

# Sustav za vrednovanje investicijskih strategija

---

**Kos, Stjepan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:168:492353>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 543

# SUSTAV ZA VREDNOVANJE INVESTICIJSKIH STRATEGIJA

Stjepan Kos

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 543

# SUSTAV ZA VREDNOVANJE INVESTICIJSKIH STRATEGIJA

Stjepan Kos

Zagreb, lipanj 2024.

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 543

Pristupnik: **Stjepan Kos (0036524409)**  
Studij: Računarstvo  
Profil: Računarska znanost  
Mentor: prof. dr. sc. Zvonko Kostanjčar

Zadatak: **Sustav za vrednovanje investicijskih strategija**

### Opis zadatka:

U okviru diplomskog rada potrebno je razviti i implementirati sustav za vrednovanje investicijskih strategija. Vrednovanje investicijskih strategija vrlo često se svodi na povratno testiranje, odnosno na simuliranje investicijske strategije na povijesnim podacima. Međutim, povratno testiranje ima određene nedostatke, poput problema višestrukog testiranja, zbog čega se često rezultati investicijskih strategija razlikuju u stvarnoj primjeni od onih dobivenih na povijesnim podacima. U radu je prvo potrebno definirati niz mjera povezanih s povratom na investiciju, rizikom investicije, povratom na rizik te identificirati ključne referentne vrijednosti za usporedbu, uzevši u obzir spomenute probleme povratnog testiranja. Zatim je potrebno implementirati spomenute mjere te omogućiti vizualni prikaz izvedbe investicijske strategije u različitim formama, fokusirajući se na krivulju dobiti i gubitka (P&L). Na kraju potrebno je definirati formu izvještaja o izvedbi investicijskih strategija te omogućiti izradu izvještaja o izvedbi strategije na stvarnim ili povijesnim podacima.

Rok za predaju rada: 28. lipnja 2024.



# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>3</b>
<b>2. Financijsko okruženje</b>	<b>4</b>
2.1. Općenito o investicijama	4
2.2. Mjere povrata na investiciju	4
2.2.1. Očekivani povrat	5
2.2.2. Rizik – standardna devijacija	5
2.2.3. Sharpeov omjer	6
2.3. Efikasna granica	6
2.4. Povrat na investiciju (ROI)	7
2.5. Krivulja dobiti i gubitka (P&L)	7
2.6. Optimizacija portfelja	7
2.7. Burzovno utrživi fondovi (ETF-ovi)	8
2.7.1. Tipovi ETF-ova	8
2.7.2. Značajke ETF-ova	9
<b>3. Implementacija sustava</b>	<b>11</b>
3.1. Tehnički detalji implementacije sustava	11
3.2. React Native	12
3.3. Kalkulator	13
3.3.1. Slanje zahtjeva	14
3.4. Efikasna granica	15
3.4.1. Graf efikasne granice	15
3.4.2. Korelacijska matrica	17
3.4.3. Izmjena povrata i varijanca	18

3.5. Pregled portfelja . . . . .	19
3.5.1. Biblioteka za vizualizaciju podataka . . . . .	21
3.5.2. Niska vjerojatnost portfelja . . . . .	22
3.6. Pregled imovine . . . . .	24
3.6.1. Vrsta imovine . . . . .	25
3.7. Metapodaci imovine . . . . .	25
3.8. REST API web servis . . . . .	28
3.8.1. Spring Boot . . . . .	28
3.8.2. Izračun podataka za ROI graf . . . . .	29
<b>4. Simulacija i procjena povrata . . . . .</b>	<b>32</b>
4.1. Uvod u ponovno uzorkovanje . . . . .	32
4.2. Bootstrap metoda . . . . .	32
4.3. Portfelj jednakih težina . . . . .	33
4.4. Ponovno uzorkovanje blokova . . . . .	33
4.5. Priprema podataka . . . . .	34
4.6. Simulacija i analiza . . . . .	35
4.6.1. Mjesečni podaci . . . . .	35
4.6.2. Bootstrap simulacija . . . . .	36
4.7. Rezultati i vizualizacija . . . . .	37
<b>5. Zaključak . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>Sažetak . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>Abstract . . . . .</b>	<b>44</b>

# 1. Uvod

U današnjem financijskom svijetu, investitori se suočavaju s velikim izazovima u procjeni i vrednovanju investicijskih strategija. Mnogi pojedinci žele uložiti svoj novac kako bi ostvarili povrat, ali često ne znaju gdje i kako započeti s ulaganjem. Ovaj rad se bavi upravo tim problemom, pružajući sustav koji pomaže investitorima u optimizaciji njihovih portfelja i donošenju informiranih investicijskih odluka.

Sustav uključuje mobilnu aplikaciju koja korisnicima omogućuje unos ključnih parametara poput iznosa ulaganja, razdoblja ulaganja i minimalnog povrata, ali i web servis koji prosljeđuje i obrađuje zahtjeve za sam model. Na temelju tih unosa, sustav koristi povijesne podatke za generiranje preporuka koje pomažu korisnicima u optimizaciji njihovih portfelja.

Dodatno, u radu ćemo razmotriti korištenje bootstrap simulacije za procjenu povrata i rizika investicijskih strategija, omogućujući investitorima detaljniji uvid u moguće ishode njihovih investicijskih odluka. Bootstrap metoda pruža fleksibilan okvir za ponovno uzorkovanje podataka, što je posebno korisno u financijskim analizama gdje je volatilnost visoka.

Ovaj rad ima za cilj pružiti sveobuhvatan pregled razvoja i implementacije sustava za vrednovanje investicijskih strategija, uključujući detalje o korištenim tehnologijama, metodama analize podataka i rezultatima simulacija. Kroz ovu analizu, vidjet ćemo kako se napredne analitičke tehnike mogu koristiti za poboljšanje procesa donošenja investicijskih odluka i pružiti investitorima alate za bolje upravljanje njihovim portfeljima.



## 2. Financijsko okruženje

### 2.1. Općenito o investicijama

**Investicija** se definira kao planirana alokacija financijskih resursa, sredstava ili vremena s očekivanjem postizanja budućih koristi ili povrata [1]. Primjerice, pojedinac može kupiti dionice s očekivanjem da će budući prihodi od tih dionica opravdati vrijeme i rizik uloženi u investiciju. Također, vrijeme koje ulažete u studiranje (uz troškove povezane s njim) također predstavlja investiciju. Odričete se trenutnog odmora ili prihoda koji biste mogli zaraditi na poslu u očekivanju da će vaša buduća karijera biti dovoljno unaprijeđena da opravda ovu investiciju vremena i truda.

Ova definicija naglašava višedimenzionalnost investiranja, koja može uključivati različite vrste sredstava kao što su novac, dionice, nekretnine ili obrazovne usluge. U kontekstu **financijske teorije**, investicija se često analizira kroz koncepte rizika, povrata i vremenske vrijednosti novca.

Razumijevanje rizika je ključno za svaku investicijsku odluku. Svaka investicija nosi sa sobom određenu razinu **rizika**, bilo da je riječ o tržišnom, kreditnom ili operativnom riziku. Očekivani povrat od investicije obično korelira s razinom preuzetog rizika; veći potencijalni povrat obično je povezan s većim rizikom te je potrebno balansirati ove faktore kako bi se postigla **optimalna kombinacija rizika i povrata**.

### 2.2. Mjere povrata na investiciju

Praćenje i analiza povrata na investiciju ključni su za investitore prilikom donošenja odluka o alokaciji kapitala i izgradnji portfelja. Postoje različite metrike koje pomažu investitorima da razumiju i procjene izglednost njihovih investicija.

### 2.2.1. Očekivani povrat

**Očekivani povrat** ( $E[R]$ ) predstavlja prosječni povrat koji investitori očekuju od određene investicije tijekom određenog razdoblja. Ova mjera je ključna za procjenu potencijalnih povrata i rizika investicije. Očekivani povrat se često koristi kao osnovni kriterij za donošenje investicijskih odluka:

$$E[R] = \sum_{i=1}^n (p_i \times r_i)$$

gdje je  $p_i$  vjerojatnost i  $r_i$  povrat određene investicije.

Ova mjera omogućuje investorima da stvore stvarna očekivanja o uspješnosti svojih investicija i da usporede različite investicijske prilike. Međutim, očekivani povrat ne garantira buduće rezultata, jer se temelji na povijesnim podacima i ne uzima u potpunosti u obzir rizik.

### 2.2.2. Rizik – standardna devijacija

**Standardna devijacija** ( $\sigma$ ) predstavlja mjeru varijabilnosti ili rizika povezanog s investicijom. Standardna devijacija se koristi kao mjera volatilnosti koja pokazuje koliko se povrati investicija razlikuju od očekivane vrijednosti. Visoka standardna devijacija ukazuje na veći rizik, dok niska standardna devijacija ukazuje na manji rizik. Ako je imovina veće varijabilnosti, povećavaju se šanse većeg rasta i pada vrijednosti.

Primjerice, kriptovalute su jako varijabilne imovine za investiciju, što može rezultirati velikim povratima, ali i značajnim gubicima dok obveznice obično imaju manju varijabilnost što znači manje i stabilnije povrate.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}$$

gdje je  $\bar{r}$  prosječni povrat i  $r_i$  povrat određene investicije.

### 2.2.3. Sharpeov omjer

**Sharpeov omjer** (*Sharpe ratio*) mjeri efikasnost ulaganja uspoređujući povrat investicije s rizikom. Ovaj omjer pomaže investitorima da procijene dodatnu vrijednost koju dobivaju za svaku jedinicu dodanog rizika.

$$\text{Sharpe ratio} = \frac{E[R] - R_f}{\sigma}$$

gdje je  $E[R]$  očekivani povrat,  $R_f$  **stopa povrata bez rizika** i  $\sigma$  standardna devijacija.

**Stopa povrata bez rizika** ( $R_f$ ) predstavlja povrat koji investitor može očekivati od ulaganja u potpuno sigurne instrumente kao što su državne obveznice ili kratkoročni trezorski zapisi. Ova stopa se često koristi kao referentna stopa povrata u Sharpeovom omjeru kako bi se izračunao dodatni povrat koji investitor očekuje iznad sigurnog povrata na tržištu.

Kroz Sharpeov omjer, investitori mogu bolje razumjeti efikasnost svojih ulaganja i procijeniti je li povrat koji očekuju isplativ s obzirom na preuzeti rizik. Što je Sharpeov omjer viši, to je investicija efikasnija jer investitor dobiva veći povrat za svaku jedinicu rizika koju preuzima.

### 2.3. Efikasna granica

Efikasna granica je skup svih mogućih portfelja koji pružaju maksimalni povrat za zadanu razinu rizika tj. minimalni rizik za zadanu razinu povrata. Granica ilustrira optimalne kombinacije rizika i povrata. Izgradnja efikasne granice započinje procjenom očekivanog povrata svake imovine u portfelju te izračunavanjem varijance pojedinačnih imovina i kovarijance među njima.

**Efikasna granica** je koristan alat za investitore jer im omogućava izbor optimalnog portfelja koji odgovara njihovoj sklonosti prema riziku što se često prikazuje vizualno. Pomaže u identifikaciji portfelja koji nude najbolje povrate s najmanje rizika. Često se uzima portfelj na efikasnoj granici koji se nalazi neposredno prije većeg skoka varijance a jednakim ili malo većim povratom. Ovakav portfelj pruža povoljan omjer rizika i povrata,

maksimizirajući povrat uz kontrolirani rizik.

## 2.4. Povrat na investiciju (ROI)

Povrat na investiciju (**ROI**) je financijski pokazatelj koji mjeri koliko je profitabilna neka investicija. Izračunava se tako da se **neto dobit** podijeli s **troškom investicije** i zatim pomnoži sa 100 kako bi se dobio postotak:

$$\text{ROI} = \left( \frac{\text{Neto dobit}}{\text{Trošak investicije}} \right) \times 100$$

ROI je koristan jer omogućuje investitorima da procijene koliko su njihove investicije profitabilne i daje mogućnost usporedbe različitih investicija. Jednostavan je za korištenje i pruža brz uvid u učinkovitost investicija.

## 2.5. Krivulja dobiti i gubitka (P&L)

Krivulja dobiti i gubitka (**P&L**) grafički prikazuje kako se investicijska strategija razvijala tijekom vremena. Pomaže investitorima da lakše prate uspješnost strategije. P&L krivulja je važna jer omogućuje identifikaciju perioda u kojima strategija ostvaruje dobitke ili gubitke, pomažući investitorima da prepoznaju trendove i volatilitnost strategije. Ova krivulja se često koristi kao prikaz i predikcija uspješnosti portfelja.

## 2.6. Optimizacija portfelja

**Štednja** se definira kao suzdržavanje od potrošnje cjelokupnog trenutnog prihoda. S druge strane, **investiranje** predstavlja odabir sredstava za alokaciju u svrhu ostvarivanja budućeg rasta ili prihoda. Često se termin "štednja" pogrešno predočava kao investiranje u sigurna sredstva, poput osiguranih bankovnih računa ili kratkoročnih depozita. Da bismo razjasnili ovu razliku, možemo uzeti primjer: ako netko zaradi 100.000 eura godišnje i potroši 80.000 eura, ostatak od 20.000 eura je štednja, bez obzira na to kako se odluči investirati.

**Investitorski portfelj** predstavlja skupina investicijskih sredstava koja je pažljivo

odabrana i strukturirana kako bi se postigao određeni financijski cilj. Portfelj se ažurira kroz proces **rebalansiranja**, koji može uključivati prodaju postojećih vrijednosnih papira, kupnju novih, ulaganje dodatnih sredstava ili smanjenje ukupne veličine portfelja kako bi se održao početni omjer vrsta imovine u portfelju.

**Investicijska sredstva** se kategoriziraju u klase kao što su dionice, obveznice, nekretnine i roba. U izgradnji portfelja, investitori donose odluke o alokaciji sredstava. Odluka o alokaciji određuje raspodjelu sredstava među klasama, dok se kroz odluku o selekciji odabiru konkretni vrijednosni papiri unutar svake klase.

Postoje dvije osnovne strategije u izgradnji portfelja: "**odozdo prema gore**" i "**odozgo prema dolje**". Prva se temelji na identifikaciji pojedinačnih vrijednosnih papira koji su atraktivno cijenjeni i potencijalno profitabilni. Druga strategija, "odozgo prema dolje", fokusira se na široku alokaciju sredstava među različitim klasama, s ciljem diversifikacije i smanjenja rizika. Ove dvije strategije često se kombiniraju kako bi se postigla optimalna ravnoteža između rizika i povrata u portfelju.

## **2.7. Burzovno utrživi fondovi (ETF-ovi)**

Burzovno utrživi fondovi (**ETF**) predstavljaju financijske instrumente koji omogućuju investitorima da trguju širokim izborom imovine na tržištima kao što su dionice, obveznice ili roba, slično kao i kod pojedinačnih dionica [1]. Ovi fondovi kombiniraju karakteristike običnih fondova i dionica, pružajući **likvidnost**, **diverzifikaciju** i **transparentnost** investitorima po konkurentnim cijenama.

### **2.7.1. Tipovi ETF-ova**

ETF-ovi dolaze u različitim tipovima, prilagođenim različitim investicijskim strategijama i ciljevima. Glavne kategorije uključuju:

- **Indeksni ETF-ovi:** Ovi ETF-ovi prate određeni tržišni indeks, kao što su S&P 500 ili NASDAQ-100. Cilj im je pratiti promjene indeksa.
- **Sektorski i industrijski ETF-ovi:** Fokusiraju se na određene industrije, poput tehnologije, zdravstva ili energetike. Investitori mogu koristiti ove ETF-ove za po-

većanje izloženosti određenim dijelovima tržišta, ali ne žele ovisiti o uspjehu samo jedne dionice u toj industriji.

- **Geografski ETF-ovi:** Ovi fondovi omogućuju investitorima izloženost određenim regijama ili zemljama, kao što su Europa, Azija ili tržišta u razvoju.
- **Obveznički ETF-ovi:** Fokusiraju se na tržište obveznica, uključujući državne ili korporativne obveznice. Pružaju najčešće stabilniji prihod uz manji rizik u usporedbi s dioničkim ETF-ovima.
- **Roba ETF-ovi:** Investitorima omogućuju izloženost tržištima roba poput zlata, srebra, nafte ili poljoprivrednih proizvoda.
- **Aktivno upravljani ETF-ovi:** Za razliku od pasivnih, ovi ETF-ovi imaju upravitelje koji aktivno donose investicijske odluke s ciljem nadmašivanja tržišnih prinosa.

## 2.7.2. Značajke ETF-ova

ETF-ovi se temelje na konceptu indeksiranog investiranja, gdje pokušavaju pratiti rast i pad određenog indeksa tržišta ili sektora. Ovakvim **pasivnim upravljanjem sredstava** često dolazi do nižih troškova u usporedbi s aktivno upravljanim fondovima, što može povećati ukupni povrat na investiciju.

Jedna od ključnih prednosti ETF-ova je njihova **likvidnost**. Budući da se trguju na otvorenom tržištu, investitori mogu kupiti ili prodati udjele ETF-a tijekom radnog dana po trenutnim tržišnim cijenama. Ova fleksibilnost omogućuje investitorima da brzo prilagode svoj portfelj po osobnim ciljevima i interesima.

Kupnjom jednog ETF-a, investitori mogu dobiti izloženost širokim izborom imovine ili sektora, smanjujući specifični rizik povezan s pojedinačnim ulaganjima. Ovo je posebno korisno za investitore koji žele smanjiti rizik u svom portfelju bez potrebe za odabirom i praćenjem pojedinačnih dionica ili obveznica. U slučaju da jedna dionica ima nagli pad, ulaganje u ETF često povlači diverzifikaciju koja investitora štiti od većeg gubitka investicije.

**Transparentnost** je još jedna prednost ETF-ova. Upravitelji ETF-a redovito objavljuju informacije o sastavu portfelja, omogućujući investitorima da prate i razumiju svoje

ulaganje. Ova transparentnost pruža investitorima veću kontrolu i razumijevanje njihovih investicijskih odluka.

Pored navedenih značajki, ETF-ovi nude i dodatne porezne pogodnosti koje ih čine isplativijima za dugoročne investitore. Za razliku od tradicionalnih investicijskih fondova, ETF-ovi omogućuju investitorima da kontroliraju trenutak kada će biti oporezovani na kapitalnu dobit, pružajući veću fleksibilnost u poreznom planiranju.

Unatoč brojnim prednostima, važno je napomenuti da ETF-ovi nisu bez rizika. Kao i svaka investicija, ETF-ovi su izloženi tržišnim rizicima, te mogu varirati u vrijednosti ovisno o kretanjima cijena na tržištu. Stoga je važno da investitori pažljivo prouče ETF u koji planiraju uložiti, razumiju njegovu strukturu i potencijalne rizike prije donošenja investicijske odluke.

## 3. Implementacija sustava

U ovom poglavlju fokusirat ćemo se na tehničke detalje implementacije sustava, korištene tehnologije i alate te specifičnosti mobilne aplikacije i web servisa.

### 3.1. Tehnički detalji implementacije sustava

Arhitektura sustava, kako je prikazano na slici 3.1., obuhvaća mobilnu aplikaciju kao korisničko sučelje i web servis kao dio backend sustava koji podržava funkcionalnosti aplikacije.

Mobilna aplikacija je razvijena s pomoću **React Native** radnog okvira, korištenjem **Expo** alata. **React Native** omogućava razvoj mobilnih aplikacija koristeći JavaScript i React, pružajući tako mogućnost izrade aplikacija koje se mogu izgraditi za više platformi poput iOS-a i Androida. **Expo** pruža dodatne alate i resurse za olakšan razvoj i testiranje mobilnih aplikacija poput lakšeg spajanja na kameru, mikrofoni i ostale komponente mobitela.

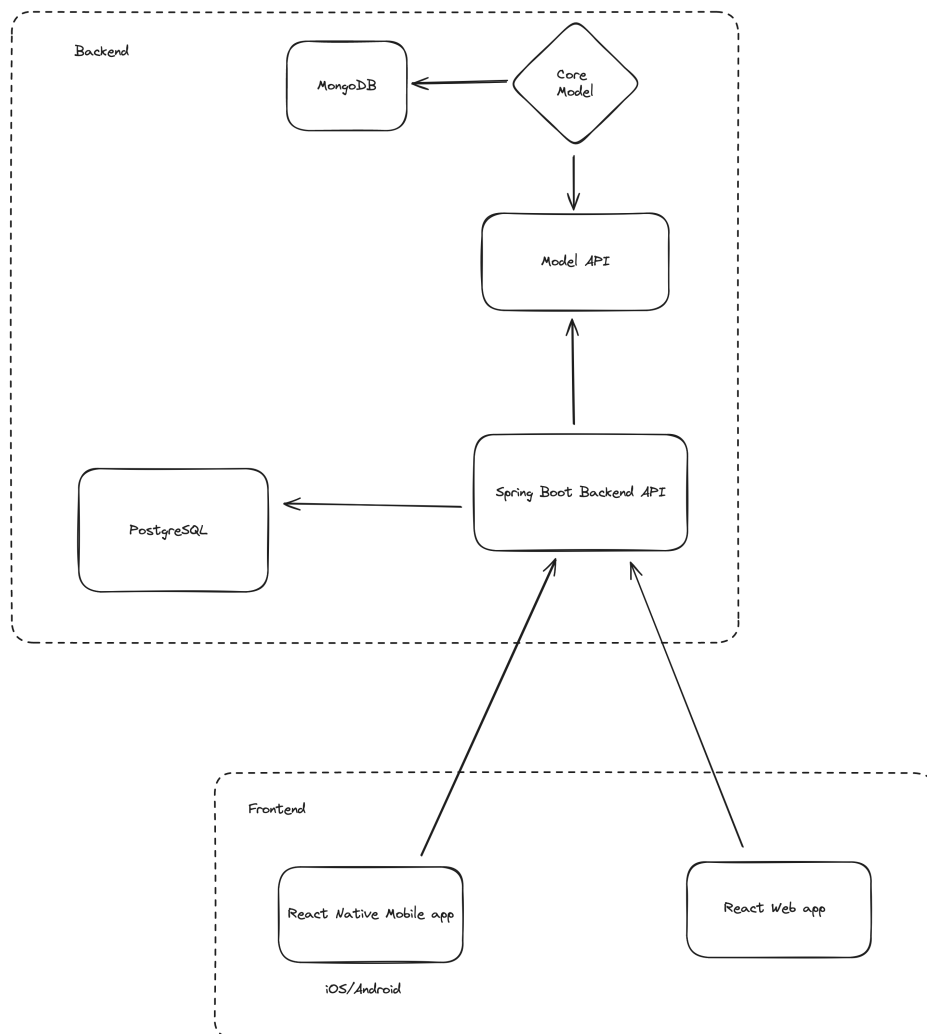
Web servis je implementiran koristeći **Spring Boot** radni okvir u programskom jeziku **Java**. **Spring Boot** omogućava brz i jednostavan razvoj REST API aplikacija uz podršku za različite integracije i sigurnosne mjere uz korištenje Spring Security. Backend sustav komunicira direktno s mobilnom aplikacijom, obrađuje zahtjeve korisnika i priprema podatke za prikaz na korisničkom sučelju.

Za preporuke sadržaja, mobilna aplikacija koristi model koji je integriran putem **FAST API** sučelja. FAST API, implementiran u programskom jeziku **Python**, omogućava izgradnju API-ja za različite aplikacijske potrebe. Mobilna aplikacija šalje zahtjeve modelu putem **REST API**-ja kako bi dobila preporuke, koje se prikazuju korisniku.



Kao baza podataka za pohranu metapodataka, imovina i ostalih podataka potrebnih za preporuku, koristi se **MongoDB NoSQL** baza podataka. **MongoDB** pruža fleksibilno rješenje za pohranu nestrukturiranih podataka i omogućava jednostavno skaliranje i upravljanje podacima i ne zahtjeva izradu tablica i relacija unaprijed.

Osim mobilne aplikacije, implementirana je i web verzija sustava u Reactu kako bi se omogućio pristup funkcionalnostima putem web preglednika. Ova web verzija pruža korisnicima slično iskustvo kao mobilna aplikacija, ali prilagođeno desktop okruženju.



**Slika 3.1.** Arhitektura sustava

## 3.2. React Native

React Native omogućuje izradu mobilnih aplikacija za iOS i Android sustave koristeći React paradigme programiranja [3]. To je spoj nativnog razvoja i Reacta, jedan od po-

pularnijih JavaScript knjižnica za izgradnju korisničkih sučelja. Koristi se JavaScript za pisanje koda, a komponente se prikazuju kao nativni elementi korisničkog sučelja, omogućavajući fleksibilnost i jednostavniju iteraciju. React Native se može integrirati u postojeće Android i iOS projekte ili se može koristiti za izradu novih aplikacija. Podržava izradu platformski specifičnih verzija komponenti, što olakšava dijeljenje kôda između platformi.

### 3.3. Kalkulator

Korištenje kalkulatora ne predstavlja financijski savjet, već je alat namijenjen iskusnim ulagačima za poboljšanje njihovih investicijskih strategija. Kalkulator koristi povijesne podatke i statistički model za procjenu rizika i potencijalnih povrata, što pruža korisnicima informirane preporuke za optimizaciju njihovih investicija.

Kalkulator prikazan na slici 3.2. omogućuje korisnicima da optimiziraju svoje investicijske portfelje unosom ključnih podataka o investicijama. Kalkulator ima tri glavna ulaza: iznos ulaganja (*investment amount*), razdoblje ulaganja (*investment horizon*) i minimalni iznos na kraju razdoblja (*lowerBoundOnPortfolio*).

Korisnik upisuje vrijednost koju je spreman uložiti u polje "I would like to invest", a unos je tipa *float* (tj. *double*). Korisnik pomoću klizača (*slider*) odabire period ulaganja. Ova varijabla je tipa *integer*, što znači da korisnik može odabrati cijeli broj godina za koje planira ulagati. Na kraju, korisnik unosi minimalni iznos koji želi imati na kraju razdoblja ulaganja u polje "I would like to have at least". Ovaj unos je također tipa *float*, omogućujući precizno određivanje minimalnog ciljanog iznosa.

**Optimize your portfolio**

I would like to invest:

10.000,00 €

and I would like to have at least

18.000,00 €

after:

5 years \*

Get a personalized investment  
reccomendation.  
This is not a financial advice. This is a tool to  
help experienced traders optimize their  
portfolio

\*with 95% confidence interval, always read the fine print.

**Optimize portfolio**

**Slika 3.2.** Kalkulator

### 3.3.1. Slanje zahtjeva

Nakon unosa svih potrebnih podataka, kalkulator putem React Forms šalje zahtjev na backend sustav. Backend validira, obrađuje i prosljeđuje ove podatke modelu koji procjenjuje razinu rizika koju je korisnik spreman prihvatiti. Na temelju ovih informacija, model generira personalizirane preporuke za optimizaciju portfelja.

Na idućem zaslonu, korisnik će imati mogućnost naprednih postavki te, ako želi, može ručno podesiti godišnje povrate (*annualReturns*) ili varijance (*variances*) ako sma-

tra da nisu ispravne na temelju njegovog profesionalnog znanja. Ako je to slučaj, zahtjev će također sadržavati listu izmijenjenih godišnjih povrata i/ili korelacijsku matricu (*correlationMatrix*) s izmijenjenom listom varijanci. Više o detalja o mogućnosti izmjena se nalazi kasnije u poglavlju.

Podaci za slanje na backend uključeni su u klasu `CalculatorRequestDTO`, koja ima sljedeće atribute:

```
@AllArgsConstructor
@Data
public class CalculatorRequestDTO {
    private double investmentAmount;
    private double lowerBoundOnPortfolio;
    private int investmentHorizon;
    private List<Double> annualReturns; //OPTIONAL
    private List<List<Double>> correlationMatrix; //OPTIONAL
    private List<Double> variances; //OPTIONAL
}
```

Programski isječak 3.1: Zahtjev

## 3.4. Efikasna granica

### 3.4.1. Graf efikasne granice

Kao što je prikazano na slici 3.3., efikasna granica sadrži 100 različitih portfelja. Svaki portfelj na efikasnoj granici nudi najbolji mogući godišnji povrat za određenu razinu rizika. Korisnik može ručno odabrati jedan od tih 100 portfelja pomoću klizača (slidera) ili koristiti preporučeni optimalni portfelj. Optimalni portfelj, prikazan zelenom točkom na grafu, označava portfelj koji model smatra najprikladnijim za korisnika na temelju iskazanog prihvaćenog rizika.



**Slika 3.3.** Graf efikasne granice

Na slici 3.3., x os predstavlja varijancu (rizik), dok y os prikazuje godišnji povrat. Trenutno odabrani portfelj je prikazan crvenom točkom, a optimalni portfelj je označen zelenom točkom. Korisnik također ima mogućnost vraćanja na preporučeni portfelj pomoću odgovarajućeg gumba.

Mogućnost ručnog odabira portfelja pomoću klizača daje dodatnu fleksibilnost korisnicima, dok graf efikasne granice pruža vizualni uvid u odnose između rizika i povrata različitih investicijskih strategija. Podaci o portfeljima i efikasnoj granici se pohranjuju i prenose putem objekta `CalculatorResponseDTO`. Ova klasa sadrži sljedeće atribute:

```

@Data
@AllArgsConstructor
@NoArgsConstructor
public class CalculatorResponseDTO {

    private double investmentAmount;
    private List<ProductMetadata> productsMetadata;
    private List<Double> annualReturns;
    private List<List<Double>> correlationMatrix;
    private List<Double> variances;
    private List<PortfolioData> frontier;
    private int optimalIndex;
}

```

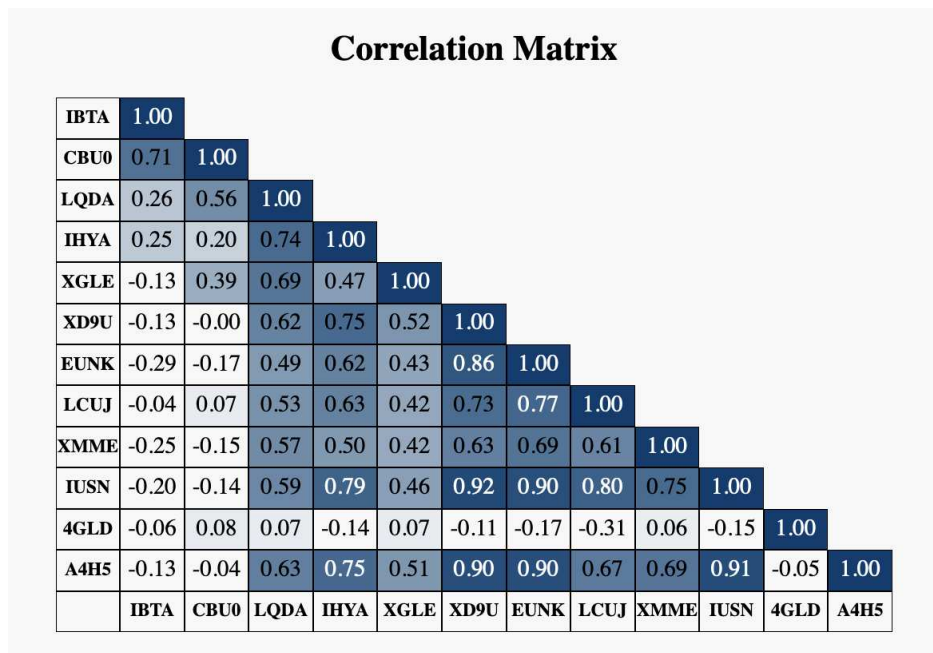
Programski isječak 3..2: Odgovor kalkulatora

### 3.4.2. Korelacijska matrica

Korelacijska matrica, prikazana na slici 3.4., prikazuje međusobne korelacije između različitih financijskih imovina prisutnih u svim portfeljima efikasne granice, a ne samo u odabranom portfelju. Korelacija između dvije imovine mjeri se vrijednostima od -1 do 1. Vrijednost 1 označava savršenu pozitivnu korelaciju, 0 označava odsutnost korelacije, dok vrijednost -1 označava savršenu negativnu korelaciju. Prikazan je samo donji trokut matrice jer sadrži iste vrijednosti kao i gornji trokut, što omogućuje pregledniji prikaz podataka.

Ova matrica je ključna za razumijevanje međusobnog ponašanja različitih imovina. Visoka pozitivna korelacija znači da će se cijene imovina kretati u istom smjeru, dok negativna korelacija znači suprotno. Analizom korelacijske matrice investitori mogu donijeti informirane odluke o diversifikaciji svojih portfelja. Ulaganjem u imovine s niskom ili negativnom korelacijom može se smanjiti ukupni rizik portfelja bez žrtvovanja povrata.

U kontekstu efikasne granice, korelacijska matrica pomaže identificirati optimalne kombinacije imovina koje nude najbolje povrate za određenu razinu rizika.



**Slika 3.4.** Korelacijska matrica

### 3.4.3. Izmjena povrata i varijanca

Napredne postavke kalkulatora omogućuju korisnicima ručno podešavanje godišnjih povrata i volatilnosti za imovine u portfelju. Ova funkcionalnost je posebno korisna za iskusne ulagače koji imaju duboko znanje o imovinama i žele preciznije modelirati svoje investicijske strategije.

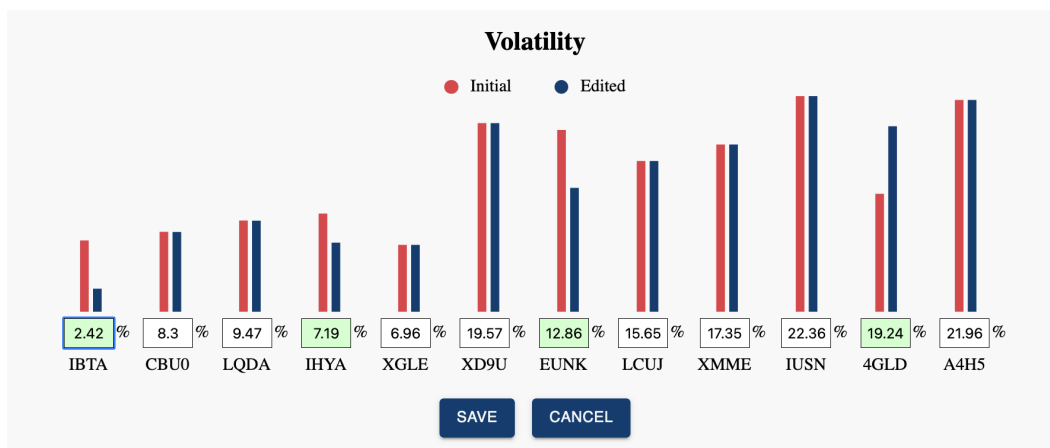
Prikazane su dvije slike koje pokazuju sučelje kalkulatora u različitim stanjima: u stanju samo za čitanje (read-only) i u stanju uređivanja (edit mode). Kada korisnik uđe u način uređivanja, može promijeniti vrijednosti godišnjih povrata i volatilnosti, a izmijenjene vrijednosti prikazane su sa zelenom pozadinskom bojom radi lakšeg prepoznavanja.

Iznad vrijednosti se nalazi graf koji vizualno prikazuje i uspoređuje početne vrijednosti (crvenom bojom) i izmijenjene vrijednosti (plavom bojom).

Nakon što korisnik izmijeni željene vrijednosti, može spremiti promjene klikom na gumb "Save". Ovaj postupak šalje CalculatorRequestDTO objekt na backend kako bi se generirala nova efikasna granica s izmijenjenim vrijednostima. Ako su promijenjeni godišnji povrati, šalju se samo novi godišnji povrati. Ako su promijenjene varijance, šalju se nove varijance zajedno s korelacijskom matricom.



Slika 3.5. Prikaz godišnjih povrata i volatilnosti u stanju samo za čitanje



Slika 3.6. Prikaz volatilnosti u načinu uređivanja

### 3.5. Pregled portfelja

Nakon što korisnik odabere željeni portfelj na efikasnoj granici, korisnik ima pregled odabranog portfelja, prikazan na slici 3.7. Ovaj ekran daje detaljan prikaz očekivanih vrijednosti odabranog portfelja, uključujući minimalni cilj, očekivanu, optimističnu i pe-

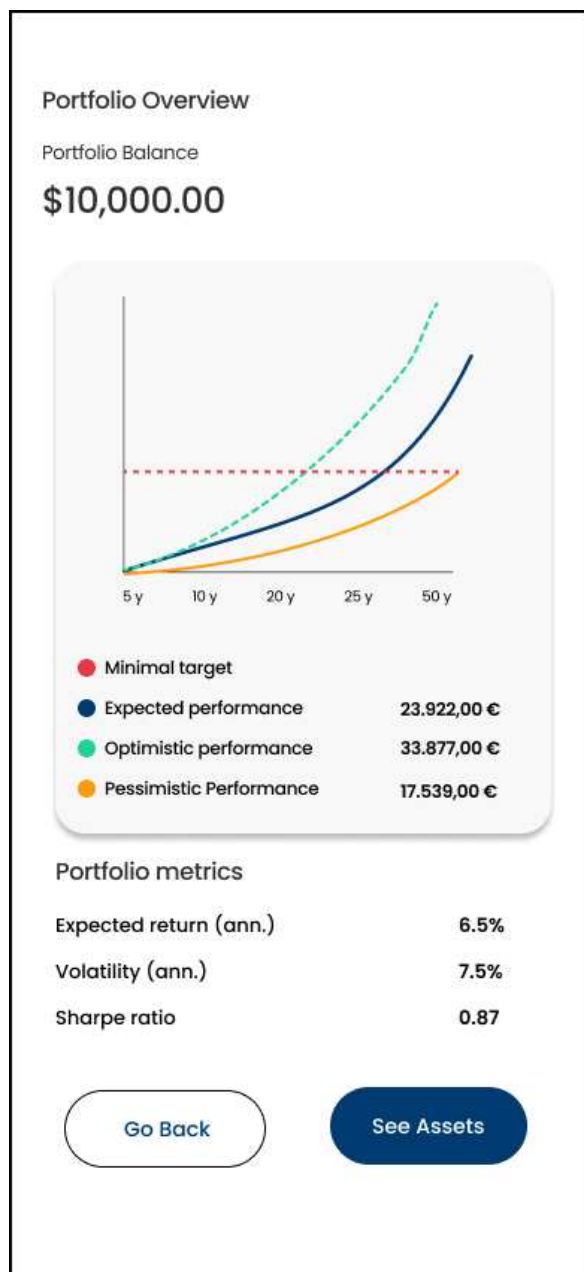


simističnu vrijednost portfelja.

Na grafu je prikazan minimalni cilj (*minimal target*) koji je korisnik odredio na početku. Ovaj cilj označen je crvenom isprekidanom linijom. Graf također sadrži tri linije koje predstavljaju različite scenarije vrijednosti portfelja: očekivana vrijednost (*expected performance*), optimistična vrijednost (*optimistic performance*) i pesimistična vrijednost (*pessimistic performance*). Očekivana vrijednost prikazan je plavom linijom, optimistična vrijednost zelenom isprekidanom linijom, a pesimistična vrijednost narančastom linijom.

Izračun podataka za graf bit će detaljno opisan u idućem poglavlju koje pokriva web servis. Ove linije pomažu korisnicima da vizualiziraju različite moguće ishode svojih investicija u skladu s odabranim portfeljem.

Na dnu ekrana prikazane su ključne metrike portfelja, uključujući godišnji povrat (*expected return (ann.)*), volatilnost (*volatility (ann.)*) i Sharpeov omjer (*Sharpe ratio*). Godišnji povrat predstavlja prosječni očekivani povrat na godišnjoj razini, volatilnost mjeri rizik, dok Sharpeov omjer predstavlja omjer povrata prilagođenog riziku. X-os grafa predstavlja duljinu investicijskog horizonta koji je korisnik odredio.



**Slika 3.7.** Pregled portfelja

### 3.5.1. Biblioteka za vizualizaciju podataka

Victory je dobro strukturiran, ali prilagodljiv ekosustav React komponenti, namijenjenih za izgradnju interaktivnih vizualizacija podataka [4]. Ovaj alat omogućuje korisnicima kreiranje dinamičnih vizualizacija podataka na web platformi i u React Native okruženju (Victory Native), zadržavajući istu razinu funkcionalnosti i ponašanja.

```

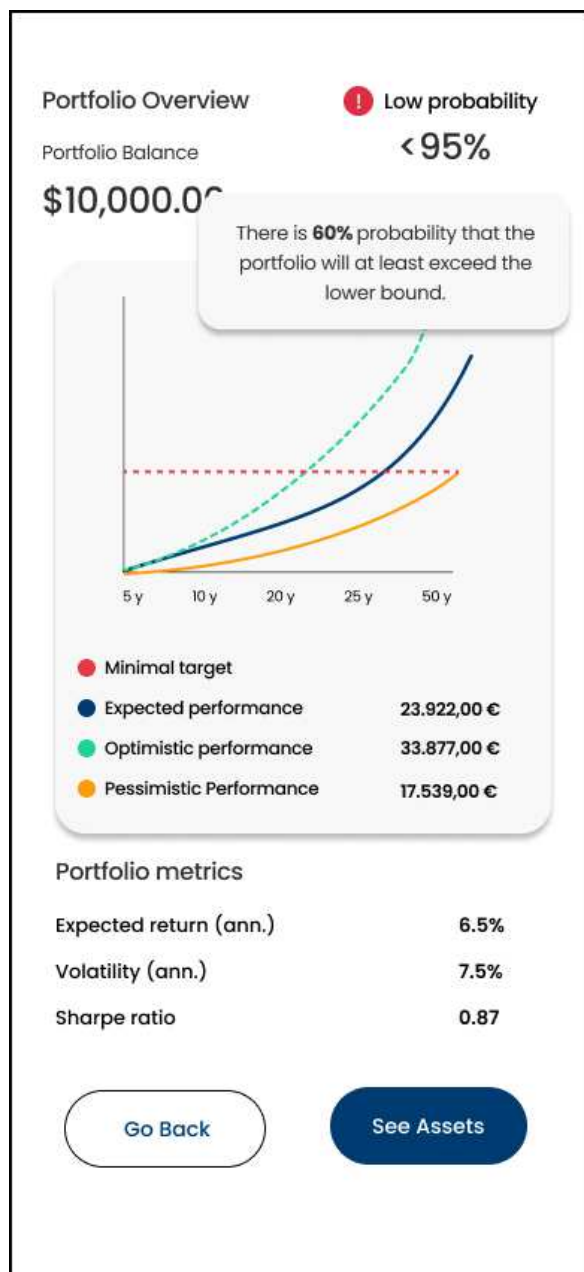
<VictoryChart domainPadding={10} animate={true} width={width}>
  <VictoryAxis
    tickFormat={(x) => `${x}y`}
  />
  <VictoryAxis dependentAxis={true} tickFormat={(x) => `${x} /
    1000}k`>
  />
  <VictoryLine style={{data: {stroke: MAIN_COLOR}}}>
    data={graphCoordinates} x="year" y="expectedReturn"/>
  <VictoryLine style={{data: {stroke: GREEN_COLOR}}}>
    data={graphCoordinates} x="year" y="optimisticReturn"/>
  <VictoryLine style={{data: {stroke: YELLOW_COLOR}}}>
    data={graphCoordinates} x="year" y="pessimisticReturn"/>
</VictoryChart>

```

Programski isječak 3.3: Vizualizacija grafa pomoću Victory bibliotekom

### 3.5.2. Niska vjerojatnost portfelja

U slučaju da korisnik ima ciljeve koji nisu toliko vjerojatno da će se ostvariti, tj. ako je vjerojatnost ostvarivanja *lowerBoundOnPortfolio* manja od 95%, na gornjoj desnoj strani ekrana prikazuje se upozorenje o niskoj vjerojatnosti, kao što je prikazano na slici 3.8.

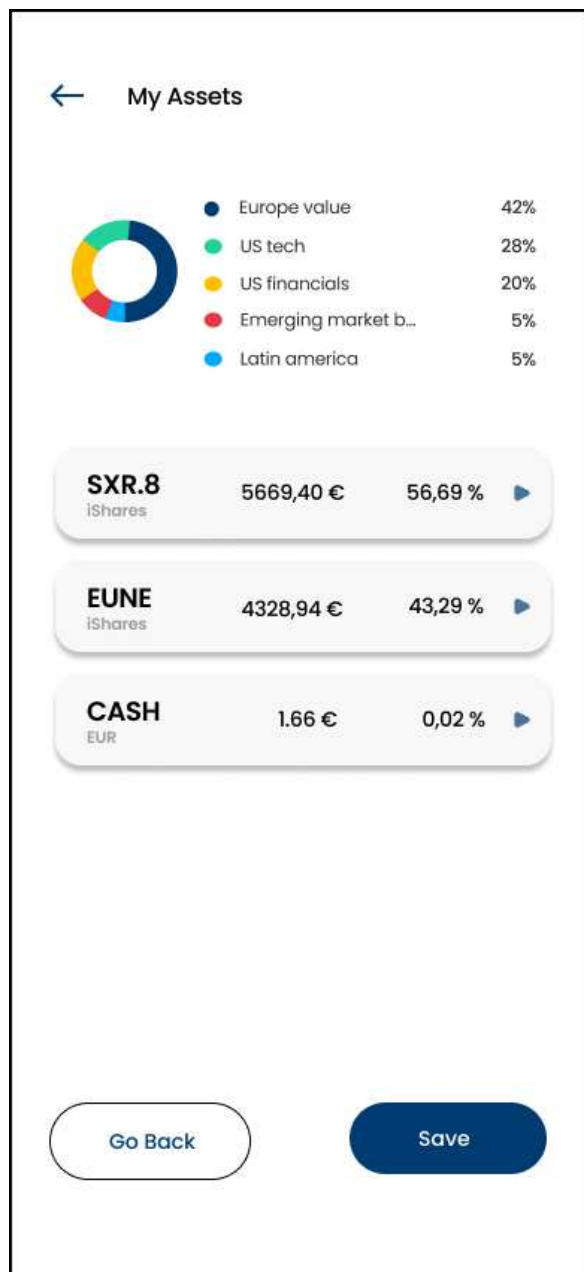


**Slika 3.8.** Upozorenje niske vjerojatnosti

Ovo upozorenje informira korisnika da je manja vjerojatnost da će portfelj ostvariti ciljani minimalni povrat. Klikom na upozorenje, korisnik dobiva dodatno objašnjenje i upozorenje na manju vjerojatnost ostvarivanja postavljenih ciljeva. Na primjer, u prikazanom slučaju, postoji 60% vjerojatnost da će portfelj barem doseći ciljani minimalni povrat.

## 3.6. Pregled imovine

Nakon pritiska na gumb "Vidi imovinu" (See Assets), prikazana je lista imovina u odabranom portfelju, kao što je prikazano na slici 3.9.



**Slika 3.9.** Lista imovine i raspodijeljenost

Svaka imovina u portfelju prikazana je s oznakom (ticker), postotkom portfelja i novčanim iznosom. Također, svaki asset ima gumb za detaljne informacije koji otvara meta-podatke te imovine. Na primjer, imovina SXR.8 čini 56,69% portfelja s novčanim iznosom od 5669,40 €, dok EUNE čini 43,29% portfelja s novčanim iznosom od 4328,94 €.

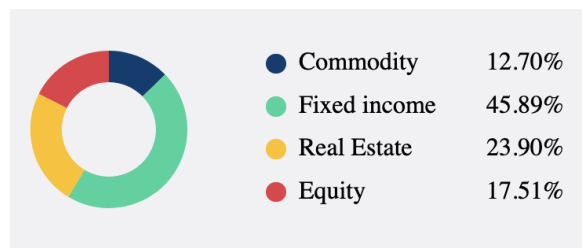
Kako je portfelj diskretiziran, ne možemo očekivati da će veličina portfelja biti točno jednaka iznosu kojeg je korisnik spreman uložiti, zato se na web verziji aplikacije na dnu imovina nalazi ukupna vrijednost kao i ostatak novaca:

**Total Invested: 9998.65 EUR**  
**Remaining Amount: 1.35 EUR**

**Slika 3.10.** Ukupna vrijednost portfelja i ostatak

### 3.6.1. Vrsta imovine

Na vrhu zaslona prikazan je tortni grafikon (pie chart) koji vizualno prikazuje raspodjelu portfelja po vrsti imovine. Moguće vrste imovine uključuju robu (Commodity), obveznice (Fixed Income), nekretnine (Real Estate) i dionice (Equity), kao što je prikazano na slici 3.11. Ova grafička vizualizacija omogućuje korisnicima brzi pregled distribucije njihovih investicija među različitim vrstama imovine, olakšavajući procjenu diversifikacije portfelja.

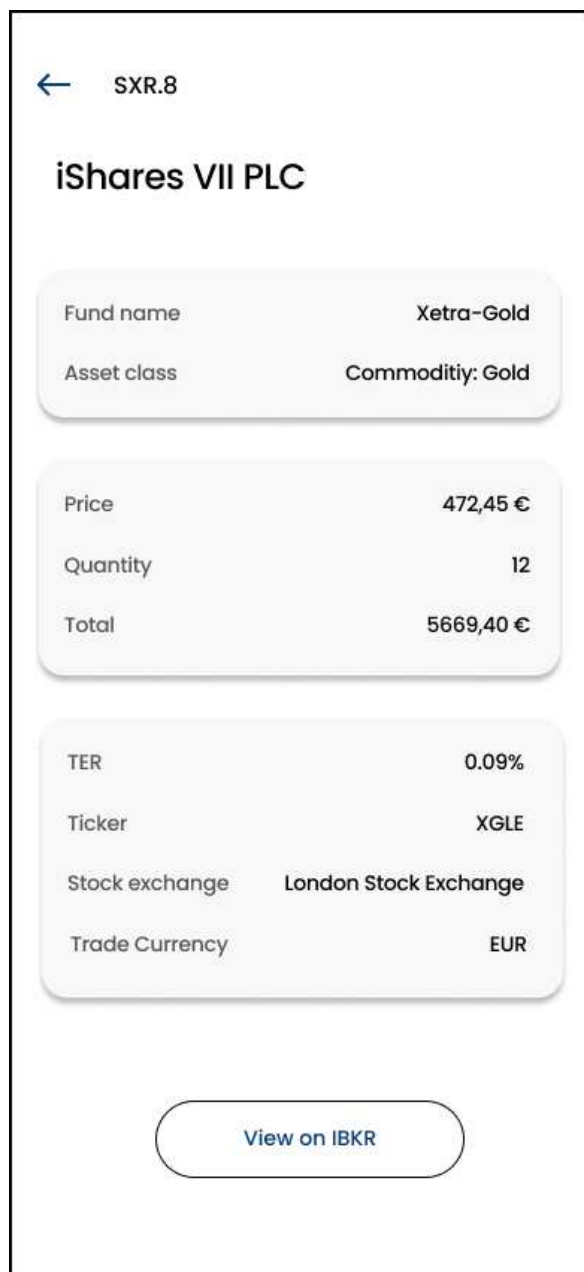


**Slika 3.11.** Raspodjela po vrsti imovine

Ovaj pregled imovine pruža korisnicima detaljan uvid u sastav njihovog portfelja, omogućujući im donošenje informiranih odluka o eventualnim prilagodbama i optimizacijama investicijske strategije.

## 3.7. Metapodaci imovine

Nakon pritiska na gumb kod pojedine imovine, korisnik se preusmjerava na zaslon s metapodacima, kao što je prikazano na slici 3.12. Ovaj zaslon prikazuje detaljne informacije o odabranom financijskom proizvodu, omogućujući korisniku dublje razumijevanje imovine.



**Slika 3.12.** Metapodaci imovine

Zaslon s metapodacima uključuje sljedeće informacije:

- **Naziv fonda (Fund name):** Prikazuje naziv fonda
- **Klasa imovine (Asset class):** Oznaka klase imovine
- **Cijena (Price):** Trenutna cijena imovine
- **Količina (Quantity):** Ukupna količina imovine u portfelju, primjerice 12 jedinica.

- **Ukupna vrijednost (Total):** Ukupna vrijednost imovine u portfelju, umnožak cijene i količine
- **TER (Total Expense Ratio):** Ukupni omjer troškova fonda
- **Oznaka (Ticker):** Oznaka za trgovanje na burzi
- **Burza (Stock exchange):** Naziv burze na kojoj se imovina trguje
- **Valuta trgovanja (Trade currency):** Valuta u kojoj se imovina trguje, na primjer EUR, USD.

Na dnu zaslona nalazi se gumb "Pogledaj na IBKR" (View on IBKR), koji korisnika vodi na stranicu Interactive Brokers za detaljnije informacije o imovini i mogućnost kupovine imovine na platformi.

Varijable koje se nalaze u klasi ProductMetadata su:

```
@Data
public class ProductMetadata {

    private String isin;
    private double price;
    private String fundName;
    private String assetClass;
    private String benchmarkIndex;
    private double ter;

    private String stockExchange;
    private String ticker;
    private String tradeCurrency;
    private String ibkrLink;
}
```

Programski isječak 3..4: Klasa metapodataka



## 3.8. REST API web servis

U ovom dijelu detaljno ćemo opisati implementaciju REST API web servisa, koji je ključan za upravljanje zahtjevima i pripremu podataka između mobilne aplikacije i modela za preporuku portfelja. Koristeći Spring Boot radni okvir, web servis omogućuje skalabilnu i pouzdanu komunikaciju, osiguravajući da korisnici mogu brzo i učinkovito dobiti preporuke za optimizaciju svojih portfelja.

### 3.8.1. Spring Boot

Spring Boot je radni okvir za izradu samostalnih, proizvodnih aplikacija temeljenih na Spring ekosustavu [2]. Glavne prednosti Spring Boot-a uključuju minimalnu konfiguraciju, ugrađenu podršku za razne integracije, jednostavnu implementaciju i mogućnost brzog razvoja aplikacija [2].

Web servis prosljeđuje zahtjev kalkulatora na model API koristeći klasu RecommendPortfolioService. Ova klasa koristi RestTemplate za slanje HTTP POST zahtjeva na model API i vraća odgovor koji sadrži preporučeni portfelj:

```
public RecommendModelResponseDTO
    recommendPortfolio(RecommendModelRequestDTO requestDTO) {
        HttpHeaders headers = new HttpHeaders();
        headers.setContentType(MediaType.APPLICATION_JSON);
        HttpEntity<RecommendModelRequestDTO> requestEntity = new
            HttpEntity<>(requestDTO, headers);
        String RECOMMEND_PORTFOLIO = "/calculateEfficientFrontier";

        ResponseEntity<RecommendModelResponseDTO> responseEntity =
            restTemplate.exchange(
                modelApiUrl + RECOMMEND_PORTFOLIO, HttpMethod.POST,
                requestEntity, RecommendModelResponseDTO.class);

        return responseEntity.getBody();
    }
```

Programski isječak 3..5: Slanje zahtjeva na Model API

### 3.8.2. Izračun podataka za ROI graf

Jedna od ključnih funkcionalnosti web servisa je izračun podataka za graf povrata na investiciju (ROI) na slici 3.7. Ovi podaci omogućuju korisnicima vizualizaciju različitih scenarija povrata, što im pomaže u donošenju informiranih investicijskih odluka. Ovdje ćemo izračunati putanje za očekivanu vrijednost, optimističnu i pesimističnu vrijednost. Pretpostavit ćemo 99% interval vjerojatnosti.

Model za svaki portfelj vraća očekivani povrat i varijancu, ali u aritmetičkom svijetu. Zbog bolje interpretacije povrata i svojstva poput simetričnosti i normalnosti, potrebno je prebaciti vrijednosti u logaritamski svijet:

$$\mu_{\Delta} = \ln \left( \frac{m_{\Delta} + 1}{\sqrt{\frac{s_{\Delta}^2}{(m_{\Delta} + 1)^2} + 1}} \right)$$

gdje je  $m_{\Delta}$  očekivani povrat portfelja u aritmetičkom zapisu, a  $s_{\Delta}$  standardna devijacija povrata portfelja u aritmetičkom zapisu. Očekivani povrat portfelja u logaritamskom zapisu označavamo s  $\mu_{\Delta}$ .

Varijanca se može izračunati kao:

$$\sigma_{\Delta}^2 = \ln \left( \frac{s_{\Delta}^2}{(m_{\Delta} + 1)^2} + 1 \right)$$

gdje je  $\sigma_{\Delta}^2$  varijanca povrata portfelja u logaritamskom zapisu.

Da bismo izračunali putanje vrijednosti portfelja, koristimo sljedeći model za vrijednost portfelja u trenutku  $t$ :

$$S(t) = S(0) \exp \left( \left( \mu_p - \frac{\sigma_p^2}{2} \right) t + \sigma_p W(t) \right)$$

gdje je  $S(0)$  početna vrijednost portfelja,  $\mu_p$  očekivani povrat portfelja,  $\sigma_p^2$  varijanca povrata portfelja, a  $W(t)$  Brownovo gibanje.

Pretpostavljamo da je povrat portfelja normalno distribuiran, te koristimo standardnu normalnu distribuciju za izračun intervala vjerojatnosti. Za 99% interval vjerojatnosti koristimo vrijednost  $z_{0.01} = 2.3263$ .

$c$	$z_c$
90%	1.2816
95%	1.6449
99%	2.3263

Tablica 3.1. Vrijednosti  $z_c$  za različite razine vjerojatnosti

Tri putanje koje nas zanimaju mogu se dobiti za svaki trenutak  $t$  (za danu mrežu vrijednosti od  $t = 0$  do  $t = T$ ):

$$S_{\text{exp}}(t) = S(0) \exp(\mu_p t)$$

$$S_{\text{top}}(t) = S(0) \exp(\mu_p t + \sigma_p \sqrt{t} \cdot z_c)$$

$$S_{\text{bot}}(t) = S(0) \exp(\mu_p t - \sigma_p \sqrt{t} \cdot z_c)$$

gdje su  $S_{\text{exp}}(t)$  očekivana putanja vrijednosti portfelja,  $S_{\text{top}}(t)$  optimistična putanja vrijednosti portfelja, i  $S_{\text{bot}}(t)$  pesimistična putanja vrijednosti portfelja.

Da bismo izračunali točke za putanje u svakoj godini, slijedimo sljedeće korake:

1. Postavljanje početne vrijednosti portfelja  $S(0)$ .
2. Određivanje očekivanog povrata  $\mu_p$  i standardne devijacije  $\sigma_p$  iz logaritamskih podataka.
3. Primjena gornjih formula za svaku godinu  $t$  (gdje je  $t$  u godinama).

Implementacija izračuna podataka za sve tri putanje je metoda koja se nalazi u `InvestmentCalculatorService`:

```

private GraphData calculateGraphPoints(double investmentAmount,
    double variance, double annualReturnRate, int investmentHorizon) {

ArrayList<GraphCoordinates> graphCoordinates = new ArrayList<>();

double logReturn = arithmeticReturnToLogReturn(annualReturnRate,
    variance);
double logVariance =
    arithmeticVarianceToLogVariance(annualReturnRate, variance);
double logDeviation = Math.sqrt(logVariance);
for (int t = 0; t <= investmentHorizon; t++) {
    GraphCoordinates gc = new GraphCoordinates();
    double expectedReturn = investmentAmount * Math.exp(logReturn *
        t);
    double topCReturn = investmentAmount * Math.exp(logReturn * t +
        logDeviation * Math.sqrt(t) *
            ProbabilityLevel.getZValueByLevel(probabilityLevel));
    double bottomCReturn = investmentAmount * Math.exp(logReturn * t -
        logDeviation * Math.sqrt(t) *
            ProbabilityLevel.getZValueByLevel(probabilityLevel));
    gc.setYear(t);
    gc.setExpectedReturn(expectedReturn);
    gc.setOptimisticReturn(topCReturn);
    gc.setPessimisticReturn(bottomCReturn);
    graphCoordinates.add(gc);
}

return setGraphData(graphCoordinates);
}

```

Programski isječak 3.6: Metoda za izračun točaka ROI grafa

## 4. Simulacija i procjena povrata

### 4.1. Uvod u ponovno uzorkovanje

**Ponovno uzorkovanje** (resampling) je statistička tehnika koja omogućava procjenu distribucije neke statistike generiranjem novih uzoraka iz originalnog seta podataka. Ova metoda je ključna kada tradicionalne statističke metode nisu primjenjive ili ne pružaju dovoljno precizne rezultate, pogotovo pri procjeni svojstava šire populacije na temelju ograničenog uzorka. U financijskoj analizi, ponovno uzorkovanje omogućava simulaciju različitih scenarija krivulje dobiti i gubitka (P&L), pružajući investitorima detaljniji uvid u moguće rizike i povrate njihovih investicijskih strategija.

Najčešće se procjenjuju parametri distribucije, poput srednje vrijednosti, varijance ili kvantila, što omogućuje bolju procjenu populacije na temelju ograničenog uzorka i smanjuje rizik od pristranosti i povećava pouzdanost analize.

Financijska tržišta karakterizira visoka volatilitnost, kompleksnost i šum, što često predstavlja izazov za tradicionalne statističke metode. Zato je ponovno uzorkovanje jedan od ključnih alata za modeliranje različitih tržišnih scenarija, pružajući investitorima dublji uvid u potencijalne ishode i rizike njihovih investicijskih odluka.

### 4.2. Bootstrap metoda

Bootstrap je neparametarska metoda za procjenu distribucije statistike ponovljenim uzorkovanjem iz originalnog skupa podataka. Koristeći ovu metodu, moguće je generirati brojne uzorke izvlačenjem s ponavljanjem iz izvornog uzorka podataka. Ova tehnika omogućava procjenu varijance, pristranosti i konstrukciju intervala povjerenja za razne statistike, bez potrebe za specifičnim distribucijskim pretpostavkama. Metoda je osobito

korisna u financijskoj analizi gdje često radimo s kompleksnim i nestabilnim podacima.

Formule za Bootstrap uključuju:

$$\hat{\theta}^* = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{\theta}_b$$

gdje je  $\hat{\theta}^*$  procijenjena vrijednost statistike,  $B$  je broj bootstrap uzoraka, a  $\hat{\theta}_b$  je vrijednost statistike za  $b$ -ti bootstrap uzorak.

### 4.3. Portfelj jednakih težina

Portfelj jednakih težina (eng. Equal-Weighted Portfolio, EW) podrazumijeva da se ista količina kapitala ulaže u svaku imovinu unutar portfelja. Ovaj pristup je jednostavan za implementaciju i povrati takvog portfelja računaju se kao prosjek povrata svih imovina u portfelju što znatno olakšava izradu simulacija.

Formule za povrat portfelja jednakih težina:

$$R_{EW} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i$$

gdje je  $R_{EW}$  povrat portfelja jednakih težina,  $N$  je broj imovina, a  $R_i$  je povrat  $i$ -te imovine.

### 4.4. Ponovno uzorkovanje blokova

Kod analize vremenskih serija često se koristi metoda ponovnog uzorkovanja blokova. Ova metoda dijeli vremensku seriju na blokove fiksne duljine i ponovno uzorkuje te blokove. Ovaj pristup je koristan za simulaciju budućih povrata i procjenu rizika na temelju povijesnih podataka što ćemo i raditi u simulaciji.

## 4.5. Priprema podataka

Priprema podataka za analizu i simulaciju uključuje nekoliko ključnih koraka. Prvo definiramo CSV datoteke 11 ETF-ova koji sadrže podatke o svakom danu. Podaci su open, high, low, close i adjusted close cijene kao i volume:

	Date	Open	High	Low	Close	Adj Close	Volume
0	2002-07-30	81.940002	82.120003	81.699997	81.769997	43.993179	41300
1	2002-07-31	82.050003	82.580002	82.050003	82.519997	44.396687	32600
2	2002-08-01	82.540001	82.900002	82.519997	82.860001	44.579624	71400
3	2002-08-02	83.019997	83.699997	82.900002	83.500000	44.923920	120300
4	2002-08-05	83.680000	83.919998	83.529999	83.919998	45.149872	159300

Tablica 4.1. Primjer CSV datoteke ETF-a

Kako bi pojednostavili ovu simulaciju, koristit će se samo "closed" cijena u svakom danu.

Podaci se učitavaju u **pandas DataFrame** i spremaju u rječnik (*dictionary*), pri čemu je ključ naziv ETF-a, a vrijednost DataFrame s kolonama `Date` i `Close`. Nakon toga, kako bi osigurali da svi podaci počinju od istog datuma, pronalazimo najnoviji početni datum među svim ETF-ovima. Uočavamo kako imamo cijene samo za radne dane, što znači da nemamo jednak broj podataka za svaki mjesec.

Nakon što odredimo zajednički početni datum, filtriramo podatke svakog ETF-a tako da svi počinju od tog datuma. Time se eliminiraju svi podaci koji bi mogli narušiti analizu zbog nedostatka informacija za određene periode.

Zatim sve podatke spajamo u jedan DataFrame, gdje svaki stupac predstavlja jedan ETF, što omogućava jednostavnu analizu povrata za svaki od njih. Pretvaramo stupac `Date` u **DateTime** format i postavljamo je kao indeks, a zatim sortiramo DataFrame prema datumu.

	IEF	LQD	TLT	VWO	...
Date					
2005-03-10	83.480003	110.269997	89.080002	25.080000	...
2005-03-11	83.129997	110.080002	88.430000	25.049999	...
2005-03-14	83.330002	110.070000	88.959999	24.900000	...
2005-03-15	83.169998	109.620003	88.400002	24.360001	...
2005-03-16	83.360001	110.000000	88.940002	24.150000	...

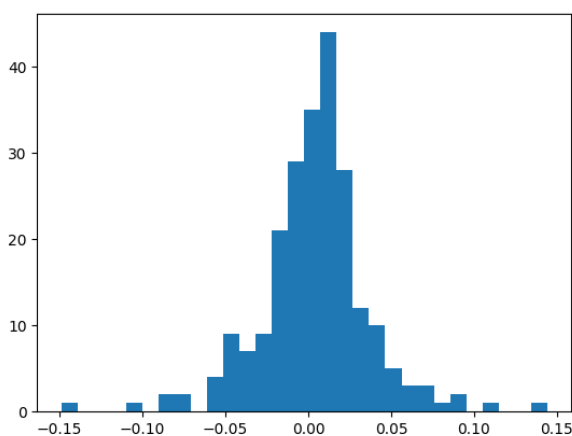
Tablica 4.2. Zajednički dataframe

Nakon pripreme i spajanja podataka, dijelimo ih na mjesečne blokove koristeći funkcionalnost grupiranja u **pandas** knjižnici (`pd.Grouper(freq='M')`). Ovaj korak omogućava analizu povrata na mjesečnoj razini, što je često korisno za simulacije i predikcije u financijskim analizama.

## 4.6. Simulacija i analiza

### 4.6.1. Mjesečni podaci

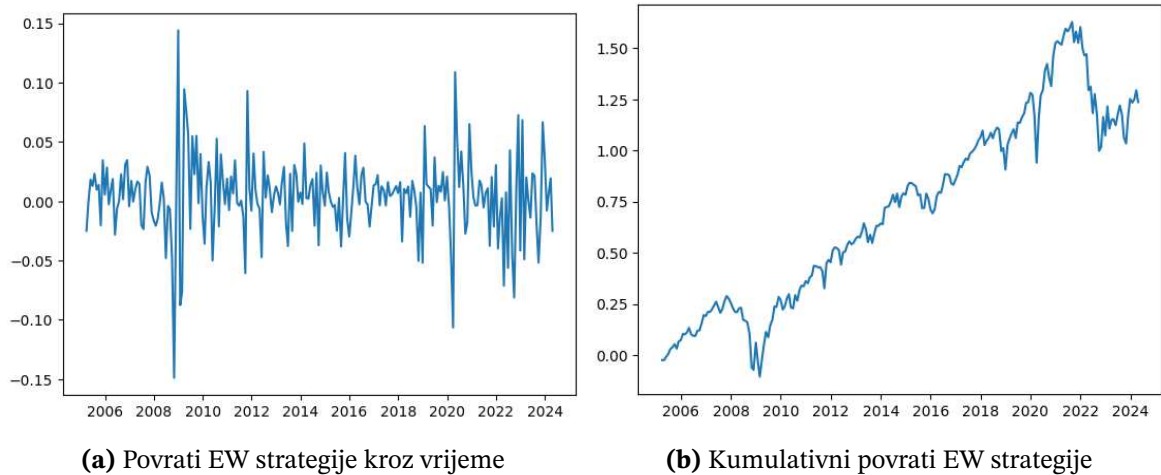
Prvi korak u simulaciji povrata portfelja jednakih težina (EW) uključuje analizu mjesečnih podataka. Analiziramo povrate strategije EW kroz različite vremenske periode. Na slici 4.1. prikazan je histogram mjesečnih povrata EW strategije, koji daje uvid u distribuciju povrata. Srednja vrijednost povrata je oko 0.004 što je jako blizu nule, no postoje rubni uvjeti koji imaju skoro 15% povrata u jednom mjesecu.



Slika 4.1. Histogram mjesečnih povrata EW strategije



Na slici 4.2.a prikazani su povrati EW strategije kroz vrijeme, omogućujući vizualizaciju performansi strategije kroz dulje vremensko razdoblje. Vidljive su jače oscilacije npr. 2009. godine kada je bila Velika Recesija i oko 2020. kada je proglašena pandemija COVID-19 virusa. Kumulativni povrati EW strategije, prikazani na slici 4.2.b, prikazuju akumulirani povrat kroz cijelo promatrano razdoblje, što omogućuje uvid u dugoročne trendove.



**Slika 4.2.** Mjesečni i kumulativni povrati EW strategije

#### 4.6.2. Bootstrap simulacija

Bootstrap metoda koristi se za procjenu distribucije povrata portfelja jednakih težina (EW) ponovljenim uzorkovanjem iz originalnog skupa podataka. Prvo, za svaki mjesec računamo povrate portfelja jednakih težina. Povrati se računaju kao prosjek povrata svih imovina u portfelju, prema formuli:

$$R_{EW} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i$$

gdje je  $R_{EW}$  povrat portfelja jednakih težina jednog dana,  $N$  je broj imovina, a  $R_i$  je povrat  $i$ -te imovine jednog dana.

Kako bismo dobili povrat portfelja za cijeli mjesec, moramo zbrojiti povrate svih dana u tom mjesecu:

$$R_{EWM} = \sum_{i=1}^M R_{EW}$$

gdje je  $M$  broj dana u mjesecu.

Za svaki mjesec simuliramo 1000 različitih scenarija povrata za idući mjesec. Prvo, iz distribucije mjesečnih povrata strategije EW nasumično uzimamo jedan mjesečni povrat kojeg podijelimo s brojem dana u tom mjesecu kako bismo dobili prosječni dnevni povrat u tom mjesecu ( $rs$ ). Zatim, za svaki dan u idućem mjesecu, nasumično uzorkujemo dnevni povrat iz trenutnog mjeseca. Povrat portfelja izračunavamo kao zbroj prosječnog povrata nasumično uzorkovanog dana i nasumično uzorkovanog dnevnog povrata ( $rs$ ).

Nakon što su svi dnevni povrati za idući mjesec izračunati, određujemo trajektoriju cijene portfelja. Početna cijena je postavljena na 1, a za svaki dan nova cijena se računa prema formuli:

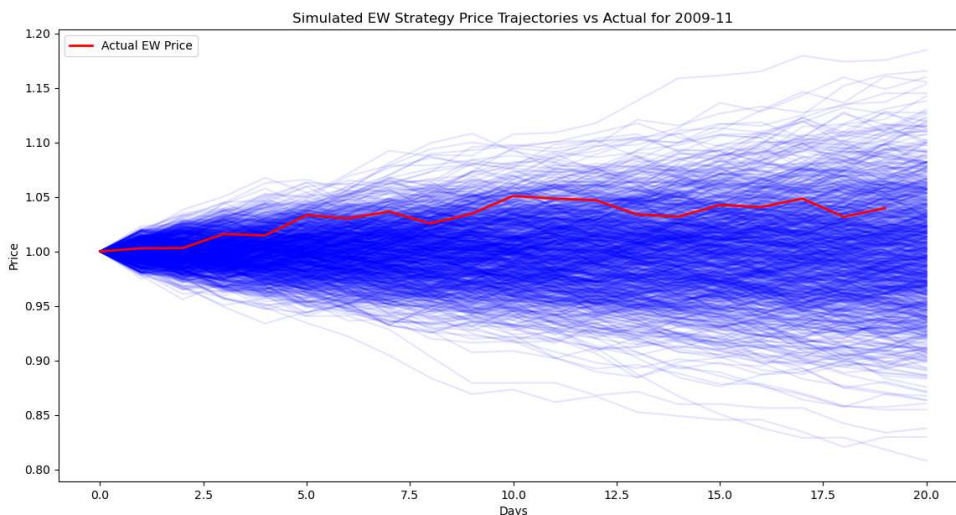
$$\text{Cijena}_{t+1} = \text{Cijena}_t \times (1 + R_{EW,t})$$

gdje je  $\text{Cijena}_t$  cijena na dan  $t$ , a  $R_{EW,t}$  povrat portfelja jednakih težina na dan  $t$ . Ovaj postupak ponavljamo 1000 puta kako bismo generirali 1000 različitih simulacija cijene portfelja za idući mjesec.

Nakon što su generirane sve simulacije, izračunavamo stvarni povrat portfelja jednakih težina za idući mjesec. Kumuliramo stvarne povrate i uspoređujemo ih sa simuliranim cijenama, što nam omogućuje procjenu performansi strategije u različitim scenarijima tržišta.

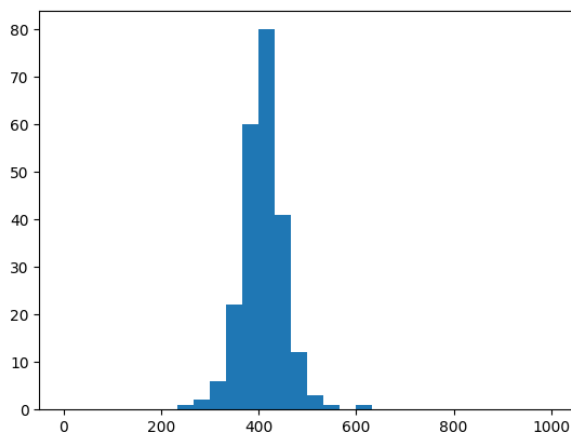
## 4.7. Rezultati i vizualizacija

Ovdje imamo rezultate simulacija i njihove usporedbe sa stvarnim povratima portfelja jednakih težina. Na slici 4.3. prikazujemo simulirane i stvarne povrate za jedan mjesec (studeni, 2009.). Plave linije predstavljaju 1000 simulacija, dok crvena linija prikazuje stvarne povrate strategije EW.



**Slika 4.3.** Primjer simulacije i stvarnih povrata za jedan mjesec

Sve simulacije smo sortirali po veličini i zatim koristili funkciju `np.searchsorted()` kako bismo pronašli na kojoj se poziciji nalazi stvarni povrat unutar 1000 simulacija. Cilj ovog postupka je da se stvarni povrat nalazi negdje oko 500. pozicije, što bi ukazivalo na to da simulacije dobro modeliraju stvarne uvjete. Na slici 4.4. prikazan je histogram pozicija stvarnih povrata unutar skupa simulacija, gdje možemo vidjeti raspodjelu tih pozicija.



**Slika 4.4.** Histogram pozicija

Detaljna analiza distribucije pozicija daje dodatni uvid u rezultate simulacija:

```
count    229.000000
mean     447.930131
```

```
std      43.959025
min      249.000000
25%      387.000000
50%      409.000000
75%      434.000000
max      614.000000
dtype: float64
```

Distribucija pozicija pokazuje da stvarni povrati najčešće padaju blizu sredine distribucije simuliranih povrata, što sugerira da modeliranje i simulacija pružaju razuman okvir za procjenu budućih povrata. Međutim, standardna devijacija pozicija ukazuje na značajnu varijabilnost, što je važno uzeti u obzir prilikom donošenja investicijskih odluka.

## 5. Zaključak

Ovaj rad predstavio je razvoj i implementaciju sustava za vrednovanje investicijskih strategija koji koristi napredne analitičke metode i tehnologije kako bi pomogao investitorima u optimizaciji njihovih portfelja i donošenju informiranih odluka. Sustav se sastoji od mobilne aplikacije koja korisnicima omogućuje unos ključnih parametara kao što su iznos ulaganja, razdoblje ulaganja i minimalni povrat, te web servisa implementiranog s pomoću Spring Boot frameworka, koji obrađuje te podatke koristeći povijesne podatke i napredne analitičke metode.

Glavni cilj sustava je pomoći investitorima da bolje razumiju rizike i povrate svojih investicijskih strategija. Mobilna aplikacija nudi intuitivno sučelje koje omogućuje korisnicima jednostavan unos podataka i pristup relevantnim informacijama.

Drugi dio rada pokazuje kako se bootstrap tehnika može koristiti za procjenu budućih povrata i rizika investicijskih strategija. Distribucija pozicija pokazuje da stvarni povrati najčešće padaju blizu sredine distribucije simuliranih povrata, što sugerira da modeliranje i simulacija pružaju razuman okvir za procjenu budućih povrata u strategiji portfelja jednakih težina. Međutim, standardna devijacija pozicija ukazuje na značajnu varijabilnost, što je važno uzeti u obzir prilikom donošenja investicijskih odluka. Ova varijabilnost naglašava potrebu za dodatnim istraživanjima i razvojem modela koji mogu bolje predvidjeti rizike i povrate u različitim tržišnim uvjetima.

Proširenje funkcionalnosti sustava moglo bi uključivati razvoj dodatnih modula za napredne korisnike, poput alata za detaljniju analizu rizika ili integraciju s drugim financijskim platformama. Integracija s brokerima omogućila bi investitorima da s manje koraka ulože u preporučene portfelje, olakšavajući tako cijeli proces ulaganja. Jedna od funkcionalnosti koje bi dodatno unaprijedile sustav je automatsko rebalansiranje port-

felja, kao i mogućnost da korisnik svaki mjesec uloži određeni iznos, primjerice iz svoje plaće, umjesto jednokratnog ulaganja na početku.

## Literatura

- [1] Z. Bodie, A. Kane, i A. J. Marcus, *Investments*. Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2009.
- [2] “Spring Boot Reference Documentation”, travanj 2024. [Mrežno]. Adresa: <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/htmlsingle/>
- [3] “React native documentation”, travanj 2024. [Mrežno]. Adresa: <https://reactnative.dev/docs/getting-started>
- [4] “Victory documentation”, svibanj 2024. [Mrežno]. Adresa: <https://commerce.nearform.com/open-source/victory/docs>
- [5] J. Shao i D. Tu, *The Jackknife and Bootstrap*, ser. Springer Series in Statistics. Springer New York, 2012. [Mrežno]. Adresa: <https://books.google.hr/books?id=VO3SBwAAQBAJ>
- [6] B. Efron i G. Gong, “A leisurely look at the bootstrap, the jackknife, and cross-validation”, *The American Statistician*, sv. 37, br. 1, str. 36–48, 1983. <https://doi.org/10.1080/00031305.1983.10483087>

# Sažetak

## Sustav za vredovanje investicijskih strategija

Stjepan Kos

U ovom radu razvijen je sustav za vrednovanje investicijskih strategija koji omogućuje korisnicima optimizaciju njihovih portfelja i donošenje informiranih investicijskih odluka. Sustav se sastoji od mobilne aplikacije koja omogućuje unos ključnih parametara kao što su iznos ulaganja, razdoblje ulaganja i minimalni povrat te web servisa koji obrađuje te podatke koristeći povijesne podatke i napredne analitičke metode. Korištenje bootstrap simulacije omogućuje procjenu povrata i rizika investicijskih strategija, pružajući detaljan uvid u moguće ishode. Rad također prikazuje tehničke detalje razvoja sustava, korištene tehnologije i rezultate simulacija. Kroz analizu ovog sustava pokazano je kako napredne analitičke tehnike mogu poboljšati proces donošenja investicijskih odluka i osigurati bolje upravljanje portfeljima.

**Ključne riječi:** Investicije, optimizacija portfelja, bootstrap simulacija, mobilna aplikacija, financijska analiza, povrat na investiciju, upravljanje rizikom



# Abstract

## Investment Strategy Evaluation System

Stjepan Kos

The thesis explains the developing a system for evaluating investment strategies, enabling users to optimize their portfolios and make informed investment decisions. The system consists of a mobile application that allows the input of key parameters such as investment amount, investment horizon, and minimum return, and a web service that processes this data using historical data and advanced analytical methods. The use of bootstrap simulation allows for the assessment of returns and risks of investment strategies, providing a detailed insight into possible outcomes. The thesis also presents the technical details of the system development, the technologies used, and the simulation results. Through the analysis of this system, it is demonstrated how advanced analytical techniques can enhance the investment decision-making process and ensure better portfolio management.

**Keywords:** Investments, portfolio optimization, bootstrap simulation, mobile application, financial analysis, return on investment, risk management