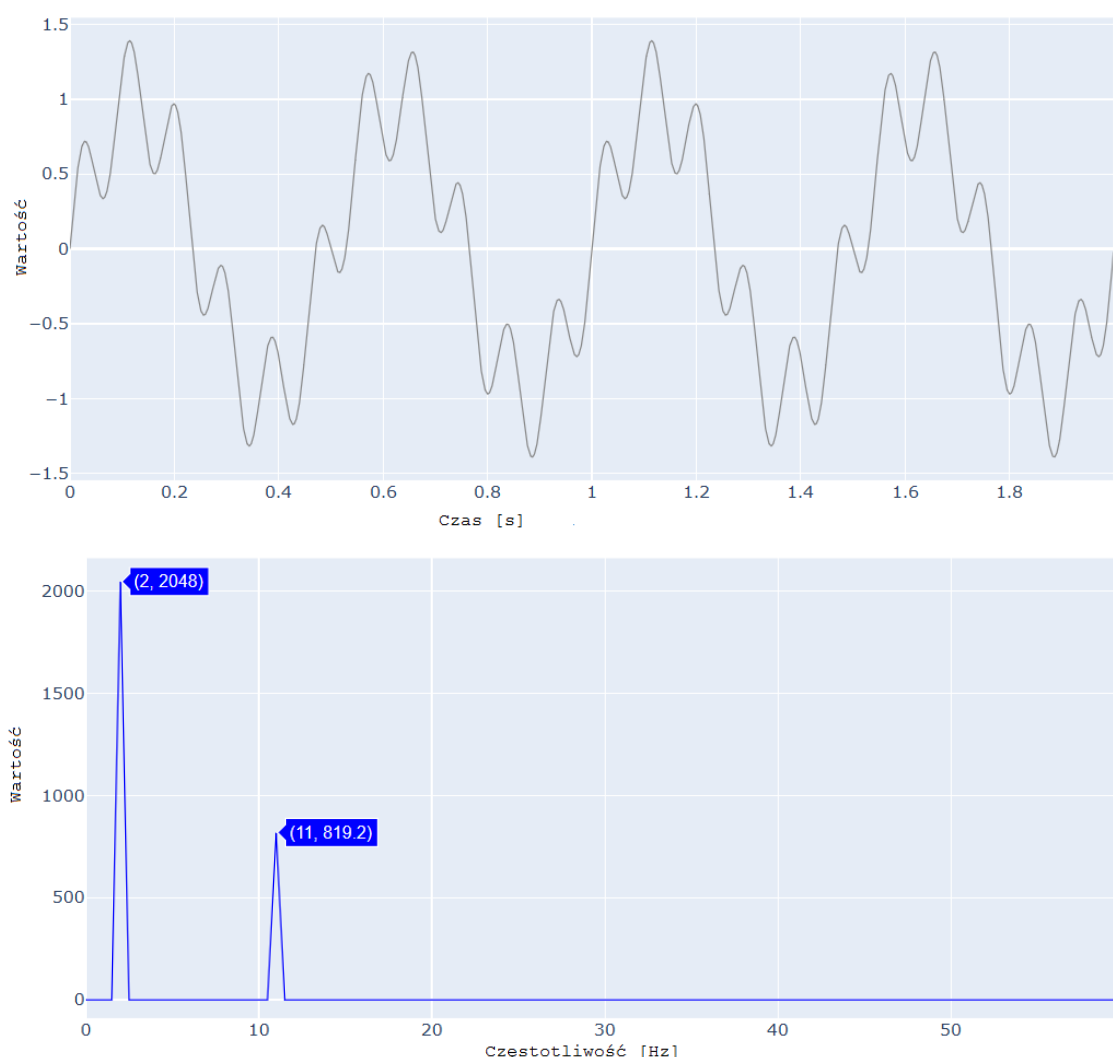
- EMA - exponential moving average (po polsku wykładnicza średnia ruchoma)
- $\alpha = \frac{2}{n}$,
- p_i to wartość z i okresów

W zależności od parametru n rozróżnia się szybką lub wolną średnią kroczącą. EMA charakteryzuje się szybkimi reakcjami na zmiany cen. Zdecydowanie jej zaletą jest brak opóźnienia w odczytywaniu sygnałów, jednak wadą jest to, że mogą być one fałszywe. [10]

3. TRANSFORMACJA FOURIERA

3.1. Wprowadzenie

Jedną z najpowszechniejszych metod analizy sygnałów jest transformacja Fouriera opracowana przez Josepha Fouriera. Ze względu na obszerność tematu, postanowiono przedstawić ją w oddzielnym rozdziale. Transformacja Fouriera pozwala na transformację sygnału reprezentowanego w dziedzinie czasu na reprezentację w dziedzinie częstotliwości występujących w sygnale. Wynik transformacji Fouriera nazywa się transformatą Fouriera lub widmem Fouriera. Transformacja Fouriera znalazła zastosowanie między innymi w akustyce, do reprezentacji dźwięku na częstotliwości w nim występujące w odtwarzaczach audio albo do kompresji dźwięku MPEG w



Rys. 3.1. Wykres na górze przedstawia analizowany sygnał $x(t) = 0.4 \cdot \sin(22\pi t) + \sin(4\pi t)$, gdzie t jest czasem w s . Okres samego sinusa $\sin(xt)$, gdzie x jest wartością stałą, a t wspomnianym wcześniej czasem w s , wynosi $\frac{x}{2\pi} Hz$. Oznacza to, że $\sin(22\pi t)$ ma częstotliwość równą $\frac{22\pi}{2\pi} Hz = 11 Hz$, a $\sin(4\pi t)$ ma częstotliwość równą $\frac{4\pi}{2\pi} Hz = 2 Hz$. Jako że $\sin(22\pi t)$ został dodatkowo przemnożony przez 0.4, jego wartość w widmie Fouriera powinna być mniejsza, niż u $\sin(4\pi t)$, co też wychodzi na rysunku niżej przedstawiającym wynik transformacji Fouriera na analizowanym sygnale.

celu wyeliminowania częstotliwości niesłyszalnych dla człowieka bądź takich, których i tak nie usłyszymy, bo inna częstotliwość za bardzo dominuje w danym momencie. Transformacja Fouriera ma też swoje zastosowanie w analizie technicznej, gdzie pozwala ustalić szybkozmienność wykresów (notowań) spółek giełdowych, przykładowo: giełda typu Forex charakteryzuje się dużą zmiennością notowań. Szersze omówienie powyższego tematu można znaleźć w książce pod tytułem "Cyfrowe przetwarzanie sygnałów" autora T. Zielińskiego [21].

3.2. Wzór

Wzór na transformację Fouriera oraz odwrotną transformatę Fouriera dla sygnałów ciągłych przedstawia się wzorami:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot e^{-2\pi i t f} dt \quad (3.1)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) \cdot e^{-2\pi i t f} df \quad (3.2)$$

gdzie: f to częstotliwość w Hz , t to czas w s , a i to jednostka urojona ($i = \sqrt{-1}$).

$X(f)$ jest zespolonym widmem Fouriera sygnału $x(t)$. Wykres widma w Rys. 3.1 jest tak naprawdę wykresem modułu widma $|X(f)| = \sqrt{Re(X(f))^2 + Im(X(f))^2}$, gdzie $Re(X(f))$ to część rzeczywista widma Fouriera, a $Im(X(f))$ to część urojona widma Fouriera. Widmo Fouriera jest wynikiem mnożenia analizowanego sygnału z zespolonym sygnałem $e^{-2\pi i t f}$ i całkowania tego iloczynu. Zespolony sygnał we wzorze jest zapisany w postaci wykładniczej liczby zespolonej i jest równy $\cos(2\pi t f) - i \sin(2\pi t f)$ (postać trygonometryczna).

W komputerach dla sygnałów dyskretnych stosuje się Dyskretną Transformację Fouriera, której para wzorów ma postać:

$$X(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(n) \cdot e^{-2\pi i \frac{f}{f_{pr}} n} \quad (3.3)$$

$$x(n) = \frac{1}{f_{pr}} \int_{-f_{pr}/2}^{+f_{pr}/2} X(f) \cdot e^{-2\pi i \frac{f}{f_{pr}} n} df \quad (3.4)$$

gdzie f to częstotliwość, f_{pr} to częstotliwość próbkowania, n to nr próbki, a i to jednostka urojona ($i = \sqrt{-1}$).

3.3. Postać wykładnicza liczby zespolonej

Ponieważ we wzorze na transformację Fouriera jej zespolona składowa jest zapisana w postaci wykładniczej, warto omówić, skąd się taka postać wzięła. Jej wyprowadzenie wynika z szeregu Taylora, który pozwala na zapisanie dowolnej funkcji za pomocą nieskończonej sumy wielomianów małego stopnia. Celem tego podrozdziału jest pokazanie równości postaci wykładniczej i trygonometrycznej, więc istotne są 3 wzory wynikające z szeregu Taylora:

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots \quad (3.5)$$

$$\sin(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!} = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots \quad (3.6)$$

$$\cos(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n}}{(2n)!} = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots \quad (3.7)$$

Udowadnianie równości zaczyna się od rozpisania e^{ix} :

$$e^{ix} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(ix)^n}{n!} = \frac{(ix)^0}{0!} + \frac{(ix)^1}{1!} + \frac{(ix)^2}{2!} + \frac{(ix)^3}{3!} + \frac{(ix)^4}{4!} + \frac{(ix)^5}{5!} + \dots \quad (3.8)$$

Następnym krokiem jest pozbycie się potęg przy jednostce urojonej $i = \sqrt{-1}$. Szereg i^n jest okresowy:

$$\begin{aligned} i^0 &= 1 \\ i^1 &= i \\ i^2 &= -1 \\ i^3 &= -i \end{aligned} \quad (3.9)$$

Dalej wartości się powtarzają ($i^4 = 1$, $i^5 = i$, itd.), co oznacza, że poprzedni wzór e^{ix} można zapisać w postaci:

$$e^{ix} = \frac{x^0}{0!} + \frac{ix^1}{1!} - \frac{x^2}{2!} - \frac{ix^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{ix^5}{5!} + \dots \quad (3.10)$$

Następnie pozostaje jedynie pogrupować ułamki na niezawierające i zawierające jednostkę urojoną i oraz wyciągnąć jednostkę urojoną przed nawias w drugiej grupie:

$$e^{ix} = (1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \dots) + i(x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \dots) \quad (3.11)$$

Tutaj można zauważyć, że 2 szeregi znajdujące się w nawiasach są równe funkcją trygonometrycznym $\cos(x)$ oraz $\sin(x)$:

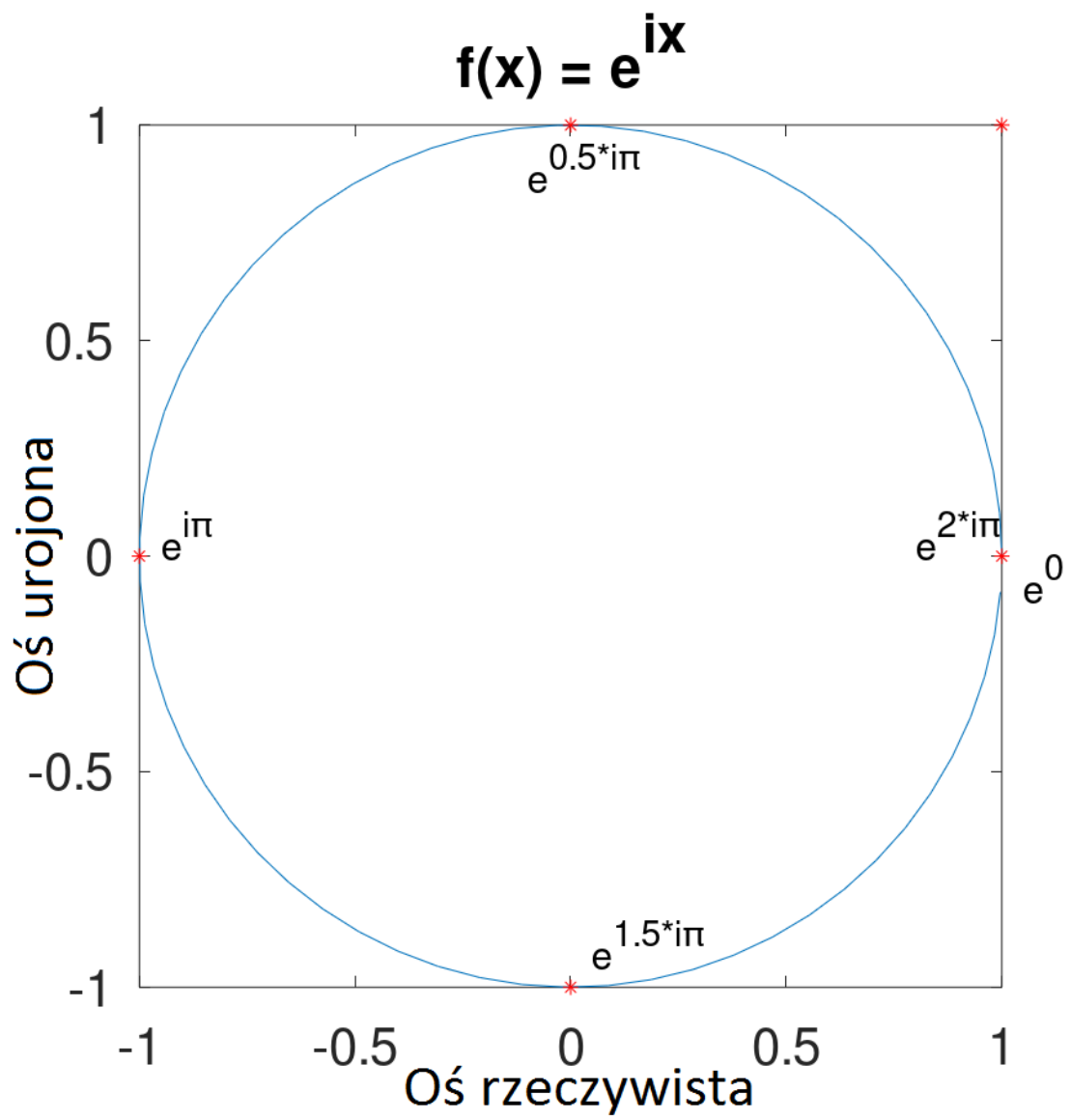
$$e^{ix} = \underbrace{(1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \dots)}_{\cos(x)} + i \underbrace{(x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \dots)}_{\sin(x)} \quad (3.12)$$

co udowadnia równość postaci trygonometrycznej i wykładniczej liczby zespolonej. Oznacza to, że zapis $|z|e^{i\phi}$ odpowiada reprezentacji trygonometrycznej liczby zespolonej $|z|(\cos(\phi) + i\sin(\phi))$, gdzie $|z|$ jest modułem liczby zespolonej (odległością od punktu $(0 + i0)$), a ϕ kątem odchylenia od osi rzeczywistej. Samo e^{ix} pozwala jedynie na zapisanie wartości, które leżą na okręgu o środku $S = 0 + i0$ i promieniu $r = 1$. Jedną z bardziej znanych tożsamości wynikającą z tych rozważań jest tożsamość Eulera:

$$e^{i\pi} + 1 = 0 \quad (3.13)$$

Warto też zaznaczyć, że funkcja $f(x) = e^{ix}$ jest okresowa. Od $e^{2\pi i}$ wartości się powtarzają, co jest zobrazowane na Rys 3.2.

$$e^{2\pi i} = e^0 = 1 \quad (3.14)$$



Rys. 3.2. Wykres e^{ix}

4. ANALIZA TECHNICZNA

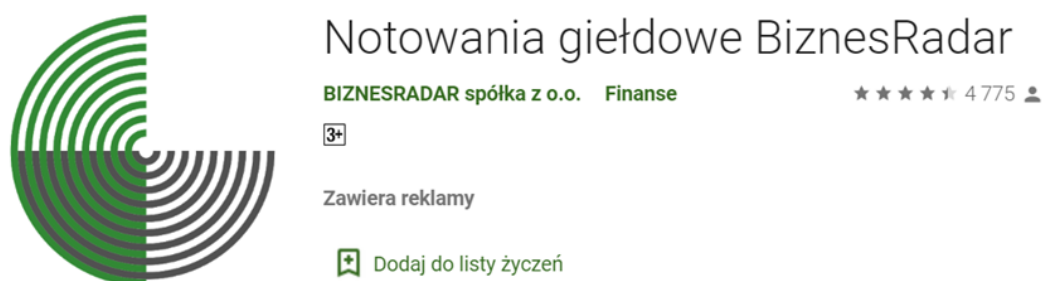
4.1. Wprowadzenie

Analiza techniczna to narzędzie służące do analizy wykresów giełdowych, która ma na celu prognozę przyszłych cen kursów na podstawie historycznych zmian cen. Modele analizy technicznej charakteryzują pewne powtarzalne schematy możliwe do zaobserwowania w zmianach cen akcji. W zależności od danego modelu można zaobserwować powtarzalne zachowanie wskaźników statystycznych. [11]

Na wstępie zostanie omówiony jeden z popularniejszych narzędzi na polskim rynku pozwalający na analizę techniczną wybranych wykresów. W kolejnych rozdziałach zostały zaprezentowane zasady działania wskaźników stosowanych w analizie technicznej i ich przykłady, które zostały zaimplementowane w projekcie. Do zdefiniowania narzędzi analizy technicznej zostanie użyta wiedza przedstawiona w poprzednim rozdziale.

4.1.1. Analiza rynkowa

Istnieje bardzo dużo narzędzi w obszarze analizy technicznej wykorzystywanych na rynku finansowym. Na polskim rynku jednym z bardziej popularnych jest aplikacja "BiznesRadar" dostępna w mobilnej wersji oraz online. Ma ona pomagać inwestorom w podejmowaniu decyzji o transakcji, wspierać ich strategię inwestycyjną lub służyć do analizowania notowań na rynku na podstawie przeszłych danych.



Rys. 4.1. Logo aplikacji BiznesRadar dostępnej w sklepie Google.

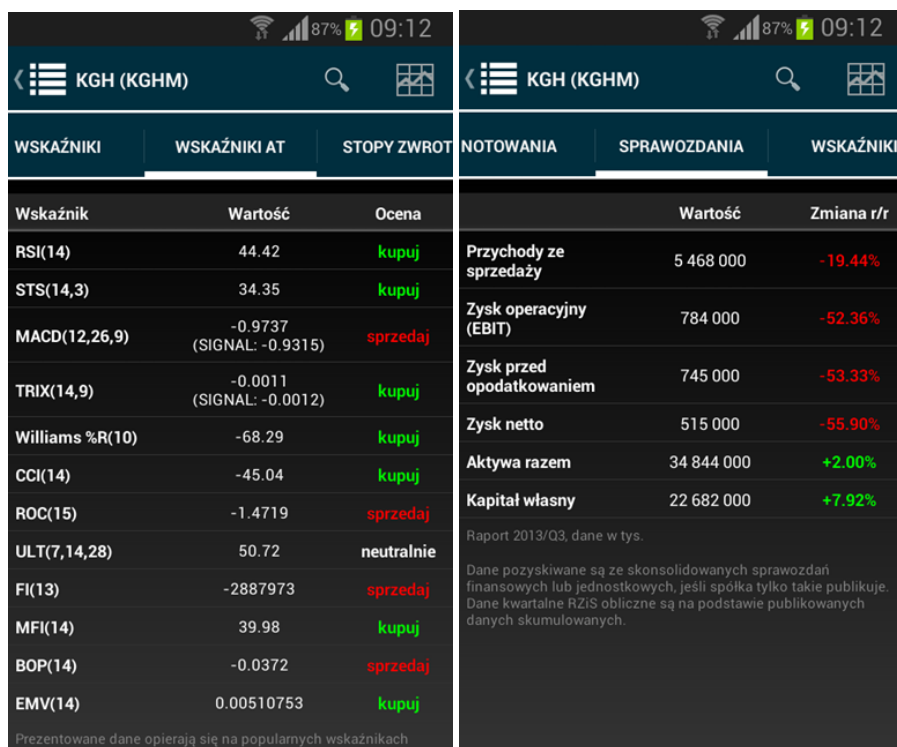
Aplikacja "Biznes Radar" stworzona przez spółkę o tej samej nazwie umożliwia użytkownikowi śledzenie wskazań własnych inwestycji i notowania kursów. Są one synchronizowane z rzeczywistym Domem Maklerskim poprzez portal BiznesRadar.pl [2].

Jest to narzędzie skierowane do inwestorów, głównie doświadczonych. Doświadczonych oznacza takich inwestorów, którzy potrafią czytać przedstawione wykresy oraz mają podstawową wiedzę na temat dostępnych narzędzi i instrumentów na rynku.

Ponad to, jak pokazano na rys. 4.3 narzędzie zawiera ekran, w którym przedstawione są podsumowane wartości wskaźników i ich interpretacje za pomocą oceny kupuj/ neutralnie / sprzedaj. Odpowiedni zysk inwestora jest też przedstawiany w kompleksowym sprawozdaniu z portfela.



Rys. 4.2. Rysunek przedstawia dwa ekrany wewnątrz aplikacji BiznesRadar. Po prawej przedstawione są dostępne indeksy do analizy notowań. Po lewej przedstawiony jest wygenerowany wykres cen dla spółki KGH Polska Miedź. [12]



Rys. 4.3. Rysunek przedstawia dwa ekrany wewnątrz aplikacji BiznesRadar. Po prawej znajduje się lista wskaźników oraz ich wartość i ocena. Po lewej znajduje się ekran ze sprawozdaniem z portfela inwestycyjnego danego użytkownika z podsumowaniem zysków.[12]

4.2. MACD

4.2.1. wprowadzenie

MACD to skrót od Moving Average Convergence Divergence co w polskim tłumaczeniu oznacza zbieżność i rozbieżność średniej kroczącej.

Wskaźnik ten został opracowany przez Geralda Appel'a w roku 1970. Opracował on fundamentalną właściwość tego wskaźnika, czyli interpretację i przewidywanie przecięć linii MACD. Następnie w roku 1986 dodany został histogram przez Thomasa Aspray'a, które umożliwiło obserwację impetu ceny. [15]

Aktualnie MACD jest jednym z najpopularniejszych wskaźników stosowanych w analizie technicznej. Zawdzięcza to dzięki temu, że jest łatwy w interpretacji sygnałów oraz dzięki możliwości zastosowania go w różnych warunkach rynkowych - zarówno stabilnej, jak i w trakcie nagłych wzrostów, bądź spadków cen.

4.2.2. zasady działania

wzór

Tym co wyróżnia wskaźnik MACD jest połączenie dwóch różnych typów wskaźników. Wzór wskaźnika wyznacza sygnały kupna, bądź sprzedaży na podstawie dwóch linii zwanych linią macd i linią sygnałową.

Do wyznaczenia linii MACD wykorzystywana jest różnica dwóch średnich ruchomych sygnału wejściowego X , o różnych okresach. Standardowo przyjmowane są 26 i 12 okresowe przedziały średniej wykładniczej, jest to ustawienie domyślne. Linia MACD służy do identyfikacji kierunku i czasu trwania trendu.

Następnie linia sygnał wyliczana jest na podstawie najczęściej 9 okresowej średniej wykładniczej z linii MACD. [13] [15] [16]

$$\begin{aligned} MACD &= EMA_{26}(X) - EMA_{12}(X) \\ signal &= EMA_9(MACD) \end{aligned} \quad (4.1)$$

We wzorze:

- EMA_X - średnia krocząca wykładniczo w przedziale X okresowym, X - dowolna liczba naturalna

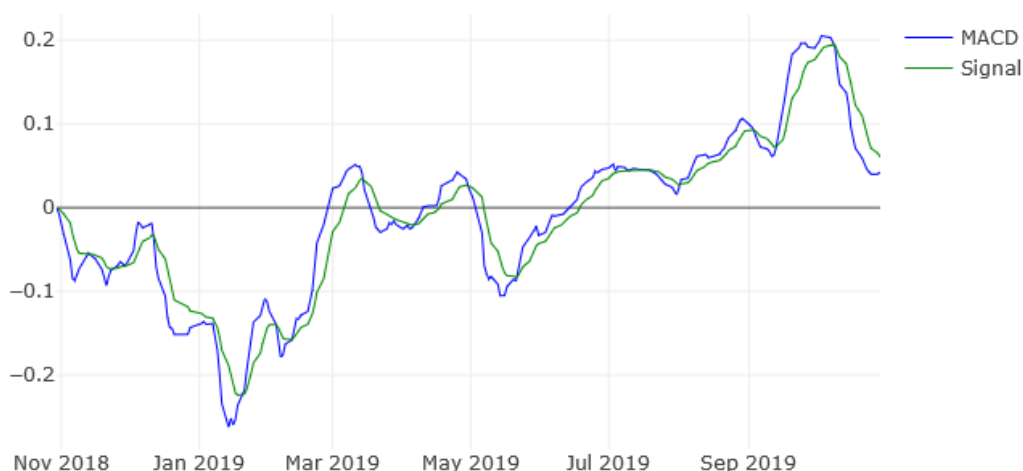
strategia decyzyjna

Strategia MACD opiera się głównie o interpretację przecięć linii sygnału z linią MACD. Analiza przecięć wygląda w następujący sposób:

- Sygnał na kupno akcji - linia MACD przecina linię signal od dołu
- Sygnał na sprzedaż akcji - linia MACD przecina linię signal od góry

Na poniższym wykresie (rys. 4.4) zostały zaznaczone omawiane linie wskaźnika MACD. Można zauważyć wyraźne momenty przecinania się sygnałów.

Od odpowiedniej interpretacji sygnałów zależy również fakt przecięcia linii zero oraz odległość od tej linii. W momencie gdy sygnał kupna jest generowany znacząco poniżej linii zero to jest on interpretowany jako bardziej wiarygodny. Czym większa jest właśnie odległość od linii zera, tym większa wiarygodność. Również tym większe jest prawdopodobieństwo kontynuowania



Rys. 4.4. Wykres przedstawia linie MACD oraz signal.

ruchu spadkowego. Analogicznie dzieje się dla sygnału sprzedaży gdy sygnał ten jest generowany znacząco powyżej linii zero. [13] [15]

Interpretację wskaźnika MACD można wzbogacić o analizę histogramu MACD. Dzięki tej funkcjonalności można zaobserwować lokalne szczyty cenowe dla wartości histogramu powyżej zera. Analogicznie dla wartości kształtujących się poniżej zera obserwuje się dołki cenowe. Szerza interpretacja histogramu nie będzie omawiana, gdyż opisywana aplikacja nie uwzględnia tej funkcjonalności. [13]

Oczywiście tak jak w przypadku każdego innego wskaźnika sygnał kupna czy sprzedaży nie daje żadnej gwarancji, że zyskamy na transakcji.

4.2.3. przykłady numeryczne

Zastosowanie i interpretacja wskaźnika MACD w praktyce zostanie przedstawiona na dwóch poniższych przykładach. Do przykładu, dla większej czytelności wykresu zostało wybrane przybliżenie wartości do zakresu 4 miesięcy, od stycznia do kwietnia 2019. Ponadto użyte dane pochodzą z serwisu Stooq [17]. Dane wejściowe zostały przedstawione na rys. 4.5.

Przykład 1: sygnał kupna

Dla sygnału kupna oznaczonego na rys. 4.2 literą "K" linia MACD (niebieska) przecina linię signal (zielona) od dołu. W tym przykładzie można zaobserwować cztery wygenerowane przykłady sygnałów kupna: 8 stycznia, 7 lutego, 18 marca i 2 kwietnia.

Jednym z dłuższych okresów, gdy linia MACD znajdowała się nad linią signal jest pierwszy przypadek, to jest od 8 stycznia. Niestety jest to niewiarygodny sygnał, ponieważ znajduje się powyżej linii 0. Tak samo jest dla wskazania z 7 lutego.

Dla porównania sygnały kupna po prawej stronie wykresu, to jest z dnia 18 marca i 2 kwietnia zostały wygenerowane poniżej linii 0. Oznacza to, że sygnał ten jest wiarygodny. Najbardziej



Rys. 4.5. Wykres przedstawia sygnał wejściowy do przedstawionych poniżej przykładów MACD.



Rys. 4.6. Wykres przedstawia sygnały kupna (K) wygenerowane przez wskaźnik MACD.

wiarygodny sygnał kupna w tym przypadku został wygenerowany właśnie 18 marca. W kolejnych dniach ta wiarygodność maleje, bo do 20 marca wzrasta w kierunku linii 0. Podobnie dzieje się po 2 kwietnia. W momencie gdy sygnał przekroczy linię 0 sygnał kupna staje się niewiarygodny. [14]

Przykład 2: sygnał sprzedaży

Z kolei dla sygnału sprzedaży oznaczonego na rys. 4.3 literą "S" linia MACD (niebieska) przecina linię signal (zieloną) od góry. W tym przykładzie można zaobserwować dwa wygenerowane przykłady sygnałów sprzedaży: 30 stycznia i 27 marca.

Początkowo sygnał sprzedaży wygenerowany dnia 30 stycznia jest wiarygodny, ponieważ znajduje się wysoko ponad linią 0. Z biegiem czasu wskazania spadają w kierunku linii 0. Gdy przekracza on tę linię 19 lutego sygnał staje się niewiarygodny. Największą wiarygodność w całym analizowanym zakresie 4 miesięcy wskaźnik osiąga 30 stycznia.

Drugi wygenerowany sygnał z dnia 27 marca jest sygnałem niewiarygodnym, gdyż znajduje się znacząco poniżej linii 0. [14]



Rys. 4.7. Wykres przedstawia sygnały sprzedaży (S) wygenerowane przez wskaźnik MACD.

4.2.4. *podsumowanie*

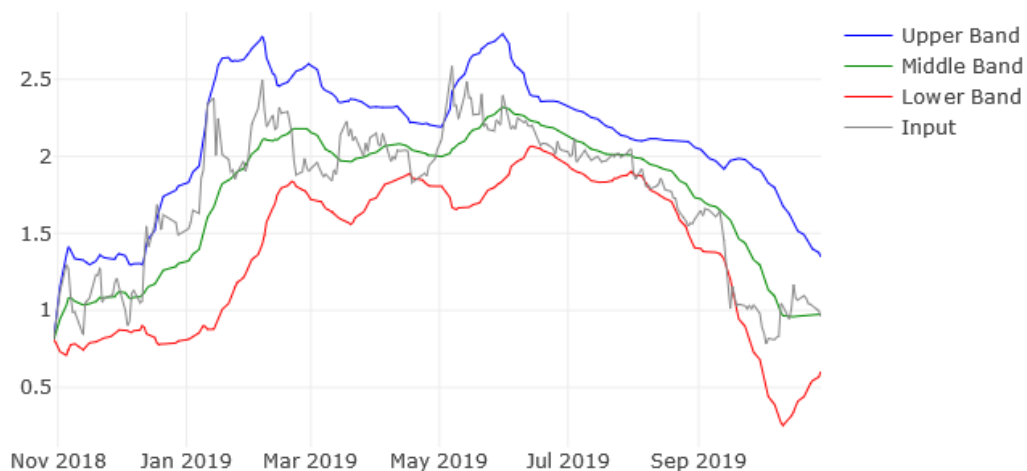
MACD służy do wszechstronnej analizy, ponieważ za jego pomocą można interpretować nie tylko sygnały spadkowe i rosnące, ale także umożliwia śledzenie potencjalnych dołków lub szczytów cenowych.

Generalnie wskaźnik MACD znajduje najlepsze zastosowanie w średnim oraz długim terminie, ponieważ powstał w celu wykorzystania go do odczytywania sygnałów w raz w ciągu dnia, czyli na tak zwanym wykresie dziennym. Przy mniejszych okresach może jednak powodować opóźnione sygnały.

4.3. **Wstęgi Bollingera**

4.3.1. *wprowadzenie*

Wstęgi Bollingera są wskaźnikiem opracowanym przez Johna Bollingera w latach 80. XX wieku. Składają się one z trzech wstęg - górnej wstęgi, środkowej wstęgi i dolnej wstęgi (ang. upper band, middle band, bottom band) i służą do wykrywania dołków i szczytów cenowych. Jeżeli cena znajduje się przy dolnej wstędze, oznacza to dołek cenowy, a jeżeli znajduje się przy górnej wstędze, oznacza to szczyt cenowy.



Rys. 4.8. Przedstawia wykres wstęg bollingera wraz z sygnałem wejściowym Input.

4.3.2. zasady działania

wzór

Środkowa wstęga jest zwykłą średnią kroczącą SMA z ostatnich n próbek sygnału X . Górna wstęga to suma środkowej wstęgi wraz z k -krotnością odchylenia standardowego σ^2 z n ostatnich próbek, natomiast dolna wstęga to różnica środkowej wstęgi i k -krotności odchylenia standardowego z n ostatnich próbek.

$$\begin{aligned} upper\ band_{(n,k)}(X) &= SMA_n(X) + k \cdot \sigma_n(X) \\ middle\ band_{(n,k)}(X) &= SMA_n(X) \\ bottom\ band_{(n,k)}(X) &= SMA_n(X) - k \cdot \sigma_n(X), \end{aligned} \quad (4.2)$$

Najczęściej stosowane parametry to $n = 20$ oraz $k = 2$.

strategia decyzyjna

Wstęgi Bollingera interpretuje się w następujący sposób:

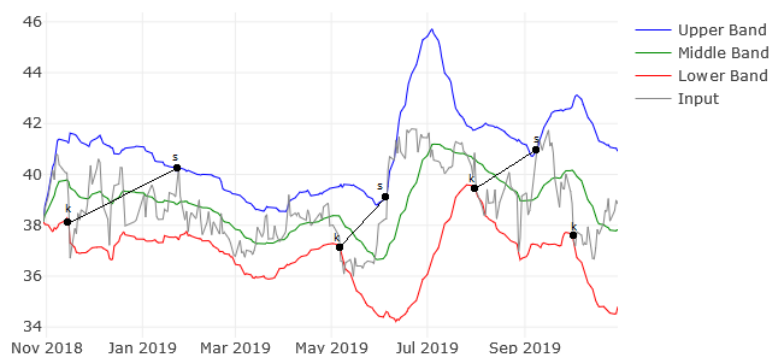
- Sygnał na kupno akcji - sygnał wejściowy zbliża się do dolnej wstęgi bądź jest pod nią (wtedy jest duża szansa, że cena akcji zacznie rosnąć)
- Sygnał na sprzedaż akcji - sygnał wejściowy zbliża się do górnej wstęgi bądź jest nad nią (wtedy jest duża szansa, że cena akcji zacznie spadać)

4.3.3. przykłady numeryczne

Zastosowanie i interpretacja Wstęg Bollingera zostanie przedstawiona na trzech poniższych przykładach.

Przykład 1: kupno w dołku cenowym i sprzedaż w szczycie cenowym

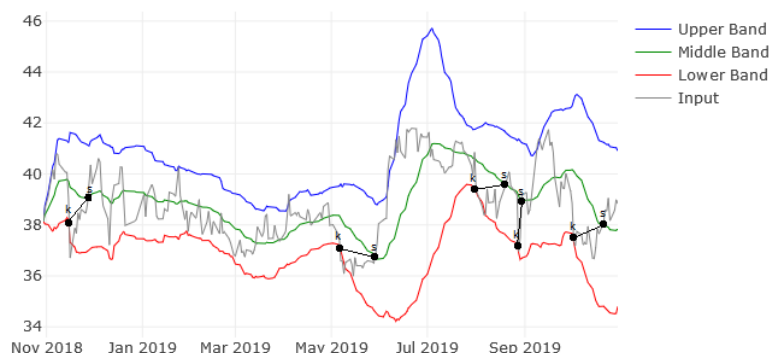
Przy tej strategii akcje kupuje się, gdy cena spadnie poniżej dolnej wstęgi, a sprzedaje się, gdy będzie powyżej górnej wstęgi.



Rys. 4.9. Wykres przedstawiający Przykład 1: kupno w dołku cenowym i sprzedaż w szczycie cenowym. Czarnymi kropkami zaznaczone są momenty kupna/sprzedaży (literka "k" dla kupna, a "s" dla sprzedarzy).

Przykład 2: kupno w dołku cenowym i sprzedaż po wyjściu z dołku cenowego

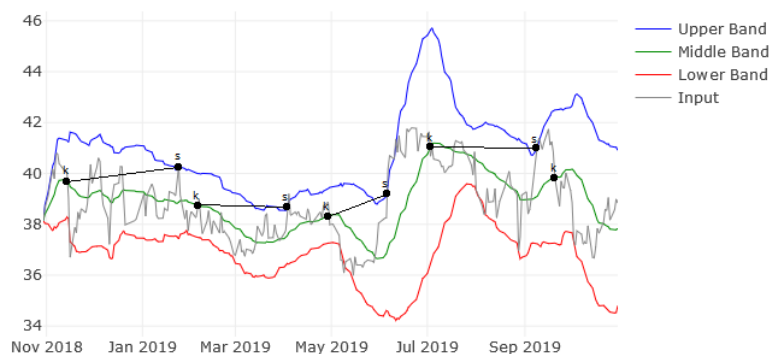
Przy tej strategii akcje kupuje się, gdy cena spadnie poniżej dolnej wstęgi, a sprzedaje się, gdy będzie powyżej środkowej wstęgi.



Rys. 4.10. Wykres przedstawiający Przykład 2: kupno w dołku cenowym i sprzedaż po wyjściu z dołku cenowego. Czarnymi kropkami zaznaczone są momenty kupna/sprzedaży (literka "k" dla kupna, a "s" dla sprzedarzy).

Przykład 3: sprzedaż w szczycie cenowym i kupno po wyjściu ze szczytu cenowego

Przy tej strategii akcje kupuje się, gdy cena spadnie poniżej środkowej wstęgi, a sprzedaje się, gdy będzie powyżej górnej wstęgi.



Rys. 4.11. Wykres przedstawiający Przykład 3: sprzedaż w szczycie cenowym i kupno po wyjściu ze szczytu cenowego. Czarnymi kropkami zaznaczone są momenty kupna/sprzedaży (literka "k" dla kupna, a "s" dla sprzedaży).

4.3.4. podsumowanie

Wstęgi Bollingera pozwalają na wykrywanie potencjalnych dołków cenowych oraz szczytów cenowych. Najlepiej sprawdzają się w krótkich inwestycjach.

4.4. Oscylator Stochastyczny

4.4.1. wprowadzenie

Oscylator stochastyczny jest wskaźnikiem, który pozwala śledzić ruchy cen i siłę trendu momentum.

Omawiany wskaźnik został wprowadzony w 1950 r. przez George'a Lana w celu porównywania cen zamknięcia do wszystkich w danym okresie [19]. Oscylator występuje w trzech wersjach: szybkiej, wolnej i pełnej. Wersja szybka jest najlepsza w zastosowaniu przy analizach krótkoterminowych, a wolna do analiz długoterminowych. Pełna wersja - Stochastic Full czyli STS jest najbardziej uniwersalna ze wszystkich wersji. Właśnie ta wersja została zaimplementowana.

4.4.2. zasady działania

wzór

Wskaźnik składa się z dwóch linii: linii wolno oscylującej zwanej %K oraz linii %D, która jest 3 okresową średnią kroczącą z %K. Linia %K wyznaczana jest na podstawie znajomości ceny zamknięcia z danego dnia oraz cen najniższej i najwyższej z domyślnie przyjętych 14 poprzednich sesji zamknięcia. Z kolei otrzymane wartości są uśredniane i zobrazowane za pomocą linii %D. Wyznaczana jest na podstawie średniej kroczącej 3 poprzednich sesji z wyznaczonego %K na dany moment. Okres 3 dniowy jest również standardowo przyjętą wartością używaną dla tego

wskaźnika. [20]

$$\begin{aligned}\%K &= 100 \times \frac{C - L_{14}}{H_{14} - L_{14}} \\ \%D &= EMA_3(\%K)\end{aligned}\quad (4.3)$$

We wzorze:

- C - aktualny kurs zamknięcia
- L_{14} - najniższa cena w przedziale 14 okresowym
- H_{14} - najwyższa cena w przedziale 14 okresowym
- EMA_3 - średnia krocząca w przedziale 3 okresowym



Rys. 4.12. Wykres przedstawia oscylator stochastyczny.

strategia decyzyjna

Aby analizować wskazania oscylatora najpierw należy zaznaczyć, że jego wskazania znajdują się w zakresie od 0% - 100%. Zakres 0 jest w okolicach najmniejszej wartości sygnałów oscylatora stochastycznego, a 100 jest dla najwyższej wartości. Do interpretacji wskazań jako istotne momenty na wykresie przyjmuje się standardowo poziom na wysokości 20% i 80% wykresu - nazywane poziom 20 i poziom 80.

- Sygnał na kupno akcji - linia %K przecina w dół poziom 20
- Sygnał na sprzedaż akcji - linia %K przecina w górę poziom 80

Poziom 20 nazywany jest też poziomem wyprzedania, a z kolei poziom 80 to poziom wykupienia. [18]

4.4.3. przykłady numeryczne

Zastosowanie i interpretacja oscylatora stochastycznego w praktyce zostanie przedstawiona na dwóch poniższych przykładach. Do przykładu, dla większej czytelności wykresu zostało wybrane przybliżenie wartości do zakresu 4 miesięcy, od stycznia do kwietnia 2019. Ponadto użyte dane pochodzą z serwisu Stooq. Dane wejściowe zostały przedstawione na rys. 4.13.



Rys. 4.13. Wykres przedstawia sygnał wejściowy do przedstawionych poniżej przykładów.

Przykład 1: sygnał kupna

Dla sygnału kupna linia %K przecina w dół poziom 20% swojego zakresu. Dla zastosowanego przedziału czasu, w tym przykładzie można zaobserwować wygenerowane trzy przykłady sygnałów kupna: 15 lutego, 5 marca oraz 26 marca.



Rys. 4.14. Wykres przedstawia momenty wejścia w strefę wykupienia (K) wygenerowane przez oscylator stochastyczny.

Efektom jaki można zaobserwować jest to, że po przekroczeniu poniżej poziomu 20% wskaźnik wszedł w strefę "wykupienia". Nie zawsze jest to jednak pewny sygnał, ponieważ wskaźnik może znajdować się w tej strefie przez pewien czas - wtedy warto rozważyć zmieszenie poziomu do np. 90%. W tym przykładzie wskaźnik w dwóch przypadkach znajdował się przez dłuższy czas w strefie wykupienia. Było to od 5 marca do 14 marca oraz krótszy okres od 26 marca do 27 marca.

Przykład 2: sygnał sprzedaży

Dla sygnału sprzedaży linia %K przecina w górę poziom 80% swojego zakresu. Dla zastosowanego przedziału czasu, w tym przykładzie można zaobserwować wygenerowane trzy przykłady sygnałów sprzedaży: 25 stycznia, 6 lutego oraz 4 kwietnia.



Rys. 4.15. Wykres przedstawia momenty wejścia w strefę wyprzedania (S) wygenerowane przez oscylator stochastyczny.

Po przekroczeniu powyżej poziomu 80% wskaźnik wszedł w strefę "wyprzedania". Tak jak dla sygnału kupna warto pamiętać i przetestować jak wskaźnik zachowuje się powyżej tego poziomu i dostosować indywidualnie parametry. Dla tego przykładu wskaźnik znajdował się w strefie "wyprzedania" dłużej niż jeden dzień w dwóch przypadkach: od 25 stycznia do 28 stycznia oraz od 6 lutego do 7 lutego.

4.4.4. podsumowanie

Oscylator stochastyczny jest łatwy w użyciu i skuteczny po dostosowaniu odpowiednich parametrów do danego typu rynku, ze względu na możliwość dopasowania odpowiedniej wersji oscylatora. Najczęściej używany jest przez inwestorów do analizy interwału dziennego przy dużej ilości wyraźnych sygnałów.

4.5. Wskaźnik zagregowany

Wskaźnik zagregowany składa się z N poprzednich wskaźników. Jest on sumą odpowiednich wag przemnożonych przez znormalizowaną wartość wynikającą z wartości wyznaczonych przez poprzedni wskaźnik (np. MACD). Dodatkową wartością pojawiającą się we wzorze jest wartość progowa ω_0 , którą można interpretować jako tendencję do kupna lub sprzedaży. Jeżeli jest ona ujemna, nasz wskaźnik będzie wykazywał mniejszą tendencję do kupna i pozostałe wartości będą musiały być większe, żeby pokazał sygnał do kupna.

$$y = \omega_0 + \sum_{i=1}^N (\alpha_i \cdot \omega_i) \quad (4.4)$$

4.5.1. Normalizacja wskaźników

Do normalizacji wskaźników wykorzystujemy funkcje aktywacyjne popularne w sieciach neuronowych. Funkcje aktywacyjne, które planujemy wykorzystać mają następujące cechy:

- Przyjmują wartości w całej dziedzinie liczb rzeczywistych \mathbb{R}
- Wartości zwracane są w przedziałach $(-1, 1)$ albo $(0, 1)$
- Są ciągłe i rosnące

W naszym przypadku wykorzystujemy funkcję nazywaną się sigmoid. Wagi pozwalają stwierdzić jak ważna ma być decyzja danego wskaźnika i w przypadku tego wskaźnika, jeżeli wartość naszego zagregowanego wskaźnika jest większa niż 0.5, jest to sygnał do kupna, a jeżeli jest mniejsza niż 0, sygnał do sprzedaży. W przeciwnym razie algorytm odczekuje.

Normalizacja MACD

Do znormalizowania wartości zwracanych wskaźnik MACD wykorzystamy po prostu różnicę pomiędzy wartością $MACD$ i $signal$.

$$\alpha_{MACD}(X) = MACD_{(12,26)}(X) - signal_9(X) \quad (4.5)$$

Normalizacja Wstęg Bollingera

Do znormalizowania Wstęg Bollingera wykorzystamy opracowany przez samego Bollingera w wiosnę 2010 r. wskaźnik bezpośrednio bazujący na Wstęgach Bollingera - %b.

$$\alpha_{\%b}(X) = (X - lower\ band) / (upper\ band - lower\ band) \quad (4.6)$$

4.5.2. Algorytm Genetyczny

Opis

Algorytm genetyczny jest algorytmem heurystycznym do znajdowania prawie optymalnych rozwiązań w sytuacjach, gdy szukanie rozwiązania optymalnego jest trudne i samo rozwiązanie prawie optymalne nas satysfakcjonuje. Algorytm jest wzorowany na działaniu ewolucji genetycznej u zwierząt w naturze.

Słowniczek pojęć

W algorytmie genetycznym wykorzystuje się następujące pojęcia:



- Chromosom - reprezentacja rozwiązania problemu
- Osobnik - inne określenie na chromosom
- Gen - pojedyncza waga w chromosomie
- Fitness - wartość oznaczająca dopasowanie chromosomu do rozwiązania naszego problemu (przykładowo im wyższa jest wartość fitness, tym chromosom lepiej rozwiązuje nasz problem)
- Selekcja - wybór najlepiej dopasowanych osobników
- Krzyżowanie - tworzenie nowego osobnika poprzez mieszanie genów dwóch innych osobników
- Mutacja - zmiana genu na inny gen u któregoś z osobników
- Pokolenie - pula osobników w danej iteracji algorytmu

Działanie

Pierwszym krokiem algorytmu genetycznego jest wygenerowanie pierwszego pokolenia. Wykonuje się to poprzez losową generację genów dla każdego nowego osobnika. Następnymi krokami są: obliczenie wartości fitness dla każdego z osobników oraz selekcja osobników na podstawie tej wartości. W tym momencie możemy zapamiętać najlepszego do tej pory osobnika. Ważne, by zrobić to przed mutacją, gdyż w wyniku mutacji geny mogą się zmienić. Gdy osobniki zostaną wybrane, cała reszta jest usuwana, a na ich miejsce tworzone są nowe osobniki poprzez krzyżowanie dwóch losowo wybieranych osobników. Powstałe w ten sposób pokolenie może znacząco różnić pomiędzy różnymi uruchomieniami algorytmu, nawet jeśli pokolenie, z którego te osobniki są generowane jest takie same, jednak krzyżując tak osobniki ze sobą mamy dużą szansę, że któryś z nowo powstałych osobników będzie jeszcze lepiej dopasowany do problemu (szukamy w ten sposób lokalnego najlepszego rozwiązania). Przedostatnim krokiem jest mutacja genów, która dla każdego osobnika odbywa się z losowym prawdopodobieństwem (część osobników może nie zmutować). Naszym celem jest znalezienie najlepszego rozwiązania globalnego, jednak krzyżowanie zbliża nas jedynie do najlepszego lokalnego rozwiązania dla obecnego pokolenia. Mutacje są rozwiązaniem tego problemu sprawiając, że rozszerzamy spektrum poszukiwań. Ważnym parametrem tutaj jest prawdopodobieństwo występowania mutacji. Przy zbyt dużym algorytm będzie działał w sposób zbyt przypadkowy, a przy zbyt małym - przez bardzo długie czasy będziemy pozostawać w lokalnym najlepszym rozwiązaniu. Najczęściej stosowane prawdopodobieństwo na mutację genu w algorytmach genetycznych to pomiędzy 0.2% a 0.5%. Czasami sama mutacja to za mało, ponieważ szansa na to, że dany osobnik przetrwa w selekcji po mutacji jest mała, więc w bardziej złożonych algorytmach genetycznym symuluje się podział na gatunki sprawiając, że nawet najmniej dopasowany osobnik, jeżeli wyjątkowo różni się od pozostałych, może przetrwać, dając mu w ten sposób szansę do znalezienia lokalnego najlepszego rozwiązania dla tego osobnika. Po mutacji sprawdzamy warunek zakończenia algorytmu (np. liczbę iteracji, którą mieliśmy wykonać) i wracamy do kroku drugiego kroku algorytmu (obliczania wartości fitness), jeżeli warunek nie jest spełniony.

4.5.3. Podsumowanie

Uzyskany w ten sposób wskaźnik w większości przypadków podejmował tylko 2 decyzje, albo kupował na samym początku akcje i ich nie sprzedawał do końca, albo w ogóle nie kupował akcji, przez co nic nie tracił.

MACD: 0.4953326817940835	MACD: -0.9472617021209102
Bollinger Bands: 0.9628303118535646	Bollinger Bands: 0.9501310777044889
Bias: -0.46405990507852946	Bias: 0.03724152080720278
Earned: 245.6979999999994	Earned: 1188.7075000000004
	
-aggregated----- Standard: [2018-10-30]starting money: 2000 [2019-10-29]Money at the end: 2000.00	Standard: [2018-10-30]starting money: 2000 [2018-11-19]Buys: 14 actions for 136.55. [2019-10-29]Money at the end: 3564.50

Rys. 4.16. Wynik wskaźnika zagregowanego

4.6. Porównanie wskaźników

Każdy z poniższych przypadków jest testowany na tym samym zbiorze danych z okresu ok. roku. Początkowa kwota to 2000 zł. Na podstawie wyników wskaźnika podejmowane są decyzje o kupnie lub sprzedarzy, po czym na samym końcu wszystkie akcje są sprzedawane za ostatnią cenę i liczona jest uzyskana kwota. Przeprowadzono testy zaimplementowanych symulacji inwestycji wskaźników, to jest symulacji MACD i wstęg Boilingera.

Standard:		Standard:		Standard:	
[2018-10-30]starting money: 2000		[2018-11-28]starting money: 2000		[2018-11-28]starting money: 2000	
[2018-12-05]Buys: 13 actions for 149.28.		[2019-01-29]Buys: 51 actions for 39.05.		[2019-01-10]Buys: 108 actions for 18.40.	
[2018-12-28]Sells: 13 actions for 144.31.		[2019-02-20]Sells: 51 actions for 38.50.		[2019-01-31]Sells: 108 actions for 18.00.	
[2018-12-28]Money: 1935.39.		[2019-02-20]Money: 1971.95.		[2019-01-31]Money: 1956.80.	
[2019-03-04]Buys: 10 actions for 191.08.		[2019-04-25]Buys: 48 actions for 40.50.		[2019-02-22]Buys: 108 actions for 18.00.	
[2019-03-19]Sells: 10 actions for 186.51.		[2019-08-07]Sells: 48 actions for 40.00.		[2019-03-15]Sells: 108 actions for 18.60.	
[2019-03-19]Money: 1889.69.		[2019-08-07]Money: 1947.95.		[2019-03-15]Money: 2021.60.	
[2019-07-05]Buys: 8 actions for 213.50.		[2019-08-30]Buys: 48 actions for 39.80.		[2019-04-10]Buys: 106 actions for 18.91.	
[2019-07-31]Sells: 8 actions for 225.70.		[2019-09-26]Sells: 48 actions for 44.55.		[2019-05-08]Sells: 106 actions for 18.40.	
[2019-07-31]Money: 1987.29.		[2019-09-26]Money: 2175.95.		[2019-05-08]Money: 1967.75.	
[2019-10-16]Buys: 8 actions for 246.90.		[2019-11-29]Money at the end: 2175.95		[2019-05-31]Buys: 109 actions for 17.90.	
[2019-10-29]Money at the end: 1972.09				[2019-06-04]Buys: 1 actions for 16.93.	
				[2019-07-25]Sells: 110 actions for 17.54.	
				[2019-07-25]Money: 1929.56.	
				[2019-08-26]Buys: 119 actions for 16.15.	
				[2019-10-04]Sells: 119 actions for 16.97.	
				[2019-10-04]Money: 2027.14.	
				[2019-11-29]Money at the end: 2027.14	
(a) CD Project SA		(b) AmRest Holdings SE		(c) Grupo Santander	

Rys. 4.17. Wynik wskaźnika MACD - powyższe rysunki przedstawiają wyniki testu wskaźnika MACD na akcjach 3 spółek z okresu jednego roku. Dla CD Project SA wskaźnik wykazał się małą stratą, dla Amrest Holdings SE pod koniec udało mu się odbić i zarobić 175.95 zł, natomiast dla Grupo Santander znowu na koniec zysk był na niskim poziomie.

buy: lower, sell: upper: [2018-10-30]starting money: 2000 [2018-11-14]Buys: 14 actions for 138.34. [2018-12-27]Sells: 14 actions for 155.26. [2018-12-27]Money: 2236.88. [2019-10-29]Money at the end: 2236.88		buy: lower, sell: upper: [2018-11-28]starting money: 2000 [2019-01-23]Buys: 54 actions for 36.90. [2019-03-07]Sells: 54 actions for 42.15. [2019-03-07]Money: 2283.50. [2019-06-26]Buys: 61 actions for 37.00. [2019-07-22]Sells: 61 actions for 39.65. [2019-07-22]Money: 2445.15. [2019-11-29]Money at the end: 2445.15		buy: lower, sell: upper: [2018-11-28]starting money: 2000 [2018-12-07]Buys: 114 actions for 17.50. [2019-04-09]Sells: 114 actions for 19.50. [2019-04-09]Money: 2228.00. [2019-08-07]Buys: 139 actions for 15.95. [2019-11-29]Money at the end: 2221.05
---	--	---	--	---

Rys. 4.18. Wynik Wstęg Bollingera dla strategii kup w dołku cenowym, sprzedaj w szczycie cenowym - powyższe rysunki przedstawiają wyniki testu Wstęg Bollingera na akcjach 3 spółek z okresu 2018 - 2019. Tutaj widać, że dla podanych przykładów wskaźnik daje pozytywne efekty.

buy: lower, sell: middle: [2018-10-30]starting money: 2000 [2018-11-14]Buys: 14 actions for 138.34. [2018-12-03]Sells: 14 actions for 148.09. [2018-12-03]Money: 2136.50. [2019-10-29]Money at the end: 2136.50		buy: lower, sell: middle: [2018-11-28]starting money: 2000 [2019-01-23]Buys: 54 actions for 36.90. [2019-01-28]Sells: 54 actions for 39.90. [2019-01-28]Money: 2162.00. [2019-06-26]Buys: 58 actions for 37.00. [2019-07-02]Sells: 58 actions for 37.90. [2019-07-02]Money: 2214.20. [2019-11-29]Money at the end: 2214.20		buy: lower, sell: middle: [2018-11-28]starting money: 2000 [2018-12-07]Buys: 114 actions for 17.50. [2019-01-07]Sells: 114 actions for 17.88. [2019-01-07]Money: 2043.32. [2019-08-07]Buys: 128 actions for 15.95. [2019-08-27]Sells: 128 actions for 16.14. [2019-08-27]Money: 2068.15. [2019-11-29]Money at the end: 2068.15
--	--	--	--	--

Rys. 4.19. Wynik Wstęg Bollingera dla strategii kup w dołku cenowym, sprzedaj po wyjściu z dołku cenowego - powyższe rysunki przedstawiają wyniki testu Wstęg Bollingera na akcjach 3 spółek z okresu 2018 - 2019. Wskaźnik wypadł podobnie jak poprzednio, tylko zarobki były o ok. 50% mniejsze.

Dla podanych przykładów Wstęgi Bollingera dały o wiele lepszy efekt niż MACD. W szczególności strategia kup w dołku cenowym i sprzedaj w szczycie cenowym. Dużym zaskoczeniem jest tutaj strategia kup po wyjściu ze szczytu cenowego i sprzedaj w szczycie cenowym dla CD Project SA. Być może akcje tej spółki krążą głównie pomiędzy właśnie tymi dwoma strategicznymi punktami, a Wstęgi Bollingera akurat dobrze to wykrywają.

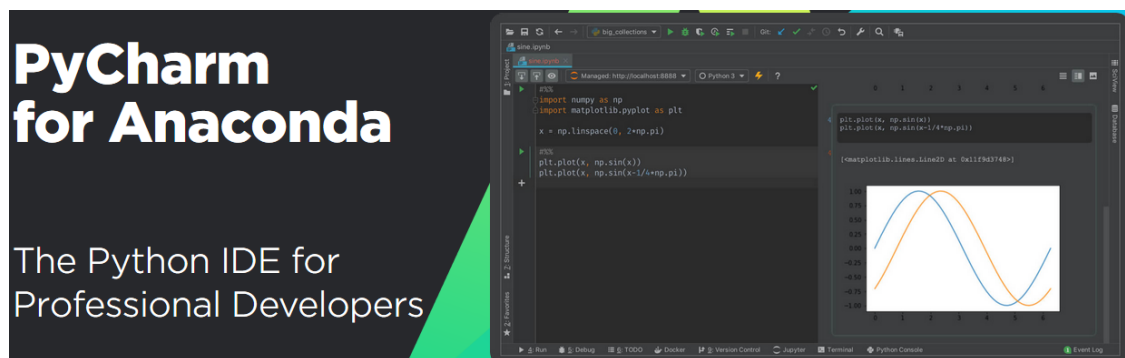
buy: middle, sell: upper:	
[2018-10-30]starting money: 2000	
[2018-11-09]Buys: 12 actions for 155.36.	
[2018-11-19]Buys: 1 actions for 131.77.	
[2018-12-27]Sells: 13 actions for 155.26.	
[2018-12-27]Money: 2022.29.	
[2019-01-02]Buys: 13 actions for 144.71.	buy: middle, sell: upper:
[2019-01-10]Sells: 13 actions for 163.72.	[2018-11-28]starting money: 2000
[2019-01-10]Money: 2269.42.	[2018-12-21]Buys: 51 actions for 38.90.
[2019-02-08]Buys: 12 actions for 176.55.	[2019-03-07]Sells: 51 actions for 42.15.
[2019-03-28]Sells: 12 actions for 196.06.	[2019-03-07]Money: 2165.75.
[2019-03-28]Money: 2503.54.	[2019-03-29]Buys: 49 actions for 43.35.
[2019-04-18]Buys: 12 actions for 200.04.	[2019-04-03]Buys: 1 actions for 41.50.
[2019-05-27]Sells: 12 actions for 217.96.	[2019-07-22]Sells: 50 actions for 39.65.
[2019-05-27]Money: 2718.58.	[2019-07-22]Money: 1982.60.
[2019-05-30]Buys: 13 actions for 209.00.	[2019-08-06]Buys: 50 actions for 39.40.
[2019-06-10]Sells: 13 actions for 232.10.	[2019-09-02]Sells: 50 actions for 41.00.
[2019-06-10]Money: 3018.88.	[2019-09-02]Money: 2062.60.
[2019-06-13]Buys: 14 actions for 209.00.	[2019-10-07]Buys: 46 actions for 44.00.
[2019-10-29]Money at the end: 3522.88	[2019-11-29]Money at the end: 2138.50
	buy: middle, sell: upper:
	[2018-11-28]starting money: 2000
	[2018-12-07]Buys: 114 actions for 17.50.
	[2019-04-09]Sells: 114 actions for 19.50.
	[2019-04-09]Money: 2228.00.
	[2019-04-30]Buys: 117 actions for 19.00.
	[2019-11-29]Money at the end: 1865.30

Rys. 4.20. Wynik Wstęg Bollingera dla strategii kup po wyjściu ze szczytu cenowego, sprzedaj po wejściu na szczyt cenowy- powyższe rysunki przedstawiają wyniki testu Wstęg Bollingera na akcjach 3 spółek z okresu 2018 - 2019. Dla akcji CD Project SA strategia ta dała zaskakująco dobry wynik. Udało się powiększyć kapitał o 75%. Dla AmRest Holdings SE natomiast zyskano niewiele, a dla Grupo Santander strategia przyniosła straty.

5. PREZENTACJA APLIKACJI

5.1. Wykorzystywane narzędzia i biblioteki

5.1.1. Pycharm for Anaconda



Rys. 5.1. Grafika ze strony producenta.

PyCharm jest IDE stworzonym dla deweloperów Python. Pozwala na analizowanie kodu Pythona na bieżąco w celu pomagania programiście w pisaniu kodu oraz, jeżeli jest w stanie to wykryć, informuje go o potencjalnych błędach, które mógł popełnić. Jest dostępne w wersji Professional oraz Community, z których druga jest darmowa.

5.1.2. Jupyter Notebook

Jupyter Notebook jest narzędziem dostarczającym swój własny format plików pozwalające na tworzenie tych plików, ich edycję oraz uruchamianie w środowisku internetowym. Jupyter Notebook jest często stosowany do prototypowania kodu napisanego w Python oraz testowania tego kodu oraz jako oddzielne GUI dla aplikacji. Plik posiada strukturę komórkową, gdzie każda komórka zawiera kod napisany w Python, który można uruchomić i zobaczyć wyniki. Komórki po uruchomieniu zapamiętują używane zmienne, przez co następne komórki mogą je wykorzystać. W ten sposób można łatwo napisać prototyp kodu z dzieląc poszczególne komponenty na komórki, a następnie testować pojedynczą komórkę bez konieczności uruchamiania całego kodu.

5.1.3. Numpy

Numpy jest biblioteką do obliczeń numerycznych zawierającą wiele funkcjonalności znanych ze środowiska Matlab. Pozwala na wygodne tworzenie wielowymiarowych macierzy wraz z możliwością wykonywania operacji na nich.

5.1.4. Numba

Numba jest biblioteką dostępną w środowisku Anaconda pozwalającą na przyspieszenie kodu napisanego w Python poprzez kompilatory JIT (Just-In-Time). Nie wspiera wszystkich funkcjonalności języka Python, zato w swoich funkcjonalnościach szczególnie uwzględnia bibliotekę Numpy. Numba posiada też specjalny JIT dla cuda (dla kart graficznych Nvidia) pozwalający na skompilowanie kodu napisanego w Python kod wykonywalny na karcie graficznej.

5.1.5. Cudatoolkit

Cudatoolkit jest potrzebny do uruchomienia kompilatora JIT dla cudy w bibliotece Numba. Dostarcza tej bibliotece możliwość komunikowania się z kartą graficzną. Z poziomu programisty jest nie wymaga nic poza zainstalowaniem przez środowisko Anacondy.

5.1.6. Pandas

Pandas jest biblioteką dostarczającą struktury danych pozwalającą w wygodny sposób operować na danych. Jej główną zaletą jest obsługa plików z wartościami oddzielonymi przecinkami, czyli plików csv (comma-separated values).

5.1.7. Plotly

Plotly jest biblioteką pozwalającą na tworzenie wykresów w aplikacjach w środowisku internetowym (takim jak Jupyter).

5.2. Instrukcja

5.2.1. Wymagania sprzętowe

Minimalne wymagania sprzętowe producenta modułu cuda w bibliotece Numba:

- karta graficzna: NVIDIA z możliwościami obliczeniowymi 2.0 lub większe [22]

Konfiguracja sprzętowa, na której były wykonywane testy:

- system operacyjny: Windows 8.1
- procesor: Intel Core i5-4200H
- 8 GB RAM
- karta graficzna: NVIDIA GeForce GTX 860M

5.2.2. Instalacja i konfiguracja

Instalacja

Dla prawidłowego działania aplikacji należy zainstalować środowisko Anaconda, jeśli nie ma go na danym urządzeniu. W tym celu należy [23]:

- Instalator można pobrać na przykład ze strony Anaconda.
- Następnie należy wybrać odpowiednią wersję instalatora odpowiednią dla systemu operacyjnego na używanym komputerze.
- Należy pobrać wersję Python 3.5 lub nowszą.

Konfiguracja

Po zainstalowaniu środowiska Anaconda, należy skonfigurować środowisko Anaconda za pomocą narzędzia "Anaconda Prompt" dostarczanego w instalatorze Anacond [23]:

- Należy najpierw zaktualizować narzędzie conda za pomocą polecenia:
"conda update conda".
- Należy najpierw zaktualizować narzędzie jupyter za pomocą polecenia:
"conda update jupyter".

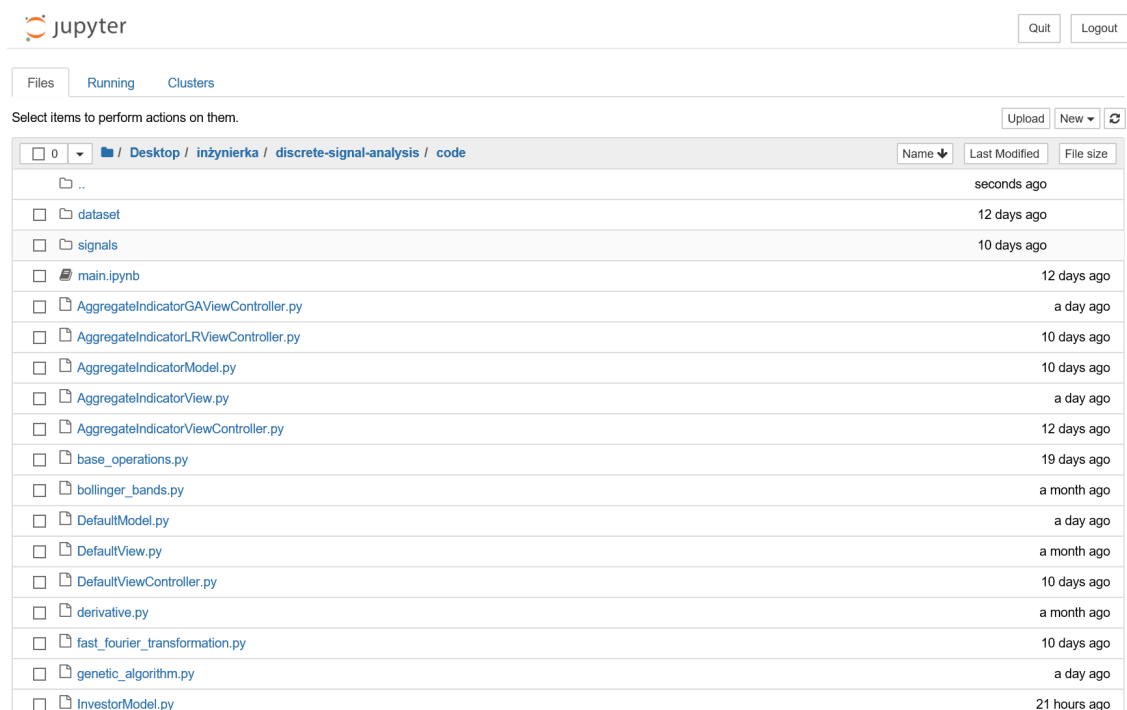
- Następnie należy zainstalować wymagane biblioteki. Między innymi numpy, pandas, matplotlib za pomocą polecenia przykładowo "conda install numpy".
- Należy także zainstalować cudatoolkit. W tym celu należy użyć polecenia "conda install -c anaconda cudatoolkit".

5.2.3. Instrukcja obsługi

Uruchomienie

Gdy środowisko będzie już przygotowane, następnym krokiem będzie uruchomienie narzędzia jupyter notebook. W tym celu należy w narzędziu "Anaconda Prompt" wpisać polecenie "jupyter notebook". Efektem jest uruchomienie notatnika w domyślnej przeglądarce internetowej.

Po uruchomieniu środowiska zostaje wyświetlony ekran główny notatnika jupyter. Należy przejść do lokalizacji katalogu, w którym znajduje się projekt. Następnie należy wybrać plik "main.ipynb". Efektem tego działania powinno być uruchomienie aplikacji w drugiej karcie przeglądarki. Domyślnie aplikacja jest otwierana na pierwszej karcie aplikacji, czyli na interfejsie standardowym.

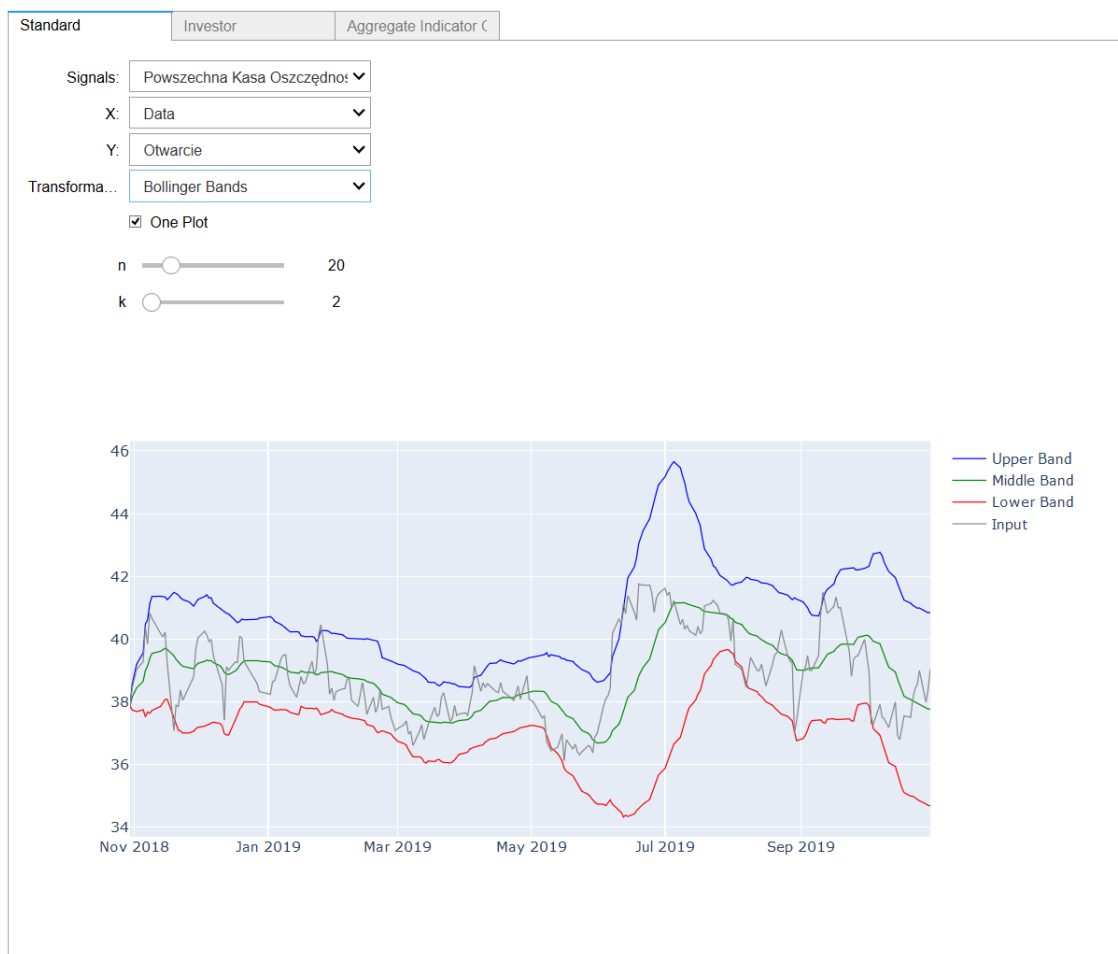


Rys. 5.2. Ekran notatnika jupyter z katalogiem projektu, w którym znajduje się plik uruchomieniowy main.ipynb.

Interfejs standardowy

Interfejs standardowy służy do analizowania sygnałów poprzez dostępne w interfejsie metody.

Interfejs standardowy będzie uruchomiony od razu po włączeniu aplikacji, a w nawigowania pomiędzy innymi interfejsami można do niego wrócić klikając na zakładkę w panelu górnym w aplikacji. W panelu dostępne są 4 zakładki (Signals, X, Y, Transformation). Signals służy do wybrania analizowanego sygnału, X pozwala na wybranie wartości X dla danego sygnału, Y dla wartości Y, a Transformation na wybranie narzędzia do analizy. Po dokonaniu wyboru na dole powinien pojawić się wykres sygnału oraz wybranej transformacji.



Rys. 5.3. Wygląd interfejsu standardowego po wybraniu dostępnego sygnału oraz transformacji.

Dla sygnałów, do których analizy wygodniej jest mieć sygnał i transformację na oddzielnym wykresie istnieje możliwość odznaczenia opcji One Plot, która jest domyślnie zaznaczona. W ten sposób zostaną wyświetlone 2 oddzielne wykresy.



Rys. 5.4. Wygląd interfejsu standardowego po wybraniu dostępnego sygnału oraz transformacji po odznaczeniu opcji One Plot.

Interfejs inwestora

Interfejs inwestora służy do podsumowania i interpretacji wartości wskaźników na dany wybrany dzień za pomocą oceny "buy / sell / neutral".

Do interfejsu inwestora można przejść klikając na zakładkę w panelu górnym w aplikacji. Następnie zostanie wyświetlone okno przedstawione na rys. 5.2. Do wyboru pliku wejściowego przeznaczona jest lista rozwijana "Signals". Po poprawnym wczytaniu pliku dostępny jest wybór ceny, która ma być brana pod uwagę w interpretacji wskaźników, domyślnie jest to cena otwarcia. Następnie można też wybrać, który dzień ma być analizowany. Domyślnym wyborem jest najnowszy dzień z wczytanej bazy w pliku.



Rys. 5.5. Ekran wycinku interfejsu inwestora z decyzjami wskaźników na dzień 30.10.2019.

Dodatkowo poniżej interpretacji wskaźników w interfejsie inwestora jest również przeprowadzana symulacja inwestycji. Przedział czasowy jest wczytywany z pliku zadanego w "Signals", a decyzje o inwestycji są podejmowane zgodnie z sugerowanymi decyzjami inwestycyjnymi przez poszczególne wskaźniki. Początkowy kapitał to 2000 jednostek. Dodatkowo przyjęte jest uproszczenie, założenie w postaci możliwości kupna za całą kwotę oraz sprzedaży wszystkich akcji na raz.

```
-----MACD-----  
Standard:  
[2018-10-30]starting money: 2000  
[2019-03-13]Buys: 51 actions for 39.15.  
[2019-05-08]Sells: 51 actions for 38.80.  
[2019-05-08]Money: 1982.00.  
[2019-05-30]Buys: 51 actions for 38.52.  
[2019-07-02]Sells: 51 actions for 41.26.  
[2019-07-02]Money: 2121.94.  
[2019-08-21]Buys: 55 actions for 38.20.  
[2019-09-27]Sells: 55 actions for 37.72.  
[2019-09-27]Money: 2095.54.  
[2019-10-17]Buys: 55 actions for 37.64.  
[2019-10-30]Money at the end: 2099.94  
  
-----Bollinger Bands-----  
buy: lower, sell: upper:  
[2018-10-30]starting money: 2000  
[2019-02-15]Buys: 49 actions for 40.55.  
[2019-04-17]Sells: 49 actions for 39.82.  
[2019-04-17]Money: 1963.99.  
[2019-07-26]Buys: 49 actions for 39.73.  
[2019-10-30]Money at the end: 1865.74  
  
buy: lower, sell: middle:  
[2018-10-30]starting money: 2000  
[2019-02-15]Buys: 49 actions for 40.55.  
[2019-03-15]Sells: 49 actions for 39.26.  
[2019-03-15]Money: 1936.64.  
[2019-07-26]Buys: 48 actions for 39.73.  
[2019-09-09]Sells: 48 actions for 37.80.  
[2019-09-09]Money: 1844.24.  
[2019-10-03]Buys: 50 actions for 36.32.  
[2019-10-11]Sells: 50 actions for 37.47.  
[2019-10-11]Money: 1901.74.  
[2019-10-30]Money at the end: 1901.74  
  
buy: middle, sell: upper:  
[2018-10-30]starting money: 2000  
[2018-11-19]Buys: 52 actions for 37.77.  
[2019-01-24]Sells: 52 actions for 42.14.  
[2019-01-24]Money: 2227.40.  
[2019-02-08]Buys: 53 actions for 41.39.  
[2019-04-17]Sells: 53 actions for 39.82.  
[2019-04-17]Money: 2144.08.  
[2019-05-06]Buys: 55 actions for 38.81.  
[2019-10-30]Money at the end: 2083.96  
  
-----Aggregated-----  
Standard:  
[2018-10-30]starting money: 2000  
[2019-10-30]Money at the end: 2000.00
```

Rys. 5.6. Ekran wycinku interfejsu inwestora z symulacją inwestycji na dzień 30.10.2019.

Poniżej został zamieszczony widok całego interfejsu inwestora dla porównania z innego dnia. Można zauważyć, że decyzje nieco się różnią, mimo że jest to różnica jednego dnia. Mianowicie wskaźnik oscylator stochastyczny wkroczył w strefę wyprzedania.

```
In [1]: from MainViewController import MainViewController

view_controller = MainViewController(folder_path='signals')
view_controller.view.top_level
```

Standard Investor Aggregate Indicator C

Signals: CD Projekt SA.csv
Price: Najwyższy
Date: 2019-10-29

Agregated decision: neutral

MACD(12,26,9): buy (macd: -0.23, signal: -2.44)

Bollinger Bands: neutral (price: 248.30, upper_band_value: 253.70, middle_band_value: 241.58, lower_band_value 229.47)

Stochastic Oscillator: sell

```
-----MACD-----
Standard:
[2018-10-30]starting money: 2000
[2018-12-05]Buys: 13 actions for 150.08.
[2019-01-02]Sells: 13 actions for 150.58.
[2019-01-02]Money: 2006.50.
[2019-03-01]Buys: 10 actions for 192.08.
[2019-03-19]Sells: 10 actions for 189.39.
[2019-03-19]Money: 1979.60.
[2019-07-05]Buys: 9 actions for 217.40.
[2019-08-06]Sells: 9 actions for 222.00.
[2019-08-06]Money: 2021.00.
[2019-10-15]Buys: 8 actions for 248.30.
[2019-10-29]Money at the end: 2021.00

-----Bollinger Bands-----
buy: lower, sell: upper:
[2018-10-30]starting money: 2000
[2018-11-19]Buys: 14 actions for 136.55.
[2019-01-09]Sells: 14 actions for 164.21.
[2019-01-09]Money: 2387.24.
[2019-10-29]Money at the end: 2387.24

buy: lower, sell: middle:
[2018-10-30]starting money: 2000
[2018-11-19]Buys: 14 actions for 136.55.
[2018-12-03]Sells: 14 actions for 155.85.
[2018-12-03]Money: 2270.20.
[2019-10-29]Money at the end: 2270.20

buy: middle, sell: upper:
[2018-10-30]starting money: 2000
[2018-11-09]Buys: 12 actions for 155.75.
[2019-01-09]Sells: 12 actions for 164.21.
[2019-01-09]Money: 2101.52.
[2019-02-07]Buys: 11 actions for 182.43.
[2019-03-27]Sells: 11 actions for 199.05.
[2019-03-27]Money: 2284.34.
[2019-04-18]Buys: 11 actions for 202.03.
[2019-05-24]Sells: 11 actions for 223.83.
[2019-05-24]Money: 2524.14.
[2019-05-31]Buys: 11 actions for 213.20.
[2019-06-10]Sells: 11 actions for 233.00.
[2019-06-10]Money: 2741.94.
[2019-06-14]Buys: 13 actions for 209.30.
[2019-08-30]Sells: 13 actions for 259.80.
[2019-08-30]Money: 3398.44.
[2019-09-17]Buys: 13 actions for 250.70.
[2019-10-29]Money at the end: 3367.24

-----aggregated-----
Standard:
[2018-10-30]starting money: 2000
[2019-10-29]Money at the end: 2000.00
```

Rys. 5.7. Ekran interfejsu inwestora z symulacją inwestycji na dzień 29.10.2019.

Interfejs zagregowanego wskaźnika

Interfejs zagregowanego wskaźnika pozwala na śledzenie wykonywania algorytmu genetycznego.

Można do niego przejść wlikając na zakładkę na górze. W interfejsie mamy do wpisania nazwę datasetu, z której będziemy korzystać. Po wpisaniu poprawnej zostanie wypisany znajdujący się w niej zbiór danych. Poniżej znajduje się przycisk do uruchomienia algorytmu, który po krótkim przygotowaniu po wciśnięciu zacznie wykonywać algorytm. Poniżej znajduje się lista wag wyliczonych przez algorytm, dla których wskaźnik dał najlepszy wynik na danym datasetcie.

The screenshot shows a web interface with three tabs: 'Standard', 'Investor', and 'Aggregate Indicator'. The 'Aggregate Indicator' tab is active. It contains a 'Folder Path' input field with the value 'dataset'. Below this, a list of files is displayed under the heading 'Files in folder dataset:'. The files include 'alr_d.csv', 'bhw_d.csv', 'CD Projekt SA.csv', 'cdl_d.csv', 'dnp_d.csv', 'eat_d.csv', 'euc_d.csv', 'mab_d.csv', 'Powszechna Kasa Oszczędności Bank Polski SA.csv', 'Powszechny Zakład Ubezpieczeń SA PZU.csv', 'san_d.csv', 'sel_d.csv', 'tim_d.csv', 'Work Service SA.csv', and '^spX_d.csv'. A 'Start' button is located below the file list. At the bottom of the interface, several numerical values are displayed: 'MACD: 0.5252547325239945', 'Bollinger Bands: -0.9081847760641613', 'Bias: 0.5048125715681204', and 'Earned: 148.65775333333295'. A small blue progress bar is visible at the very bottom.

Rys. 5.8. Widok interfejsu wskaźnika zagregowanego w trakcie wykonywania algorytmu genetycznego.

6. ZAKOŃCZENIE

6.1. Wnioski

Podsumowując, realizowany projekt inżynierski miał na celu sprawdzenie możliwości metod analizy sygnałów oraz stworzenie narzędzia w pythonie, które ułatwiłoby ich analizę inwestorom. Jednocześnie założenia obejmowały umożliwienie analizy sygnałów pochodzących z innych źródeł niż giełda. Za pomocą wybranych narzędzi do analizy sygnałów pochodzących z różnych źródeł, wgrywanych przez użytkownika, aplikacja miała za zadanie przedstawić czytelne i dynamicznie zarządzane wykresy. Na podstawie wyliczonych wartości wskaźników giełdowych system miał również wspomagać decyzje użytkownika w interpretacji wyników w postaci sugerowanych decyzji dla plików źródłowych z danymi historycznymi indeksów giełdowych. Ich realizacja procesu decyzyjnego miała się odbywać na podstawie definicji danego wskaźnika. Co więcej założono zaimplementowanie zagregowanego wskaźnika, który sprowadzałby decyzje wszystkich zastosowanych wskaźników do jednej czytelnej. Miało to na celu usprawnienie procesu decyzyjnego inwestora ze względu na potrzebę szybkiego podejmowania działania, zwłaszcza przy inwestycjach krótkoterminowych.

Wyniki działania aplikacji są we większości zgodne z oczekiwaniami i przyjętymi założeniami. Funkcjonalność analizy sygnałów za pomocą narzędzia z zarządzanymi przez użytkownika wykresami została zrealizowana zgodnie z założonym celem. Moduł decyzyjny dla każdego wskaźnika w aplikacji działa w sposób prawidłowy i oczekiwany. Z kolei dla funkcjonalności zagregowanego wskaźnika uzyskaliśmy ciekawe efekty algorytmu genetycznego, które nie dają zadowalających efektów. Pomimo, że same wskaźniki dają dobre efekty, algorytm genetyczny niestety za bardzo dopasowuje się do zbioru danych. W efekcie w większości przypadków jego decyzja jest albo cały czas na tak, jeżeli w zbiorze danych dominują większe ceny na końcu, niż na początku, albo jest cały czas na nie, gdy w zbiorze danych jest na odwrót.

Mimo, że nie wszystkie aspekty nie dają zadowalających efektów praca pozwoliła nam rozwinąć znajomość języka programowania Python oraz uzyskać wiedzę z zagadnień algorytmu genetycznego. Dużym plusem jest to, że eksplorowaliśmy temat analizy technicznej i zastosowań analizy sygnałów w życiu codziennym.

6.2. Kierunki rozwoju

Biorąc pod uwagę dotychczas uzyskane wyniki możnaby usprawnić działanie aplikacji na kilka sposobów. Są to między innymi:

Wprowadzenie transformacji Fouriera do wykrywania cykli na wykresie

Jedną z oczywistych opcji jest poprawienie działania zagregowanego wskaźnika. Biorąc pod uwagę dotychczas uzyskane wyniki problemem w działaniu może być brak wykrywania typu giełdy. Algorytm genetyczny zazwyczaj dopasowywał się tylko do paru wykresów, które dawały jakieś wyniki, a dla pozostałych był zawsze na nie. Zatem jedną z opcji byłoby wykorzystanie transformacji Fouriera do wykrywania typów wykresów i na podstawie wyniku transformacji dobieranie odpowiednich wag do wskaźników.

Automatyczne pobieranie plików z danymi

Inną opcją jest stworzenie możliwości pobierania danych z internetu. Większość naszych przykładów bazowała na danych z serwisu stooq.pl. Aby skorzystać z tego serwisu, musimy wejść na stronę internetową, następnie pobrać interesujące nas dane i wrzucić je do folderu z sygnałami, i tak codziennie po każdej aktualizacji na giełdzie. O wiele wygodniej byłoby, gdyby po prostu pobrać i wczytać te dane z aplikacji za pomocą jednego kliknięcia muszki. Aktualnie aby skorzystać z takiej opcji wymagana jest opłata, co jest możliwą przeszkodą do wprowadzenia tej propozycji.

WYKAZ LITERATURY

- [1] BiznesRadar.pl
- [2] Michael N. Kahn: *Analiza techniczna*, wyd. GAB, 2018
- [3] Dr Klaudiusz Majchrowski: *Wykład dla Elektoradiologii, Podstawy elektroniki i akustyki*, www.ur.edu.pl/file/71671/Podstawy
- [4] Wikipedia: *Sygnal*, pl.wikipedia.org/wiki/Sygna%C5%82#Zastosowania
- [5] Jan Erhard: *Technika cyfrowa - podstawy*, www.livesound.pl/tutoriale/3938-technika-cyfrowa-podstawy-zaczniemy-od-poczatku.
- [6] Szkoła w Milówce: *Zapis analogowy i cyfrowy dźwięku*, www.lomilowka.pl/pliki/1_zapis_dzwieku_pdf-9092.pdf
- [7] Wikipedia: *Dyskretyzacja*, [pl.wikipedia.org/wiki/Dyskretyzacja_\(statystyka\)](http://pl.wikipedia.org/wiki/Dyskretyzacja_(statystyka))
- [8] Wikipedia: *Kwantyzacja*, [pl.wikipedia.org/wiki/Kwantyzacja_\(technika\)#Kwantyzacja_sygna%C5%82u_analogowego](http://pl.wikipedia.org/wiki/Kwantyzacja_(technika)#Kwantyzacja_sygna%C5%82u_analogowego)
- [9] Weronika Łabaj: *Sygnal*, zasoby.open.agh.edu.pl/10swlabaj/sygnal/sygnal2.html
- [10] Arkadiusz Jóźwiak: *3 sposoby jak wykorzystać średnie kroczące*, comparic.pl/3-sposoby-wykorzystac-srednie-kroczace-tradingu/
- [11] Strona edukacja giełdowa: *Analiza techniczna*, www.edukacjagieldowa.pl/gieldowe-abc/analiza-techniczna/
- [12] Google Play: *Aplikacja BiznesRadar*, play.google.com/store/apps/details?id=com.Android.BiznesRadar&hl=pl
- [13] Strona tradersarea: *MACD jako jeden z najpopularniejszych wskaźników*, tradersarea.pl/macd-jako-jeden-z-najpopularniejszych-wskaznikow/
- [14] Strona edukacja giełdowa: *Krzywa MACD*, <https://www.edukacjagieldowa.pl/gieldowe-abc/analiza-techniczna/narzedzia-analzy-technicznej/krzywa-macd/>
- [15] Strona TradingView: *MACD, zbieżność/rozbieżność średnich ruchomych*, [www.tradingview.com/wiki/MACD_\(Moving_Average_Convergence/Divergence\)/pl](http://www.tradingview.com/wiki/MACD_(Moving_Average_Convergence/Divergence)/pl)
- [16] Strona admiralmarkets: *Wskaźnik MACD - najpopularniejszy ze wskaźników*, <https://admiralmarkets.pl/education/articles/forex-indicators/wskaznik-macd>
- [17] Serwis stooq: www.stooq.pl
- [18] Strona edukacja giełdowa: *Oscylator stochastyczny*, www.edukacjagieldowa.pl/gieldowe-abc/analiza-techniczna/narzedzia-analzy-technicznej/oscylator-stochastyczny/
- [19] Strona admiralmarkets: *Oscylator Stochastyczny - Handel w Oparciu o Stochastic*, admiralmarkets.pl/education/articles/forex-indicators/oscylator-stochastyczny
- [20] Strona tradersarea: *Oscylator Stochastyczny Stochastic*, tradersarea.pl/oscylator-stochastyczny-stochastic/
- [21] Tomasz P. Zieliński: *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów*, wyd. Komunikacji i Łączności sp. z o.o Warszawa 2005, 2009

[22] Numba: *installation*, numba.pydata.org/numba-doc/dev/user/installing.html

[23] Mohammad Shadan: *Python - Install Anaconda, Jupyter Notebook*,
rpubs.com/mohammadshadan/installanaconda

Wszystkie adresy stron www są aktualne na dzień 01.12.2019r.

WYKAZ RYSUNKÓW

2.1	Sygnał analogowy	9
2.2	Sygnał dyskretny i cyfrowy	10
2.3	metoda prostokątów - sposób pierwszy	13
2.4	metoda prostokątów - sposób drugi	14
2.5	Całkowanie dyskretnie metodą trapezów	14
2.6	Średnia krocząca dla parametru 5	16
2.7	Średnia krocząca dla parametru 20	16
2.8	Średnia krocząca dla parametru 50	17
3.1	Transformacja Fouriera	18
3.2	Wykres e^{ix}	21
4.1	aplikacja BiznesRadar - logo [12]	22
4.2	aplikacja BiznesRadar - indeksy i wykres [12]	23
4.3	aplikacja BiznesRadar - decyzje i sprawozdania [12]	23
4.4	wykres MACD	25
4.5	MACD - sygnał wejściowy	26
4.6	MACD - sygnały kupna	26
4.7	MACD - sygnały sprzedaży	27
4.8	Wstęgi Bollingera	28
4.9	Wstęgi Bollingera - Przykład 1	29
4.10	Wstęgi Bollingera - Przykład 2	29
4.11	Wstęgi Bollingera - Przykład 3	30
4.12	Oscylator stochastyczny - wykres	31
4.13	oscylator stochastyczny - sygnał wejściowy	32
4.14	Oscylator stochastyczny - strefa wykupienia	32
4.15	Oscylator stochastyczny - strefa wyprzedania	33
4.16	Wynik wskaźnika zagregowanego	35
4.17	Wynik wskaźnika MACD - powyższe rysunki przedstawiają wyniki testu wskaźnika MACD na akcjach 3 spółek z okresu jednego roku. Dla CD Project SA wskaźnik wykazał się małą stratą, dla Amrest Holdings SE pod koniec udało mu się odbić i zarobić 175.95 zł, natomiast dla Grupy Santander znowu na koniec zysk był na niskim poziomie.	36
4.18	Wynik Wstęg Bollingera dla strategii kup w dołku cenowym, sprzedaj w szczycie cenowym - powyższe rysunki przedstawiają wyniki testu Wstęg Bollingera na akcjach 3 spółek z okresu 2018 - 2019. Tutaj widać, że dla podanych przykładów wskaźnik daje pozytywne efekty.	36
4.19	Wynik Wstęg Bollingera dla strategii kup w dołku cenowym, sprzedaj po wyjściu z dołku cenowego - powyższe rysunki przedstawiają wyniki testu Wstęg Bollingera na akcjach 3 spółek z okresu 2018 - 2019. Wskaźnik wypadł podobnie jak poprzednio, tylko zarobki były o ok. 50% mniejsze.	36
4.20	Wynik Wstęg Bollingera dla strategii kup po wyjściu ze szczytu cenowego, sprzedaj po wejściu na szczyt cenowy- powyższe rysunki przedstawiają wyniki testu Wstęg Bollingera na akcjach 3 spółek z okresu 2018 - 2019. Dla akcji CD Project SA strategia ta dała zaskakująco dobry wynik. Udało się powiększyć kapitał o 75%. Dla AmRest Holdings SE natomiast zyskano niewiele, a dla Grupy Santander strategia przyniosła straty.	37
5.1	PyCharm for Anaconda	38
5.2	Menu jupyter	40
5.3	Interfejs standardowy 1	41
5.4	Interfejs standardowy 2	42
5.5	Interfejs inwestora - decyzje	43
5.6	Interfejs inwestora - symulacja inwestycji	43

5.7	Interfejs inwestora	44
5.8	Interfejs wskaźnika zagregowanego	45