

Politechnika Łódzka
Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki
i Matematyki Stosowanej
Instytut Informatyki

Maciej Dzwonnik, 157831

System ekspertowy
do prognozowania rynku finansowego
przy użyciu analizy technicznej

Praca inżynierska
napisana pod kierunkiem
dr inż. Jana Stolaraka

Łódź 2013

Spis treści

Spis treści	iii
1 Wstęp	1
1.1 Cele pracy	1
1.2 Przegląd literatury oraz uzasadnienie wyboru tematu	1
1.3 Układ pracy	2
2 Teoria	3
2.1 Systemy ekspertowe	3
2.2 Programowanie funkcyjne	5
2.3 Analiza techniczna	7
3 Technologie i narzędzia	9
3.1 Język programowania	9
3.2 Oprogramowanie	9
3.2.1 Środowisko programistyczne	9
3.2.2 Wykorzystane biblioteki	10
3.3 Techniki i metodologie programistyczne	10
4 Wyniki badań eksperymentalnych	11
4.1 Opis stworzonej aplikacji	11
4.1.1 Podstawowy opis	11
4.1.2 Struktura projektu	12
4.1.3 Gramatyka reguł	13
4.1.4 Mechanizm wnioskujący	14
4.1.5 Obsługa plików ZIP	18
4.1.6 Struktura danych o notowaniach	20
4.1.7 Wykresy	21
4.1.8 Obliczane wskaźniki analizy technicznej	29
4.2 Badania	31
4.2.1 Opis przeprowadzonych analiz	31
4.2.2 Wyniki badań	32
5 Podsumowanie i wnioski	35
Bibliografia	37

Rozdział 1

Wstęp

Niniejsza praca dotyczy inżynierii oprogramowania i systemów ekspertowych. W wyniku pracy powstał system ekspertowy do oceny spółek giełdowych za pomocą analizy technicznej. Temat ten został podjęty ze względu na zainteresowanie analizą rynków finansowych, głównie rynku akcji, a także chęć poszerzenia wiedzy z zakresu budowy systemów ekspertowych. Realizacja systemu została wykonana z wykorzystaniem podejścia funkcyjnego do tworzenia oprogramowania.

1.1 Cele pracy

W pracy stawiam następujące cele:

- Stworzenie systemu ekspertowego oceniającego spółki giełdowe przy pomocy analizy technicznej
- Wykazanie skuteczności powstałego systemu przez analizę porównawczą wyników generowanych przez aplikację i rzeczywistych zachowań cen spółek
- Opis zastosowania programowania funkcyjnego w procesie wytwarzania systemu ekspertowego

1.2 Przegląd literatury oraz uzasadnienie wyboru tematu

Temat analizy technicznej rynków finansowych rozwija się od przeszło 100 lat i wiedza z tej dziedziny cały czas jest rozszerzana. W obecnych czasach bardzo trudno jest jednej osobie, nawet jeśli jest ekspertem, przeprowadzić rzetelnie analizę techniczną wybranego rynku finansowego bądź aktywa na tym rynku w czasie, który pozwalałby na wykorzystanie wniosków z takiej analizy do wykonania pożądanych operacji na rynku. Stąd też potrzeba posiadania narzędzia, które będzie analizować przykładowo spółki giełdowe w czasie znacząco krótszym niż zrobiłby to człowiek,

a przy tym z taką samą bądź lepszą trafnością przewidywać zachowań cen. W mojej pracy podstawowym źródłem wiedzy na temat analizy technicznej jest książka "Analiza techniczna rynków finansowych" [14] autorstwa John'a J. Murphy'ego. Wcześniej wspomnianym narzędziem wykonującym analizę z powodzeniem może być system ekspertowy. Taki system może za użytkownika wykonać obliczenia dla wszystkich potrzebnych wskaźników, a także wykorzystując posiadaną bazę wiedzy i reguł przeanalizować zależności pomiędzy wyliczonymi wartościami. Fundamentalną pozycją z zakresu budowy systemów ekspertowych jest pozycja "Systemy ekspertowe" [13] polskiego autora Jana Mulawki. Swoją system ekspertowy do analizy technicznej postanowiłem stworzyć z wykorzystaniem funkcyjnego podejścia do programowania. Wybór taki podyktowany był chęcią poszerzenia swojej wiedzy z zakresu metodologii programowania, a także możliwością porównania wybranego podejścia z podejściem klasycznym. Do pisania aplikacji wykorzystałem jeden z dialektów języka Lisp, język Clojure, który również poddam w swojej pracy podstawowej analizie. Wiedzę na temat języka Clojure czerpałem przede wszystkim z książki "Programming Clojure" [12] napisanej przez Stuart'a Halloway'a oraz Aaron'a Bedra.

1.3 Układ pracy

Struktura dalszej części pracy jest następująca: Rozdział 2 zawiera opis teorii ... Rozdział ?? przedstawia nową teorię wprowadzoną przez autora pracy ... Rozdział 3 opisuje technologie i narzędzia wykorzystane w pracy ... Rozdział 4 przedstawia wyniki badań / opis stworzonej aplikacji ... Rozdział 5 podsumowuje uzyskane wyniki oraz płynące z nich wnioski ... W Dodatku ?? zawarto uwagi dotyczące formatowania pracy z użyciem systemu L^AT_EX. Dodatek A zawiera płytę CD z aplikacją stworzoną w ramach pracy...

Rozdział 2

Teoria

2.1 Systemy ekspertowe

Według Jana Mulawki:

System ekspertowy jest programem komputerowym, który wykonuje złożone zadania o dużych wymaganiach intelektualnych i robi to tak dobrze jak człowiek, będący ekspertem w tej dziedzinie.¹

Biorąc pod uwagę powyższe można powiedzieć, że system ekspertowy to aplikacja przeprowadzająca proces wnioskowania na podstawie zbioru specjalistycznej wiedzy. Wnioskowanie takie wymaga oprócz wiedzy, zbioru reguł, według których proces ten będzie przeprowadzany. Można wyróżnić następujące elementy składowe systemu ekspertowego:

- Baza wiedzy - Baza specjalistycznej wiedzy (np. zbiór reguł) z dziedziny, dla której tworzony jest system ekspertowy
- Baza danych stałych - Zbiór danych na temat analizowanego problemu
- Silnik wnioskujący - Mechanizm realizujący proces wnioskowania

Ponadto, program będący systemem ekspertowym może posiadać dodatkowo następujące elementy:

- Interfejs użytkownika - Graficzny bądź tekstowy interfejs dla użytkownika korzystającego z programu
- Edytor wiedzy - Edytor pozwalający rozszerzać bazę wiedzy
- Silnik objaśniający - Mechanizm wyjaśniający proces wnioskowania. Prezentuje "tok myślenia", którym system doszedł do uzyskanych wniosków

Już pod koniec lat siedemdziesiątych XX wieku zauważono, że największy wpływ na efektywność działania systemu ekspertowego ma baza wiedzy. Stwierdzono, że im pełniejsza wiedza, tym szybszy jest proces uzyskiwania wniosków przez

¹ [13], str. 20

program. Stworzenie dobrego systemu ekspertowego opiera się więc w dużej mierze na dostarczeniu dla niego odpowiednio dużej bazy dobrej jakościowo wiedzy. Jest to zadanie niełatwe, ponieważ wymaga pozyskania wiedzy od eksperta (bądź grupy ekspertów), który decyduje podejmuje na podstawie informacji o problemie, ale również w oparciu o swoje doświadczenie. Dodatkowo, zebraną wiedzę należy ustrukturalizować, tak aby była możliwa do przetwarzania przez system.²

Systemy ekspertowe możemy podzielić ze względu na kilka kryteriów, jednak ogólnie dzielą się one na:

- Doradcze - prezentują rozwiązania dla użytkownika, który potrafi ocenić ich jakość
- Podejmujące decyzję bez kontroli człowieka - system sam podejmuje decyzję, nie poddaje rozwiązania ocenie użytkownika
- Krytykujące - system ma przedstawiony problem i jego rozwiązanie, a następnie ocenia to rozwiązanie

Możemy również podzielić je na dwie grupy:

- Systemy dedykowane - kompletny system ekspertowy posiadający bazę wiedzy
- Systemy szkieletowe - system z pustą bazą wiedzy

W drugim przypadku proces tworzenia systemu ekspertowego polega na dostarczeniu bazy wiedzy. Innym kryterium podziału jest ze względu na logikę wykorzystywaną podczas prowadzenia procesu wnioskowania:

- Z logiką dwuwartościową (Boole'a)
- Z logiką wielowartościową
- Z logiką rozmytą

Można również dokonać podziału ze względu na rodzaj przetwarzanej informacji:

- Systemy z wiedzą pewną
- Systemy z wiedzą niepewną

Najbardziej szczegółowy podział to podział ze względu na zadania realizowane przez system ekspertowy:

- Interpretacyjne - dedukują opisy sytuacji z obserwacji lub stanu czujników
- Predykcyjne - wnioskuje o przyszłości na podstawie danej sytuacji
- Diagnostyczne - określają wady systemu na podstawie obserwacji

² [13], str. 21

- Kompletowania - konfiguruja obiekty w warunkach ograniczeń
- Planowania - podejmują działania, aby osiągnąć cel
- Monitorowania - porównują obserwacje z ograniczeniami
- Sterowania - kierują zachowaniem systemu
- Poprawiania - podają sposób postępowania w przypadku złego funkcjonowania obiektu
- Naprawy - harmonogramują czynności przy dokonywaniu napraw uszkodzonych obiektów
- Instruowania - systemy doskonalenia zawodowego (np. dla studentów)

Jak już wcześniej wspomniano, najistotniejszą częścią systemu ekspertowego jest baza wiedzy. Systemy ekspertowe których baza wiedzy składa się z faktów i reguł nazywa się systemami regułowymi. Zdecydowana większość systemów ekspertowych to właśnie systemy regułowe. Fakty w bazie wiedzy są to zdania oznajmujące, opisujące jakiś obiekt bądź jego stan. Reguły natomiast są zdaniami warunkowymi. Gdy spełnione są przesłanki występujące w części warunkowej takiego zdania, wtedy do bazy faktów dodawane jest nowe zdanie.

Systemy ekspertowe są to aplikacje mieszczące się w dziedzinie sztucznej inteligencji. Jest to nauka definiowana na wiele sposobów. Dwie definicje prezentujące odmienne aspekty badań prowadzonych w tej dziedzinie:

- Według Minsky'ego sztuczna inteligencja jest nauką o maszynach realizujących zadania, które wymagają inteligencji wówczas, gdy są wykonywane przez człowieka.³
- Według Feigenbauma sztuczna inteligencja stanowi dziedzinę informatyki dotyczącą metod i technik wnioskowania symbolicznego przez komputer oraz symbolicznej reprezentacji wiedzy stosowanej podczas takiego wnioskowania.³

2.2 Programowanie funkcyjne

Najbardziej powszechnym podejściem do programowania jest podejście imperatywne. Programowanie imperatywne opiera się na wykonywaniu kolejnych instrukcji zmieniających stan programu. W podejściu tym wykorzystywane są zmienne, które przechowuje informację o aktualnym stanie aplikacji bądź jej fragmentu. Istotą paradygmatu programowania imperatywnego jest możliwość modyfikowania danych przechowywanych w tych zmiennych, a co za tym idzie zmiana stanu aplikacji. W podejściu tym funkcje, pomimo przekazania takich samych parametrów, mogą zwracać różne wyniki. Spowodowane jest to tzw. efektami ubocznymi

³ [13], str. 17

działania funkcji. Funkcja napisana z podejściem imperatywnym operuje nie tylko na parametrach do niej przekazanych, ale również na stanie aplikacji, czyli różnego rodzaju zmiennych. Zależnie od stanu w jakim podczas danego wywołania funkcji znajduje się program, można uzyskać różny wynik takiego wywołania.

Programowanie funkcyjne opiera się na ewaluacji funkcji, a nie przechowywaniu stanu aplikacji. W podejściu tym każda funkcja zwraca pewną wartość, a działania wykonuje wyłącznie na otrzymanych parametrach. Dzięki temu funkcje są pozbawione efektów ubocznych i mamy pewność, że wywołanie funkcji z takimi samymi parametrami zawsze zwróci taki sam wynik, niezależnie od chwili wywołania. Jako że każda funkcja jest ewaluowana do pewnej wartości, to mogą być one wykorzystywane jako argumenty innych funkcji. Stąd też jedna z głównych zalet podejścia funkcyjnego - modularność. Kod tworzony zgodnie z paradygmatem funkcyjnym jest łatwy do ponownego wykorzystania i dalszej rozbudowy.

Kolejną istotną cechą jest leniwe wartościowanie. W przeciwieństwie do wartościowania zachłannego, które polega na wyliczaniu wartości wszystkich argumentów przed wywołaniem funkcji, nawet jeśli nie są one wykorzystywane, wartościowanie leniwe polega na ewaluacji wartości argumentów dopiero w chwili odwołania się do nich. Dzięki temu czas procesora jest wykorzystywany wyłącznie na obliczenia, które są konieczne w danym wywołaniu. Dzięki temu również można wyliczyć wartość funkcji nawet jeśli nie jest znana wartość któregoś z jej argumentów, pod warunkiem jednak, że nie jest on wykorzystywany w obliczeniach.

Programowanie funkcyjne w dużym stopniu oparte jest na rekurencji, czyli wywoływaniu funkcji przez samą siebie. Gdyby dla każdego takiego wywołania było zajmowane kolejne miejsce na stosie w pamięci operacyjnej systemu, bardzo szybko doszłoby do przepełnienia stosu. Stąd też powszechną techniką stosowaną przy podejściu funkcyjnym jest rekurencja ogonowa. Jest to rodzaj rekurencji, w którym wywołanie rekurencyjne jest ostatnią instrukcją funkcji. Dzięki temu nie ma potrzeby zajmowania nowego miejsca na stosie. Wykorzystywana jest dotychczasowa ramka stosu funkcji, jako że wszystkie operacje zostały już wykonane i zarezerwowana pamięć nie jest już dłużej potrzebna. Taka operacja pozwala na optymalizację zarządzania pamięcią, a także ułatwia tworzenie kodu, jako że rekurencja zazwyczaj jest dużo bardziej naturalna niż iteracyjność. Istotne jest również to, że języki funkcyjne automatycznie przeprowadzają optymalizację rekurencji ogonowej, dzięki czemu programista nie musi się tym zajmować.

Jedną z najważniejszych cech funkcyjnych języków programowania jest posiadanie niemutowalnych struktur danych. Oznacza to, że wartość, bądź zbiór wartości raz przypisany do zmiennej bądź struktury danych nie może zostać zmieniony. Jest to cecha zaskakująca dla osób mających doświadczenie wyłącznie z programowaniem imperatywnym, które opiera się na modyfikowaniu wartości struktur danych i stanu aplikacji. Jednak programowanie funkcyjne opiera się na ewaluacji funkcji, a nie przechowywaniu danych w zmiennych. Dzięki niemutowalności danych unika się również wiele błędów związanych z efektami ubocznymi funkcji, które mogłyby te dane modyfikować.

Języki funkcyjne można podzielić na dwie grupy:

- Języki czysto funkcyjne
- Języki mieszane

Języki czysto funkcyjne są to języki, w których nie występują efekty uboczne, a operacje wejścia/wyjścia odbywają się np. z użyciem monad. W językach tych wartościowanie jest leniwe.

Języki mieszane to takie, które dopuszczają stosowanie zmiennych, operacje wejścia/wyjścia i mieszanie stylu funkcyjnego z imperatywnym (a nawet obiektywnym). Funkcje w tych językach mogą mieć również efekty uboczne.

2.3 Analiza techniczna

W tej pracy pojęcie analizy technicznej wykorzystywane jest w odniesieniu do rynku akcji. Analiza techniczna to badanie zachowań rynku, przede wszystkim przy użyciu wykresów, którego celem jest przewidywanie przyszłych trendów cenowych.⁴ Zachowanie rynku oznacza w tym wypadku zmiany ceny konkretnego aktywa - akcji spółki giełdowej, a także wolumenu, czyli liczby akcji zmieniających właściciela podczas jednej sesji giełdowej (jednego dnia). Analiza techniczna oparta jest na 3 założeniach:

- Rynek dyskontuje wszystko
- Ceny podlegają trendom
- Historia się powtarza

Pierwszy punkt - rynek dyskontuje wszystko - zakłada, że rynkowa cena akcji w pełni odzwierciedla wszystkie czynniki mogące mieć wpływ na wartość aktywa, takie jak czynniki fundamentalne, polityczne czy psychologiczne. Analitik wykresów opiera się na prawie popytu i podaży. Jeśli popyt przewyższa podaż, to cena powinna rosnąć. Jeśli natomiast podaż przewyższa popyt - cena powinna spadać. Analityka nie interesują przyczyny zmiany popytu i podaży, a jedynie jej skutki.

To, że ceny podlegają trendom jest kolejną przesłanką na jakiej opiera się analiza techniczna. Jej uzupełnieniem jest stwierdzenie, że trend kontynuuje swój bieg w dotychczasowym kierunku tak długo, aż nie pojawią się przesłanki do tego, aby się zmienił.

Ostatnie założenie opiera się mocno na badaniu ludzkiej psychiki. W analizie technicznej zakłada się, że ludzka psychika, która ma przełożenie na trendy cenowe na rynku, raczej się nie zmienia. W związku z tym trendy występujące w przeszłości powinny powtórzyć się również w przyszłości.

Warto w tym miejscu wspomnieć również o drugim rodzaju analizy rynków finansowych - analizie fundamentalnej. Różni się ona tym, że koncentruje się na badaniu gospodarczych uwarunkowań popytu i podaży, które są przyczyną wzrostów, spadków lub stabilizacji cen. Przy podejściu fundamentalnym bada się wszystkie

⁴ [14], str. 1

czynniki oddziałujące na cenę danego towaru, w celu określenia jego rzeczywistej wartości. Jeśli rzeczywista wartość danego towaru jest niższa od jego bieżącej ceny rynkowej, znaczy to, że towar ów jest "przewartościowany" i należy go sprzedać. Jeśli cena towaru jest niższa od jego rzeczywistej wartości, jest on "niedowartościowany" i należy go kupić.⁵

Analizę techniczną podzielić możemy na dwa obszary. Pierwszym z nich jest analiza wykresów i odnajdywanie na nich formacji cenowych, sugerujących kontynuację trendu, bądź jego odwrócenie. Drugi to analiza wskaźników analizy technicznej. Stworzono wiele wskaźników pomocnych w rozpoznawaniu określonych stanów w jakich znajduje się rynek, a także generujących sygnały takie jak sygnał kupna/sprzedaży, zmiany bądź kontynuacji trendu.

⁵ [14], str. 4

Rozdział 3

Technologie i narzędzia

3.1 Język programowania

Aplikacja została zrealizowana w języku Clojure [9] w wersji 1.5.1. Jest to język programowania działający na maszynie wirtualnej jawy (ang. JVM - Java Virtual Machine). Jest to język ogólnego przeznaczenia kompilowany do bajtkodu JVM. Clojure jest językiem funkcyjnym, jednym z dialektów języka Lisp. Tak jak Lisp jest językiem listowym (wszystkie elementy języka są listami), realizującym filozofię "kod jako dane".

Pierwszym powodem wyboru tego języka programowania jest to, że języki funkcyjne bardzo dobrze sprawdzają się przy tworzeniu systemów ekspertowych, a także pozwalają na generowanie nowego kodu aplikacji w trakcie jej działania. Samo programowanie funkcyjne jest natomiast dziedziną, która nie jest przybliżana podczas studiów. Stąd też chęć zapoznania się z tym paradygmatem programowania.

Kolejnym powodem użycia języka Clojure jest możliwość wykorzystania w nim elementów języka Java. Dzięki temu w łatwy i szybki sposób mogłem stworzyć graficzny interfejs użytkownika dla aplikacji i więcej czasu poświęcić na te fragmenty aplikacji, które są nieodłącznymi elementami systemu ekspertowego.

Ostatnią przyczyną wybrania Clojure jest to, że programy pisane w tym języku kompilowane są do bajtkodu JVM, a więc można je uruchamiać na każdej maszynie i systemie operacyjnym posiadającym maszynę wirtualną jawy.

3.2 Oprogramowanie

Podczas tworzenia systemu ekspertowego dla tej pracy wykorzystywałem następujące oprogramowanie.

3.2.1 Środowisko programistyczne

Aplikacja była tworzone częściowo na komputerze z systemem operacyjnym Windows 7, a częściowo na komputerze z systemem Windows 8. Dzięki temu, że programy pisane w Clojure uruchamiane są na maszynie wirtualnej jawy, nie występowały

rzadne problemy podczas przenoszenia kodu pomiędzy tymi systemami i dalszym rozwijaniu go i uruchamianiu. Dzięki temu również praca byłaby możliwa chociażby na systemach Unixowych.

Do budowania aplikacji i zarządzania zależnościami wykorzystywałem środowisko Leiningen [10]. Jest to narzędzie do łatwego konfigurowania projektów tworzonych w języku Clojure.

Do budowania i uruchamiania aplikacji wykorzystywane jest środowisko JDK (ang. Java Development Kit) w wersji 1.7.0_25.

W trakcie pisania aplikacji korzystałem z edytora Clooj [7]. Jest to proste, zintegrowane środowisko programistyczne dla języka Clojure (jak i tworzone w tym języku). Edytor dostarcza podstawowe funkcjonalności, takie jak kolorowanie składni, dostęp do dokumentacji funkcji języka, czy możliwość łatwego tworzenia nowych plików źródłowych z automatycznym generowaniem nowych przestrzeni nazw.

3.2.2 Wykorzystane biblioteki

Podczas tworzenie aplikacji wykorzystywałem następujące biblioteki:

- Seesaw [6] - biblioteka do tworzenia interfejsów użytkownika w Clojure, jest zbudowana w oparciu o bibliotekę graficzną Swing
- Incanter [8] - biblioteka do obliczeń matematycznych, statystycznych i tworzenia wykresów w Clojure
- Instaparse [5] - biblioteka do tworzenia parserów gramatyk w Clojure
- clj-time [4] - biblioteka do operacji na datach i czasie w Clojure
- clj-http [3] - biblioteka do obsługi zapytań http w Clojure

3.3 Techniki i metodologie programistyczne

Projekt tworzony był z wykorzystaniem paradygmatu programowania funkcyjnego. Nie jest on jednak zrealizowany w czystym podejściu funkcyjnym. Przechowuje w postaci list wyliczone wartości wskaźników analizy technicznej, a także realizuje operację wczytywania danych o spółce giełdowej z pliku.

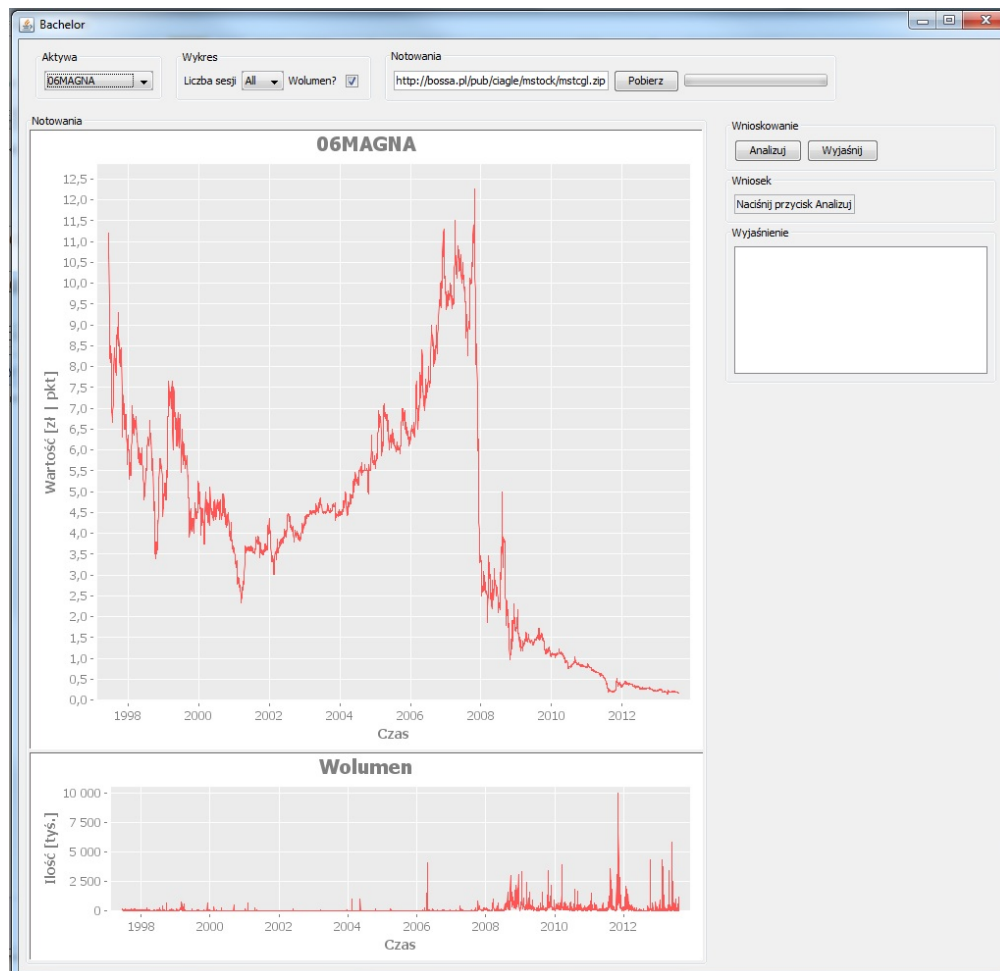
Rozdział 4

Wyniki badań eksperymentalnych

4.1 Opis stworzonej aplikacji

4.1.1 Podstawowy opis

Aplikacja powstająca podczas pisania tej pracy to system ekspertowy, którego zadaniem jest ocena spółek giełdowych i podejmowanie decyzji, czy w danej chwili konkretną spółkę warto kupić bądź sprzedać. Użytkownik aplikacji może pobrać notowania spółek giełdowych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie z serwisu bossa.pl. Może również korzystać z dowolnego innego źródła notowań, pod warunkiem, że dane będą archiwum ZIP zawierającym pliki w formacie MST o nazwach odpowiadających nazwom spółek. Po tym na liście dostępne są spółki, których dane znajdowały się w archiwum. Aplikacja po wyborze konkretnej spółki tworzy wykres jej ceny i wolumenu w cały okresie w jakim była notowana. Użytkownik ma możliwość wyboru z listy ile sesji chce wyświetlić na wykresie, a także czy ma być tworzony wykres wartości wolumenu. Po wczytaniu danych o konkretnej spółce przycisk Analizuj pozwala na przeprowadzenie procesu wnioskowania dla danej spółki i określenie czy w danej chwili warto sprzedawać bądź kupować dane akcje.



Rysunek 4.1: Widok aplikacji po uruchomieniu

4.1.2 Struktura projektu

Projekt podzielony jest na 3 przestrzenie nazw:

- bachelor.core
- bachelor.wsk
- bachelor.zip

Przestrzeń nazw	Funkcjonalności
bachelor.core	Zawiera wszystkie funkcje parsera reguł, funkcje silnika wnioskującego, wczytywanie listy spółek, których dane znajdują się w katalogu z notowaniami. Tutaj również zdefiniowany jest interfejs użytkownika. Dodatkowo jest tu funkcja uruchamiająca wypakowywanie archiwum ZIP z notowaniami
bachelor.wsk	Tutaj zdefiniowana jest funkcja wczytująca notowania z pliku i tworząca z nich odpowiednią strukturę umieszczaną na liście notowań. W tej przestrzeni nazw zdefiniowane są również wszystkie wskaźniki wykorzystywane przez system wnioskujący, a także funkcje pomocnicze do wyliczania wskaźników i operacji na liście notowań. Jest tu również umieszczona funkcja tworząca listy wszystkich zdefiniowanych wskaźników, a także funkcje odwołujące się do tych list, które wykorzystywane są w regułach.
bachelor.zip	Zdefiniowana jest tu funkcja do pobierania archiwum ze wskazanego adresu internetowego i zapisu go na dysku. Znajdują się tu także wszystkie funkcje pomocnicze do rozpakowywania archiwum

4.1.3 Gramatyka reguł

Jedną z funkcjonalności systemu jest parser reguł, które są wczytywane z pliku tekstowego, a następnie na ich podstawie generowany jest kod nowych funkcji, które przekazywane są do mechanizmu wnioskującego. Aby można było stworzyć taki parser najpierw trzeba było zaprojektować gramatykę, zgodnie z którą można zapisywać reguły w pliku tekstowym. Gramatyka ta ma następującą postać:

```

RULE = EXPR >>FACT
EXPR = (EXPR OpL EXPR) | (WSK OpA NUM) | (WSK OpA WSK) | (FACT)
OpL = and | or
OpA = > | < | ==
WSK = [A-Z]+[A-Z0-9]*
FACT = [a-z]+[a-z0-9]*
NUM = [-+]?[0-9]+[.]?[0-9]*[0-9]+

```

W pierwszej kolejności linia z regułą wczytana z pliku parsowana jest przez bibliotekę Instaparse [5] do listy tokenów, czyli par opisanych jako

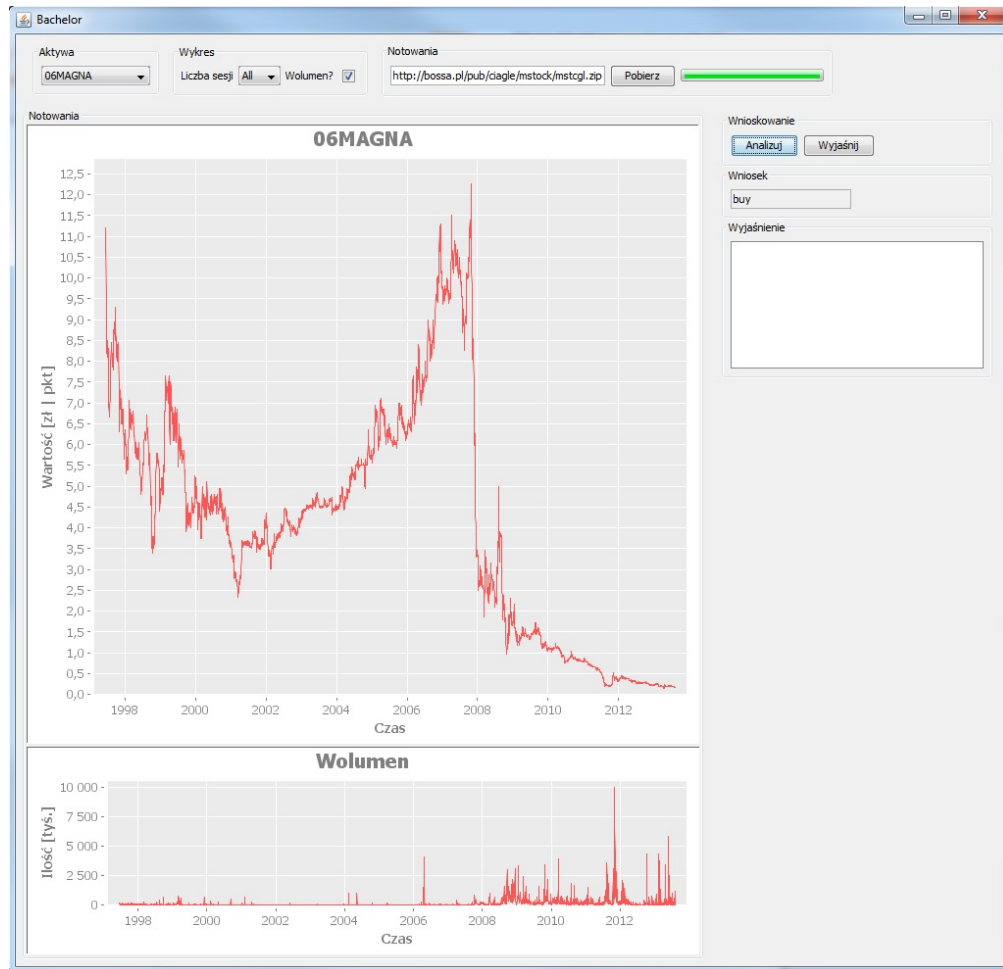
[:TYP_TOKENA WARTOŚĆ]

Następnie element z listy o typie :EXPR przekazywany jest do funkcji, która sprawdza, którym wariantem wyrażenia jest przekazany token. Na tej podstawie tworzy listę symboli możliwych do zinterpretowania przez Clojure, które odpowiadają funkcjonalnie treści wyrażenia. Utworzona lista symboli jest wykorzystywana

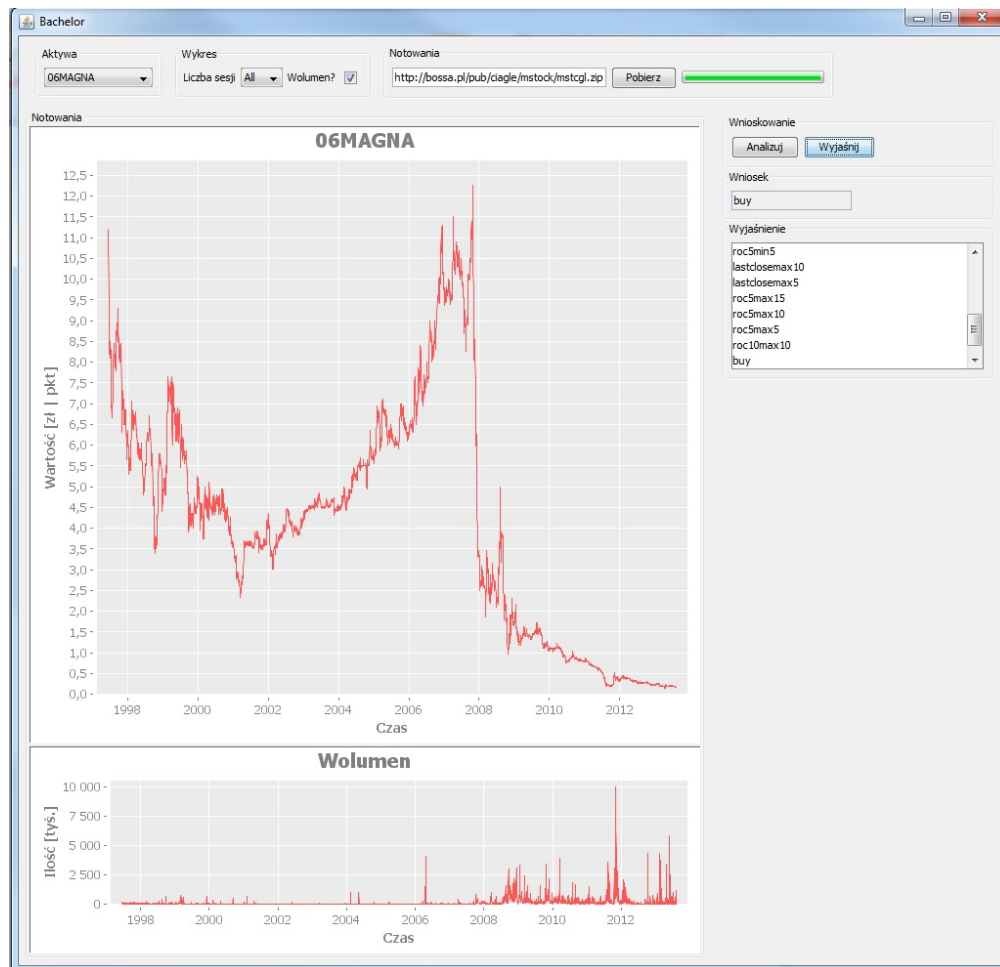
jako „ciało” funkcji przez makro, które generuje nowe funkcje reprezentujące reguły. Każde tak wygenerowane wyrażenie musi zwracać wartość logiczną prawdą bądź fałsz. Podczas procesu wnioskowania zależnie od tej wartości do listy faktów dodawany jest nowy fakt, bądź mechanizm przechodzi do ewaluacji kolejnej funkcji - reguły.

4.1.4 Mechanizm wnioskujący

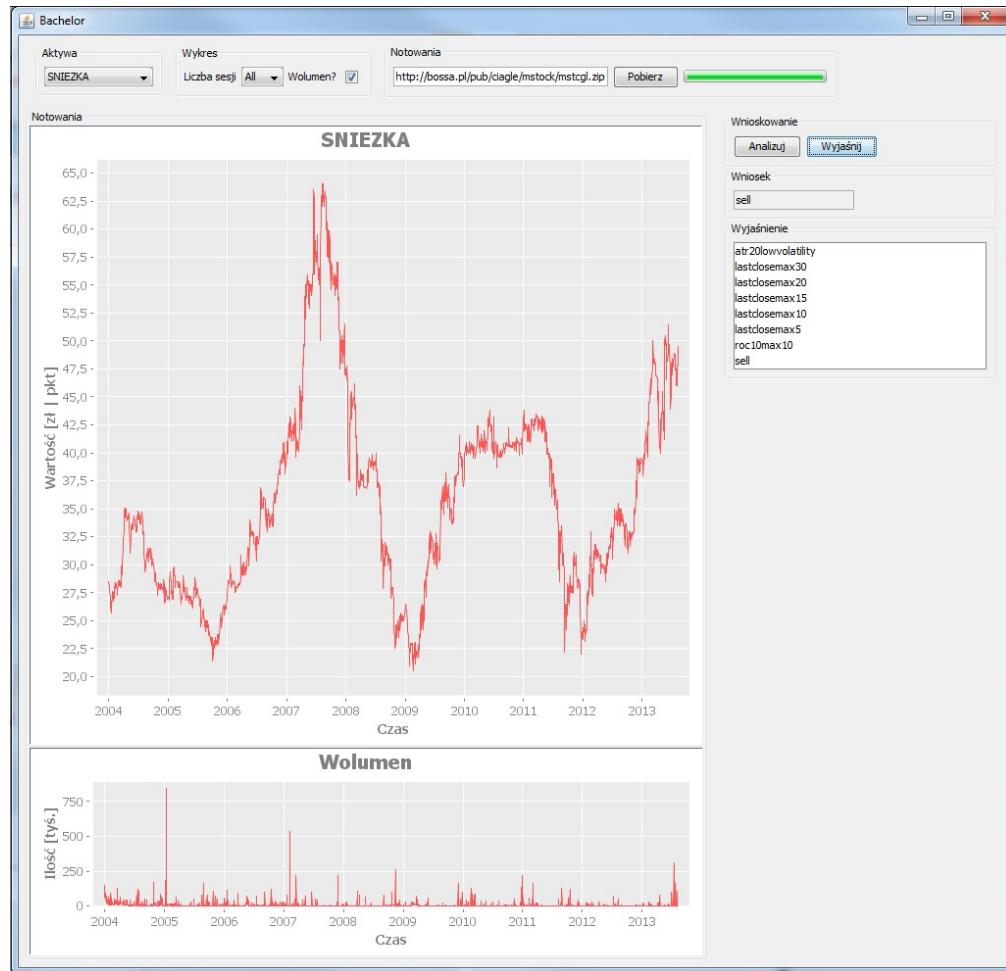
Silnik wnioskujący opiera się o wnioskowanie w przód i składa się z dwóch funkcji. Pierwsza z nich cyklicznie wywołuje drugą, przekazując do niej listę reguł i aktualną listę faktów. Druga funkcja uruchamia kolejno wszystkie reguły. Jeśli można uruchomić regułę i wartość logiczna jej wyrażenia to prawda, wtedy sprawdzane jest czy na liście faktów znajduje się już fakt generowany przez tą regułę. Jeśli nie, jest on dodawany i uruchamiana jest kolejna reguła. Po każdym wykonaniu funkcji sprawdzającej wszystkie reguły, główna funkcja wnioskująca sprawdza, czy na liście faktów pojawił się fakt mówiący o tym aby kupić bądź sprzedać dane akcje. Dodatkowo sprawdza też, czy zmieniła się liczba wygenerowanych faktów. Jeśli nie, oznacza to, że nie można uruchomić już żadnej nowej reguły i nie da się uzyskać wniosku kupuj bądź sprzedaj.



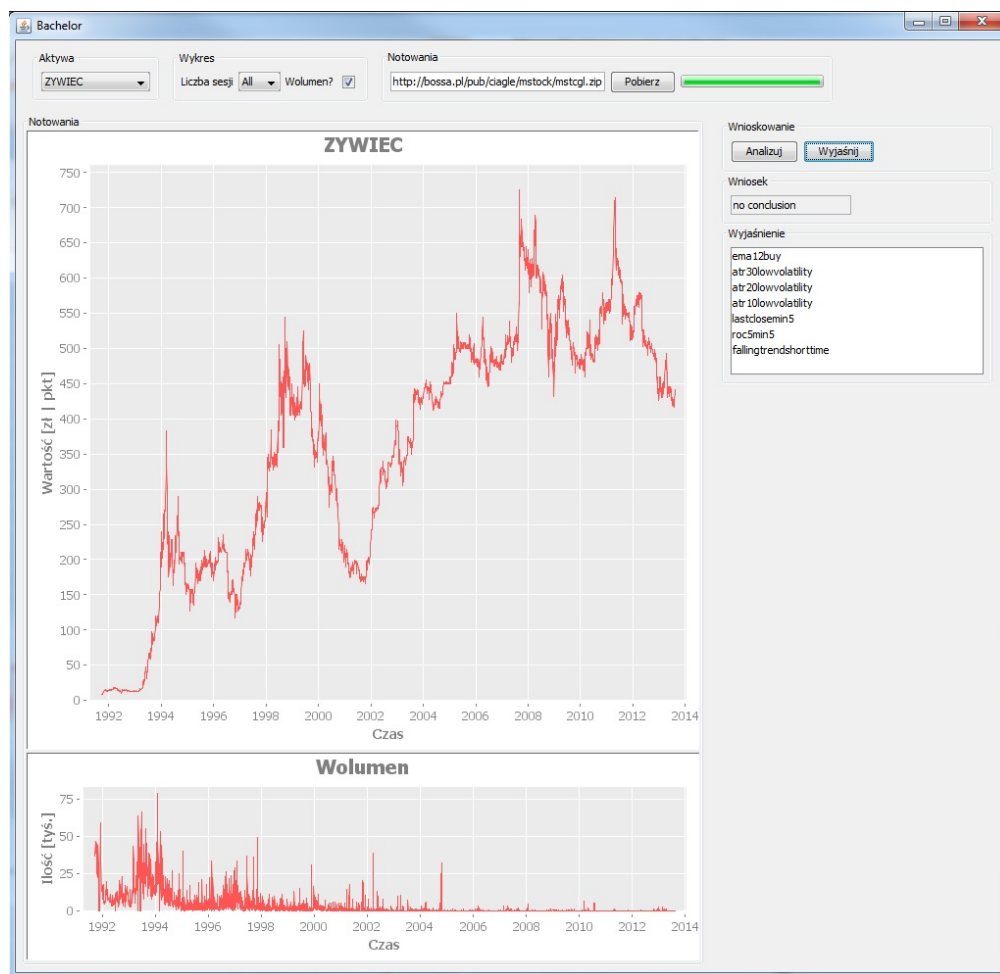
Rysunek 4.2: Analiza notowań spółki



Rysunek 4.3: Przedstawienie listy wygenerowanych faktów podczas wnioskowania - wariant z wnioskiem kupuj



Rysunek 4.4: Przedstawienie listy wygenerowanych faktów podczas wnioskowania - wariant z wnioskiem sprzedaj



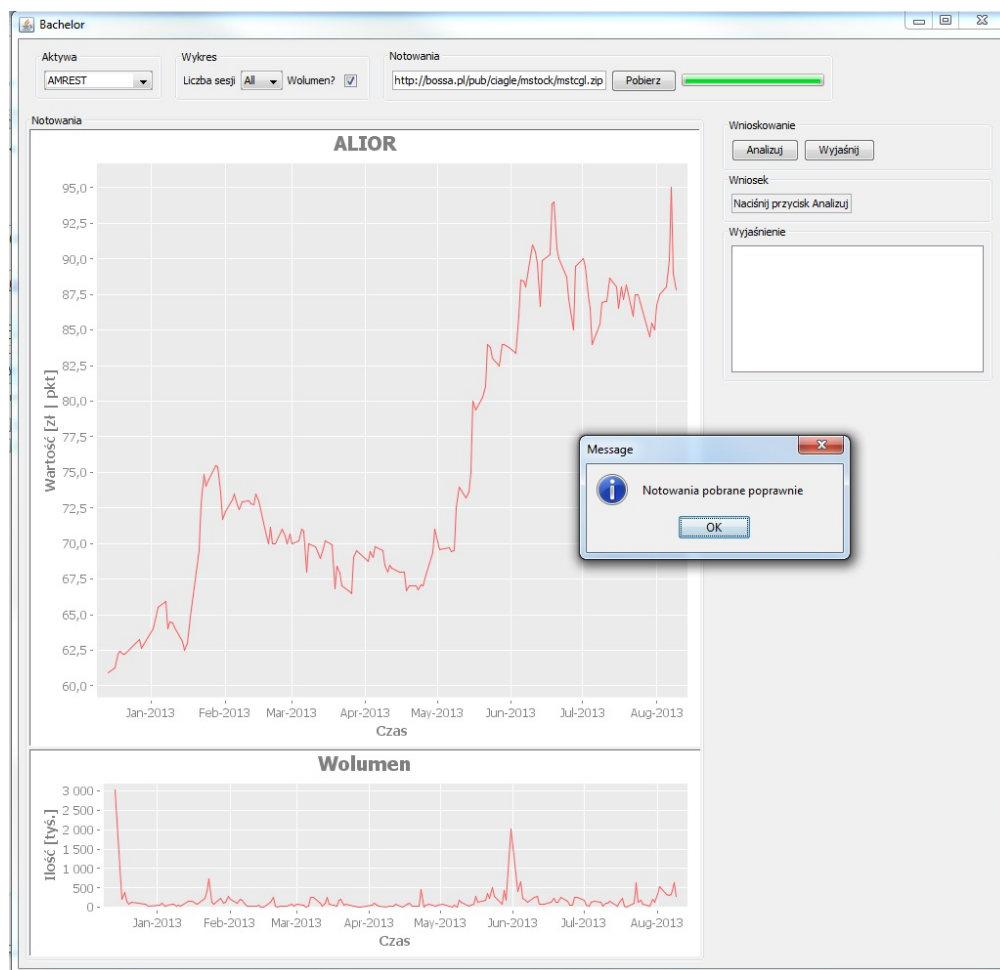
Rysunek 4.5: Przedstawienie listy wygenerowanych faktów podczas wnioskowania - wariant przy braku wniosków

4.1.5 Obsługa plików ZIP

Archiwum ZIP z notowaniami spółek z GPW w Warszawie obsługiwane jest w przestrzeni nazw bachelor.zip. Po naciśnięciu przycisku Pobierz wywoływana jest funkcja, która pobiera plik ZIP ze wskazanego w polu tekstowym adresu www. Następnie ścieżka do zapisanego pliku przekazywana jest do głównej funkcji rozpakowującej. Funkcja ta dla każdego elementu z archiwum tworzy nowy plik z nazwą tego elementu, a następnie zapisuje do niego tablicę bajtów z zawartością tego pliku. Ze względu na obsługę paska postępu wykonywanych operacji, główna funkcja wnioskująca znajduje się w głównej przestrzeni nazw, a wszystkie funkcje pomocnicze w przestrzeni bachelor.zip. Cały proces pobierania i rozpakowywania archiwum odbywa się w osobnym wątku, tak aby nie blokować działania reszty interfejsu użytkownika.



Rysunek 4.6: Pobieranie nowych notowań



Rysunek 4.7: Poprawne pobranie i rozpakowanie nowych notowań

4.1.6 Struktura danych o notowaniach

Dane o notowaniach spółek giełdowych, które wczytywane są z pliku, w aplikacji przechowywane są w następującej strukturze:

Company

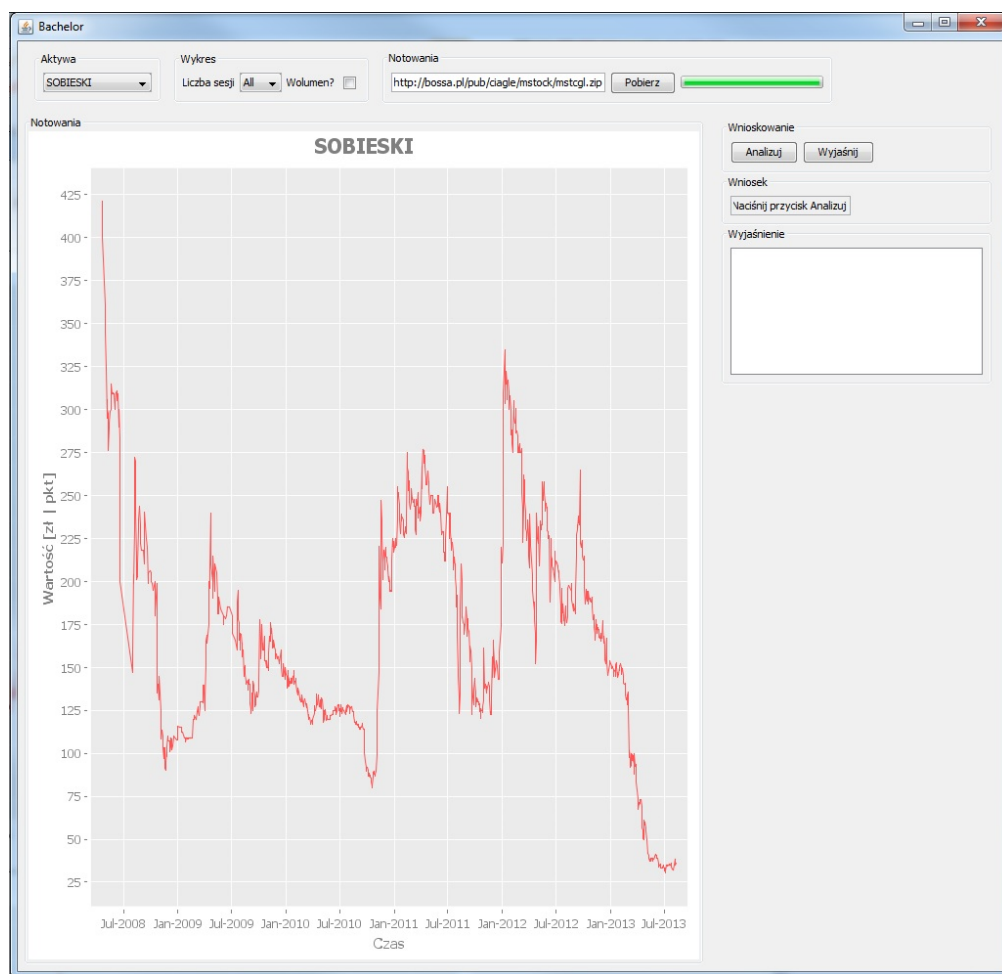
- Name - nazwa spółki
- Session
 - Date - data sesji
 - Open - cena otwarcia sesji
 - High - cena maksymalna podczas sesji
 - Low - cena minimalna podczas sesji
 - Close - cena zamknięcia sesji
 - Vol - wolumen

4.1.7 Wykresy

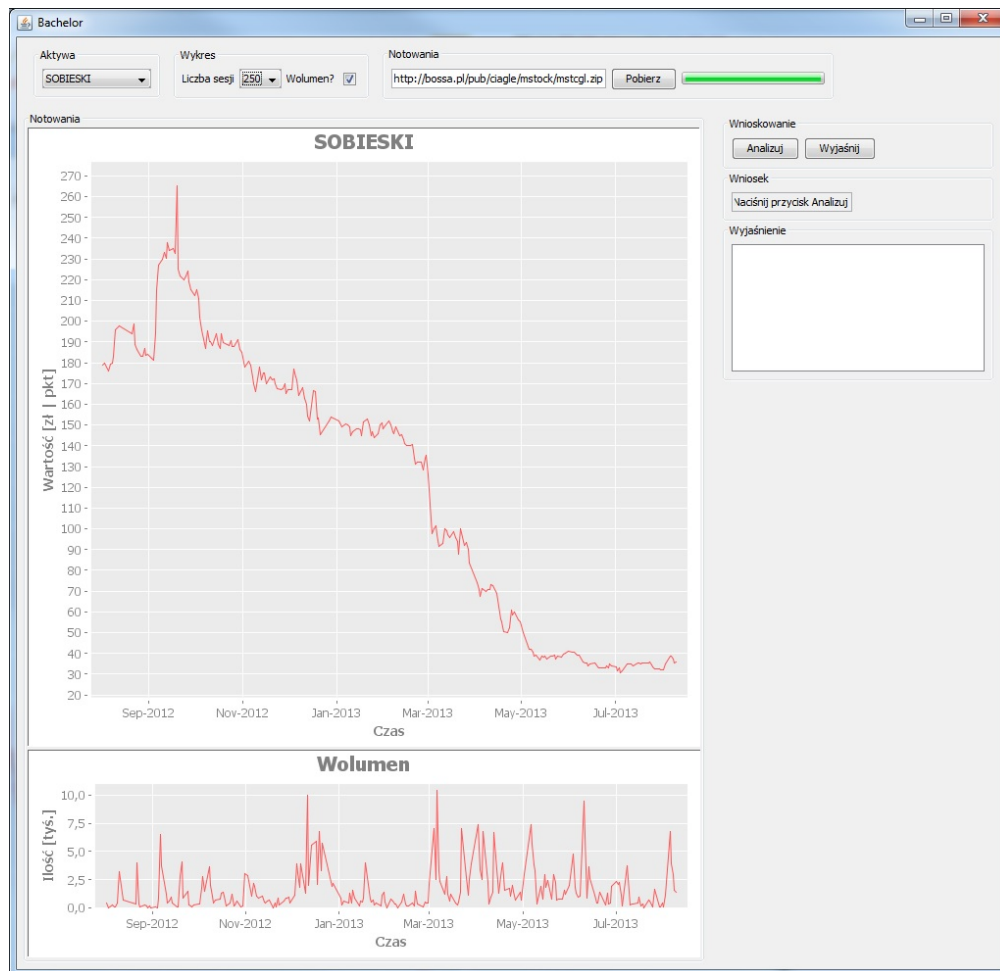
W aplikacji została wykorzystana biblioteka Incanter [8] pozwalająca generować wykresy z dostarczonych struktur danych. Wykorzystywany jest jedynie szablon wykresów czasowych, do którego przekazujemy listę dat jako wartości dla osi poziomej i drugą listę z wartościami dla osi pionowej. Domyślnie rysowane są dwa wykresy:

- Wartości akcji (indeksu) - główny wykres przedstawiający cenę akcji wybranej spółki, bądź wartość wybranego indeksu
- Wolumenu - dodatkowy wykres prezentujący wartość wolumenu

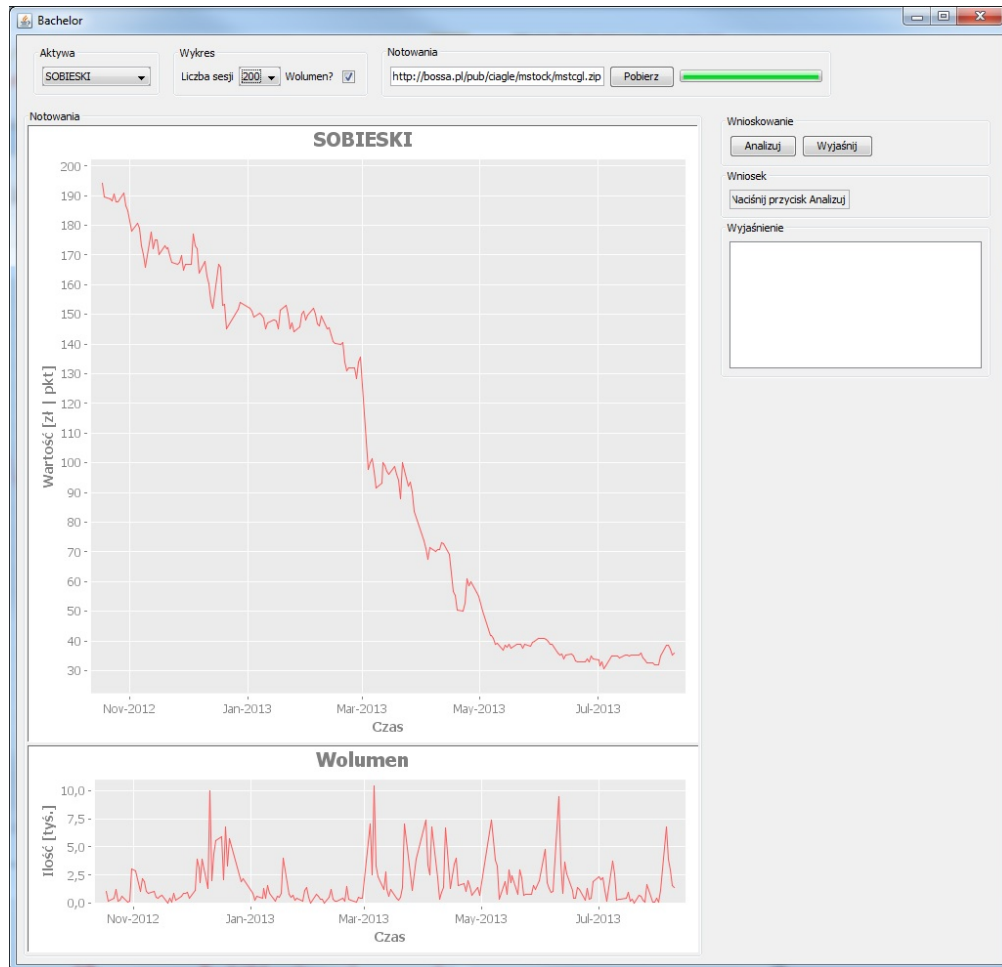
Istnieje możliwość ukrycia wykresu wolumenu, a także wyboru z rozwijanej listy dla ilu sesji mają być rysowane wykresy.



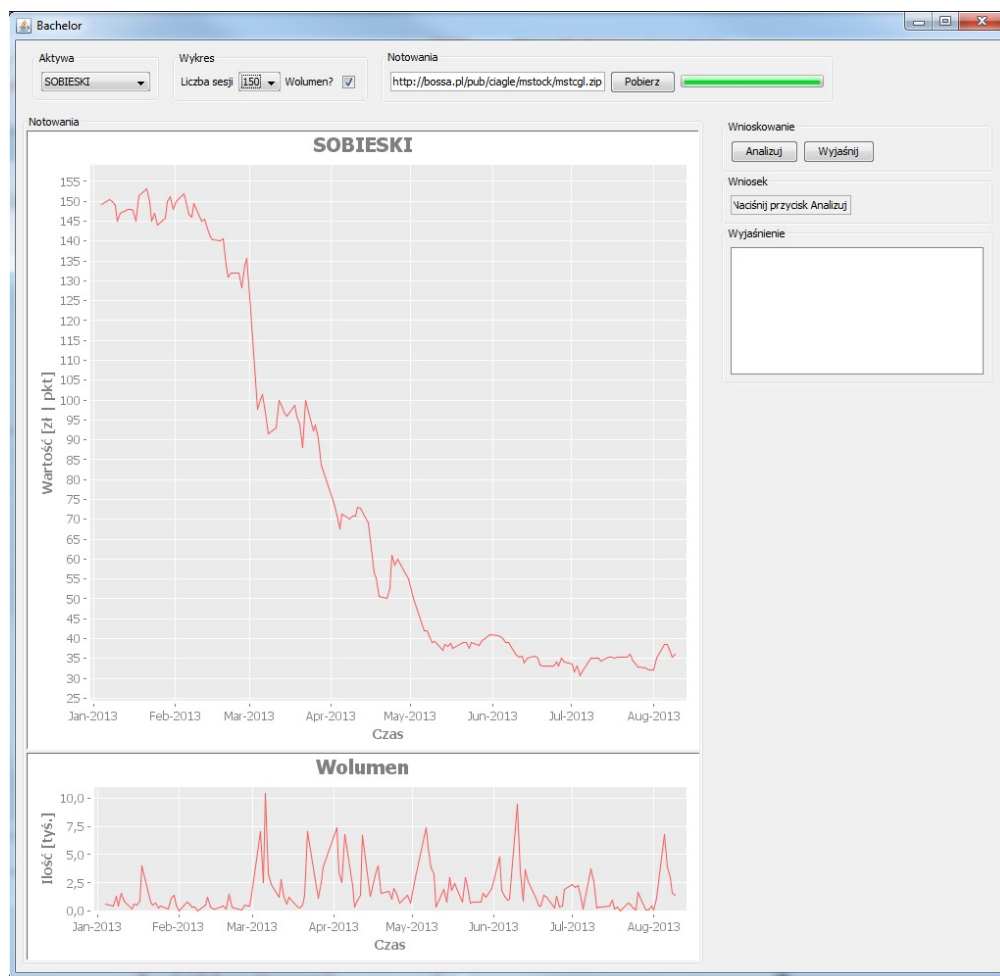
Rysunek 4.8: Widok z ukrytym wykresem wolumenu



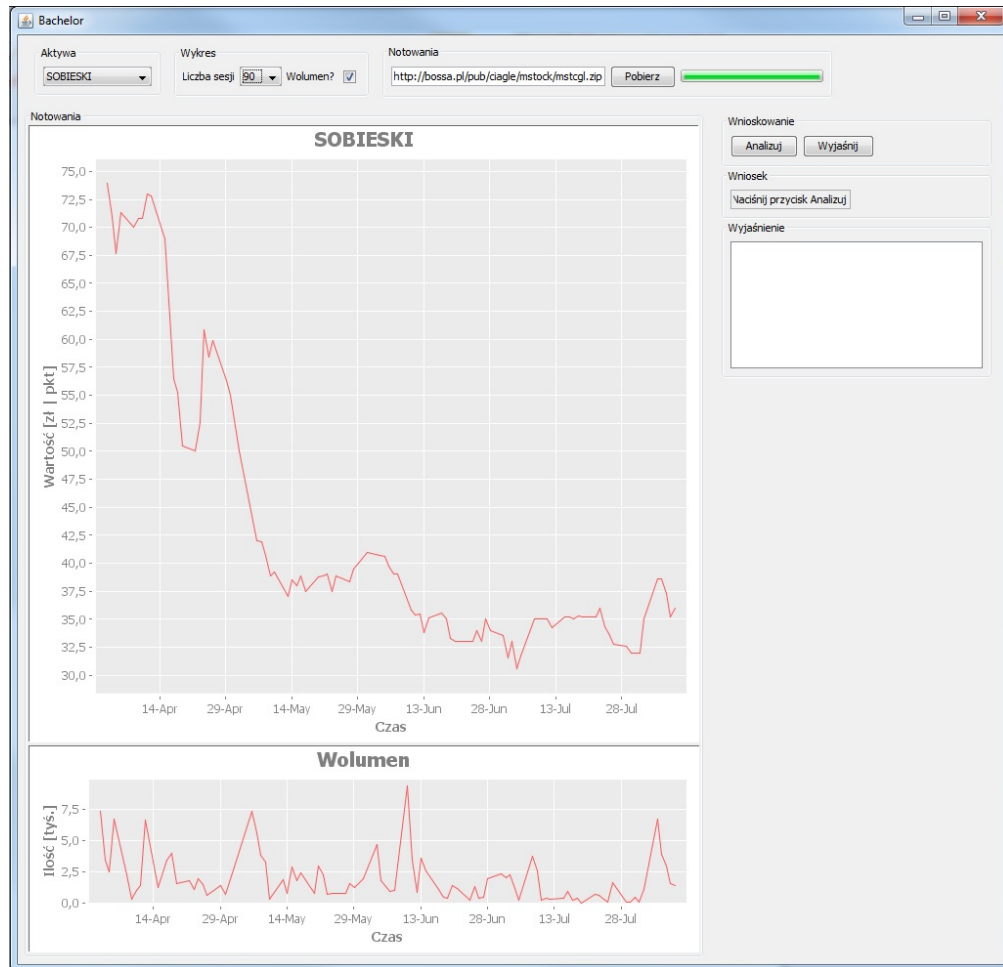
Rysunek 4.9: Widok wykresów dla 250 ostatnich sesji



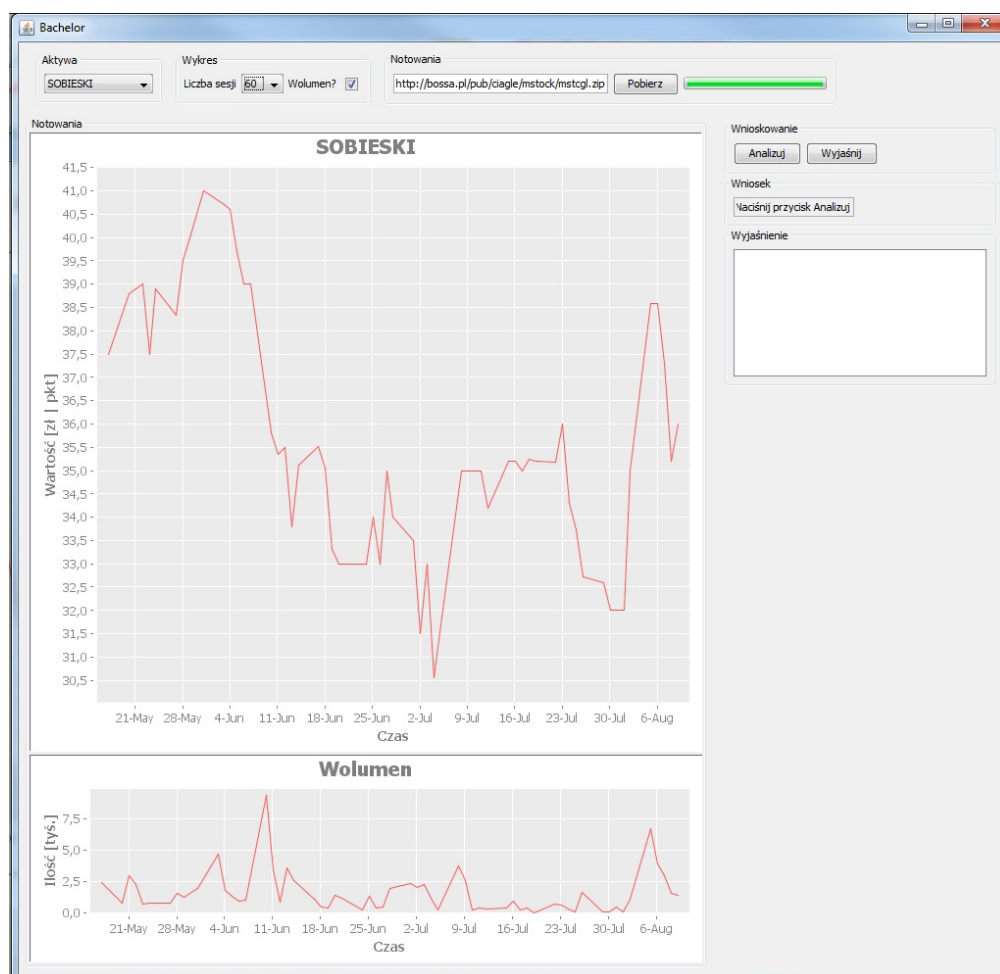
Rysunek 4.10: Widok wykresów dla 200 ostatnich sesji



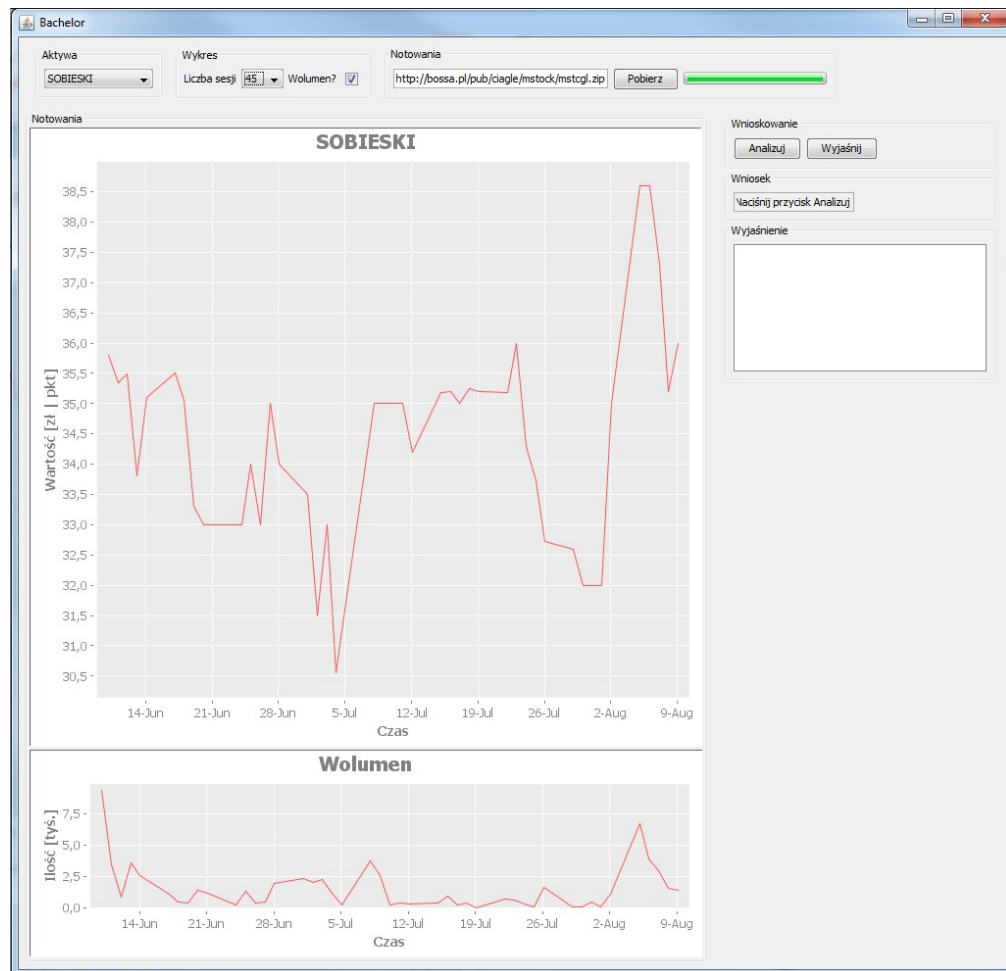
Rysunek 4.11: Widok wykresów dla 150 ostatnich sesji



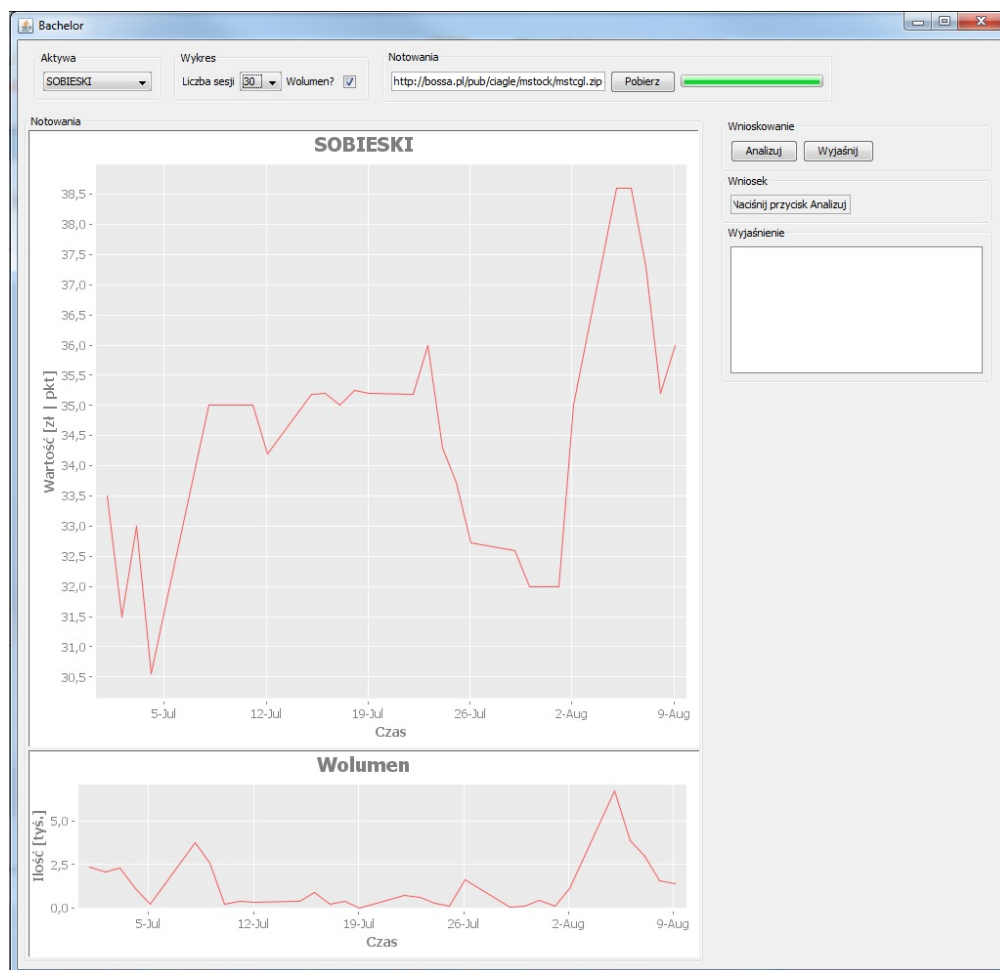
Rysunek 4.12: Widok wykresów dla 90 ostatnich sesji



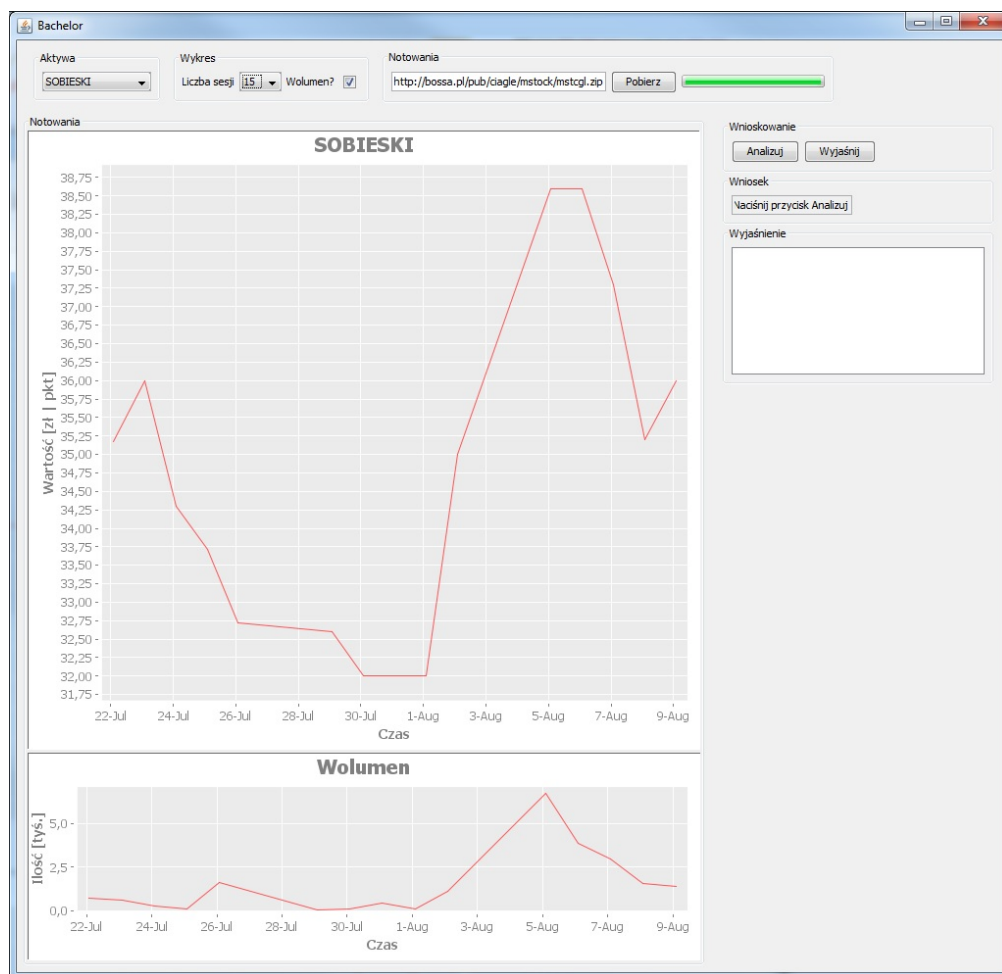
Rysunek 4.13: Widok wykresów dla 60 ostatnich sesji



Rysunek 4.14: Widok wykresów dla 45 ostatnich sesji



Rysunek 4.15: Widok wykresów dla 30 ostatnich sesji



Rysunek 4.16: Widok wykresów dla 15 ostatnich sesji

4.1.8 Obliczane wskaźniki analizy technicznej

Podczas procesu wnioskowania wykorzystywanych jest wiele wskaźników analizy technicznej. Poniżej znajduje się lista tych wskaźników wraz ze sposobem ich obliczania:

MFI - Money Flow Index

$$MFI = 100 \times \frac{\text{pozytywny money flow}}{\text{pozytywny money flow} + \text{negatywny money flow}}$$

, gdzie

- „pozytywny money flow” jest sumą *money flow* z dni, w których cena typowa przewyższała cenę typową z dnia poprzedniego
- „negatywny money flow” jest sumą *money flow* z dni, w których cena typowa była niższa niż w dniu poprzednim
- $\text{money flow} = \text{cena typowa} \times \text{wolumen}$
- $\text{cena typowa} = \frac{\text{cena maksymalna} + \text{cena minimalna} + \text{cena zamknięcia}}{3}$

ATR - Average True Range

Jest to średnia arytmetyczna z rzeczywistego zakresu zmian (ang. TR - True Range) dla zadanej liczby sesji. TR to największa co do modułu wartość z:

- różnicy między ceną najwyższą i najniższą podczas analizowanej sesji
- różnicy między ceną zamknięcia sesji poprzedzającej analizowaną sesję a ceną najwyższą podczas analizowanej sesji
- różnicy między ceną zamknięcia sesji poprzedzającej analizowaną sesję a ceną najniższą podczas analizowanej sesji

ROC - Wskaźnik zmiany ROC (ang. Rate of Change)

$$ROC(n, k) = \frac{C_n - C_{n-k}}{C_{n-k}} \times 100\%$$

, gdzie

- C - cena zamknięcia
- n - numer analizowanej sesji
- k - liczba sesji wstecz w odniesieniu do obecnie analizowanej

Momentum

$$Momentum(n, k) = C_n - C_{n-k}$$

, gdzie

- C - cena zamknięcia
- n - numer analizowanej sesji
- k - liczba sesji wstecz w odniesieniu do obecnie analizowanej

SMA - Prosta średnia krocząca (ang. Simple moving average)

$$SMA = \frac{C_0 + C_1 + \dots + C_{n-1}}{n}$$

, gdzie

- C - cena zamknięcia
- n - liczba analizowanych sesji

WMA - Ważona średnia krocząca (ang. Weighted moving average)

$$WMA = \frac{nC_0 + (n-1)C_1 + \dots + C_{n-1}}{n + (n-1) + \dots + 2 + 1}$$

, gdzie

- C - cena zamknięcia
- n - liczba analizowanych sesji, a zarazem wagi kolejnych okresów

EMA - Wykładnicza średnia krocząca (ang. Exponential moving average)

$$EMA = \frac{C_0 + (1-\alpha)C_1 + (1-\alpha)^2C_2 + (1-\alpha)^3C_3 + \dots + (1-\alpha)^nC_n}{1 + (1-\alpha) + (1-\alpha)^2 + (1-\alpha)^3 + \dots + (1-\alpha)^n}$$

, gdzie

- C - cena zamknięcia
- n - liczba analizowanych sesji
- $\alpha = \frac{2}{n+1}$

RSI - Wskaźnik siły względnej (ang. Relative Strength Index)

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}$$

, gdzie

- $RS = \left(\frac{a}{b}\right)$
- a - średnia wartość wzrostu cen zamknięcia z x sesji
- b - średnia wartość spadku cen zamknięcia z x sesji

Accumulation/Distribution

$$Accum/Distr = Accum/Distr_{poprz} + wolumen \times CLV$$

, gdzie

$$CLV = \frac{(C_{zamknicia} - C_{minimalna}) - (C_{maksymalna} - C_{zamknicia})}{C_{maksymalna} - C_{minimalna}}$$

MACD - Moving Average Convergence/Divergence

Wskaźnik składa się z dwóch linii:

- Linia MACD - $MACD = EMA(26) - EMA(12)$
- Linia sygnału - powstaje ze średniej wykładniczej o okresie 9 z linii MACD

4.2 Badania

4.2.1 Opis przeprowadzonych analiz

Przy pomocy stworzonej aplikacji przeprowadziłem serię analiz różnych spółek notowanych na GPW w Warszawie. Analizy przeprowadziłem w perspektywie średnio i krótkoterminowej. Dla analizy średnioterminowej wykorzystywałem notowania sprzed 60 sesji, natomiast dla krótkoterminowej sprzed 20. W obu przypadkach analizie poddanych zostało po 5 spółek z indeksów WIG20, mWIG40 i sWIG80. Dla WIG20:

- PKOBP
- KGHM
- PGE
- TPSA

- JSW

Dla mWIG40:

- ALIOR
- TVN
- NETIA
- INTERCARS

- GPW

Dla sWIG80:

- WAWEL
- AMICA
- ATM
- DEBICA
- BENEFIT

4.2.2 Wyniki badań

Analiza spółek z indeksu WIG20

Najpierw wyniki analizy w perspektywie krótkoterminowej, czyli dla notowań sprzed 20 sesji.

Spółka	Cena 20 sesji wstecz	Cena aktualna	Wniosek
PKOBP	35.95	39.00	Sprzedaj
KGHM	119.50	125.95	Brak wniosków
PGE	14.50	15.12	Sprzedaj
TPSA	7.97	7.51	Kup
JSW	67.41	66.95	Brak wniosków

Tabela 4.1: Wyniki analizy spółek z WIG20 w krótkim terminie

Spółka	Cena 60 sesji wstecz	Cena aktualna	Wniosek
PKOBP	34.50	39.00	Brak wniosków
KGHM	140.50	125.95	Kup
PGE	17.48	15.12	Sprzedaj
TPSA	7.80	7.51	Brak wniosków
JSW	79.85	66.95	Brak wniosków

Tabela 4.2: Wyniki analizy spółek z WIG20 w średnim terminie

ROZDZIAŁ 4. WYNIKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Spółka	Cena 20 sesji wstecz	Cena aktualna	Wniosek
ALIOR	88.65	87.80	Kup
TVN	10.90	12.62	Brak wniosków
NETIA	4.33	4.99	Brak wniosków
INTERCARS	134.00	163.00	Brak wniosków
GPW	38.19	36.83	Brak wniosków

Tabela 4.3: Wyniki analizy spółek z mWIG40 w krótkim terminie

Spółka	Cena 60 sesji wstecz	Cena aktualna	Wniosek
ALIOR	80.00	87.80	Sprzedaj
TVN	9.60	12.62	Sprzedaj
NETIA	4.41	4.99	Brak wniosków
INTERCARS	109.00	163.00	Kup
GPW	40.75	36.83	Brak wniosków

Tabela 4.4: Wyniki analizy spółek z mWIG40 w średnim terminie

Spółka	Cena 20 sesji wstecz	Cena aktualna	Wniosek
WAWEL	861.00	975.00	Brak wniosków
AMICA	74.09	90.90	Sprzedaj
ATM	11.56	12.15	Brak wniosków
DEBICA	64.46	76.53	Brak wniosków
BENEFIT	38.19	279.45	Brak wniosków

Tabela 4.5: Wyniki analizy spółek z sWIG80 w krótkim terminie

Spółka	Cena 60 sesji wstecz	Cena aktualna	Wniosek
WAWEL	808.95	975.00	Brak wniosków
AMICA	72.67	90.90	Brak wniosków
ATM	11.75	12.15	Brak wniosków
DEBICA	65.41	76.53	Brak wniosków
BENEFIT	275.00	279.45	Brak wniosków

Tabela 4.6: Wyniki analizy spółek z sWIG80 w średnim terminie

Rozdział 5

Podsumowanie i wnioski

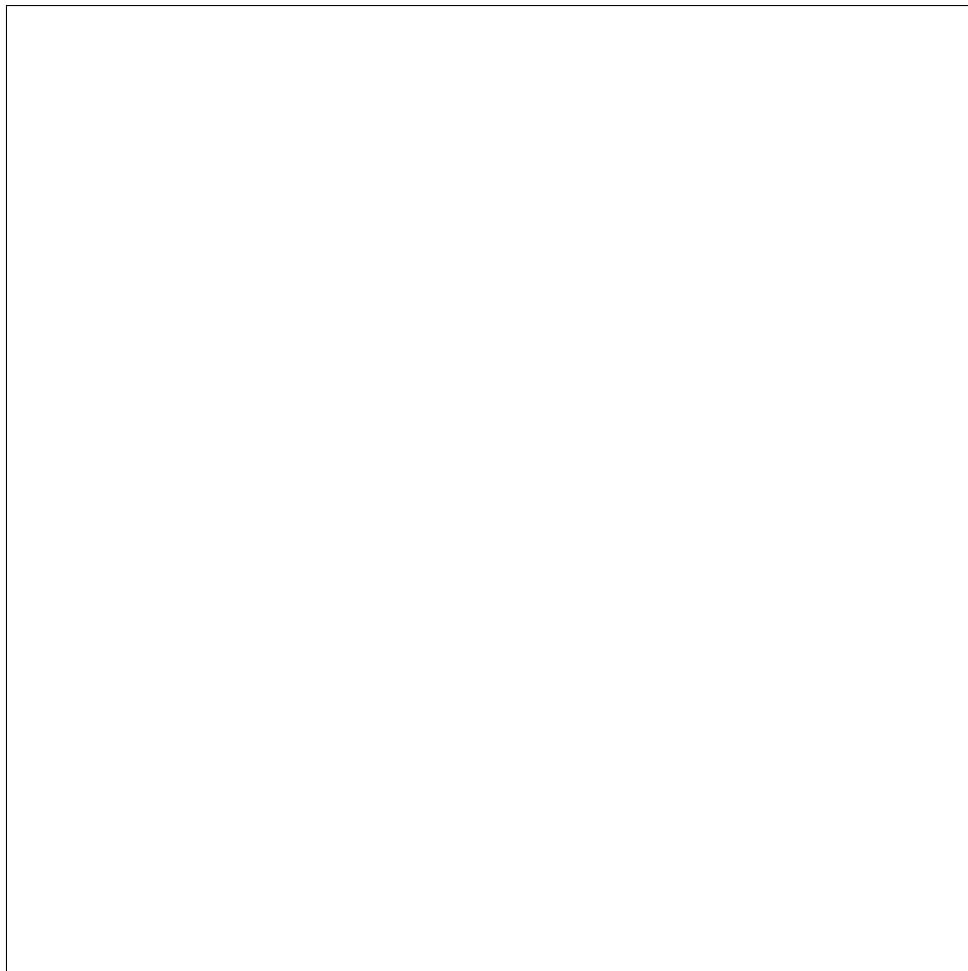
Podsumowanie jest, obok Wstępu, najważniejszym rozdziałem pracy. Należy tutaj jeszcze raz podsumować wykonane prace. Szczególny nacisk należy położyć na wkład własny autora i uzyskane oryginalne rezultaty. Należy odwołać się do celów pracy z rozdziału 1.1 – można je powtórzyć – i jasno wskazać, że zostały one zrealizowane (należy powołać się na wyniki z rozdziału 4). Wyniki należy podsumować zwięźle i precyzyjnie, np. *uzyskano przyspieszenie algorytmu o $X\%$..., skrócono czas o ...* itd. **Należy wskazać perspektywy dalszych badań.**

Bibliografia

- [1] KBibTeX. <http://home.gna.org/kbibtex/>.
- [2] Kile - an Integrated LaTeX Environment. <http://kile.sourceforge.net/>.
- [3] Repozytorium biblioteki clj-http. <https://github.com/dakrone/clj-http>.
- [4] Repozytorium biblioteki clj-time. <https://github.com/clj-time/clj-time>.
- [5] Repozytorium biblioteki instaparse. <https://github.com/Engelberg/instaparse>.
- [6] Repozytorium biblioteki seesaw. <https://github.com/daveray/seesaw>.
- [7] Repozytorium projektu clooj. <https://github.com/arthuredelstein/clooj>.
- [8] Strona domowa biblioteki incanter. <http://incanter.org/>.
- [9] Strona domowa języka clojure. <http://clojure.org/>.
- [10] Strona domowa projektu leiningen. <http://leiningen.org/>.
- [11] TeX Live. <http://www.tug.org/texlive/>.
- [12] S. Halloway. *Programming Clojure*. 2012.
- [13] J. Mulawka. *Systemy ekspertowe*. 1997.
- [14] J. Murphy. *Analiza techniczna rynków finansowych*. 2008.
- [15] A. Niewiadomski. Szablon pracy dyplomowej. <http://ics.p.lodz.pl/~aniewiadomski/mgr/szablon-konspekt.pdf>, 2010.
- [16] T. Oetiker. The not so short introduction to LaTeX2e. <http://tobi.oetiker.ch/lshort/lshort.pdf>, 2011.

Dodatek A

Płyta CD



Do pracy należy dołączyć podpisaną płytę CD w papierowej kopercie. Poniżej należy zamieścić opis zawartości katalogów.

Zawartość katalogów na płycie:

dat : pliki z danymi wykorzystane w trakcie badań

db : Zrzut bazy danych potrzebnej do działania aplikacji

dist : dystrybucyjna wersja aplikacji przeznaczona do uruchamiania

doc : elektroniczna wersja pracy magisterskiej oraz dwie prezentacje wygłoszone podczas seminarium dyplomowego

ext : ten katalog powinien zawierać ewentualne aplikacje dodatkowe potrzebne do uruchomienia stworzonej aplikacji, np. środowisko Java, PostgreSQL itp.

src : kod źródłowy aplikacji (projekt środowiska Eclipse / Netbeans / Qt Creator / ...)

Oczywiście nie wszystkie powyższe katalogi są wymagane, np. dat, db albo ext mogą być niepotrzebne.