

# Izrada automatiziranog agenta za kvantitativno trgovanje dionicama

---

Ivančić, Jan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:980157>

*Rights / Prava:* [Attribution 3.0 Unported/Imenovanje 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE  
VARAŽDIN**

**Jan Ivančić**

**IZRADA AUTOMATIZIRANOG AGENTA  
ZA KVANTITATIVNO TRGOVANJE  
DIONICAMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Varaždin, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE**  
**V A R A Ž D I N**

**Jan Ivančić**

**JMBAG: 0016150494**

**Studij: Informacijski i poslovni sustavi**

**IZRADA AUTOMATIZIRANOG AGENTA ZA KVANTITATIVNO**  
**TRGOVANJE DIONICAMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor:**

**Doc. dr. sc. Mladen Konecki**

**Varaždin, srpanj 2023.**

*Jan Ivančić*

### **Izjava o izvornosti**

Izjavljujem da je moj završni/diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

*Autor/Autorica potvrdio/potvrdila prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI-radovi*

---

## Sažetak

Ovaj završni rad se usredotočuje na razvoj algoritma za trgovanje dionicama koristeći tehnički indikator RSI. Metodološki temelj je postavljen na analizi vremenskih serija i tehničkoj analizi financijskih podataka, koristeći Python i Alpaca API za upravljanje nalogima za trgovanje.

Kroz rad se objašnjava kod za prikupljanje podataka o cijenama dionica, izračunavanje RSI vrijednosti i donošenje odluka o kupnji ili prodaji. Algoritam je dizajniran za automatizirano trgovanje na temelju RSI vrijednosti različitih kompanija, uključujući Apple, Microsoft, NVIDIA, AMD i Tesla, te uključuje stop-loss mehanizam.

Glavna teza rada je da se korištenjem RSI indikatora mogu donositi učinkovite odluke o trgovanju dionicama. Algoritam također uzima u obzir vremenska ograničenja tržišta, osiguravajući zatvaranje otvorenih pozicija prije zatvaranja tržišta, čime se smanjuje rizik.

Rad se zaključuje evaluacijom algoritma na osnovi stvarnih tržišnih podataka, pružajući uvid u mogućnosti i ograničenja ovog pristupa. Evaluacija algoritma provodi se na temelju stvarnih tržišnih podataka i performansi algoritma tijekom određenog vremenskog razdoblja.

**Ključne riječi:** algoritamsko trgovanje dionicama, RSI indikator, Alpaca API, kupovina i prodaja dionica, Python, automatizirani sustav trgovanja, analiza vremenskih serija

# Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. Uvod .....   | 1  |
| 2. Pregled literature .....   | 2  |
| 2.1. Uvod u trgovanje dionicama: Povijest i evolucija .....                             | 2  |
| 2.2. Tehnička analiza i RSI indikator: Teorijski okvir.....                             | 3  |
| 2.3. Pregled algoritama za trgovanje dionicama: Perspektiva istraživanja.....           | 4  |
| 2.4. Kriteriji za odabir dionica: Strategije i metode.....                              | 5  |
| 3. Metodologija .....   | 6  |
| 3.1. Prikupljanje podataka: Yahoo Finance API .....                                     | 6  |
| 3.2. Izračunavanje RSI indikatora: Primjena TA-Lib .....                                | 7  |
| 3.3. Algoritmi za trgovanje: Razrada logike kupnje, prodaje i upravljanja rizikom ..... | 9  |
| 3.4. Upravljanje pozicijama: Automatizacija procesa.....                                | 14 |
| 4. Implementacija.....  | 16 |
| 4.1. Parametri trgovanja i konfiguracija parametara .....                               | 16 |
| 4.2. Proces trgovanja: Detaljna analiza koraka .....                                    | 17 |
| 4.3. Analiza podataka: Primjena algoritma na različite dionice .....                    | 18 |
| 5. Primjena Algoritma i Evaluacija.....   | 19 |
| 5.1. Prikaz rezultata: Performanse agenta na tržištu .....                              | 19 |
| 5.2. Evaluacija performansi: Primjena različitih metrika.....                           | 25 |
| 5.3. Analiza transakcija: Uvidi u uspješne i neuspješne kupnje .....                    | 27 |
| 5.4. Analiza rezultata: Uspjeh i profitabilnost trgovanja .....                         | 28 |
| 6. Zaključak .....  | 29 |
| Popis literature .....  | 30 |
| Popis slika .....   | 32 |
| Popis tablica.....  | 33 |

# 1. Uvod

U doba digitalizacije, tržišta dionica i kriptovaluta dostupna su svima putem interneta. Danas svatko može trgovati dionicama, obveznicama, opcijama, valutama i brojnim financijskim izvedenicama. Ipak, uspješno i profitabilno trgovanje zahtijeva precizno, brzo i duboko razumijevanje tržišnih obrazaca i indikatora, što može biti veliki izazov za mnoge. Upravo iz tog razloga, automatizirano trgovanje koje se oslanja na algoritme postaje sve popularnije. Ovakav pristup omogućuje trgovcima povećanje profita i smanjenje mogućnosti ljudske pogreške.

U ovom radu, fokusiran sam na stvaranje agenta za automatizirano trgovanje dionicama. Moj interes za automatizaciju, osobne financije i trgovanje dionicama motivirao me za ovakav projekt. Glavni cilj rada je istražiti mogućnosti automatiziranog procesa trgovanja na konkretnom primjeru.

U radu se detaljno obrađuju glavne prepreke u stvaranju ovakvog softvera, uključujući razumijevanje i korištenje tehničkih alata poput Indeksa relativne snage (RSI), odabir optimalnih parametara trgovanja poput pragova kupnje i prodaje, te razumijevanje i upravljanje rizicima kroz alate kao što su zaustavljanje gubitaka.

Za implementaciju agenta za trgovanje koristim Python, uz pomoć Alpaca API-ja za postavljanje naloga za trgovanje i Yahoo Finance API-ja za prikupljanje podataka o dionicama. Koristim RSI, generiran putem TA-Lib programa, kao ključni tehnički indikator.

Kroz ovaj rad, nadam se produbiti svoje razumijevanje o tome što je potrebno za održivost ovakvog softvera, te kako su slični procesi automatizirani u sektoru trgovanja. Ovaj rad namijenjen je svima koji su zainteresirani za automatizaciju trgovanja, kao i onima koji žele razumjeti kako se algoritmi mogu koristiti za rješavanje stvarnih financijskih problema.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Uvod u trgovanje dionicama: Povijest i evolucija

Počevši od rane Amsterdamske burze, koja je prva predložila pojmove današnje suvremene trgovine, trgovanje dionicama ima dugu i zamršenu povijest koja datira iz 17. stoljeća [1]. Trgovci su mogli kupovati i prodavati vlasničke udjele u korporacijama na tim prvim burzama, omogućavajući tvrtkama prikupljanje novca za financiranje svojih operacija.

Sve transakcije u prvim godinama trgovanja događale su se u stvarnom vremenu na tržištu. Ali izum telegrafa u 19. stoljeću imao je značajan utjecaj na način na koji se odvijala trgovina. Telegraf je omogućio brže i učinkovitije trgovanje jer je mogao brzo prenijeti informacije na velike udaljenosti.

S razvojem tehnologije, trgovanje dionicama se dodatno transformiralo. Dolaskom interneta, trgovanje je postalo još brže i efikasnije, pružajući trgovcima mogućnost da trguju s bilo kojeg mjesta na svijetu. Ovaj prelazak na elektroničko trgovanje imao je dubok utjecaj na financijska tržišta i doveo do niza novih izazova, uključujući povećani sistemski rizik i niz financijskih kriza [2].

Zajedno s tehnološkim napretkom, trgovanje dionicama doživjelo je i sociološki pomak. Sve veći broj ljudi dobivao je pristup tržištima kapitala kako je trgovanje dionicama postajalo sve demokratičnije. Osim toga, prema Bernsteinu, različiti teorijski pojmovi koji su se pojavili tijekom 20. stoljeća, poput ideja poput učinkovitih tržišta, teorije portfelja i cijena opcija, imali su značajan utjecaj na razvoj modernog trgovanja dionicama [3].

Sve ove izmjene proizvele su današnje tržište na kojem se trgovanje odvija elektronički, a ulagači imaju pristup raznim instrumentima i taktikama za povećanje svoje zarade. Potreba za temeljitim razumijevanjem tržišnih obrazaca i financijskih pokazatelja još uvijek čini trgovanje složenim i rizičnim, unatoč činjenici da su ga teoretski i tehnološki napredak učinili pristupačnijim.



## 2.2. Tehnička analiza i RSI indikator: Teorijski okvir

Proces trgovanja dionicama je zamršen i zahtijeva niz alata za procjenu i predviđanje promjena cijena. Tehnička analiza, jedna od najpopularnijih metoda, usredotočena je na statističko ispitivanje tržišnih podataka, kao što su cijene i količina.[4]

Tehnička analiza temelji se na ideji da tržišne cijene pokazuju dosljedne obrasce. Ovi trendovi, koji se ponekad nazivaju uzorcima, mogu ponuditi važne naznake o potencijalnim pomacima cijena. Kako bi prepoznali te trendove i donijeli mudre odluke o trgovanju, tehnički analitičari koriste niz alata, kao što su grafikoni cijena, linije podrške i otpora te tehnički indikatori. [4]

Indeks relativne snage (RSI), koji je prvi uveo J. Welles Wilder 1978., jedan je od najčešće korištenih tehničkih indikatora. RSI je alat koji se koristi za mjerenje kretanja cijena i tempa kako bi se uočile tržišne okolnosti "overbought" ili "oversold". RSI se koristi za proizvodnju signala za kupnju i prodaju kada prođe određene kriterije. Na primjer, kada RSI poraste preko 70 i padne ispod 30, uobičajeno se smatra da je sredstvo prekupljeno, odnosno preprodano. [5]

Prosječni tržišni dobitci i gubici tijekom određenog vremenskog razdoblja koriste se za izračun RSI-ja prema formuli:

$$RSI = 100 - \left( \frac{100}{1 + RS} \right)$$

gdje je RS je omjer prosječnih dobitaka i prosječnih gubitaka.

Osim što je jednostavan, RSI se pokazao kao uspješan instrument za predviđanje mogućih tržišnih prekretnica. [5]

Ključno je zapamtiti da RSI ima ograničenja baš kao i drugi alati za tehničku analizu. Indikator je podložan stvaranju pogrešnih očitavanja, osobito tijekom vremena ekstremne volatilnosti. Kao rezultat toga, umjesto oslanjanja samo na jedan signal, odluke o trgovanju trebale bi biti podržane raznim alatima i studijama.

## **2.3. Pregled algoritama za trgovanje dionicama: Perspektiva istraživanja**

Algoritmi su ključni u svijetu trgovine i financija jer analiziraju i predviđaju tržišna kretanja. Upotreba algoritama za trgovanje dionicama postaje sve popularnija, a s vremenom postaju sve sofisticiraniji i složeniji.

Rani algoritmi trgovanja često su bili izgrađeni na ideji pokretnih prosjeka i općenito su bili prilično jednostavni. Statistička mjera poznata kao pomični prosjek određuje prosječnu cijenu vrijednosnice tijekom unaprijed određenog vremenskog razdoblja. Kada kratkoročni pomični prosjek prijeđe dugoročni pomični prosjek, što se obično događa [4], algoritmi koji se temelje na pomičnim prosjecima koriste te prosjeke za izradu preporuka za kupnju ili prodaju.

Algoritmi trgovanja napredovali su i s vremenom postali složeniji. Tehnike strojnog učenja, na primjer, omogućile su razvoj modela koji mogu skenirati ogromne količine podataka i uočiti zamršene obrasce. Kako bi se stvorile preporuke za trgovanje temeljene na obrascima otkrivenim u povijesnim podacima, algoritmi za trgovanje koji se temelje na strojnom učenju koriste metode poput neuronskih mreža i vektorskih strojeva za podršku [3].

Iako je algoritamsko trgovanje napredovalo, ključno je zapamtiti da nijedan algoritam nije besprijekoran. Tržišna volatilnost i nesigurnost utječu na sve algoritme, a odluke o trgovanju temeljene na algoritamskoj analizi uvijek su rizične. Zbog toga trgovci moraju biti svjesni ograničenja algoritama i koristiti ih uzimajući u obzir različite činjenice i uvide [3].

Istraživanja u ovom području su u tijeku jer algoritamsko trgovanje postaje sve značajnije. Mnogi stručnjaci trenutno se usredotočuju na stvaranje novih taktika za povećanje preciznosti i učinkovitosti algoritama trgovanja, uključujući prilagođavanje trenutnih metodologija strojnog učenja i stvaranje novih strategija temeljenih na najnovijim tehničkim dostignućima [1].

## 2.4. Kriteriji za odabir dionica: Strategije i metode

Ključne komponente trgovanja na burzi uključuju kriterije odabira dionica i metode trgovanja. Odgovarajući odabir dionica može imati veliki utjecaj na uspjeh trgovca, a različiti pristupi i taktike mogu dati različite rezultate ovisno o tržištu.

Temeljna analiza jedna je od najčešće korištenih tehnika odabira dionica. Kako bi se procijenila vrijednost poduzeća ovom metodom, moraju se ispitati osnovni financijski podaci. Ova vrsta istraživanja uvelike se oslanja na metrike poput prodaje, zarade po dionici (EPS) i omjera cijene i zarade (P/E). Temeljna analiza može rasvijetliti financijsku situaciju poduzeća i potencijal za buduću profitabilnost [2].

Fokus tehničke analize, za razliku od financijskih pokazatelja tvrtke, je na promjenama cijena dionica i tržišnim obrascima. Za procjenu tržišnih uvjeta i predviđanje budućih kretanja cijena, tehnički analitičari koriste razne grafikone i indikatore, kao što je RSI [4]. Kombinacija tehničke i temeljne analize može ponuditi zaokruženiji pristup odabiru dionica.

Postoji nekoliko načina na koje trgovci mogu maksimizirati svoje odluke o trgovanju kada je riječ o tehnikama trgovanja. Neki od njih uključuju "praćenje trenda", u kojem trgovci pokušavaju profitirati od dugoročnih tržišnih obrazaca, "povratak srednje vrijednosti", tehniku koja se temelji na pretpostavci da cijene uvijek imaju tendenciju vraćanja na prosječnu vrijednost, i "swing trgovanje", koji se koristi za iskorištavanje prolaznih promjena cijena [3].

Tržišni uvjeti, trgovčeva tolerancija rizika i vremenski okvir samo su neke od varijabli koje mogu utjecati na odabir najbolje strategije. Kao rezultat toga, za trgovce je ključno modificirati svoju strategiju kako bi odgovarala njihovim jedinstvenim ciljevima i situaciji [1].

## 3. Metodologija

### 3.1. Prikupljanje podataka: Yahoo Finance API

Ključni korak u procesu istraživanja je prikupljanje podataka. Yahoo Finance API korišten je za prikupljanje informacija za ovaj rad. Dopušteno je prikupljanje nekoliko vrsta podataka pomoću Yahoo Finance API-ja. Ovaj API može se koristiti za dohvaćanje povijesnih cijena dionica, volumena trgovanja, poslovnih informacija, financijskih izvješća i drugih relevantnih podataka.

```
import yfinance as yf
def fetch_stock_data(symbol):
    stock = yf.Ticker(symbol)
    stock_data = stock.history(interval='1m', period='7d')
    stock_data.sort_index(inplace=True)
    return stock_data
```

Funkcija `fetch_stock_data` koristi se za dohvaćanje povijesnih podataka o dionicama za određeni simbol dionice. Ulazni argument `symbol` predstavlja simbol dionice za koju želimo dohvatiti podatke.

Koristi se metoda `history()` koja dohvaća povijesne podatke o cijenama dionica. Parametri `interval='1m'` i `period='7d'` označavaju da želimo dohvatiti podatke za svaku minutu tijekom posljednjih 7 dana. Metoda `sort_index(inplace=True)` koristi se za sortiranje podataka prema datumu u rastućem redoslijedu.

Yahoo Finance API također je praktičan alat za prikupljanje puno podataka u stvarnom vremenu, koji su potrebni za učinkovito algoritamsko trgovanje. Na temelju prikupljenih podataka razvijaju se modeli koji mogu procijeniti ogromne količine podataka i uočiti komplicirane obrasce.

Iako je Yahoo Finance API vrijedan alat za prikupljanje financijskih podataka, postoje neka ograničenja koja se moraju uzeti u obzir. Na primjer, Yahoo Finance API povremeno može imati nestabilnost, a neki podaci mogu nedostajati ili biti netočni. Kao rezultat toga, ključno je potvrditi prikupljene informacije i kombinirati ih s podacima iz drugih izvora [3].

## 3.2. Izračunavanje RSI indikatora: Primjena TA-Lib

Indikator relativne snage (Relative Strength Index - RSI) je ključni indikator u algoritamskom trgovanju i tehničkoj analizi. U ovom radu je za izračun RSI-a korištena je biblioteka za tehničku analizu TA-Lib.

TA-Lib je popularna biblioteka za trgovanje i analizu jer ima korisne funkcije za analizu tržišnih podataka. Na temelju prikupljenih informacija tijekom trgovanja utvrđuje se RSI. Izračun RSI indikatora pomaže u određivanju kada je dionica prekupljena ili preprodana, što može ukazivati na potencijalne preokrete trenda.

RSI se utvrđuje na temelju prethodnih cijena dionica tijekom unaprijed određenog vremenskog razdoblja. Indikator RSI često se izračunava za razdoblje od 14 dana, što je uobičajeni vremenski okvir. Računa se pomoću sljedeće formule:

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

gdje je RS (Relative Strength) odnos prosječnog dobitka i prosječnog gubitka. RS se izračunava na sljedeći način:

$$RS = \frac{\textit{prosječan dobitak}}{\textit{prosječan gubitak}}$$

Prosječni dobitak je zbroj svih povećanja cijene dionice u određenom razdoblju od 14 dana.

Prosječni gubitak je zbroj svih padova cijene dionice tijekom istog vremenskog razdoblja, dan kao pozitivan broj.

Dionica se obično smatra prekupljenom kada RSI prijeđe 70 i preprodanom kada padne ispod 30. RSI se kreće od 0 do 100.

```
def calculate_rsi(data, period):
    close_prices = data['Close'].values
    rsi = talib.RSI(close_prices, timeperiod=period)
    return rsi[-1]
```

Funkcija `calculate_rsi` koristi se za izračunavanje RSI indikatora. Argument `data` predstavlja podatke o dionicama koji uključuju vrijednosti zatvaranja dionica. Argument `period` predstavlja vremenski period na temelju kojeg se izračunava RSI. Vrijednost perioda je spremljena u varijablu `RSI_PERIOD = 14` i iznosi 14 dana.

Funkcija prvo izdvaja cijene zatvaranja dionica iz predanih podataka koristeći `data['Close'].values`. Zatim koristi funkciju RSI iz biblioteke TA-Lib za izračunavanje RSI-a.

Na kraju, funkcija vraća izračunatu vrijednost RSI indikatora koristeći `rsi[-1]`. U Pythonu, pozitivni indeksi označavaju početak liste (indeks 0 za prvi element), dok negativni indeksi označavaju kraj liste (indeks -1 za posljednji element). `rsi[-1]` znači "daj mi posljednju vrijednost u nizu rsi". U ovom kontekstu funkcije to je posljednji izračunati RSI tj. najnoviji RSI.

Bitno je zapamtiti da RSI indikator nije savršen, iako je koristan alat za predviđanje mogućih tržišnih preokreta. RSI, kao i svi tehnički indikatori, najbolje funkcionira u kombinaciji s drugim alatima i metodama trgovanja [2], [3]. Također se koristi u odnosu na temeljne ekonomske podatke i tržišne okolnosti.

### 3.3. Algoritmi za trgovanje: Razrada logike kupnje, prodaje i upravljanja rizikom

U ovom radu, implementiran je algoritam koji koristi podatke prikupljene putem Yahoo Finance API-ja i RSI indikatora izračunatih pomoću TA-Lib-a za donošenje odluka o trgovanju na temelju predefiniраниh pravila.

```
RSI_BUY_THRESHOLD = 30
```

```
RSI_SELL_THRESHOLD = 70
```

```
STOP_LOSS_THRESHOLD = 0.985
```

Glavna logika trgovanja implementiranog algoritma nalazi se unutar while petlje. Unutar petlje, algoritam provjerava je li tržište otvoreno i ako nije, čeka do sljedeće provjere koja je svaku minutu.

```
if not is_market_open():
    print("Tržište je zatvoreno, čekam...")
    time.sleep(60)
    continue

def is_market_open():
    try:
        clock = api.get_clock()
        return clock.is_open
    except requests.exceptions.ConnectionError as e:
        print(f'Greška u vezi s API-jem: {e}')
        return False
```

Funkcija koristi metodu `get_clock()` Alpaca API-ja da dohvati trenutno tržišno vrijeme. Vraćeni objekt sadrži informacije o trenutnom datumu i vremenu, kao i o statusu tržišta (otvoreno ili zatvoreno).

Ako je tržište otvoreno, algoritam za svaki simbol u definiranom popisu dionica prati RSI indikator. Provjere RSI indikatora i odluke o kupnji i prodaji se izvršavaju za svaku dionicu, cijeli kod za ovu logiku nalazi se unutar for petlje koja se izvršava onoliko puta koliko se dionica nalazi u polju `SYMBOLS`. U tom polju spremljeni su dionički simboli ili simboli tickera. `SYMBOLS = ['AAPL', 'MSFT', 'NVDA', 'AMD', 'JNJ', 'PFE', 'MRK', 'MRNA', 'JPM', 'BAC', 'GS',`

'HOOD', 'AMZN', 'HD', 'TSLA', 'GME', 'XOM', 'CVX', 'COP', 'PLUG']. Kako se u SYMBOLS nalazi 20 dionica, for petlja će se izvršiti 20 puta.

Na temelju vrijednosti RSI indikatora, algoritam donosi odluku o kupnji ili prodaji dionica.

```
if rsi <= RSI_BUY_THRESHOLD and position is None:
    print(f"Kupujem dionice {SYMBOL}.")
    buy_stock(SYMBOL, 1)
```

Ako je RSI za dionicu manji ili jednak definiranoj granici za kupnju (RSI\_BUY\_THRESHOLD) i nema otvorene pozicije za tu dionicu, algoritam izvršava kupnju dionica preko funkcije buy\_stock.

```
def buy_stock(symbol, quantity):
    try:
        api.submit_order(
            symbol=symbol,
            qty=quantity,
            side='buy',
            type='market',
            time_in_force='gtc'
        )
    except Exception as e:
        print(f'Greška prilikom kupovine: {e}')
```

Funkcija buy\_stock se koristi za izvršavanje naredbe za kupnju dionica. Funkcija prima dva argumenta: symbol i quantity. Symbol predstavlja simbol dionice koju želimo kupiti, a quantity je broj dionica koje želimo kupiti. Unutar funkcije, koristi se metoda submit\_order() iz Alpaca API-ja da bi se poslala naredba za kupnju. Ova metoda prima nekoliko argumenata:

- symbol: simbol dionice koju želimo kupiti
- qty (quantity): broj dionica koje želimo kupiti
- side: označava želimo li kupiti ('buy') ili prodati ('sell') dionice
- type: tip naredbe. U ovom slučaju, koristi se 'market' naredba, što znači da želimo kupiti dionice po trenutnoj tržišnoj cijeni
- time\_in\_force: određuje koliko dugo će naredba ostati aktivna. 'gtc' (good till canceled) znači da će naredba ostati aktivna dok se ne izvrši ili dok je korisnik ne otkaže



Ako dođe do problema pri slanju naredbe (npr. problemi s mrežom, nedostatak sredstava itd.), dolazi do iznimke koja se hvata u bloku except koja se zatim ispisiuje.

Ako je RSI za dionicu veći ili jednak definiranoj granici za prodaju (RSI\_SELL\_THRESHOLD) i postoji otvorena pozicija za tu dionicu, algoritam izvršava prodaju dionica preko funkcije sell\_stock.

```
elif rsi >= RSI_SELL_THRESHOLD and position is not None:
    print(f"Prodajem dionice {SYMBOL}.")
    sell_stock(SYMBOL, position.qty)
```

```
def sell_stock(symbol, quantity):
    try:
        api.submit_order(
            symbol=symbol,
            qty=quantity,
            side='sell',
            type='market',
            time_in_force='gtc'
        )
    except Exception as e:
        print(f'Greška prilikom prodaje: {e}')
```

Logika funkcije je ista kao i za prodaju, jedina razlika je side='sell', što označava da želimo prodati dionicu.

Osim logike kupnje i prodaje, algoritam također provodi provjeru za "stop-loss".

```
if position is not None and check_stop_loss(position):
    print("Stop-loss aktiviran.")

def check_stop_loss(position):
    current_price = float(position.current_price)
    avg_entry_price = float(position.avg_entry_price)

    if current_price / avg_entry_price <= STOP_LOSS_THRESHOLD:
        sell_stock(position.symbol, position.qty)
        print("Aktiviran je stop-loss, prodajem dionice.")
        return True
    return False
```

Funkcija check\_stop\_loss koristi se za provjeru treba li aktivirati mehanizam "stop-loss" za određenu poziciju.

Ova funkcija prima jedan argument: *position*, koji predstavlja trenutnu poziciju, odnosno dionicu. Kada se aktivira mehanizam "stop-loss", dionica se automatski prodaje. Nakon toga, ispisuje se poruka da je "stop-loss" aktiviran, i funkcija vraća vrijednost True.

Unutar funkcije, najprije se određuje trenutna cijena dionice (*current\_price*) i prosječna cijena po kojoj je dionica kupljena (*avg\_entry\_price*). Obje ove vrijednosti pretvaraju se u float tip podatka za veću preciznost prilikom izračuna.

Sljedeći korak je provjera treba li aktivirati mehanizam "stop-loss". Ovo se provjerava tako da se trenutna cijena podijeli s prosječnom cijenom kupnje, a rezultat se uspoređuje s predefiniranim pragom `STOP_LOSS_THRESHOLD`. Ako je rezultat manji ili jednak predefiniranom pragu, to znači da je cijena dionice pala ispod prihvatljive razine, i aktivira se mehanizam "stop-loss".

Ako se "stop-loss" ne aktivira (tj., cijena dionice nije pala ispod prihvatljive razine), funkcija vraća vrijednost False.

Ovo je sigurnosna mjera koja automatski prodaje dionice ako njihova cijena padne ispod određenog praga (`STOP_LOSS_THRESHOLD`) u odnosu na cijenu kupnje, ovdje taj prag iznosi 1.5% vrijednosti dionice kada je kupljena. Ova logika sprječava potencijalne velike gubitke u slučaju naglog pada cijene dionica.

```
if check_time_and_sell():
    print("Tržište se zatvara za 5 minuta, prodajem sve pozicije.")

def check_time_and_sell():
    now = datetime.datetime.now(pytz.timezone('America/New_York'))
    market_close = now.replace(hour=16, minute=0, second=0, microsecond=0)
    time_left = market_close - now

    if time_left <= datetime.timedelta(minutes=5):
        sell_all_positions()
        return True
    return False
```

Funkcija `check_time_and_sell` koristi se za provjeru je li se trgovački dan približava kraju, i u tom slučaju prodaje sve otvorene pozicije.

Na početku funkcije, vrijeme se postavlja na trenutni trenutak (now) u vremenskoj zoni New Yorka, gdje se nalazi američka burza NYSE American. Zatim se postavlja vrijeme zatvaranja tržišta (market\_close), koje je tipično u 16:00h po lokalnom vremenu.

Količina vremena do zatvaranja tržišta (time\_left) izračunava se oduzimanjem trenutnog vremena od vremena zatvaranja tržišta. Ako je preostalo vrijeme do zatvaranja tržišta manje od ili jednako 5 minuta, funkcija sell\_all\_positions() se poziva za prodaju svih otvorenih pozicija. Ova funkcija prolazi kroz sve trenutne pozicije i prodaje ih. Nakon toga, funkcija vraća vrijednost True. Ako nije vrijeme za zatvaranje tržišta (tj., ima više od 5 minuta do zatvaranja), funkcija vraća vrijednost False, što znači da nije potrebno prodavati pozicije.

Ovo je još jedna sigurnosna mjera koja pomaže u izbjegavanju mogućih gubitaka tijekom vremena kada algoritam ne radi (izvan radnog vremena tržišta).

## 3.4. Upravljanje pozicijama: Automatizacija procesa

Automatizacija je ključna u algoritamskom trgovanju. Automatizirani sustavi za trgovanje olakšavaju upravljanje otvorenim pozicijama i smanjuju ljudske greške koje se mogu javiti prilikom ručnog trgovanja.

U praktičnom dijelu rada implementirana je automatizacija upravljanja pozicijama. To se odnosi na proces automatskog zatvaranja svih otvorenih pozicija prije zatvaranja tržišta. Postoji nekoliko razloga zašto se često implementira u algoritamskom trgovanju.

Prvi je izbjegavanje potencijalnih troškova za održavanje pozicija preko noći, poznatijih kao "overnight holding fees" ili troškovi za prenošenje. Ovi troškovi se mogu akumulirati tijekom vremena i utjecati na ukupnu profitabilnost strategije trgovanja. Automatskim zatvaranjem svih pozicija prije zatvaranja burze, algoritam osigurava da se takvi troškovi ne naplaćuju.

Drugi razlog je smanjenje izloženosti riziku. Izvan radnog vremena tržišta, vrijednosti dionica mogu se značajno kretati kao rezultat širokog spektra uzroka, uključujući vijesti, ekonomske podatke i druge događaje. Trgovci se izlažu riziku nepredvidljivih kretanja cijena kada ostave otvorene pozicije preko noći.

Ovaj postupak je automatiziran pomoću funkcije `check_time_and_sell`. Ova funkcija provjerava koliko je vremena preostalo do zatvaranja tržišta i ako je preostalo manje od 5 minuta, izvršava funkciju `sell_all_positions` koja prodaje sve otvorene pozicije.

```
def check_time_and_sell():
    now = datetime.datetime.now(pytz.timezone('America/New_York'))
    market_close = now.replace(hour=16, minute=0, second=0, microsecond=0)
    time_left = market_close - now

    if time_left <= datetime.timedelta(minutes=5):
        sell_all_positions()
        return True
    return False
```

```
def sell_all_positions():
    positions = api.list_positions()
    for position in positions:
        api.submit_order(
            symbol=position.symbol,
            qty=position.qty,
            side='sell',
            type='market',
            time_in_force='gtc'
        )
```

Funkcija `sell_all_positions` poziva metodu `api.list_positions` da bi dohvatila listu svih trenutnih otvorenih pozicija. Zatim, za svaku poziciju u toj listi, poziva se metoda `api.submit_order` kako bi se izvršila prodaja dionica. Ostali atributi su isti kao i kod metode `sell_stock` za prodaju pojedinačnih dionica.

Iako je ova strategija korisna za smanjenje troškova i rizika, ona može također propustiti potencijalne dobitke od pozitivnih promjena cijena izvan radnog vremena. Stoga, ovu tehniku treba prilagoditi na temelju osobne tolerancije rizika i ciljeva trgovanja, baš kao i svaki drugi sustav trgovanja.

## 4. Implementacija

### 4.1. Parametri trgovanja i konfiguracija parametara

U ovom radu, ključna komponenta algoritma za trgovanje dionicama su parametri trgovanja. Oni su ključni za donošenje odluka o kupnji i prodaji na temelju analize pokazatelja kao što je RSI. Dva ključna parametra koja se koriste u ovom kodu su `RSI_BUY_THRESHOLD` i `RSI_SELL_THRESHOLD`.

`RSI_BUY_THRESHOLD` definira prag ispod kojeg se smatra da je dionica preprodana, što je signal za potencijalnu kupnju. S druge strane, `RSI_SELL_THRESHOLD` postavlja prag iznad kojeg se smatra da je dionica prekupljena, što bi moglo ukazivati na priliku za prodaju. Početne vrijednosti za `RSI_BUY_THRESHOLD` i `RSI_SELL_THRESHOLD` su postavljene na 30 i 70.

Iako su početne vrijednosti za ove parametre postavljene na temelju određenih standarda, važno je napomenuti da njihove optimalne vrijednosti mogu varirati ovisno o različitim faktorima. Ako želimo češće kupovine i prodaje može se smanjiti raspon vrijednosti RSI-a, npr. 45 i 55. Time ćemo povećati volumen trgovanja, ali će profiti također biti manji.

Preporučljivo je redovito pregledavati i prilagođavati ove parametre kako bi se održala učinkovitost strategije trgovanja. Stoga je potrebno redovito pregledati i modificirati postavke kako bi se ispravno pridržavali odabrane strategije. Bez obzira na sve, ni najbolja konfiguracija parametara ne može osigurati profitabilnost.

## 4.2. Proces trgovanja: Detaljna analiza koraka

Proces trgovanja ovog algoritma može se podijeliti na nekoliko koraka:

1. Dohvaćanje podataka o dionicama: Algoritam koristi Yahoo Finance API kako bi dohvatio povijesne podatke o cijenama dionica koje su definirane u listi simbola.
2. Izračunavanje RSI indikatora: Nakon što se podaci o dionicama dohvate, algoritam koristi TA-Lib biblioteku kako bi izračunao RSI indikator za svaku dionicu.
3. Donošenje odluka o trgovanju: Algoritam zatim pregledava svaku dionicu i provjerava njen RSI indikator. Ako je RSI manji ili jednak `RSI_BUY_THRESHOLD` i trenutno nema otvorene pozicije za tu dionicu, algoritam će poslati nalog za kupnju. Ako je RSI jednak ili veći od `RSI_SELL_THRESHOLD` i postoji otvorena pozicija za tu dionicu, algoritam će poslati nalog za prodaju.
4. Izvršavanje transakcija: Nakon što algoritam donese odluku o trgovanju, koristi se Alpaca Trade API kako bi se izvršile transakcije.
5. Upravljanje pozicijama: Nakon što se dionice kupe, algoritam kontinuirano nadzire te pozicije. Ako cijena dionice padne do određene točke, aktivirati će se stop-loss (definirano s `STOP_LOSS_THRESHOLD`), te će algoritam automatski prodati te dionice.
6. Automatska prodaja svih pozicija: Na kraju radnog vremena burze, odnosno pet minuta prije zatvaranja tržišta, algoritam automatski prodaje sve otvorene pozicije.

Svaki od ovih koraka je ključan za učinkovito funkcioniranje algoritma, te omogućava kontinuirano, autonomno trgovanje bez stalnog nadzora korisnika. Iako ovaj proces može izgledati automatizirano, uvijek postoji potencijalni rizik gubitka sredstava pri trgovanju.

## 4.3. Analiza podataka: Primjena algoritma na različite dionice

Algoritam je korišten na brojnim dionicama koje predstavljaju različite industrije. Te su dionice odabrane kako bi se pokazalo koliko je algoritam široko primjenjiv i kako bi se omogućila diverzifikacija ulaganja u nekoliko industrija. Odabrane dionice su u sljedećim sektorima:

**Tehnologija:** poduzeća uključena u razvoj, proizvodnju i distribuciju tehnoloških dobara i usluga Odabrane dionice uključuju Apple Inc. (AAPL), Microsoft Corporation (MSFT), NVIDIA Corporation (NVDA), Advanced Micro Devices, Inc. (AMD).

**Zdravstvena zaštita:** poduzeća koja nude medicinske i zdravstvene potrepštine i usluge. Odabrane dionice uključuju Johnson & Johnson (JNJ), Pfizer Inc. (PFE), Merck & Co., Inc. (MRK), Moderna, Inc. (MRNA).

**Financije:** poduzeća koja nude financijske usluge. Odabrane dionice uključuju JPMorgan Chase & Co. (JPM), Bank of America Corporation (BAC), Goldman Sachs Group, Inc. (GS), Robinhood Markets, Inc. (HOOD).

**Potrošačka diskrecija:** poduzeća koja stvaraju i prodaju robu i nude usluge koje nisu bitne za preživljavanje. Odabrane dionice uključuju Amazon.com, Inc. (AMZN), The Home Depot, Inc. (HD), Tesla, Inc. (TSLA), GameStop Corp. (GME).

**Energija:** poduzeća uključena u proizvodnju, razvoj, istraživanje, distribuciju i prodaju energije. Odabrane dionice uključuju Exxon Mobil Corporation (XOM), Chevron Corporation (CVX), ConocoPhillips (COP), Plug Power Inc. (PLUG).

Budući da su ulaganja raspršena u različitim industrijama, ova metoda diverzifikacije omogućuje bolju kontrolu rizika smanjujući mogućnost izlaganja promjenama u određenom području. Prikupljeni podaci i rezultati trgovanja na temelju ovih dionica moći će pružiti uvid u performanse algoritma i identificirati moguće prilike za poboljšanje ili prilagodbu algoritma za bolje rezultate.



## 5. Primjena Algoritma i Evaluacija

### 5.1. Prikaz rezultata: Performanse agenta na tržištu

Ovaj dio se fokusira na detaljnu analizu svih transakcija algoritma koje su se dogodile u periodu između 04.04.2023. i 28.04.2023. Svi iznosi su u Američkim dolarima (USD).

Ukupan broj transakcija je bio 1244, od kojih je 622 bilo kupnji i 622 prodaja. Ukupan broj kupnji jednak je ukupnom broju prodaja. To ukazuje na to da je svaka kupnja bila povezana s prodajom, sugerirajući da nema nepovezanih transakcija.

Tablica 1: Broj transakcija za svaki dan trgovanja

| DATUM      | BROJ KUPNJI PO DATUMU | BROJ PRODAJA PO DATUMU |
|------------|-----------------------|------------------------|
| 28/04/2023 | 49                    | 49                     |
| 27/04/2023 | 25                    | 25                     |
| 26/04/2023 | 38                    | 38                     |
| 25/04/2023 | 45                    | 45                     |
| 24/04/2023 | 19                    | 19                     |
| 21/04/2023 | 32                    | 32                     |
| 20/04/2023 | 47                    | 47                     |
| 19/04/2023 | 36                    | 36                     |
| 18/04/2023 | 45                    | 45                     |
| 17/04/2023 | 41                    | 41                     |
| 14/04/2023 | 27                    | 27                     |
| 13/04/2023 | 30                    | 30                     |
| 12/04/2023 | 54                    | 54                     |
| 11/04/2023 | 45                    | 45                     |
| 05/04/2023 | 43                    | 43                     |
| 04/04/2023 | 46                    | 46                     |
|            | 622                   | 622                    |

Ova tablica predstavlja broj kupnji i prodaja na određeni datum. Svaki redak tablice prikazuje datum, broj kupnji i broj prodaja na taj dan.

Zadnji redak tablice predstavlja ukupni broj transakcija - ukupno je izvršeno 622 kupnje i 622 prodaje tijekom prikazanog vremenskog perioda.

Tablica 2: Prihodi za svaki dan trgovanja

| DATUM      | PRIHODI KUPNJI PO DATUMU | PRIHODI PRODAJA PO DATUMU | NET DOBITAK |
|------------|--------------------------|---------------------------|-------------|
| 28/04/2023 | 6941.89                  | 6966.66                   | -24.77      |
| 27/04/2023 | 3068.59                  | 3072.7                    | -4.11       |
| 26/04/2023 | 4524.62                  | 4497.25                   | 27.37       |
| 25/04/2023 | 6184.02                  | 6172.84                   | 11.18       |
| 24/04/2023 | 1675.74                  | 1669.26                   | 6.48        |
| 21/04/2023 | 4480.2                   | 4485.51                   | -5.31       |
| 20/04/2023 | 5787.14                  | 5778.11                   | 9.03        |
| 19/04/2023 | 5015                     | 5026.78                   | -11.78      |
| 18/04/2023 | 5664.8                   | 5668.61                   | -3.81       |
| 17/04/2023 | 5909.59                  | 5906.55                   | 3.04        |
| 14/04/2023 | 3404.81                  | 3410.7                    | -5.89       |
| 13/04/2023 | 3818.22                  | 3823.96                   | -5.74       |
| 12/04/2023 | 7526.68                  | 7507.25                   | 19.43       |
| 11/04/2023 | 6164.76                  | 6164.15                   | 0.61        |
| 05/04/2023 | 5367.02                  | 5368.56                   | -1.54       |
| 04/04/2023 | 6622.87                  | 6614.72                   | 8.15        |
|            | 82155.95                 | 82133.61                  | 22.34       |

Ova tablica prikazuje prihode od kupnji i prodaja te neto dobitak po danima. Svaki redak tablice prikazuje prihod od kupnji, prihod od prodaja i neto dobitak za taj dan. Na primjer, prvi redak prikazuje da su prihodi od kupnji iznosili USD 6941.89, prihodi od prodaja USD 6966.66, što je rezultiralo neto gubitkom od USD -24.77.

Zadnji redak tablice predstavlja ukupne prihode. Ukupni prihod od kupnji iznosio je USD 82155.95, ukupni prihod od prodaja bio je USD 82133.61, što je rezultiralo ukupnim neto dobitkom od USD 22.34, odnosno profitom od USD 22.34.

Tablica 3: Prikaz broja transakcija po dionici za svaki dan trgovanja

| BROJ TRANSAKCIJA PO DIONICI ZA SVAKI DATUM |      |      |      |     |     |     |     |      |      |    |      |     |     |     |     |      |     |     |    |      |
|--|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|------|
| DATUM                                      | AAPL | MSFT | NVDA | AMD | JNJ | PFE | MRK | MRNA | AMZN | HD | TSLA | GME | XOM | CVX | COP | PLUG | JPM | BAC | GS | HOOD |
| 28/04/2023                                 | 2    | 3    | 2    | 3   | 2   | 1   | 4   | 3    | 5    | 1  | 1    | 1   | 3   | 3   | 4   | 1    | 2   | 2   | 3  | 3    |
| 27/04/2023                                 | 0    | 1    | 1    | 0   | 2   | 2   | 1   | 1    | 1    | 1  | 1    | 2   | 2   | 1   | 2   | 3    | 2   | 0   | 1  | 1    |
| 26/04/2023                                 | 1    | 1    | 1    | 1   | 2   | 3   | 3   | 2    | 1    | 2  | 3    | 2   | 2   | 2   | 2   | 4    | 2   | 1   | 1  | 2    |
| 25/04/2023                                 | 3    | 3    | 3    | 3   | 2   | 3   | 1   | 1    | 2    | 1  | 2    | 2   | 3   | 3   | 3   | 1    | 2   | 3   | 2  | 2    |
| 24/04/2023                                 | 0    | 1    | 0    | 1   | 0   | 1   | 1   | 3    | 2    | 0  | 1    | 1   | 0   | 0   | 1   | 2    | 1   | 2   | 0  | 2    |
| 21/04/2023                                 | 2    | 1    | 2    | 2   | 1   | 1   | 2   | 3    | 1    | 3  | 1    | 1   | 0   | 2   | 2   | 3    | 1   | 1   | 1  | 2    |
| 20/04/2023                                 | 1    | 2    | 4    | 3   | 2   | 2   | 1   | 2    | 2    | 1  | 3    | 4   | 2   | 1   | 5   | 1    | 2   | 3   | 2  | 4    |
| 19/04/2023                                 | 2    | 2    | 1    | 2   | 1   | 2   | 1   | 2    | 2    | 2  | 3    | 2   | 2   | 1   | 2   | 2    | 2   | 1   | 2  | 2    |
| 18/04/2023                                 | 3    | 2    | 2    | 3   | 3   | 2   | 2   | 2    | 2    | 1  | 2    | 4   | 1   | 3   | 3   | 3    | 0   | 2   | 2  | 3    |
| 17/04/2023                                 | 2    | 1    | 2    | 2   | 3   | 2   | 2   | 4    | 2    | 1  | 3    | 2   | 3   | 2   | 2   | 3    | 1   | 0   | 3  | 1    |
| 14/04/2023                                 | 2    | 1    | 1    | 1   | 1   | 2   | 1   | 2    | 2    | 2  | 2    | 1   | 0   | 0   | 2   | 2    | 2   | 2   | 0  | 1    |
| 13/04/2023                                 | 0    | 0    | 3    | 3   | 0   | 1   | 1   | 1    | 0    | 1  | 2    | 2   | 2   | 1   | 3   | 3    | 2   | 1   | 2  | 2    |
| 12/04/2023                                 | 2    | 2    | 3    | 2   | 3   | 5   | 5   | 2    | 2    | 2  | 4    | 2   | 3   | 4   | 0   | 3    | 3   | 2   | 3  | 2    |
| 11/04/2023                                 | 3    | 3    | 3    | 2   | 3   | 3   | 1   | 2    | 2    | 2  | 4    | 4   | 1   | 1   | 2   | 2    | 2   | 1   | 1  | 3    |
| 05/04/2023                                 | 1    | 1    | 3    | 0   | 1   | 2   | 2   | 2    | 4    | 3  | 2    | 2   | 2   | 1   | 2   | 6    | 2   | 2   | 2  | 3    |
| 04/04/2023                                 | 1    | 2    | 3    | 0   | 2   | 2   | 2   | 2    | 2    | 3  | 3    | 4   | 2   | 2   | 3   | 2    | 3   | 3   | 3  | 2    |
|  | 50   | 52   | 68   | 56  | 56  | 68  | 60  | 68   | 64   | 52 | 74   | 72  | 56  | 54  | 76  | 82   | 58  | 52  | 56 | 70   |

Ova tablica prikazuje broj transakcija za određene dionice na različite datume. Svaki redak tablice prikazuje broj transakcija za svaku dionicu na određeni datum. Na primjer, 28. travnja 2023. godine, bilo je 2 transakcije za dionicu Applea, 3 za Microsoft, 2 za NVIDIA, 3 za AMD, i tako dalje.

Na kraju tablice nalazi se zbroj transakcija za svaku dionicu tijekom svih prikazanih datuma. Na primjer, ukupno je bilo 50 transakcija za dionicu Applea, 52 za Microsoft, 68 za NVIDIA, i tako dalje tijekom prikazanih datuma.

Tablica 4: Prikaz profita po dionici za svaki datum trgovanja

| PROFITABILNOST PO DIONICI ZA SVAKI DATUM |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DATUM                                    | AAPL  | MSFT  | NVDA  | AMD   | JNJ   | PFE   | MRK   | MRNA  | AMZN  | HD    | TSLA  | GME   | XOM   | CVX   | COP   | PLUG  | JPM   | BAC   | GS    | HOOD  |
| 28/04/2023                               | -0.23 | -2.58 | -2.69 | -1.78 | -0.83 | 0.03  | -0.76 | -1.34 | 0.69  | -1.71 | -2.01 | 0.15  | -0.24 | -2.66 | -2.05 | -0.15 | -2.34 | -0.57 | -3.63 | -0.07 |
| 27/04/2023                               | 0     | -0.4  | -0.98 | 0     | -0.1  | -0.09 | -0.43 | 0.11  | 0.04  | -0.13 | -0.84 | 0.05  | -0.72 | -0.35 | -0.24 | 0.03  | 0.06  | 0     | -0.16 | 0.04  |
| 26/04/2023                               | -0.42 | -0.61 | 0.79  | -0.06 | 1.29  | 0.38  | 1.27  | 1.51  | 0.59  | 7.77  | 6.37  | 0.33  | 0.49  | 1.33  | -0.04 | 0.13  | 2.42  | 0.28  | 3.25  | 0.3   |
| 25/04/2023                               | 0.24  | 1.41  | 2.03  | 0.61  | -0.57 | 0.06  | 0.03  | 0.6   | 0.22  | 4.45  | -0.03 | 0.23  | -0.01 | -0.58 | -0.56 | 0.01  | 1.04  | 0.09  | 1.77  | 0.14  |
| 24/04/2023                               | 0     | -2.16 | 0     | 1.31  | 0     | 0.14  | -0.74 | 3.47  | 2.04  | 0     | 2.68  | 0.43  | 0     | 0     | -0.42 | -0.21 | -0.19 | 0.01  | 0     | 0.12  |
| 21/04/2023                               | -0.73 | -0.03 | -1.79 | -0.25 | 0.48  | 0     | -0.32 | -0.69 | 0.41  | -0.67 | 0.02  | -0.03 | 0     | -0.43 | 0.2   | -0.15 | -0.1  | -0.01 | -1.14 | -0.08 |
| 20/04/2023                               | 0.62  | 1.12  | 4.66  | 0.79  | -2.6  | 0.08  | -0.05 | 2.33  | 0.09  | 1.28  | 2.34  | 0.98  | -0.7  | -0.11 | -0.62 | 0.07  | 0.33  | -0.1  | -1.35 | -0.13 |
| 19/04/2023                               | -1.18 | -0.34 | -4.24 | -0.89 | 0.08  | 0.01  | 0.17  | 0.42  | -0.76 | 0.74  | -2.82 | 0.04  | -0.25 | -0.45 | -0.33 | 0.03  | -0.01 | 0.2   | -2.1  | -0.1  |
| 18/04/2023                               | -1.11 | -0.13 | 0.34  | 0.08  | 3.97  | 0.31  | -0.07 | -1.21 | 0.44  | -0.65 | -0.64 | 0.03  | -0.24 | 0.66  | -0.07 | 0.25  | 0     | -0.33 | -5.47 | 0.03  |
| 17/04/2023                               | -0.6  | 0.11  | -3.48 | 0.98  | -0.33 | -0.2  | -0.16 | 5.72  | 0.01  | -0.23 | 1.67  | -0.26 | 0.39  | 0.46  | 1.04  | -0.2  | -0.76 | 0     | -1.27 | 0.15  |
| 14/04/2023                               | -0.31 | -0.72 | -1.81 | 0.03  | 0.15  | -0.06 | -0.17 | 2.3   | -0.86 | -1.8  | -0.91 | 0.02  | 0     | 0     | -0.41 | 0.09  | -1.3  | -0.19 | 0     | 0.06  |
| 13/04/2023                               | 0     | 0     | 0.18  | -0.61 | 0     | 0.09  | 0.19  | 0.55  | 0     | 0.3   | -1.69 | -0.04 | -1.13 | -0.42 | -0.46 | 0.19  | -0.58 | -0.26 | -2.01 | -0.04 |
| 12/04/2023                               | 1.11  | 0.92  | 5.11  | 0.25  | 0.36  | -0.06 | -1.64 | 1.72  | 1.11  | 4.54  | 3.95  | 0.35  | 0.93  | 0.27  | 0     | 0.27  | 1.22  | 0.2   | -1.25 | 0.07  |
| 11/04/2023                               | 0.51  | 0.52  | -0.12 | -0.33 | 0.02  | -0.25 | 0.16  | 0.27  | 0.7   | 0.09  | -1.77 | -0.23 | 0.5   | 0.61  | -0.3  | -0.1  | -0.09 | -0.11 | 0.64  | -0.11 |
| 05/04/2023                               | -0.5  | 0.86  | -3.46 | 0     | -0.43 | 0.26  | 0.38  | 0.42  | 0.97  | 4.86  | 0.55  | 0.07  | -1.74 | -0.36 | -1.29 | 0.67  | -0.65 | -0.08 | -1.91 | -0.16 |
| 04/04/2023                               | 0.3   | 0.35  | 0.82  | 0     | 0.24  | 0.23  | 0.28  | -0.27 | -0.99 | 0.91  | 1.26  | 0.05  | 0.05  | 0.4   | 1.64  | 0.13  | 1.59  | 0.5   | 0.85  | -0.19 |
|  | -2.3  | -1.68 | -4.64 | 0.13  | 1.73  | 0.93  | -1.86 | 15.91 | 4.7   | 19.75 | 8.13  | 2.17  | -2.67 | -1.63 | -3.91 | 1.06  | 0.64  | -0.37 | -13.8 | 0.03  |

Ova tablica prikazuje profitabilnost po dionici za određene datume. Svaki redak tablice pokazuje profitabilnost za svaku dionicu na određeni datum. Na primjer, 28. travnja 2023., profitabilnost dionice Applea bila je -0.23, Microsofta -2.58, NVIDIA -2.69, AMD-a -1.78, i tako dalje.

Na kraju tablice nalazi se zbroj profitabilnosti za svaku dionicu tijekom svih prikazanih datuma. Na primjer, ukupna profitabilnost za dionicu Applea bila je -2.3, za Microsoft -1.68, za NVIDIA -4.64, i tako dalje tijekom prikazanih datuma.

Tablica 5: Prikaz vrijednosti portfelja za svaki dan trgovanja

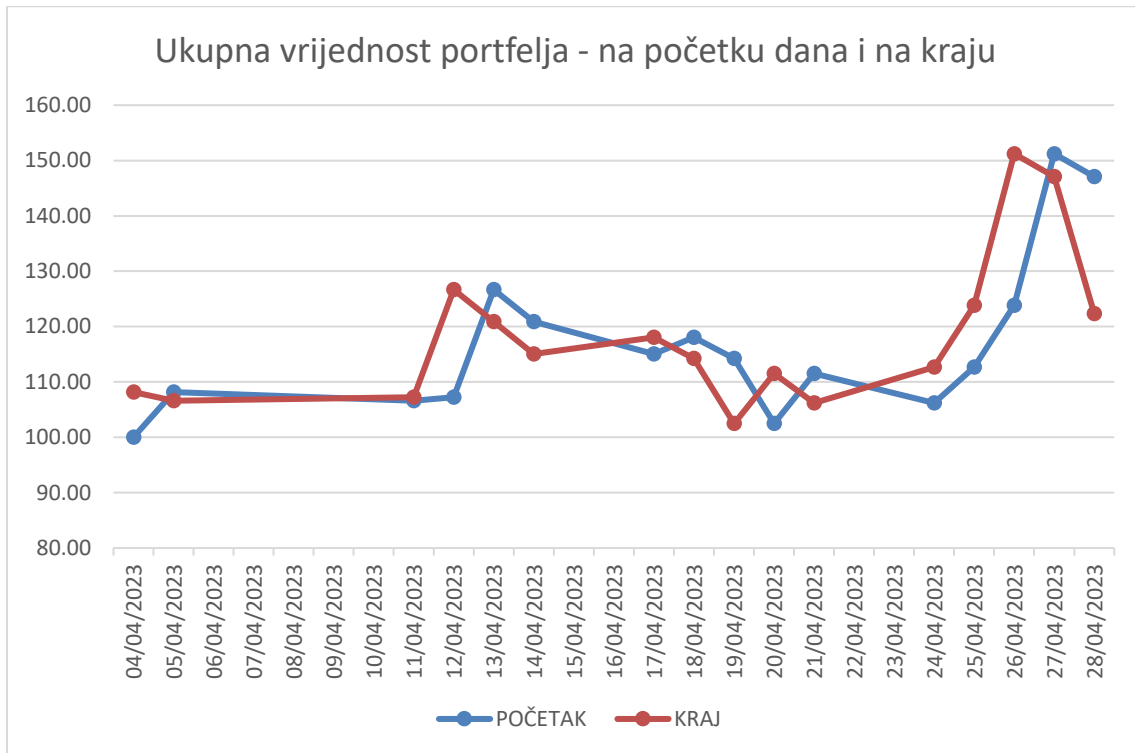
| DATUMI     | POČETAK   | KRAJ      | RAZLIKA |
|------------|-----------|-----------|---------|
| 28/04/2023 | 100047.11 | 100022.34 | -24.77  |
| 27/04/2023 | 100051.22 | 100047.11 | -4.11   |
| 26/04/2023 | 100023.85 | 100051.22 | 27.37   |
| 25/04/2023 | 100012.67 | 100023.85 | 11.18   |
| 24/04/2023 | 100006.19 | 100012.67 | 6.48    |
| 21/04/2023 | 100011.5  | 100006.19 | -5.31   |
| 20/04/2023 | 100002.47 | 100011.5  | 9.03    |
| 19/04/2023 | 100014.25 | 100002.47 | -11.78  |
| 18/04/2023 | 100018.06 | 100014.25 | -3.81   |
| 17/04/2023 | 100015.02 | 100018.06 | 3.04    |
| 14/04/2023 | 100020.91 | 100015.02 | -5.89   |
| 13/04/2023 | 100026.65 | 100020.91 | -5.74   |
| 12/04/2023 | 100007.22 | 100026.65 | 19.43   |
| 11/04/2023 | 100006.61 | 100007.22 | 0.61    |
| 05/04/2023 | 100008.15 | 100006.61 | -1.54   |
| 04/04/2023 | 100000    | 100008.15 | 8.15    |

Na početku testiranja, 4. travnja 2023., vrijednost portfelja bila je USD 100,000. Tijekom prvog dana trgovanja, vrijednost portfelja povećala se za 8.15, završavajući dan na 100,008.15. U narednim danima, vrijednost portfelja nastavila se kretati gore-dolje na temelju dnevnih rezultata trgovanja.

Najveći dnevni porast vrijednosti portfelja zabilježen je 26. travnja 2023. kada je vrijednost portfelja porasla za USD 27.37, završavajući dan na USD 100,051.22. Ovo je najveće dnevno povećanje u promatranom razdoblju. Najveći dnevni pad vrijednosti portfelja zabilježen je 28. travnja 2023. kada je vrijednost portfelja pala za USD 24.77, završavajući dan na USD 100,022.34.

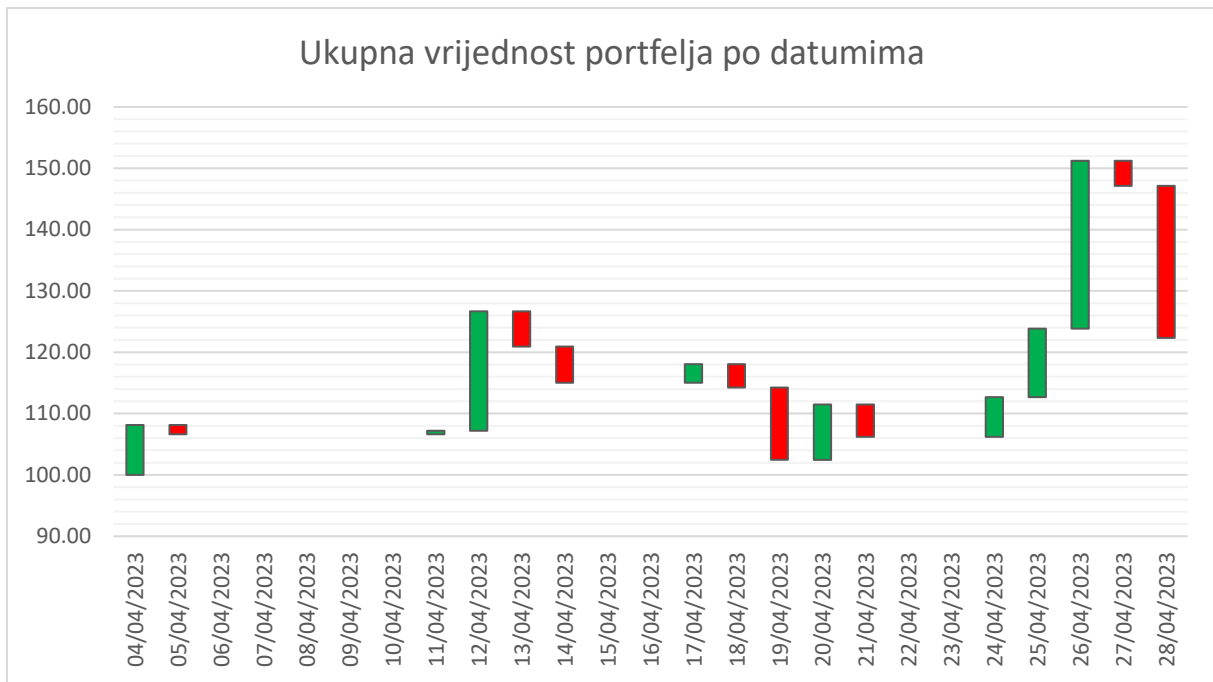
Međutim, unatoč tim varijacijama, ukupna vrijednost portfelja ostala je relativno stabilna tijekom cijelog razdoblja testiranja. Na kraju testiranja, 28. travnja 2023., vrijednost portfelja

zabilježena je na USD 100,022.34, što je neto povećanje od USD 22.34 u usporedbi s početnom vrijednosti.



Slika 1: Ukupna vrijednost portfelja na početku trgovanja i na kraju za svaki dan trgovanja

Graf pokazuje da postoji mali uzlazni trend u ovom portfelju tijekom promatranog perioda. Početna vrijednost portfelja 04.04.2023. bila je USD 100.000, dok je završna vrijednost 28.04.2023 bila USD 100.022,34.



Slika 2: Ukupna vrijednost portfelja na početku trgovanja i na kraju za svaki dan trgovanja

Candlestick grafikon, poznat i kao svijećnjak grafikon, koristi se u tehničkoj analizi financijskih tržišta i daje sveobuhvatniju sliku tržišne aktivnosti za određeni vremenski period. Generalno gledano, očigledno je da ima dana kada su cijene varirale unutar relativno uskog raspona (npr. 11.04.2023., 17.04.2023.) što ukazuje na nisku volatilitnost. S druge strane, dani poput 12.04.2023. i 26.04.2023. pokazuju znatne oscilacije između najviše i najniže cijene, ukazujući na visoku volatilitnost. Može se primijetiti nekoliko "bearish" dana (npr. 28/04/2023), gdje je završna cijena bila niža od početne, što ukazuje na prodajni pritisak.

Pomoću candlestick grafikona moguće je identificirati potencijalne obrate trenda (npr. bull to bear ili obrnuto) ili potvrditi trenutne trendove. Analiziranjem ovih obrazaca, investitori mogu donijeti informirane odluke o kupnji ili prodaji.

## 5.2. Evaluacija performansi: Primjena različitih metrika

Metrike koje će biti korištene su: ROI, prosječni dnevni povrat, volatilnost, maksimalni drawdown, Sharpe omjer.

Povrat na investiciju (ROI) za portfelj tijekom razdoblja od 16 dana iznosio je 0.0002234%. Ova vrijednost, iako relativno niska, pokazuje da je investicija donijela neki pozitivan povrat. ROI pokazuje koliko se investicija 'isplatila' u odnosu na iznos koji je uložen. Također, treba napomenuti da kratkoročni ROI ne mora nužno biti dobar pokazatelj dugoročne uspješnosti investicije. [6]

$$\text{Formula za ROI : } ROI = \frac{\text{Završna vrijednost portfelja} - \text{početna vrijednost portfelja}}{\text{Početna vrijednost portfelja}} \cdot 100\%$$

Na temelju analize portfelja tijekom promatranih 16 dana, prosječni dnevni povrat iznosio je 1.39625. To sugerira da je, u prosjeku, svaki dan dolazilo do blage promjene u vrijednosti portfelja. Prosječni dnevni povrat može biti koristan pokazatelj uspješnosti portfelja, jer daje uvid u prosječnu dnevnu promjenu vrijednosti.[7]

$$\text{Formula za prosječni dnevni povrat: } \frac{\text{Dnevni povrati}}{\text{Ukupan broj dana}}$$

Standardna devijacija dnevnog povrata, ili volatilnost, izračunata je na temelju dnevnih promjena vrijednosti portfelja. Volatilnost iznosi 12.3880221. Volatilnost je statistički pokazatelj koji se koristi za ocjenu stupnja varijacije povrata na investiciju. Dobivena vrijednost ukazuje na relativno visoku razinu rizika povezanu s portfeljem. Visoka volatilnost znači da vrijednost portfelja može značajno oscilirati na dnevnoj bazi, što može pružiti prilike za visoki povrat, ali i nosi veći rizik. [8]

Formula za volatilnost:

$$\frac{\text{najniža vrijednost nakon maksimuma} - \text{maksimalna vrijednost}}{\text{maksimalna vrijednost}} = \frac{100002.47 - 100051.22}{100051.22} = -0.00048774$$

Maksimalni pad, poznat i kao "Maksimalni drawdown", predstavlja najveći potencijalni pad vrijednosti portfelja u određenom periodu promatranja. U ovog portfelja, maksimalni pad iznosi -0.048774%. Ova metrika sugerira da je u promatranom periodu, najveći gubitak koji bi investitor mogao iskusiti bio gotovo 0.05% s obzirom na prethodni vrhunac vrijednosti portfelja. Važno je naglasiti da ovaj podatak mjeri najveći pad, odnosno najveći potencijalni gubitak, ali ne ukazuje direktno na ukupnu učinkovitost investicije. [9], [10]

Sharpeov omjer je alat kojim se mjeri rizik prilagođen povrat investicije. Ovaj omjer pokazuje koliko povrat prelazi stopu bez rizika za svaku dodatnu jedinicu rizika koju portfelj preuzima. Konkretno, u ovom primjeru, Sharpeov omjer iznosi 0.112736. Ta vrijednost implicira da za svaku jedinicu preuzetog rizika, investitor može očekivati dodatni povrat od 0.112736 jedinica iznad stope bez rizika. Viši Sharpe omjer ukazuje na bolju učinkovitost portfelja na razini rizika.

Formula za Sharpeov omjer:  $\frac{\text{prosječni povrat} - \text{risk free rate}}{\text{standardna devijacija povrata}}$

"Risk-free rate" ili stopa bez rizika predstavlja povrat koji bi investitor očekivao da će dobiti od investicije koja ne nosi nikakav rizik. Idealno, ovo je stopa koju investitor može dobiti bez da izlaže svoj kapital bilo kakvom riziku. Za ovaj primjer uzeta je vrijednost 0, što znači da investitor može očekivati povrat od 0% bez rizika, odnosno vrijednost se neće promijeniti. Investicije koje se smatraju bez rizika su obično državne obveznice, budući da je vjerojatnost da će vlada propustiti plaćanje svojih dugova vrlo mala. [11], [12]

Teoretski, Sharpeov omjer može biti bilo koji pozitivan broj. Nema stvarnog gornjeg ograničenja za Sharpeov omjer. Vrijednost omjera ovisi o povratu portfelja u odnosu na standardnu devijaciju tih povrata (volatilitet). Međutim, visoki Sharpeovi omjeri su rijetki. U praksi, Sharpeov omjer ispod 1 se smatra neoptimalan, omjer veći od 1.0 često se smatra dobrim, omjer veći od 2.0 se smatra vrlo dobrim, a omjer veći od 3.0 se smatra izvrsnim. [11]



### 5.3. Analiza transakcija: Uvidi u uspješne i neuspješne kupnje

Kroz analizu rezultata portfelja, uočeno je da su najuspješniji izbori bile dionice Moderna Inc (MRNA) i Home Depot (HD). Ove dionice su se istaknule snažnim rastom cijena i pružile su najveći povrat ulaganja.

S druge strane, Goldman Sachs (GS) nije bio jednako uspješan. Ove dionice pokazale su negativne rezultate, što je rezultiralo gubitkom u portfelju. Ovaj primjer ilustrira važnost diverzifikacije portfelja, kao i praćenje performansi svake individualne dionice, kako bi se pravovremeno moglo reagirati na promjene na tržištu.

Tijekom prvog kvartala (Q1) 2023., Moderna je ostvarila profit koji je premašio očekivanja. Unatoč značajnom padu prodaje, tvrtka je uspjela zadržati profitabilnost. Upravo se pripremala za lansiranje šest novih cjepiva za respiratorne bolesti, uključujući cjepivo protiv respiratornog sincicijskog virusa i personalizirano cjepivo protiv raka. Ovi pozitivni pokazatelji pomogli su održati tržišnu ocjenu dionice Moderna na relativno visokom nivou, pokazavši da je bila bolja od otprilike četvrtine svih dionica. [13], [14]

Unatoč izazovima koje je susreo Home Depot tijekom prvog kvartala 2023., tvrtka je uspjela nadmašiti očekivanja analitičara u pogledu zarade po dionici (EPS). Iako je ukupni prihod tvrtke opao za 4,2% u usporedbi s istim razdobljem prošle godine, njena zarada po dionici ostala je snažna. Prodaja u trgovinama pala je za 4,5%, a prosječna potrošnja kupaca smanjena je za više od 3 postotna boda. [15], [16]

Goldman Sachs se suočio s poteškoćama tijekom prvog kvartala (Q1) 2023., prijavivši rezultate koji su bili ispod očekivanja analitičara. Prihod tvrtke pao je za 5% uglavnom zbog prodaje potrošačkih kredita i slabijih rezultata u segmentima trgovanja obveznicama te upravljanja imovinom i bogatstvom. Iako je zarada po dionici iznosila 9,87 dolara, iznad očekivane vrijednosti, dobit je pala za 18%. Posebno su segmenti trgovanja i investicijskog bankarstva zabilježili značajne padove u odnosu na prošlu godinu.[17], [18]

## 5.4. Analiza rezultata: Uspjeh i profitabilnost trgovanja

U ovom se poglavlju analizira uspjeh i profitabilnost trgovanja temeljenog na implementiranoj strategiji trgovanja. Ukupno je izvršeno 1244 transakcija, od čega su 622 bile kupnje, a 622 prodaje. Tim transakcijama je ostvaren profit od USD 22.34 (EUR 20,75). Kada se raspravlja o profitabilnosti, važno je razumjeti da su troškovi trgovanja bitan dio svake strategije ulaganja. Alpaca, platforma korištena za trgovanje, ne naplaćuje proviziju na trgovanje. Ipak, postoji nekoliko manjih naknada koje se primjenjuju na svaku transakciju.

Jedna od tih naknada je naknada za regulativno trgovanje (Trading Activity Fee - TAF) koja se naplaćuje za svaku prodajnu transakciju. Stopa TAF-a iznosi USD 0.000119 za svaku transakciju, a ukupan broj prodajnih transakcija iznosi 622. Dakle, ukupna TAF naknada za sve prodajne transakcije iznosi približno USD 0.622 (EUR 0.58).

Nakon što se uzmu u obzir svi ovi troškovi, može se analizirati ukupna profitabilnost implementirane strategije trgovanja. Profitabilnost je izračunata na temelju ukupne vrijednosti prodanih dionica umanjene za ukupnu vrijednost kupljenih dionica, uzimajući u obzir sve pripadajuće naknade. Nakon oduzimanja svih troškova od ukupne vrijednosti prodanih dionica, neto profit iznosi USD 21.718 (EUR 20,17).

Nadalje, izračunata je stopa povrata za svaku dionicu, pružajući bolji uvid u to koliko je svaka dionica bila profitabilna. Ovi podaci su važni jer mogu pomoći u donošenju odluka o budućem trgovanju - koje dionice su bile najprofitabilnije, koje su donijele gubitke i kako se može prilagoditi strategija trgovanja na temelju tih informacija.

Važno je napomenuti da je uspjeh trgovanja ne samo u profitabilnosti, već i u kontinuiranom prilagođavanju strategija trgovanja. Sve strategije trgovanja trebaju se redovito preispitivati i prilagođavati prema trenutnim uvjetima na tržištu.

## 6. Zaključak

Razumijevanje tržišnih trendova i pravilno donošenje odluka ključni su za uspješno trgovanje dionicama. U ovom radu, istraženo je kako automatizirani sustav za trgovanje, temeljen na RSI indikatoru, može utjecati na proces donošenja odluka i potencijalno poboljšati ishode trgovanja.

Kroz testiranje algoritma na stvarnim tržišnim podacima, vidljivo je da je sustav sposoban generirati učinkovite signale za kupnju i prodaju dionica. Ipak, izazovi u vezi s upravljanjem rizikom ostaju dominantni faktor koji može utjecati na krajnji uspjeh. Implementacija stop-loss mehanizam i strategije za automatsko zatvaranje pozicija na kraju trgovačkog dana, pokazale su važnost u sprječavanju potencijalnih gubitaka.

Prema rezultatima trgovanja sa stvarnim tržišnim podacima, može se zaključiti da algoritam može donijeti efikasne odluke o kupnji i prodaji dionica, ali i dalje postoje izazovi koji trebaju biti prepoznati i obrađeni kako bi se optimizirao njegov rad.

Iako tehnički indikatori poput RSI mogu biti korisni alati za trgovanje, oni ne mogu predvidjeti sve marketinške uvjete ili neočekivane događaje. Stoga je važno napomenuti da ovaj algoritam, kao i svaki drugi, ne garantira uvijek profit i da se uvijek mora koristiti u kombinaciji s dobro osmišljenom strategijom upravljanja rizikom.

Konačno, ovaj rad predstavlja korak prema razumijevanju kako algoritamsko trgovanje može biti korisno za individualne trgovce i maloprodajne investitore. Iako je ovaj osnovni pristup pokazao obećavajuće rezultate, još uvijek postoje mnoge mogućnosti za poboljšanje i prilagodbu algoritma kako bi se dodatno povećala njegova učinkovitost i profitabilnost.

## Popis literature

- [1] W. N. Goetzmann i K. G. Rouwenhorst, Ur., *The Origins of Value: The Financial Innovations that Created Modern Capital Markets*. Oxford ; New York: Oxford University Press, 2005.
- [2] W. A. Barker, „Banking and Currency Crises and Systemic Risk: Lessons from Recent Events“, *CFA Dig.*, sv. 31, izd. 2, str. 50–52, svi. 2001, doi: 10.2469/dig.v31.n2.871.
- [3] „Information, Knowledge, and Economic Life: An Introduction to the Sociology of Markets: 9780199556953: Economics Books @ Amazon.com“. <https://www.amazon.com/Information-Knowledge-Economic-Life-Introduction/dp/0199556954> (pristupljeno 18. svibanj 2023.).
- [4] J. J. Murphy, *Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*, SUB UPD EX edition. New York: New York Institute of Finance, 1999.
- [5] J. W. Wilder, *New Concepts in Technical Trading Systems*. Trend Research, 1978.
- [6] „Return on Investment (ROI): How to Calculate It and What It Means“, *Investopedia*. <https://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [7] „Average Return: Meaning, Calculations and Examples“, *Investopedia*. <https://www.investopedia.com/terms/a/averagereturn.asp> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [8] „Volatility: Meaning In Finance and How it Works with Stocks“, *Investopedia*. <https://www.investopedia.com/terms/v/volatility.asp> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [9] „Maximum Drawdown (MDD) Defined, With Formula for Calculation“, *Investopedia*. <https://www.investopedia.com/terms/m/maximum-drawdown-mdd.asp> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [10] „Maksimalno povlačenje - Pregled, investicijski rizik, portfelji“, *pharoskc*. <https://hr.pharoskc.com/3098-what-is-a-maximum-drawdown> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [11] „Sharpe Ratio Formula and Definition With Examples“, *Investopedia*. <https://www.investopedia.com/terms/s/sharperatio.asp> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [12] „Omjer Sharpe | Sveobuhvatan vodič s primjerima Excela“, *mcfairbanks*. <https://hr.mcfairbanks.com/1820-sharpe-ratio> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [13] I. B. Daily, „Is Moderna Stock A Buy On Its Unexpected First-Quarter Profit?“, *Investor's Business Daily*, 01. lipanj 2023. <https://www.investors.com/news/technology/mrna-stock-buy-now/> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [14] „Moderna, Inc. (MRNA) Latest Stock News & Headlines - Yahoo Finance“. <https://finance.yahoo.com/quote/MRNA/news/> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [15] D. Kalogeropoulos, „1 Red Flag for Home Depot Stock in 2023“, *The Motley Fool*, 26. svibanj 2023. <https://www.fool.com/investing/2023/05/26/1-red-flag-for-home-depot-stock-in-2023/> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [16] „Home Depot (HD) Q1 Earnings: Taking a Look at Key Metrics Versus Estimates“, *Yahoo Finance*, 26. svibanj 2023. <https://finance.yahoo.com/news/home-depot-hd-q1-earnings-133003697.html> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).
- [17] H. Son, „Goldman Sachs misses revenue estimates after taking \$470 million hit on Marcus loans“, *CNBC*, 18. travanj 2023. <https://www.cnbc.com/2023/04/18/goldman-sachs-gs-earnings-1q-2023.html> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).

[18] „The Goldman Sachs Group, Inc. (GS) Stock Price, News, Quote & History - Yahoo Finance“. <https://finance.yahoo.com/quote/GS?p=GS> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).

[19] „Building Winning Algorithmic Trading Systems: A Trader’...“. <https://www.goodreads.com/book/show/22675886-building-winning-algorithmic-trading-systems> (pristupljeno 02. lipanj 2023.).

[20] E. P. Chan, *Quantitative Trading: How to Build Your Own Algorithmic Trading Business*. John Wiley & Sons, 2021.

## Popis slika

Slika 1: Ukupna vrijednost portfelja na početku trgovanja i na kraju za svaki dan trgovanja .23

Slika 2: Ukupna vrijednost portfelja na početku trgovanja i na kraju za svaki dan trgovanja .24

## Popis tablica

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1: Broj transakcija za svaki dan trgovanja .....                    | 19 |
| Tablica 2: Prohodi za svaki dan trgovanja .....                             | 20 |
| Tablica 3: Prikaz broja transakcija po dionici za svaki dan trgovanja ..... | 21 |
| Tablica 4: Prikaz profita po dionici za svaki datum trgovanja .....         | 21 |
| Tablica 5: Prikaz vrijednosti portfelja za svaki dan trgovanja .....        | 22 |