
RiskFolio – prognozowanie wyników inwestycyjnych z kwantyfikacją ryzyka

Zaawansowane Programowanie Obiektowe i Funkcyjne
rok akademicki 2025/2026

Adam Bagiński
Aleksandra Dmitruk
Barbara Gawlik

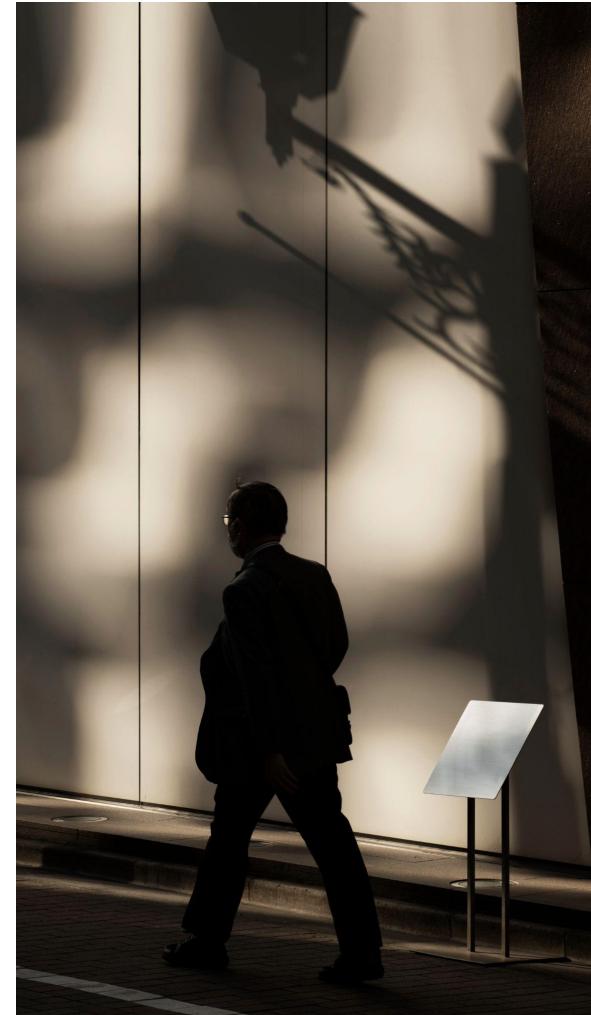
Spis treści

Pomysł i motywacja
Problem biznesowy

Prognozowanie wyników inwestycyjnych
Kwantyfikacja ryzyka

Pipeline
UI / UX
Optymalizacja parametrów GARCH
Elementy naszej implementacji

Podsumowanie



Jak mam inwestować?

W co mam inwestować?

Ile mogę zarobić na inwestycji?

Ile mogę na niej stracić?

Czy ryzyko straty jest duże?

Jaka jest szansa na duży zysk?

Kiedy kupować akcje?

Po jakim czasie je sprzedawać?

Jaka kombinacja da mi najwięcej?

Czy ta kombinacja jest ryzykowna?

Czy rynek szybko się zmienia?

Czy akcje tej firmy zasadniczo rosną?

Jaki wpływ ma historia notowań na teraz?

Jak bardzo w tył powinienem się patrzeć?

Co, jeśli zainwestuję w 5 rzeczy na raz?

ACP ^{PR}	20,4619	COF ^{PR}	\$10,2600	HL ^{PR}	51,8900	SJT	\$16,5000	TRTN ^{PR}	\$18,8200
ACR ^{PRD}	22,3701	COPR ^{PR}	\$16,2300	KTH	28,2033	SNV ^{PR}	\$25,0000	USP ^{PR}	\$43,0000
APO ^{PR}	71,0500	CRT	\$9,8850	LXP ^{PR}	46,7000	SNV ^{PR}	\$25,9200	USP ^{PR}	\$10,7788
ATH ^{PR}	\$24,1775	CTO ^{PR}	\$21,8100	MHLA	\$14,4600	SPGR ^{PR}	\$7,3100	USP ^{PR}	\$10,7788
ATH ^{PRB}	\$19,4900	DLR ^{PR}	\$10,9100	MHNC	\$17,1200	TFC ^{PR}	\$20,7500	USP ^{PR}	\$22,4986
ATH ^{PRC}	\$24,9500	DLR ^{PR}	\$10,9100	MIO	\$11,7600	TFC ^{PR}	\$16,8000	USP ^{PR}	\$14,9500
ATH ^{PRD}	\$16,6680	DLR ^{PR}	\$14,5100	OPD ^{PR}	\$7,2500	TFC ^{PR}	\$10,1000	USP ^{PR}	\$10,6100
ATH ^{PRE}	\$25,8500	EAI	\$10,3500	OPD ^{PR}	\$8,7268	TFC ^{PR}	\$10,1000	VOYA ^{PR}	\$23,7700
ATHS	25,2600	ELC	20,0000	PFH	\$16,8500	TPL	\$1,081,8100	WPDA ^{PR}	\$1,081,8100
BEPPRA	17,3300	EMP	\$20,4700	PMT ^{PR}	\$18,9400	TPTA	\$16,0000	RDT ^{PR}	\$14,9500
BEPH	\$14,8500	ENJ	20,1300	PMTU	\$24,9865	TPL	\$1,081,8100	DPDA ^{PR}	\$1,081,8100
BEPI	15,4700	ENO	\$21,4200	PRH	\$25,0000	VOLUME	2,07,0000	RP ^{PR}	\$1,099,0000
BEPU	22,5200	EP ^{PR}	\$14,7500	PRS	\$23,5000				
CCIA	\$25,4400	ET ^{PR}	\$22,4200	PR ^{PR}	\$10,7125				
CFG ^{PR}	\$18,6600	FCR ^{PR}	\$24,7000	PSECT ^{PR}	\$16,3400				
CGI ^{PR}	18,8600	GJO	\$10,0350	PR ^{PR}	\$10,0350				
CGOF ^{PR}	17,7700	GNL ^{PRD}	\$12,5500	RITMP ^{PR}	\$12,4000				
CGOF ^{PRK}	17,7700	GNL ^{PRE}	\$22,1100	RMMZ ^{PR}	\$14,7000				
CGOF ^{PRK}	17,2200	GNL ^{PRE}	\$22,1100	SBR	\$6,63,3100				



Nie ma na rynku żadnego narzędzia, które jednocześnie pomogłoby początkującym wejść w świat inwestowania, i umożliwiłoby bardziej doświadczonym szybkie testowanie swoich pomysłów. **Takiego, w którym kwantyfikacja ryzyka odgrywa kluczową rolę.**

Rozwiązanie? RiskFolio

Intuicyjna i maksymalnie prosta w obsłudze aplikacja desktopowa służąca do budowania wirtualnego portfela aktywów i symulowania jego przyszłej wartości w oparciu o dane historyczne, metodę Monte Carlo, oraz model GARCH.

Dane historyczne

<https://stooq.pl/>

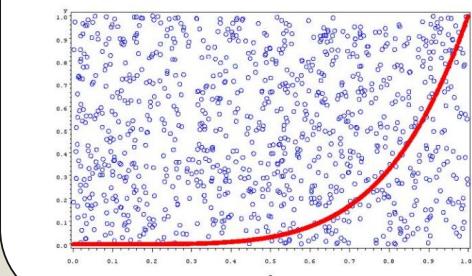
AQ	ON OFF	Nazwa	Kurs	Zmiana	Volumen	Data		
AJ.US		AGILENT TECHNOLOGIES INC	135.0500	-2.58%	-3.5800	1.14m	22.00	★
AA.US		ALCOA CORP	62.2100	-1.47%	-0.9300	8.4m	22.00	★
AAAC.US		COLUMBIA ETF TRUST I	20.135				22 sty	★
AAAM.WS.US		AA MISSION ACQUISITION CORP	0.1300	+18.18%	+0.0200	185k	21:59	★
AAM.US		AA MISSION ACQUISITION CORP	10.6600	-0.19%	-0.0200	580	21:51	★
AAMI.US		ACADIAN ASSET MANAGEMENT INC	55.1900	-0.70%	-0.3900	224k	22.00	★
AAAP.US		ADVANCE AUTO PARTS INC	46.7700	-2.14%	+0.9800	1.29m	22.00	★
AAPW.US		ROUNDTOLL AAPL WEEKLYPAY ETF	35.6993	-0.22%	+0.0793	14.4k	21:41	★
AATUS		AMERICAN ASSETS TRUST INC	17.980	-0.72%	-0.130	560k	22.00	★
AAUC.US		ALLIED GOLD CORP	30.4000	-0.98%	-0.3000	827k	22.00	★
AB.US		ALLIANCEBERNSTEIN HOLDING LP	38.9500	-1.94%	-0.7700	239k	22.00	★
ABRV.US		ABBVIE INC	219.3000	-0.55%	+1.1900	3.45m	22.00	★
ABEV.US		ABEV SA	2.7800	+1.46%	+0.0400	26.4m	22.00	★
ABFL.US		ABACUS FCF LEADERS ETF	72.4800	-0.36%	-0.2600	11.9k	22.00	★
ABRG.US		ASBURY AUTOMOTIVE GROUP INC	238.040	-4.72%	-11.780	69.7k	22.00	★
ABUD.US		ABACUS FCF REAL ASSETS LEADERS	31.2600	+0.10%	+0.0300	1.36k	21:23	★
ABUG.US		ABACUS FCF INT LEADERS ETF	32.1394				21 sty	★
ABSL.US		ABACUS FCF SMALL CAP LEADERS	20.5618				22 sty	★
ABM.US		ABM INDUSTRIES INC	45.3700	-2.16%	-1.0000	510k	22.00	★
ABNY.US		YIELDMAX ABNB OPTION	45.2600	-0.50%	+0.2277	1.16k	21:22	★
ABOTS.US		ABACUS FCF INNOVATION	37.1400	+1.26%	+0.4637	100	21:59	★
ABR.US		ARBOR REALTY TRUST INC	7.7400	-2.76%	-0.2200	4.11m	22.00	★
ABR_D.US		ARBOR REALTY TRUST	17.4150	+0.14%	+0.0250	18.9k	21:59	★
ABR_E.US		ARBOR REALTY TRUST	17.2600	-0.55%	+0.0950	3.68k	21:43	★
ABR_F.US		ARBOR REALTY TRUST	22.5100	+1.40%	+0.3100	7.31k	21:59	★
ABTUS		ABBOTT LABORATORIES	107.420	-1.10%	-1.190	16.4m	22.00	★
ABXB.US		ABACUS FLEXIBLE BOND	19.6385				21 sty	★
ACA.US		ARCOSA INC	113.5000	-2.72%	-3.1700	112k	22.00	★
ACCO.US		ACCO BRANDS CORP	3.9300	-2.72%	-0.1100	378k	22.00	★
ACEI.US		INNOVATOR EFTS TRUST	24.4300	+0.25%	+0.0600	29.2k	21:49	★
ACEL.US		ACCEL ENTERTAINMENT INC	11.2900	-1.31%	-0.1500	156k	22.00	★
ACGR.US		AMERICAN CENTURY LARGE	65.3299	+0.92%	+0.5935	200	17:04	★
ACHUS		ACCEONORA HEALTH INC	2.1100	0.00%	0.0000	902k	22.00	★
ACHR.WS.US		ARCHER AVIATION	1.5200	-9.52%	-0.1600	84.4k	21:39	★
ACHR.US		ARCHER AVIATION INC	8.6100	-4.44%	-0.4000	30.2m	22.00	★
ACLS.US		ALBERTSONS COS INC	17.0600	-0.70%	-0.1200	5.65m	22.00	★
ACIL.US		ATLAS CREST INVESTMENT CORP. II	25.7200	+0.25%	+0.0650	40.4k	21:50	★
ACKY.US		TIDAL TRUST III	20.2100	+0.27%	+0.0550	21.9k	22.00	★
ACLC.US		AMERICAN CENTURY	78.9600	+0.05%	+0.0413	7.4k	22.00	★

Symulacja Monte Carlo

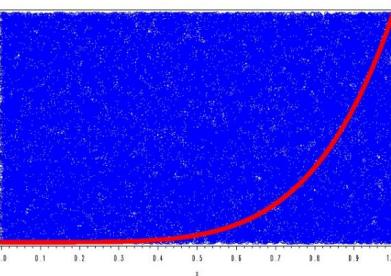
= Losujemy bardzo dużo wartości z pewnego rozkładu, i zobaczymy, co wyjdzie. Nie wyznaczamy rozwiązań analitycznie, bo proces jest zbyt złożony.

$$y = \int_0^1 x^5 dx = \frac{1}{6}x^6 \Big|_0^1 = \frac{1}{6} = 0.16(6)$$

symulacja MC dla 1000 powtórzeń. Calka= 0.162

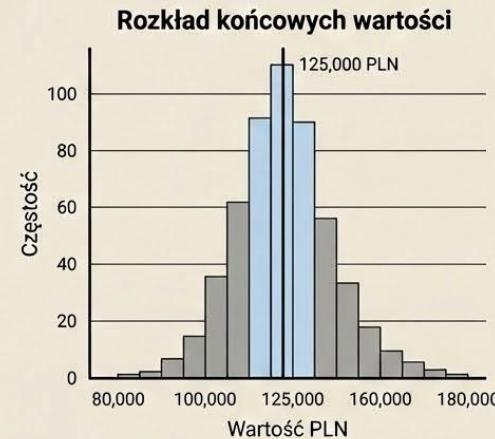
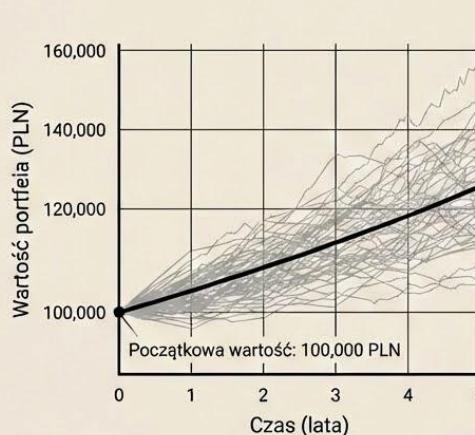


symulacja MC dla 50000 powtórzeń. Calka= 0.16805



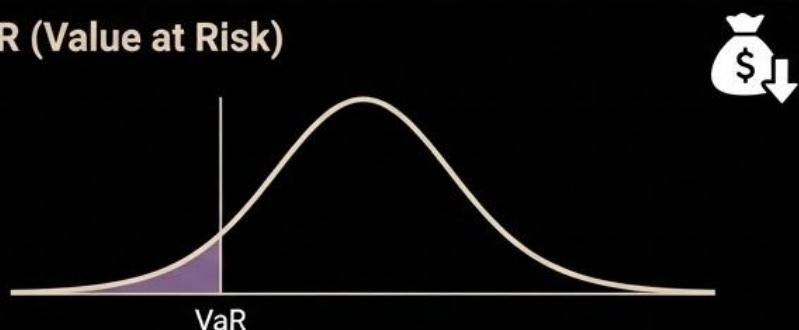
Przewidywanie wyników inwestycyjnych: metoda Monte Carlo

Symulacja przyszłej wartości portfela poprzez wielokrotne losowanie stóp zwrotu w czasie.



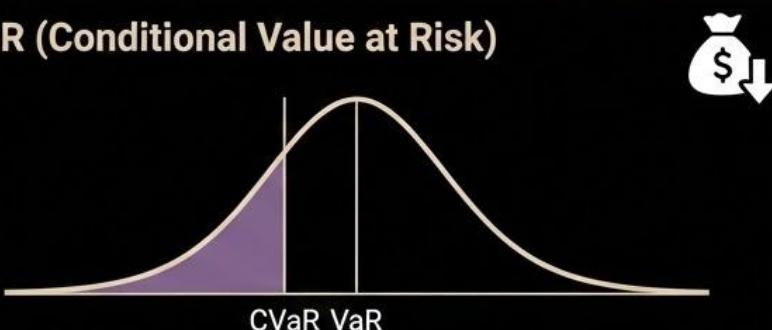
Kwantyfikacja ryzyka: VaR, CVaR i model GARCH(p,q)

VaR (Value at Risk)



Maksymalna strata, której nie przekroczymy z określonym prawdopodobieństwem w danym horyzoncie czasowym.

CVaR (Conditional Value at Risk)



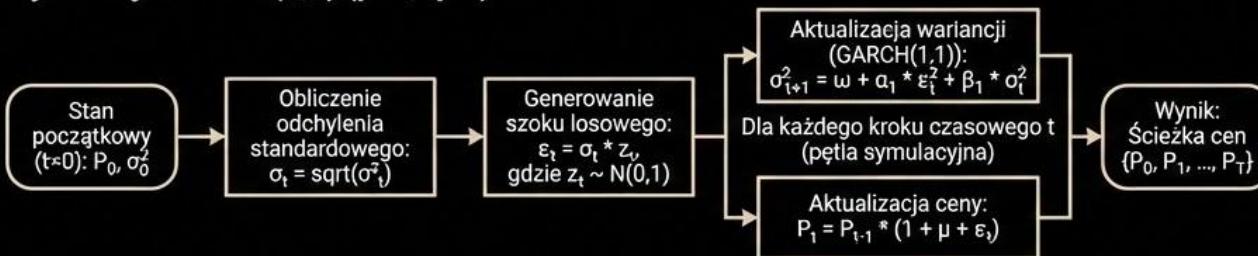
Średnia wartość strat w przypadku przekroczenia VaR.

Model GARCH(p,q): Symulacja zmienności warunkowej

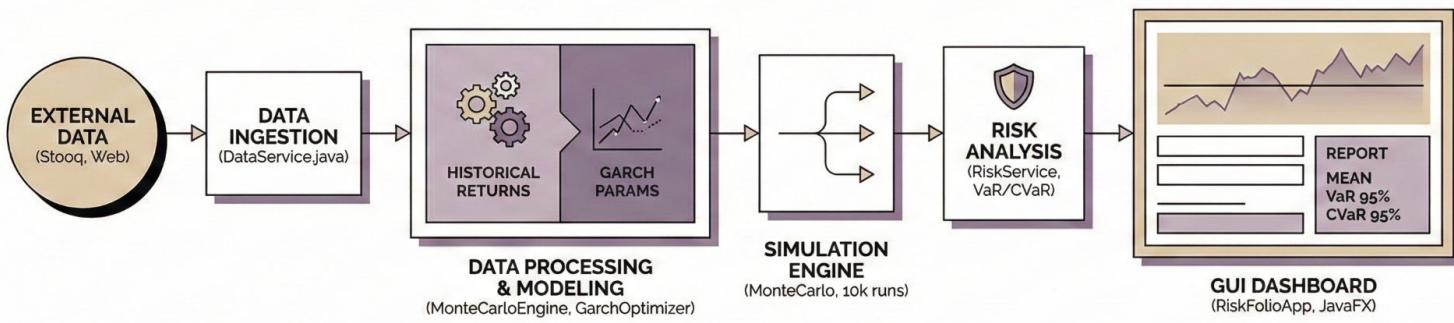
Symulacja GARCH(1,1) (p=1, q=1)

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i * \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j * \sigma_{t-j}^2$$

σ^2 : wariancja warunkowa,
t: krok czasowy



PIPELINE



Optymalizacja GARCH

Wprowadzenie danych (wybór instrumentów finansowych)

Obliczenie pierwszej wariancji σ^2 i znalezienie stopy zwrotu

Optymalizator GARCH

2000 równoległych iteracji

Losowe generowanie α oraz β

Sprawdzenie że $\alpha + \beta < 1$

Obliczenie ω

Obliczanie błędu na bazie danych historycznych

Aktualizacja najlepszych parametrów

Silnik symulacji Monte Carlo

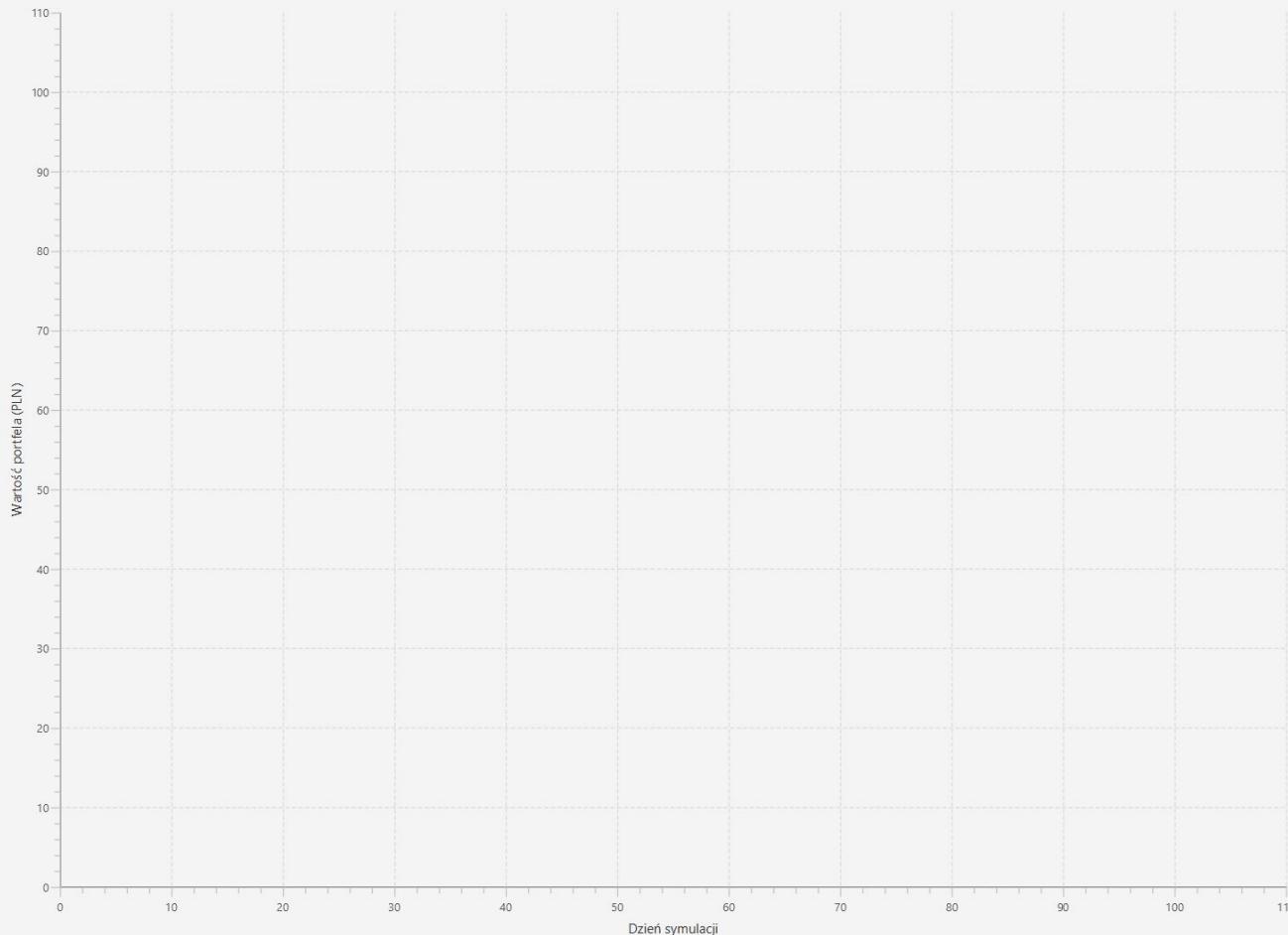
Wynik w GUI

Dodaj aktywa: ?**Twój Portfel:** ?

Apple Inc. X

Wagi (%): ? 1.00**Kapitał (PLN):** ? 100000**Czas inwestycji:** ? 252 dni**Historia (lata):** ? 5**Uzupełnianie danych:** ? Interpoluj (uzupełnij) dane**URUCHOM SYMULACJĘ****Raport Rzyku:** ?

Prognoza dynamiki portfela z Monte Carlo



Dodaj aktywa: ?

np. Apple, Orlen, Nvidia...

Twój Portfel: ?Apple Inc. X**Wagi (%):** ?

1.00

Kapitał (PLN): ?

100000

Czas inwestycji: ? 252 dni**Historia (lata):** ?

5

Uzupełnianie danych: ? Interpoluj (uzupełnij) dane**URUCHOM SYMULACJĘ****Raport Rzyka:** ?

==== WYNIK PORTFELA INWESTYCYJNEGO ====

Średni wynik: 119702,17 PLN

Maksymalny wynik: 360193,66 PLN

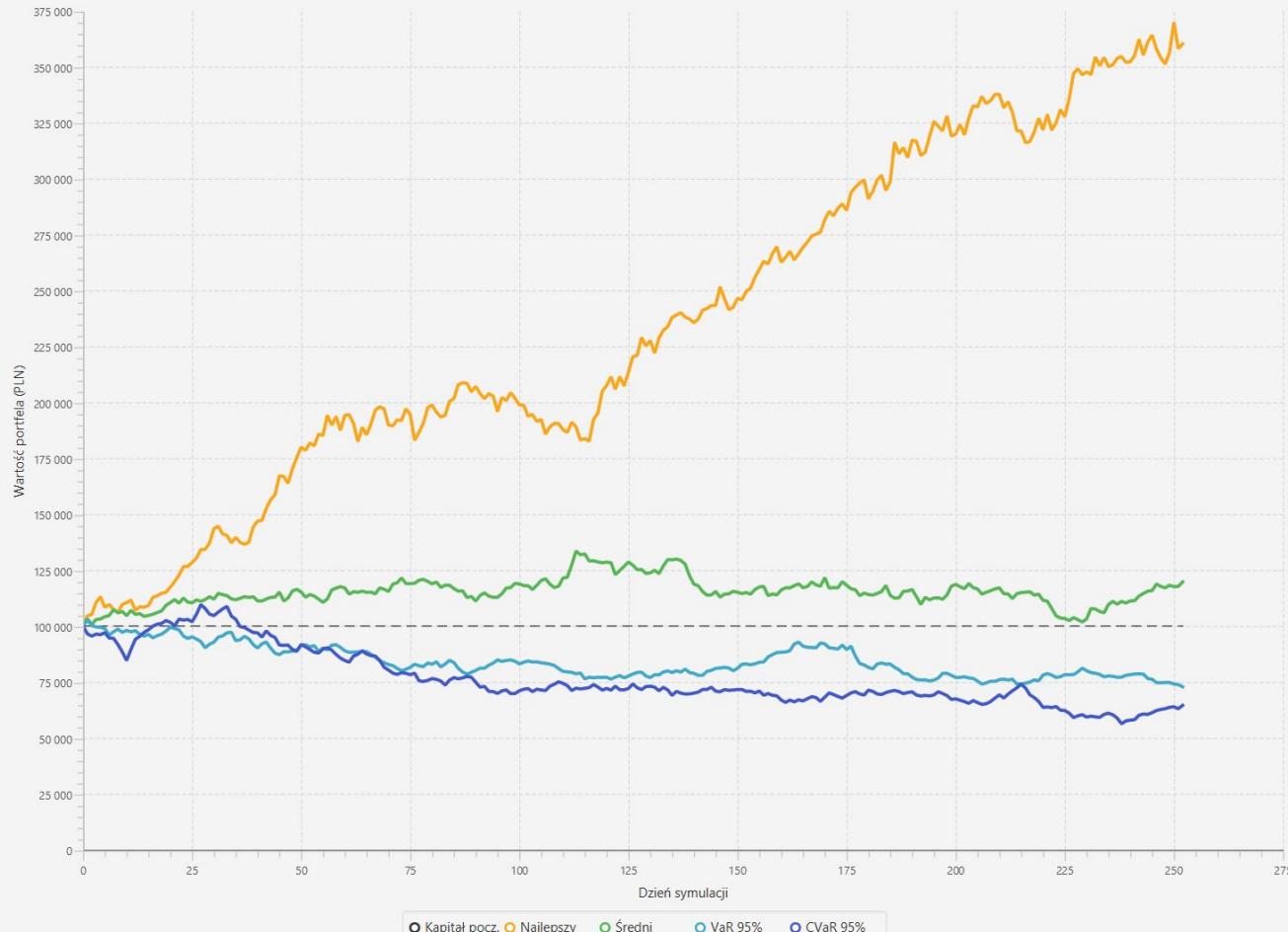
Minimalny wynik: 36635,66 PLN

==== KWANTYFIKACJA RYZYKA ===

VaR 95%: 72833,34 PLN

CVaR 95%: 64525,57 PLN

==== PARAMETRY MODELU GARCH ===

Prognoza dynamiki portfela z Monte Carlo

Dodaj aktywa: ?

np. Apple, Orlen, Nvidia...

Twój Portfel: ?Apple Inc. X**Wagi (%):** ?

1.00

Kapitał (PLN): ?

100000

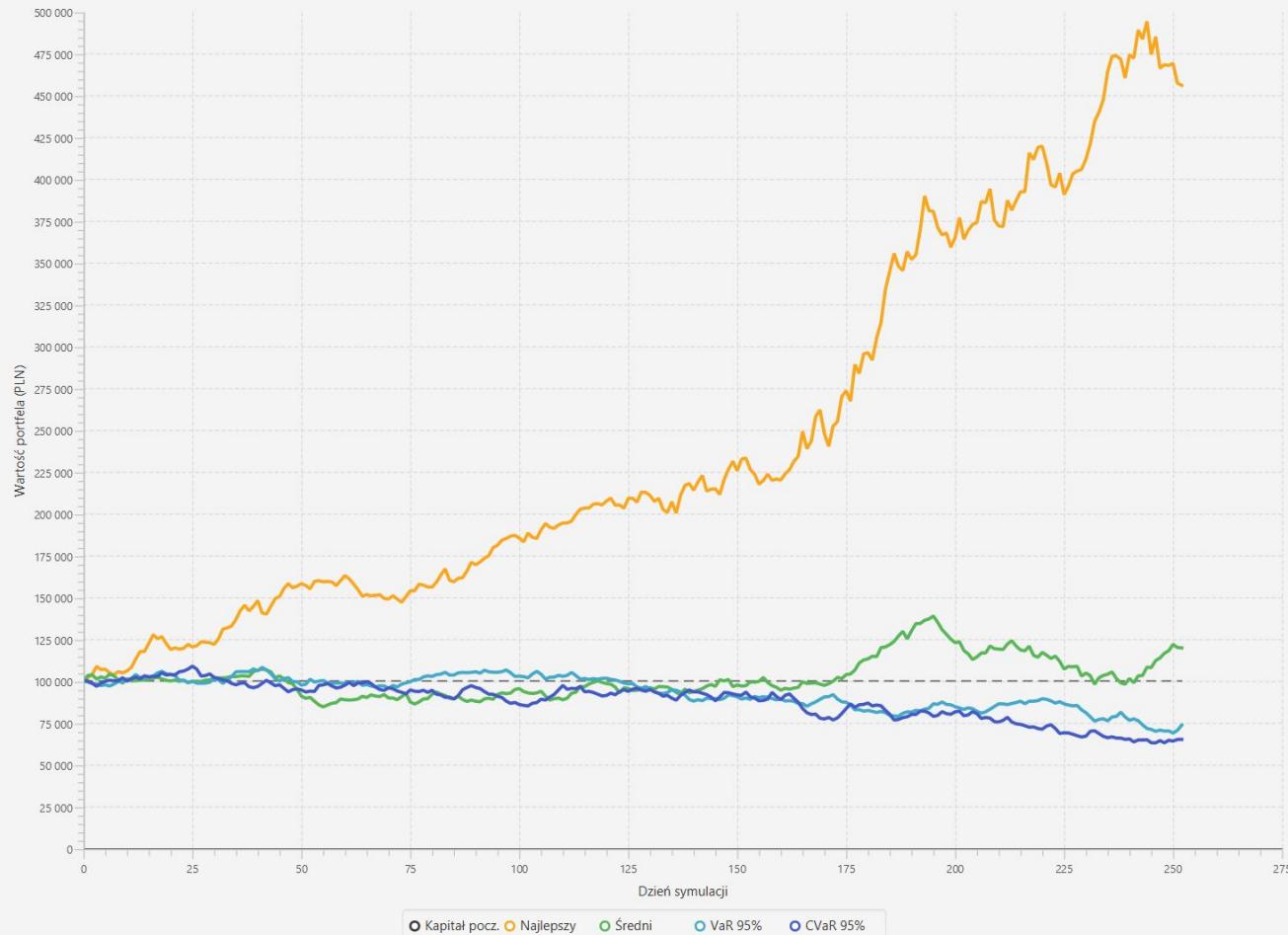
Czas inwestycji: ? 252 dni**Historia (lata):** ?

5

Uzupełnianie danych: ? Interpoluj (uzupełnij) dane**URUCHOM SYMULACJĘ****Raport Rzyku:** ?

```
==== PARAMETRY MODELU GARCH ====
Dla portfela: [AAPL.US]
• Alpha: 0,062594
• Beta: 0,911123
-> Uwaga! Silne trendy zmienności.
• Omega: 0,000008

==== JAKOŚĆ DANYCH ====
Analiza ucięta do 1259 dni (najmłodszy
instrument).
```

Prognoza dynamiki portfela z Monte Carlo

Zrobiliśmy też kilka całkiem fajnych rzeczy:

Równoległe obliczenia z synchronizacją tylko w krytycznym miejscu

dzięki temu, optymalne parametry modelu GARCH wyznaczone są w czasie poniżej 1 sekundy

```
IntStream.range(0, ITERATIONS).parallel().forEach( int i -> {

    Random rand = new Random();

    double alpha = 0.01 + (0.25 * rand.nextDouble());
    double beta = 0.50 + (0.49 * rand.nextDouble());

    if (alpha + beta < 0.999) {

        double omega = variance * (1.0 - alpha - beta);
        double score = calculateErrorScore(returns, alpha, beta, omega, variance);

        synchronized (bestScore) {
            if (score < bestScore[0]) {
                bestScore[0] = score;
                bestParams[0] = new GarchParams(omega, alpha, beta, variance);
            }
        }
    }
});
```

Zrobiliśmy też kilka całkiem fajnych rzeczy:

Strumienie z wyłapywaniem wyjątków “w locie”

```
List<Double> prices = new ArrayList<>();
try (BufferedReader br = new BufferedReader(new InputStreamReader(conn.getInputStream()))) {
    prices = br.lines().Stream<String>
        .skip(1)
        .map(String::line -> line.split(regex: ","))
        .filter(String[] values -> values.length >= 5)
        .map(String[] values -> {
            try {
                return Double.parseDouble(values[4]);
            } catch (NumberFormatException e) {
                return null;
            }
        })
        .filter(java.util.Objects::nonNull)
        .collect(Collectors.toList());
}
```

system jest odporny na błędy w danych zewnętrznych – nawet, jeśli coś nie powiedzie się, przetwarzanie danych nie jest przerywane

Zrobiliśmy też kilka całkiem fajnych rzeczy:

```
List<List<Double>> paths = Collections.synchronizedList(new ArrayList<>());
final GarchParams finalGarch = garch;

IntStream.range(0, NUM_SIMULATIONS).parallel().forEach( int i -> {
    Random random = new Random();
    List<Double> path = new ArrayList<>( initialCapacity: horizon + 1);

    double price = capital;
    double variance = finalGarch.initialVol();
    path.add(price);

    for (int day = 0; day < horizon; day++) {
        double stdDev = Math.sqrt(variance);
        double shock = stdDev * random.nextGaussian();

        price *= (1 + avgDailyReturn + shock);
        path.add(price);

        variance = finalGarch.omega() + (finalGarch.alpha() * Math.pow(shock, 2)) + (finalGarch.beta() * variance);
    }
    paths.add(path);
});

List<Double> finalValues = paths.stream() Stream<List<...>>
    .map( List<Double> p -> p.get(p.size() - 1)) Stream<Double>
    .toList();

return new SimulationResult(paths, finalValues, infoLog);
```

SynchronizedList zamiast ArrayList

eliminuje błędy wynikające z równoległego zapisu danych przez wiele wątków – dzięki temu 10 000 ścieżek symulacji

Monte Carlo może być generowanych równolegle bez ryzyka utraty danych

Podsumowując

Stworzyliśmy RiskFolio – intuicyjną w obsłudze i nieskomplikowaną aplikację desktopową, która umożliwia zarówno amatorom, jak i ekspertom prognozowanie wyników inwestycyjnych z precyzyjną kwantyfikacją ryzyka. W naszych prognozach wykorzystujemy model GARCH(1,1), którego najbardziej optymalne parametry znajdują się indywidualnie dla każdej inicjalizacji programu, i robimy to poniżej 1 sekundy. Do prognozy wyniku inwestycji wykorzystujemy metodę Monte Carlo, a do implementacji wszystkich naszych metod i funkcjonalności wykorzystaliśmy Javę.

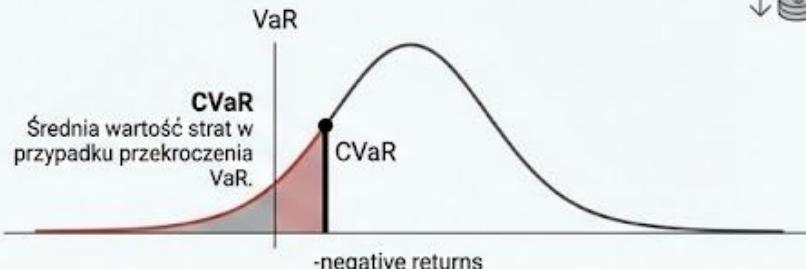
Kwantyfikacja ryzyka: VaR, CVaR i model GARCH(p,q)

Szczegółowe spojrzenie na model GARCH(p,q) i jego implementację w symulacji.

VaR



CVaR



Model GARCH(p,q): Symulacja zmienności warunkowej

Ogólny model GARCH(p,q)

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i * \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j * \sigma_{t-j}^2$$

σ^2 : wariancja warunkowa, t: krok czasowy.

Symulacja GARCH(1,1) (p=1, q=1)

Dla każdego kroku czasowego t (pętla symulacyjna):

Stan początkowy (t=0):
 P_0, σ_0^2

Obliczenie odchylenia standardowego:
 $\sigma_t = \sqrt{\sigma_t^2}$

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_t^2}$$

Generowanie szoku losowego:
 $\varepsilon_t = \sigma_t * z_t$, gdzie $z_t \sim N(0, 1)$

Aktualizacja wariancji (GARCH(1,1)):
 $\sigma_{t+1}^2 = \omega + \alpha_1 * \varepsilon_t^2 + \beta_1 * \sigma_t^2$

Aktualizacja ceny:
 $P_t = P_{t-1} * (1 + \mu + \varepsilon_t)$

Wynik:
Ścieżka cen $\{P_0, P_1, \dots, P_T\}$