









Modelarea piețelor financiare

Seminarul 16: Active digitale și DeFi — aplicații



Daniel Traian PELE
Drd. Antoaneta Amza, antoaneta.amza@csie.ase.ro

Academia de Studii Economice din București
IDA Institute Digital Assets
Blockchain Research Center
AI4EFin Artificial Intelligence for Energy Finance
Academia Română, Institutul de Prognoză Economică
MSCA Digital Finance

Ce măsoară riscul activelor digitale?

- Întrebările seminarului
  - **se pot reproduce din date principalele cifre despre activele digitale?**
  - **cît de precise sînt ele?**
- Livrabile
  - răspunsurile la exercițiile A
  - un tabel și un grafic pentru fiecare exercițiu B
  - codul corectat din C1
  - o propoziție de interpretare pentru fiecare exercițiu
- Criterii de evaluare
  - corectitudinea derivărilor
  - inferența: SE (*Standard Error*, eroare standard), CI (*Confidence Interval*, interval de încredere), decizie
  - interpretarea
  - critica răspunsului AI (*Artificial Intelligence*, inteligență artificială)
- Notebook-ul de azi: deschideți notebook-ul seminarului în Colab
  - fiecare cerință indică secțiunea din notebook
- Seminar: prof. Daniel Traian Pele, danpele@ase.ro; drd. Antoaneta Amza, antoaneta.amza@csie.ase.ro

Active și unități

- Finanțele descentralizate (*decentralised finance*, DeFi): servicii financiare prin contracte executate pe blockchain
- Un pool de lichiditate ține rezervele folosite pentru schimburi; stablecoin-urile sînt tokenuri legate de dolarul american (USD), de ex. USD Coin, Tether, Dai
- Simbolurile bursiere folosite
  - IBIT (iShares Bitcoin Trust, BlackRock) și ETHA (iShares Ethereum Trust): ETF-urile (*Exchange-Traded Fund*, fonduri tranzacționate la bursă) spot pe Bitcoin și pe Ether
  - MSTR: acțiunea companiei Strategy Inc. (fosta MicroStrategy), listată pe Nasdaq
- Formulele din „Noțiuni și notație" folosesc unități zecimale; datele exercițiilor folosesc randamente log în procente, $r_t = 100 \ln(P_t/P_{t-1})$
- Exemplu: de la 100 la 110, randamentul simplu este 0,10 (10%), iar cel log 0,0953 (9,53%)
- Rata fără risc are aceeași unitate și aceeași perioadă ca randamentul
  - C1: DTB3 (randamentul bonurilor de trezorerie americane la 3 luni pe piața secundară), seria din FRED (*Federal Reserve Economic Data*, baza de date a Rezervei Federale din St. Louis)
  - C3: rata lunară din Kenneth French Data Library

Datele folosite

Seria	Prețul folosit	Calendar	Perioada	Folosită la
Bitcoin, Ether, Solana	închiderea zilnică	în fiecare zi, 7 din 7	2018 (Solana: apr. 2020) – 18 sept. 2026	B1, B2, B7
USD Coin, Tether, Dai	închiderea și minimul zilnic	în fiecare zi	2021 – 18 sept. 2026	B5, B6, A3
ETF-uri spot (IBIT, ETHA)	închiderea ajustată	zilele de tranzacționare din SUA	de la lansare (11 ian. 2024; 23 iul. 2024)	B2, B8
Strategy, Coinbase	închiderea ajustată	închiderile de vineri	16 apr. 2021 – 18 sept. 2026	B3, B4
S&P 500; ETF pe Nasdaq 100 (QQQ), ETF pe aur (GLD), ETF pe obligațiuni de stat americane pe termen lung (TLT)	indicele: închiderea zilnică; ETF-urile: închiderea ajustată	zilele de tranzacționare din SUA	ca activul pereche	B1, B3, C2
Bonuri de trezorerie la 3 luni	FRED DTB3	zilele lucrătoare din SUA	2021–2025	C1

- Prețurile zilnice din datele cursului, cîte o serie pe activ (cîmpul folosit: close / adjusted close)
- Două serii cu calendare diferite (cripto 7 zile, acțiuni 5 zile): aliniem întîi *prețurile* pe zilele comune, apoi calculăm randamentele

Pregătire: rulați și verificați

```
import numpy as np, pandas as pd
URL = ('https://raw.githubusercontent.com/'
       'danpele/MFM/main/data/market/')
def load(sym, field='close'):
    return pd.read_csv(URL + sym + '.csv',
        index_col='date', parse_dates=True)[field]
btc = load('BTC-USD.CC')
btc = btc.loc['2018-01-01':'2026-09-18']
r = 100 * np.log(btc).diff().dropna()
print(len(r), r.index[0].date(), r.index[-1].date())
```

- Rezultatul așteptat: 3 182 2018-01-02 2026-09-18
- Cripto se tranzacționează 7 zile din 7: 3 182 de randamente zilnice în 8,7 ani, aproximativ 365 pe an; anualizăm cu $\sqrt{365}$, nu cu $\sqrt{252}$
- Alte verificări: USD (*US dollar*, dolarul american) Coin 2 087 de închideri zilnice din 1 ian. 2021; IBIT 673 de zile comune și 140 de săptămîni; Strategy 284 de săptămîni
- Dacă un număr de observații diferă, opriți-vă și verificați activul, prețul folosit și datele

Randamente, volatilitate și raportul Sharpe

- Detalii: Capitolul 16
- Randamentul **logaritmic** și cel **simplu** al perioadei t (P_t: prețul de la sfîrșitul perioadei t)

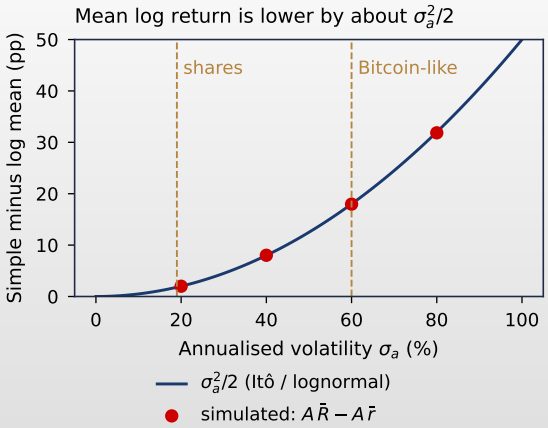
$$r_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-\mathbf{1}}}, \qquad R_t = \frac{P_t}{P_{t-\mathbf{1}}} - 1 = e^{r_t} - 1$$

  - Randamentele logaritmice se adună în timp; cele simple se adună între activele unui portofoliu
- **Anualizarea** cu A perioade de randament pe an: 365 pentru cripto (se tranzacționează zilnic), 252 pentru acțiuni, 52 pentru date săptămînale

$$\mu_a = A\,\bar{R}, \qquad \sigma_a = \sqrt{A}\,s, \qquad SR = \frac{\mu_a - r_f}{\sigma_a}$$

  - $\bar{R}$, s: media și abaterea standard de selecție a randamentelor pe perioadă; r_f: rata anuală fără risc, de ex. un titlu de stat pe 3 luni
  - SR: raportul Sharpe, randamentul în exces pe unitatea de volatilitate

Media randamentelor logaritmice și simple



- Pentru un preț lognormal, cele două medii diferă prin jumătate din variantă

$$\mu_a^{\log} \approx \mu_a^{\text{simplu}} - \tfrac{1}{2}\sigma_a^2$$

- Graficul: diferența, în puncte procentuale, în funcție de volatilitatea anuală; punctele provin din randamente zilnice simulate, $A = 365$
- Neglijabilă pentru acțiuni, mare pentru cripto
  - $\sigma_a = 20\%$: 2 puncte; $\sigma_a = 60\%$: 18 puncte
  - Raportul Sharpe folosește media randamentelor simple

Un indice ponderat cu valoarea de piață și divizorul lui

- **Indice ponderat cu valoarea de piață** (de ex. CRIX, *CRypto IndeX*, Trimborn & Härdle (2018)): valoarea totală a coșului, scalată cu un divizor

$$I_t = \frac{\sum_i P_{i,t}\, Q_{i,\tau}}{D_\tau}, \qquad w_{i,t} = \frac{P_{i,t} Q_{i,\tau}}{\sum_j P_{j,t} Q_{j,\tau}}$$

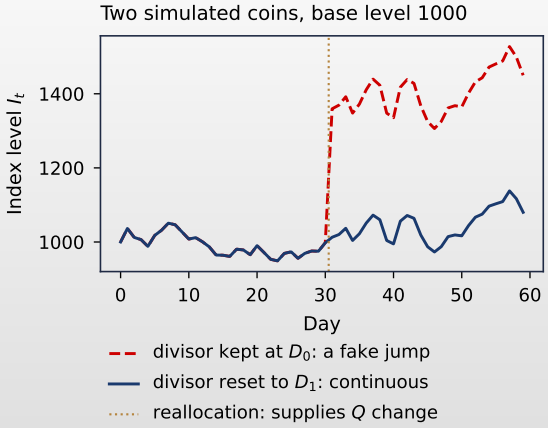
  - $P_{i,t}$: prețul monedei i în ziua t; $Q_{i,\tau}$: oferta ei în circulație, fixă în perioada de realocare τ (de ex. o lună)
  - $w_{i,t}$: ponderea după valoarea de piață; în cursul unei perioade, randamentul indicelui este $\sum_i w_{i,t-\mathbf{1}} R_{i,t}$

- **Divizorul** D_τ: fixează nivelul; se recalculează la fiecare realocare

$$D_{\tau+\mathbf{1}} = \frac{\sum_i P_{i,t}\, Q_{i,\tau+\mathbf{1}}}{I_t} \quad \Longrightarrow \quad I_t \text{ nu se schimbă la noul coș}$$

  - La o realocare se schimbă coșul, nu prețurile: nu trebuie să apară niciun randament
  - Exemplu: o singură monedă, $P = 100$, $Q = 10$, $D = 1$: $I = 1\,000$; Q devine 12 la același preț: $D = 1\,200/1\,000 = 1{,}2$ păstrează $I = 1\,000$

De ce trebuie schimbat divizorul



- Două monede simulate; în ziua 30, oferta celei de-a doua crește de la 50 la 80
- Divizorul păstrat la D_0 (roșu)
  - Indicele sare cu aproximativ 34% într-o zi fără nicio mișcare de preț: un randament fals
- Divizorul recalculat la D_1 (albastru)
  - Nivelul este continuu; după aceea se aplică noile ponderi

Un pool cu produs constant

- **Formator automat de piață** (*automated market maker*; Uniswap v2, Adams, Zinsmeister & Robinson (2020)): un contract inteligent deține x Ether și y USD Coin și tranzacționează cu oricine

$$x\,y = k, \qquad p = \frac{y}{x}$$

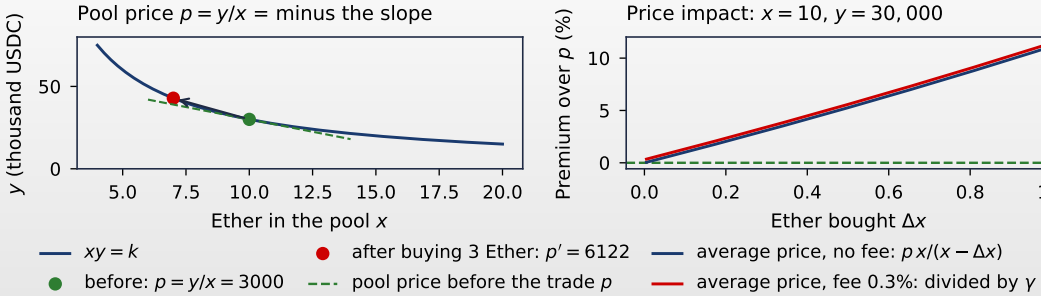
  - k: invariantul, constant fără comisioane; p: prețul Ether în pool, în USD Coin, egal cu minus panta curbei $y = k/x$

- **O tranzacție cu comisionul** f la intrare, $\gamma = 1 - f$: plătind Δy cumpărăm Δx

$$(x - \Delta x)(y + \gamma\,\Delta y) = k \quad \Longrightarrow \quad \Delta y = \frac{1}{\gamma}\Big(\frac{k}{x - \Delta x} - y\Big)$$

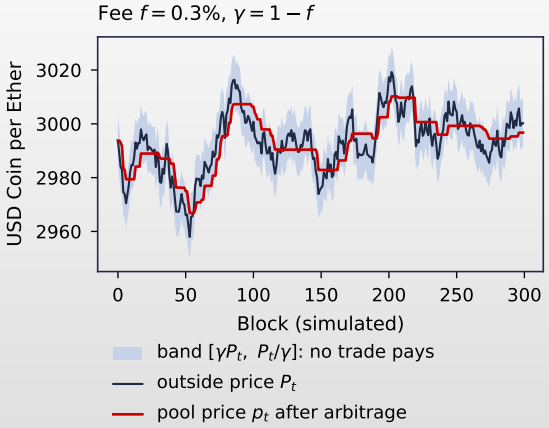
  - Δx: Ether-ul care iese din pool; Δy: USD Coin plătiți; $\gamma\Delta y$: partea care intră în invariant; comisionul rămîne în pool
  - Exemplu: $x = 10$, $y = 30\,000$ ($p = 3\,000$), $f = 0{,}3\%$; cumpărarea unui Ether: $\gamma\Delta y = 300\,000/9 - 30\,000 = 3\,333{,}33$, $\Delta y = 3\,343{,}36$

Impactul asupra prețului într-un pool



- Stînga: cumpărarea a 3 din cei 10 Ether mută pool-ul de-a lungul curbei $xy = k$; prețul pool-ului se dublează, de la 3 000 la 6 122
- Dreapta: fără comision, prețul mediu este $\Delta y/\Delta x = px/(x - \Delta x)$, peste p pentru orice tranzacție; comisionul îl înmulțește cu $1/\gamma$

Comisioanele și banda fără arbitraj



- Prețul extern P: prețul de pe celelalte piețe; arbitrajorii tranzacționează cu pool-ul cînd aduce profit
- Prețurile marginale ale unei tranzacții foarte mici în pool
  - Cumpărarea și vînzarea marginală: le deduceți în A2
  - Nicio tranzacție nu aduce profit cît timp $\gamma P \le p \le P/\gamma$
- Graficul: P_t simulat; prețul pool-ului se mișcă doar cînd P_t îl împinge în afara benzii
- Întrebare pentru sală: aduce arbitrajul prețul pool-ului exact la prețul pieței?
- Răspuns: nu; prețul efectiv ajunge doar la marginea benzii: γP cînd prețul pieței crește, P/γ cînd scade
- Comisionul reținut în rezervă lasă raportul rezervelor puțin în interiorul benzii (A2); graficul urmărește doar prețul efectiv

Stablecoin-uri și un AR cu prag

- **Stablecoin**: un token conceput să se tranzacționeze la 1 USD (USD Coin, Tether, Dai), răscumpărabil sau garantat cu rezerve
  - Paritatea poate fi pierdută: USD Coin a scăzut intrazilnic sub 0,90 USD în martie 2023, cînd o parte din rezerve se afla într-o bancă americană falimentară; verificați minimul zilnic, nu doar închiderea
  - Abaterea în puncte de bază (1 pb = 0,01%): $d_t = 10^4(P_t - 1)$
- **Autoregresia (AR) cu prag** (TAR, *Threshold AutoRegression*; Balke & Fomby (1997)): arbitrajul implică costuri, deci abaterile mici pot persista, iar cele mari revin repede

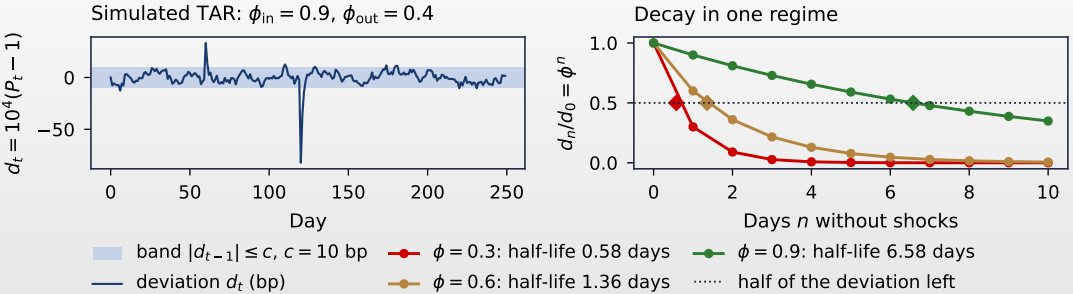
$$d_t = \begin{cases} \phi_{\text{in}}\, d_{t-\mathbf{1}} + \varepsilon_t, & |d_{t-\mathbf{1}}| \le c \text{ (în bandă)} \\ \phi_{\text{out}}\, d_{t-\mathbf{1}} + \varepsilon_t, & |d_{t-\mathbf{1}}| > c \end{cases}$$

  - c: pragul, semilățimea benzii (pb); ϕ_{in}, ϕ_{out}: persistența în interior și în exterior, $0 < \phi < 1$; ε_t: șoc cu media 0
- **Timpul de înjumătățire**: fără șocuri, $d_n = \phi^n d_{\mathbf{0}}$ după n zile într-un regim

$$\phi^{\,h_{\mathbf{1/2}}} = \tfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}} \quad \Longrightarrow \quad h_{\mathbf{1/2}} = \frac{\ln(1/2)}{\ln \phi}$$

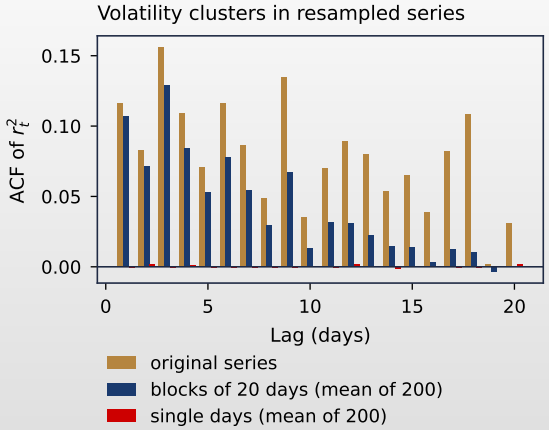
  - Exemplu: $\phi_{\text{out}} = 0{,}5$, $d_{\mathbf{0}} = -100$ pb, $c = 20$ pb: $100 \cdot 0{,}5^n \le 20$ cere $n \ge \ln 0{,}2 / \ln 0{,}5 = 2{,}32$: în bandă în ziua 3; timpul de înjumătățire 1 zi

Un AR cu prag în imagini



- Stînga: în bandă ($\phi_{\text{in}} = 0{,}9$) abaterea fluctuează lent; după un șoc mare revine repede ($\phi_{\text{out}} = 0{,}4$) pînă reintră în bandă
- Dreapta: ϕ^n pentru trei valori ale lui ϕ; romburile marchează timpii de înjumătățire $\ln 0{,}5 / \ln \phi$; un ϕ mai mic înseamnă o revenire mai rapidă la paritate

Bootstrap pe blocuri și raportul de weekend



- **Bootstrap pe blocuri suprapuse** Künsch (1989)
  - Lipim blocuri aleatoare de b zile consecutive într-o serie de lungimea inițială; recalculăm statistica; repetăm de B ori
  - CI 95%: percentilele de 2,5% și 97,5%; blocurile păstrează gruparea volatilității (*volatility clustering*), zilele individuale o distrug (graficul)
- **Raportul de weekend** (B1)

$$\mathrm{VR} = \frac{s^2_{\text{Sat, Sun}}}{s^2_{\text{Mon–Fri}}}$$

  - Variațele de selecție ale randamentelor din zilele de weekend și din zilele lucrătoare; $\mathrm{VR} < 1$: weekend-uri mai calme
  - CI pentru o schimbare: percentilele lui $\mathrm{VR}^*_{\text{după}} - \mathrm{VR}^*_{\text{înainte}}$ din două bootstrap-uri independente

ETF-uri spot, urmărirea și două teste de staționaritate

- ETF spot pe Bitcoin (IBIT, din 11 ianuarie 2024): un fond listat în SUA (Statele Unite ale Americii) care deține Bitcoin; se tranzacționează în zilele bursiere din SUA, Bitcoin în fiecare zi
- **Urmărirea**: logaritmul raportului dintre prețul ETF-ului și prețul Bitcoin

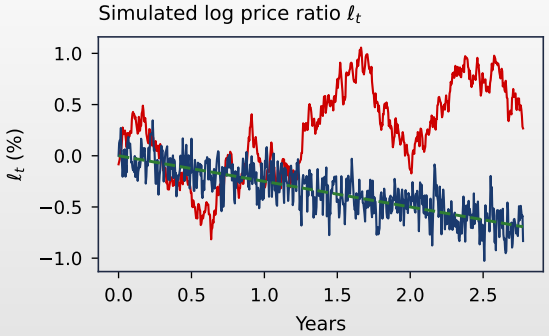
$$\ell_t = \ln \frac{P_t^{\mathrm{ETF}}}{P_t^{\mathrm{BTC}}} = a - \delta\, t + e_t$$

  - δ: drift-ul din comision, aproximativ 0,25% pe an, plătit în Bitcoin BlackRock (2026); e_t: zgomot de sincronizare staționar; t în ani
- **ADF (Augmented Dickey–Fuller)** Dickey & Fuller (1979): H_0 rădăcină unitară

$$\Delta\ell_t = a + g\, t + b\, \ell_{t-1} + \textstyle\sum_{j=1}^{p} c_j \Delta\ell_{t-j} + u_t, \qquad t_b = \hat{b}/\mathrm{SE}(\hat{b})$$

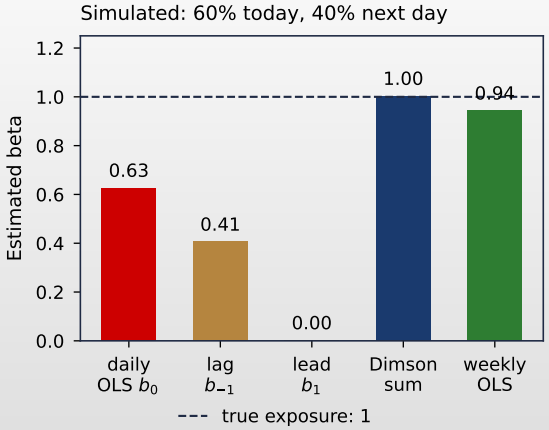
  - H_0: $b = 0$; respingem dacă t_b este sub valoarea critică Dickey–Fuller (aproximativ $-3{,}4$ la 5%, cu tendință)
- **KPSS (Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin test)** Kwiatkowski et al. (1992): H_0 staționaritate în jurul tendinței
  - $\mathrm{KPSS} = \sum_t S_t^2/(T^2\hat{\sigma}^2_{\mathrm{LR}})$, S_t: sumele parțiale ale reziduurilor dintr-o regresie pe tendință, $\hat{\sigma}^2_{\mathrm{LR}}$: varianța lor de termen lung; valorile mari resping
  - Ipoteze nule opuse: le folosim pe amîndouă

Staționaritate în jurul tendinței sau rădăcină unitară?



- ℓ_t simulat, ambele serii cu aceeași tendință a comisionului, $-0{,}25\%$ pe an
- Albastru: tendință + zgomot AR(1)
  - ADF respinge rădăcina unitară, KPSS nu respinge staționaritatea: cele două teste concordă
  - Panta tendinței estimează comisionul
- Roșu: tendință + mers aleator
  - ADF nu respinge, KPSS respinge: drift-ul este acoperit de zgomot

Închideri nesincrone și beta Dimson



- ETF-ul se închide la 16:00, ora New York-ului, prețul zilnic Bitcoin la altă oră: o parte din mișcarea Bitcoin ajunge în ETF a doua zi
- **Beta Dimson** Dimson (1979): adăugăm un lag și un avans (*lead*)

$$r_t^{\mathrm{ETF}} = a + \sum_{j=-\mathbf{1}}^{\mathbf{1}} b_j\, r_{t+j}^{\mathrm{BTC}} + u_t, \qquad \beta_D = b_{-\mathbf{1}} + b_{\mathbf{0}} + b_{\mathbf{1}}$$

  - $b_{\mathbf{0}}$: panta din aceeași zi, aici sub 1; $b_{-\mathbf{1}}$: reacția la randamentul Bitcoin de ieri
- Graficul: 60% din fiecare mișcare azi, 40% a doua zi; suma Dimson și randamentele săptămînale recuperează expunerea 1

Erori standard HAC și testul Wald

- **Regresia** $y_t = \mathrm{x}_t^\top \boldsymbol{\beta} + u_t$, cu estimația OLS (*Ordinary Least Squares*, metoda celor mai mici pătrate) $\hat{\boldsymbol{\beta}}$
  - y_t: un randament; x_t: regresorii (constanta 1 și randamentele factorilor); u_t: eroarea
- **Covarianța HAC** (*Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent*; Newey–West Newey & West (1987)): robustă la heteroscedasticitate și la autocorelare pînă la lagul L

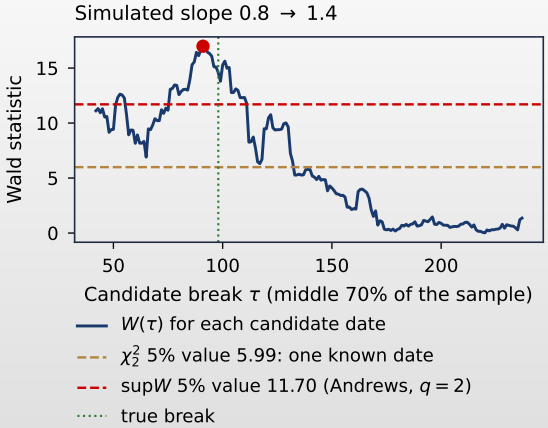
$$\hat{V} = Q^{-\mathbf{1}} \hat{S}\, Q^{-\mathbf{1}}, \quad Q = \sum_t \mathrm{x}_t \mathrm{x}_t^\top, \quad \hat{S} = \hat{\Gamma}_{\mathbf{0}} + \sum_{l=\mathbf{1}}^{L} \Big(1 - \frac{l}{L+1}\Big)(\hat{\Gamma}_l + \hat{\Gamma}_l^\top)$$

  - $\hat{\Gamma}_l = \sum_t \hat{u}_t \hat{u}_{t-l}\, \mathrm{x}_t \mathrm{x}_{t-l}^\top$; $\hat{u}_t$: reziduurile OLS; SE: rădăcinile pătrate ale diagonalei lui $\hat{V}$
- **Testul** t pentru $H_{\mathbf{0}}$: $\beta = b_{\mathbf{0}}$: $t = (\hat{\beta} - b_{\mathbf{0}})/\mathrm{SE}$; $|t| > 1{,}96$ respinge la 5%
- **Testul Wald** pentru q restricții $H_{\mathbf{0}}$: $R\boldsymbol{\beta} = \mathrm{r}$

$$W = (R\hat{\boldsymbol{\beta}} - \mathrm{r})^\top \big(R\hat{V}R^\top\big)^{-\mathbf{1}} (R\hat{\boldsymbol{\beta}} - \mathrm{r}) \;\sim\; \chi^{\mathbf{2}}_q \text{ sub } H_{\mathbf{0}}$$

  - R: matrice $q \times k$ care selectează combinațiile restricționate; W mare: estimațiile sînt departe de $H_{\mathbf{0}}$, în unități de erori standard

O ruptură la o dată necunoscută



- Ruptură în τ: $\boldsymbol{\beta_1}$ până la τ, $\boldsymbol{\beta_2}$ după; $W(\tau)$: testul Wald pentru $\boldsymbol{\beta_1} = \boldsymbol{\beta_2}$
  - Dată cunoscută: comparăm $W(\tau)$ cu χ^2_q, $q =$ numărul coeficienților care se pot schimba
- Dată necunoscută Andrews (1993)

$$\sup W = \max_{\mathbf{0,15}T \le \tau \le \mathbf{0,85}T} W(\tau)$$

  - Maximul multor W depășește χ^2_q din întîmplare: valori critice proprii, de ex. 13,95 pentru $q = 3$ (7,81 pentru χ^2_3)
  - Data $\hat{\tau}$: cea mai mică sumă totală a pătratelor reziduurilor; CI 95% Bai (1997)
- Graficul: o schimbare simulată a pantei; $W(\tau)$ depășește 5,99 la multe date, iar sup W se compară cu 11,70 (valoarea critică Andrews pentru $q = 2$; o grilă simulată dă 11,55)

După curs: testarea unui prag

- Estimarea lui c (B5): o grilă de praguri candidate; pentru fiecare, OLS în ambele regimuri; păstrăm c cu cea mai mică sumă totală a pătratelor reziduurilor (SSR, *Sum of Squared Residuals*)
  - Fiecare regim trebuie să păstreze cel puțin 15% din zile
  - SE White: formula HAC cu $L = 0$, robustă doar la heteroscedasticitate
- Testul $\phi_{\text{in}} = \phi_{\text{out}}$

$$W(c) = \frac{(\hat{\phi}_{\text{in}} - \hat{\phi}_{\text{out}})^2}{\hat{v}_{\text{in}} + \hat{v}_{\text{out}}}, \qquad \sup_c W(c)$$

  - $\hat{v}$: pătratul SE White al fiecărei pante; sub H_0, c nu este identificat, deci χ^2_1 este greșit (problema Davies)
  - Bootstrap-ul wild cu regresori ficși Hansen (1996): $d_t^* = \hat{e}_t \eta_t$, $\eta_t \sim N(0,1)$, aceiași d_{t-1}; recalculăm $\sup W^*$

Pentru pachetele de extindere: pool-uri și acoperiri

- **Pool ponderat** (de tip Balancer, A5–A7): $x^w y^{\mathbf{1}-w} = k$, prețul pool-ului $p = \frac{w}{\mathbf{1}-w}\frac{y}{x}$, w: ponderea în valoare a Ether-ului
  - Pierderea impermanentă (*impermanent loss*) după raportul de preț $r = P_{\mathbf{1}}/P_{\mathbf{0}}$: valoarea pool-ului împărțită la valoarea tokenurilor inițiale păstrate, minus 1
  - Prețul $dP_t = \mu P_t\,dt + \sigma P_t\,dW_t$ (mișcare browniană geometrică); lema lui Itô: $dV = V'dP + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}V''\sigma^{\mathbf{2}}P^{\mathbf{2}}dt$
- **Activ de acoperire și refugiu** (*hedge*, *safe haven*; C2) Baur & Lucey (2010)
  - Corelația $\rho = \mathrm{Cov}(r_{\mathbf{1}}, r_{\mathbf{2}})/(\sigma_{\mathbf{1}}\sigma_{\mathbf{2}})$; Forbes–Rigobon Forbes & Rigobon (2002): $\rho^* = \rho/\sqrt{1+\delta(1-\rho^{\mathbf{2}})}$, δ: creșterea relativă a variației prețului
  - Regresia cuantilă Koenker & Bassett (1978): $\beta(\tau)$ minimizează $\sum_t \rho_\tau(y_t - \mathbf{x}_t^\top\boldsymbol{\beta})$, $\rho_\tau(u) = u(\tau - \mathbf{1}\{u<0\})$
- Detalii în Capitolul 16: faptele stilizate ale randamentelor cripto, retragerile masive din stablecoin-uri, pierderea față de reechilibrare (LVR, *loss-versus-rebalancing*) și studiul de caz despre factorii cripto

Harta exercițiilor

Exercițiu	Întrebarea	Tip	Model
A1	cum păstrează divizorul continuitatea unui indice?	Rezolvat	–
A2	cînd este profitabil arbitrajul față de un pool și cît aduce?	Rezolvat	–
B1	a apărut volatilitatea redusă din weekend a Bitcoin abia după ETF-uri?	Rezolvat	–
A3	de cîte zile are nevoie USD Coin ca să revină în banda lui?	Rezolvat	–
B2	urmărește IBIT Bitcoin unu la unu și se vede comisionul?	Rezolvat	–
B3	cînd s-a schimbat beta față de Bitcoin al Strategy?	Rezolvat	–
C1	ce este greșit într-un răspuns AI?	Propus	B1
B4	cînd s-a schimbat beta față de Bitcoin al Coinbase? (temă)	Propus	B3
B5	este paritatea USD Coin un proces cu prag? (după curs)	Rezolvat	A3
Pachete de extindere	A4–A8, B6–B8, C2, C3 (opționale, după curs)	Rezolvate și propuse (indicat la fiecare cerință)	indicat la fiecare cerință

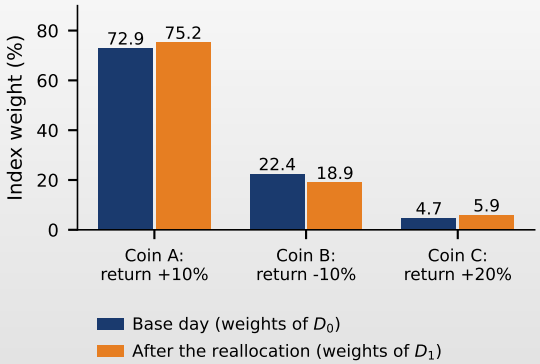
- **[Rezolvat]**: rezolvarea completă în slide-uri și în notebook, un model de urmat; **[Propus]**: îl rezolvați dumneavoastră, rezolvarea se discută la seminar
- Partea A: derivări pe hîrtie; Partea B: estimare și inferență pe date reale; Partea C: întrebări deschise și critica unui răspuns AI

A1 [Rezolvat]: un indice cu trei monede și divizorul său — cerința

- **Întrebarea**: cum rămîne continuu un indice ponderat cu valoarea de piață cînd i se schimbă cantitățile?
- **Date și parametri**
  - Monedele A, B, C în ziua de bază: prețurile $P_0 = (60\,000;\ 3\,000;\ 150)$ USD, ofertele în circulație $Q = (19{,}5;\ 120;\ 500)$ milioane
  - Indicele ponderat cu valoarea de piață (Laspeyres) I_t, cu divizorul D_τ (divizorul indicelui, Noțiuni și notație); cantitățile sînt fixe în cursul lunii
- **Cerințe**
  1. Calculați valorile de piață, ponderile și divizorul D_0 care fixează $I_0 = 1\,000$.
  2. La sfîrșitul lunii prețurile sînt $P_1 = (66\,000;\ 2\,700;\ 180)$: calculați I_1 și verificați că $I_1/1\,000 - 1$ este media ponderată a celor trei randamente.
  3. La realocare ofertele devin (19,52; 120,1; 560) milioane: calculați noul divizor D_1 care lasă I_1 neschimbat și noile ponderi.
- **Raportați**: D_0, I_1, D_1 și ambele seturi de ponderi, cu fiecare produs intermediar
- **Interpretare**
  - de ce trebuie să se schimbe divizorul la o realocare?
  - ce ar vedea un investitor fără această schimbare?
- Notebook: secțiunea A1

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

A1: rezolvare



- **1.** $M_i = P_{i,\mathbf{0}} Q_i$: 1 170, 360, 75 miliarde USD, total 1 605; ponderile $w_i = M_i / \sum_j M_j$: 72,9%; 22,4%; 4,7%; $D_\mathbf{0} = \sum_j M_j / 1\,000 = 1{,}605 \cdot 10^\mathbf{9}$
- **2.** $I_\mathbf{1} = \sum_i P_{i,\mathbf{1}} Q_i / D_\mathbf{0} = 1\,059{,}81$; randamentele $+10\%$, -10%, $+20\%$; verificare: $72{,}9\% \cdot 10\% - 22{,}4\% \cdot 10\% + 4{,}7\% \cdot 20\% = 5{,}98\%$
- **3.** $D_\mathbf{1} = \sum_i P_{i,\mathbf{1}} Q_i^{\text{nou}} / I_\mathbf{1} = 1{,}6167 \cdot 10^\mathbf{9}$; ponderile noi 75,2%; 18,9%; 5,9% (graficul); nivelul rămîne 1 059,81
- **Interpretare**: divizorul absoarbe schimbările coșului care nu sînt mișcări de preț
  - Fără el indicele ar crește brusc cu valoarea monedelor adăugate, un randament fictiv

MFM_ch16_seminar

A2 [Rezolvat]: banda de non-arbitraj a unui pool cu comision — cerința

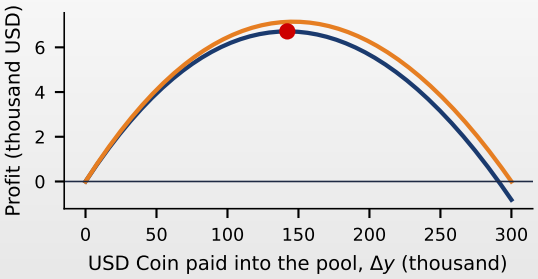
- **Întrebările**
  - cînd este profitabil să tranzacționăm cu un pool?
  - cît de mare este tranzacția optimă?
- **Date și parametri**
  - Pool cu produs constant cu $x = 1\,000$ Ether și $y = 3\,000\,000$ USD Coin: $k = 3 \cdot 10^9$, prețul pool-ului $p = 3\,000$
  - Comision $f = 0{,}3\%$ pe intrare, păstrat în pool (Uniswap v2); prețul extern P; o singură tranzacție, fără cost de tranzacție pe blockchain
- **Cerințe**
  1. Derivați costul marginal al cumpărării și venitul marginal al vînzării de Ether în pool și arătați că nicio tranzacție nu este profitabilă cît timp $\gamma P \le p \le P/\gamma$.
  2. Pentru $P = 3\,300$, scrieți profitul $\pi(\Delta y)$ al cumpărării de Ether cu Δy USD Coin, rezolvați $\pi'(\Delta y) = 0$ și calculați Δy^*, cantitatea de Ether cumpărată și noul preț al pool-ului.
  3. Calculați profitul arbitrajului cu și fără comision.
- **Raportați**: banda, Δy^*, Δx, noul preț al pool-ului și ambele profituri
- **Interpretare**
  - la ce nivel aduce arbitrajul prețul pool-ului?
  - cine plătește profitul?
- Notebook: secțiunea A2

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

A2: rezolvare (1/2)

- **1.** Cumpărarea a Δx Ether: $(x - \Delta x)(y + \gamma\Delta y) = k$ dă $\Delta y = \frac{1}{\gamma}\left(\frac{k}{x-\Delta x} - y\right)$; la $\Delta x = 0$ costul marginal este $k/(\gamma x^2) = p/\gamma$
- Vînzarea de Ether: $(x + \gamma\Delta x)(y - \Delta y) = k$ dă venitul marginal γp
- Cumpărarea este profitabilă dacă $p/\gamma < P$, vînzarea dacă $\gamma p > P$; niciuna cît timp $\gamma P \leq p \leq P/\gamma$, aici $[3\,290{,}10; 3\,309{,}93]$ pentru $P = 3\,300$: prețul pool-ului, 3 000, este sub bandă, deci cumpărarea de Ether este profitabilă
- Pentru prețul extern P fixat, banda este $\gamma P \leq p \leq P/\gamma$. Pentru prețul pool-ului p fixat, aceleași inegalități dau $\gamma p \leq P \leq p/\gamma$: se schimbă variabila delimitată.

A2: rezolvare (2/2)



- **2.** $\pi(\Delta y) = P\,[x - k/(y + \gamma\Delta y)] - \Delta y$; $\pi' = 0$ dă rezerva efectivă $y^e = y + \gamma\Delta y^* = \sqrt{\gamma P k} = 3\,141\,703$
- $\Delta y^* = (y^e - y)/\gamma = 142\,130$ USD Coin cumpără $\Delta x = 45{,}10$ Ether ($x' = k/y^e = 954{,}90$); comisionul rămîne în pool: $y' = y + \Delta y^*$, noul preț $y'/x' = 3\,290{,}55$
- **3.** Profitul $P\Delta x - \Delta y^* = 6\,713$ USD; fără comision 7 147 USD (graficul)
- **Interpretare**: arbitrajul aduce prețul efectiv al pool-ului, $y^e/x' = \gamma P = 3\,290{,}10$, la marginea benzii, nu la P; comisionul reținut face raportul rezervelor $y'/x' = 3\,290{,}55$
- Profitul este plătit de furnizorii de lichiditate, care au vîndut Ether sub prețul pieței

MFM_ch16_seminar

B1: calendarele și blocurile bootstrap

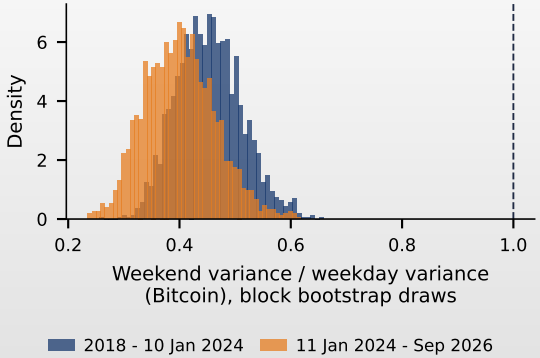
- Randamentele cripto folosesc calendarul cu șapte zile din ianuarie 2018; randamentele S&P 500 (*Standard & Poor's*) folosesc propriul calendar de tranzacționare, 2 ianuarie 2018–18 septembrie 2026. Anualizarea folosește, respectiv, 365 și 252 de zile.
- Folosiți 2 000 de extrageri pe blocuri suprapuse: blocuri de 20 de observații pentru volatilitate, seed 42. Pentru raportul variațiilor weekend/zile lucrătoare folosiți 21 de observații (trei săptămâni complete), seed 42 înainte de data ETF și 43 după. Împerecheați cele două secvențe pentru intervalul schimbării.
- Rîndurile extrase își păstrează etichetele originale ale zilelor săptămînii; ultimul bloc poate fi trunchiat sub 21 de observații. B7 repetă protocolul pentru Ether.

B1 [Rezolvat]: volatilitatea Bitcoin și efectul de weekend — cerința

- **Întrebarea**: este volatilitatea redusă din weekend a Bitcoin (dispersie mai mică sîmbăta și duminica) un efect nou, adus de ETF-urile spot?
- **Date și parametri**
  - Randamentele log zilnice Bitcoin, 2018-01-02 – 18 sept. 2026, 3 182 de zile, 7 din 7; S&P 500 pe propriul calendar
  - Împărțire la prima zi a ETF-urilor spot, 11 ianuarie 2024: 2 200 de zile înainte, 982 după; bootstrap pe blocuri suprapuse Künsch (1989), 2 000 de reeșantionări
- **Cerințe**
  1. Calculați volatilitatea anualizată $s\sqrt{365}$ cu un interval bootstrap pe blocuri de 95% (blocuri de 20 de zile) și raportul ei față de volatilitatea S&P 500.
  2. Calculați raportul dintre dispersia randamentelor de weekend și cea din zilele lucrătoare înainte și după ETF-uri, fiecare cu interval bootstrap pe blocuri (blocuri de 21 de zile).
  3. Calculați un interval de 95% pentru modificarea raportului, din diferența celor două distribuții bootstrap.
- **Raportați**: volatilitatea cu intervalul ei, ambele rapoarte cu intervale, modificarea cu intervalul ei, histograma bootstrap
- **Interpretare**
  - a apărut volatilitatea redusă din weekend abia după ETF-uri?
  - de ce reeșantionăm blocuri, nu zile individuale?
- Notebook: secțiunea B1

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

B1: rezolvare



- **1.** Reeșantionăm 2 000 de serii din blocuri de 20 de zile, recalculăm $s\sqrt{365}$, luăm percentilele 2,5% și 97,5%: 64,1%, CI [58,2; 70,4]; S&P 500 19,2%, raportul 3,3
- **2.** Înainte: 0,45 [0,35; 0,57]; după: 0,39 [0,29; 0,53] (graficul: cele două distribuții bootstrap)
- **3.** Modificarea $-0{,}05$, CI $[-0{,}22; 0{,}11]$: conține 0, deci nicio modificare semnificativă la 5%
- **Interpretare**: weekendurile au mai puțin de jumătate din dispersia zilelor lucrătoare înainte și după 2024: fenomenul nu este cauzat de ETF-uri
  - Blocurile păstrează gruparea volatilității, pe care reeșantionarea pe zile o distruge
- Rezervă: indicele cozii estimat Hill, $\hat{\alpha}_H$, este în jur de 2,7 (Capitolul 16): momentul de ordinul patru Er^4 poate fi infinit
  - Bootstrap-ul unei dispersii poate să nu fie consistent Athreya (1987): intervalele sînt orientative

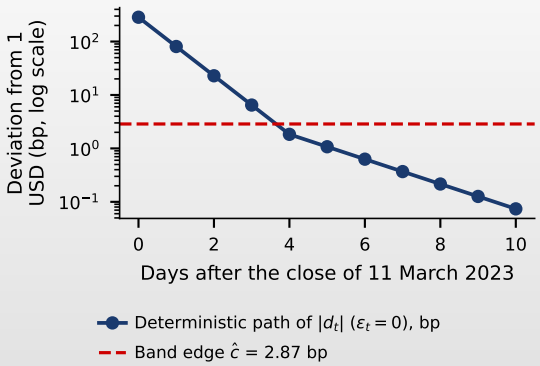
MFM_ch16_seminar

A3 [Rezolvat]: algebra AR cu prag — cerința

- **Întrebarea**: de cîte zile are nevoie USD Coin ca să revină în bandă după șocul din martie 2023?
- **Date și parametri**
  - AR-ul cu prag (AR cu prag, Noțiuni și notație); estimările USD Coin sînt date, fără a fi necesară rularea B5 în prealabil: $c = 2{,}8650$ pb, $\phi_{\text{in}} = 0{,}5855$, $\phi_{\text{out}} = 0{,}2832$
  - Traiectoria deterministă: toate șocurile sînt zero, $\varepsilon_t = 0$; pornim de la $d_0 = -285$ pb, închiderea din 11 martie 2023
- **Cerințe**
  1. Derivați timpul de înjumătățire în fiecare regim și calculați-l.
  2. Derivați și calculați numărul de zile pînă cînd $|d_n| \leq c$.
  3. Explicați ce ar însemna $\phi_{\text{in}} = 1$ pentru dinamica din interiorul benzii.
- **Raportați**: doi timpi de înjumătățire în zile, numărul de zile de la cerința 2, o frază pentru cerința 3
- **Interpretare**: ce mecanism de piață ar putea produce revenirea din interiorul benzii?
- Notebook: secțiunea A3

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

A3: rezolvare



- **1.** Într-un regim $d_h = \phi^h d_0$; $\phi^h = 0{,}5$ dă $h_{1/2} = \ln 0{,}5 / \ln \phi$: 1,29 zile în interior, 0,55 zile în exterior
- **2.** $|d_0|\phi_{\text{out}}^n \le c \iff n \ge \ln(c/|d_0|)/\ln \phi_{\text{out}} = \ln(2{,}8650/285)/\ln 0{,}2832 = 3{,}65$: în bandă după 4 zile, apoi dinamica mai lentă din interior (graficul)
- **3.** $\phi_{\text{in}} = 1$: mers aleator în interiorul benzii (band-TAR din Balke & Fomby (1997)), nicio atracție spre paritate pînă cînd abaterea iese din bandă
- **Interpretare**: $\phi_{\text{in}} < 1$ înseamnă revenire chiar și în interiorul benzii
  - Activitatea formatorilor de piață este o explicație posibilă, testabilă doar cu date la nivel de tranzacție

MFM_ch16_seminar

B2–B4: alegerea lagurilor pentru inferență

- Regresiile de urmărire zilnice și săptămînale folosesc patru laguri HAC; regresia Dimson și comparația OLS pe același eșantion folosesc cinci. Tendința raportului logaritmic al prețurilor folosește 20 de laguri.
- Media diferenței de ordinul întîi a raportului log și statistica sup-Wald folosesc $L = \lfloor 4(T/100)^{2/9} \rfloor$, cu T observațiile disponibile regresiei. Regresiile săptămînale B3/B4 pentru coeficienți și interacțiuni folosesc patru laguri.
- ADF selectează lagul prin AIC (Akaike Information Criterion), cu maximul implicit al implementării; KPSS folosește lățimea de bandă (*bandwidth*) automată. Pentru raportul log includeți constantă și tendință; pentru diferența lui, ADF folosește o constantă. Raportați lagul sau lățimea de bandă selectate.

B2 [Rezolvat]: IBIT: urmărire, momentul închiderii și drift-ul din comision — cerința

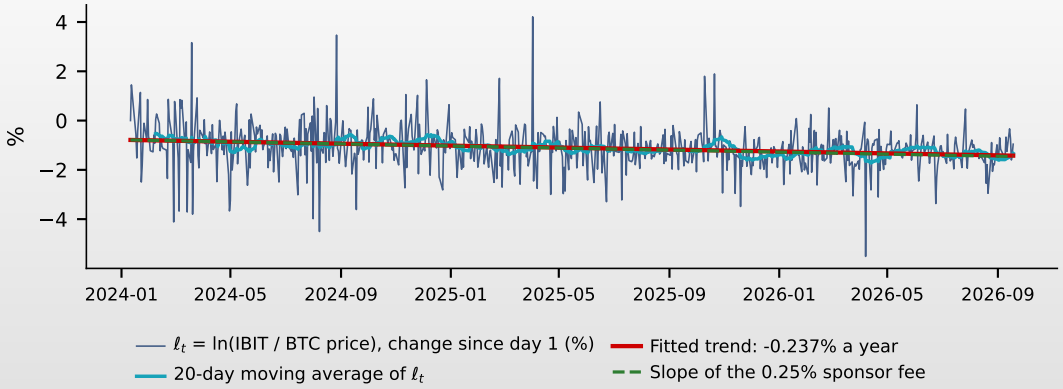
- **Întrebările**
  - urmărește IBIT Bitcoin unu la unu?
  - se vede comisionul de 0,25% în prețuri?
- **Date și parametri**
  - IBIT (prețul ajustat) și Bitcoin în zilele de tranzacționare IBIT, 11 ian. 2024 – 18 sept. 2026: 673 de zile, 140 de săptămîni vineri–vineri; aliniem întîi prețurile pe zilele comune, apoi calculăm randamentele
  - $\ell_t = \ln(P_t^{\mathrm{IBIT}}/P_t^{\mathrm{BTC}})$; comisionul de administrare 0,25% pe an, plătit în Bitcoin BlackRock (2026); nivelul 5%
- **Cerințe**
  1. Estimați beta zilnic și săptămînal cu SE Newey–West și beta sumă Dimson $b_{-\mathbf{1}} + b_{\mathbf{0}} + b_{\mathbf{1}}$, cu un lag și un avans ai Bitcoin Dimson (1979).
  2. Aplicați un test ADF Dickey & Fuller (1979) și un test KPSS Kwiatkowski et al. (1992), ambele cu tendință, pe ℓ_t.
  3. Estimați drift-ul anual în două moduri, fiecare cu CI 95%: media lui $\Delta\ell_t$ (HAC) și panta lui ℓ_t față de timp, în ani (HAC, 20 de laguri).
- **Raportați**: trei estimări beta cu SE, ambele statistici de test cu deciziile, ambele drift-uri cu CI, graficul lui ℓ_t
- **Interpretare**
  - de ce este beta OLS zilnic sub 1?
  - care estimator al drift-ului este precis?
- Notebook: secțiunea B2

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

B2: rezolvare (1/3)

- În regresia Dimson, coeficientul din aceeași zi 0,94 diferă de beta OLS 0,93 din regresia zilnică separată. Suma coeficienților lag/avans dă expunerea Dimson.
- **1.** OLS zilnic $\hat{\beta} = 0{,}93$ (SE 0,022); săptămînal $\hat{\beta} = 1{,}007$ (SE 0,011), $R^2 = 0{,}98$
- Dimson: $\hat{b}_{-1} = 0{,}05$, $\hat{b}_0 = 0{,}94$, $\hat{b}_1 = 0{,}01$; suma 1,00 (SE 0,023), $t(\beta = 1) = -0{,}07$: nu diferă de 1
- De ce sub 1: închiderea zilnică a Bitcoin și cea de la New York sînt separate de cîteva ore, o parte din fiecare mișcare ajunge în IBIT a doua zi; termenul decalat readuce $\beta = 1$, la fel ca datele săptămînale
- **2.** ADF $= -11{,}07$, $p < 0{,}001$: respingem rădăcina unitară; KPSS $= 0{,}041$, $p > 0{,}10$: nu respingem staționaritatea în jurul tendinței. Deci ℓ_t = tendința din comision + zgomot staționar de sincronizare

B2: rezolvare (2/3)



MFM_ch16_seminar

B2: rezolvare (3/3)

- **3.** Media lui $\Delta\ell_t = \ell_t - \ell_{t-1}$ pe an: $-0{,}36\%$, CI $[-9{,}28; 8{,}57]$: este egală cu $(\ell_T - \ell_0)/T$, deoarece în suma $\sum_t(\ell_t - \ell_{t-1}) = \ell_T - \ell_0$ termenii intermediari se anulează (ℓ_0, ℓ_T: prima și ultima valoare, T: lungimea eșantionului în ani), deci depinde doar de două observații zgomotoase
- Panta tendinței (linia roșie): $-0{,}237\%$ pe an, CI $[-0{,}315; -0{,}158]$: exclude 0, conține $-0{,}25\%$ (linia verde)
- Pentru un ℓ_t staționar în jurul tendinței, panta cu SE HAC este consistentă și CI este valid; cu rădăcină unitară, media diferențelor ar fi instrumentul potrivit (un test preliminar nu garantează acoperirea)
- **Interpretare**: IBIT replică Bitcoin unu la unu, iar comisionul de 0,25% se vede ca o tendință lentă descendentă a lui ℓ_t

MFM_ch16_seminar

B3 [Rezolvat]: momentul schimbării lui beta față de Bitcoin la Strategy — cerința

- **Întrebările**
  - s-a schimbat expunerea Strategy la Bitcoin?
  - indică datele lansarea ETF-urilor ca dată a schimbării?
- **Date și parametri**
  - Randamentele log săptămînale (vineri) ale Strategy (MSTR), Bitcoin și S&P 500, 16 apr. 2021 – 18 sept. 2026, 284 de săptămîni; aliniem întîi prețurile pe zilele comune, apoi calculăm randamentele
  - $r_t^{\mathrm{MSTR}} = a + \beta_{\mathrm{BTC}} r_t^{\mathrm{BTC}} + \beta_{\mathrm{SPX}} r_t^{\mathrm{SPX}} + u_t$, SE Newey–West; nivelul 5%; β_{BTC}, β_{SPX}: sensibilitatea randamentului Strategy la Bitcoin și la S&P 500; a: alfa, randamentul neexplicat de cele două
- **Cerințe**
  1. Estimați modelul pe toată perioada și pe cele două subperioade separate de lansarea ETF-urilor (pînă la 5 ian. 2024; de la 12 ian. 2024) și testați $\beta_{\mathrm{BTC}} = 1$ în fiecare.
  2. Pentru fiecare săptămînă din cele 70% din mijlocul eșantionului, calculați statistica Wald HAC $W(\tau)$ pentru o ruptură în toți cei trei coeficienți și comparați $\sup W$ cu valoarea critică de 5% Andrews (1993).
  3. Estimați data rupturii prin cele mai mici pătrate, cu CI 95% Bai (1997), și coeficienții din fiecare regim.
- **Raportați**: tabelul de la cerința 1, $\sup W$ cu valoarea critică și decizia, data cu CI, graficul lui $W(\tau)$
- **Interpretare**: de ce o împărțire la o dată impusă nu este un test al momentului în care s-a schimbat beta?
- Notebook: secțiunea B3

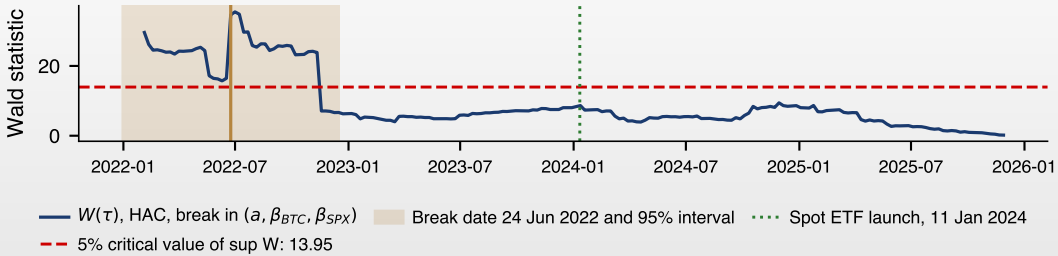
◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

B3: rezolvare (1/2)

	n	$\hat{\beta}_{\mathrm{BTC}}$ (SE)	$t(\beta_{\mathrm{BTC}}=1)$	$\hat{\beta}_{\mathrm{SPX}}$ (SE)	alfa, % pe an (t)
apr. 2021 – sept. 2026	284	1,18 (0,11)	1,64	1,02 (0,24)	$-4{,}5$ ($-0{,}19$)
apr. 2021 – 5 ian. 2024	143	1,01 (0,14)	0,08	1,40 (0,35)	$-0{,}7$ ($-0{,}02$)
12 ian. 2024 – sept. 2026	141	1,50 (0,12)	4,12	0,48 (0,29)	$-9{,}3$ ($-0{,}29$)

- **1.** $\hat{\beta}_{\mathrm{BTC}}$ crește de la 1,01 la 1,50; $t = 4{,}12$ testează $\beta_{\mathrm{BTC}} = 1$ după 2024, nu o schimbare
- Testul schimbării: o regresie pe întregul eșantion, cu termeni de interacțiune după 2024, dă $\hat{\beta}_{\mathrm{post}} - \hat{\beta}_{\mathrm{pre}} = 0{,}49$ (SE HAC 0,18, $t = 2{,}69$); alfa nu este niciodată semnificativ

B3: rezolvare (2/2)



- **2.** sup $W = 35{,}49$ față de valoarea critică 5% de 13,95, $p < 0{,}001$: respingem stabilitatea la 5%
- **3.** Ruptura 24 iun. 2022, CI 95% (momente pe regimuri) 1 oct. 2021 – 30 sept. 2022; W la lansarea ETF-urilor doar 8,64
- Regimurile: beta Bitcoin 0,69 → 1,48, beta S&P 500 1,25 → 1,00
- **Interpretare**: datele indică mijlocul lui 2022, o perioadă de stres pe toată piața cripto, nu lansarea ETF-urilor
- O împărțire la o dată impusă găsește o schimbare ori de cîte ori ruptura adevărată este înaintea acelei date, deci nu poate data schimbarea

MFM_ch16_seminar

C1 [Propus]: critica unui răspuns AI — răspunsul

- **Promptul** trimis unui asistent AI: „Compară Bitcoin cu acordarea de împrumuturi în USD Coin (USDC) la 5% pe an: calculează raportul Sharpe anualizat al Bitcoin pe date zilnice din 2021–2025, cu randamentul USDC ca rată fără risc”
- **Răspunsul**: codul de mai jos și concluzia

```
import numpy as np, pandas as pd
btc = pd.read_csv('data/market/BTC-USD.CC.csv', index_col='date',
                  parse_dates=True)['close']
r = np.log(btc.loc['2021':'2025']).diff().dropna()   # daily log returns
mu = r.mean() * 252                                  # annual mean
sd = r.std() * np.sqrt(252)                          # annual volatility
rf = 0.05                                            # USDC lending: risk-free
sharpe = (mu - rf) / sd
print(f"mu = {mu:.1%}, vol = {sd:.1%}, Sharpe = {sharpe:.2f}")
```

- **Concluzia AI**: „mu = 15,1%, vol = 48,5%, Sharpe = 0,21. USDC este acoperit integral cu dolari și nu s-a tranzacționat niciodată sub 0,99$, deci împrumutul lui este o investiție fără risc”

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

C1 [Propus]: critica unui răspuns AI — cerința

- **Model**: B1 (anualizarea pentru cripto); închiderea și minimul zilnic USD Coin (stablecoin-uri, Noțiuni și notație)
- **Date**: Bitcoin (închiderea zilnică), 2021–2025, inclusiv închiderea din 31 decembrie 2020 pentru primul randament; USD Coin (închiderea și minimul zilnic); bonurile de trezorerie la 3 luni (media randamentului de discount din perioadă, împărțită la 100, ca aproximație de rată anuală), FRED DTB3
- **Cerințe**
  1. Găsiți cele cinci erori de fond, trei în cod și două în text. Numărați o singură dată aceeași cauză repetată.
  2. Pentru fiecare, precizați cum ați detecta-o: numărul de observații din date, datele însele sau o definiție din „Noțiuni și notație".
  3. Scrieți codul corectat și raportați media anualizată, volatilitatea și raportul Sharpe.
  4. Treceți fiecare eroare găsită în formatul `AI_ERRORS.md`: cererea, răspunsul, eroarea, cum ați găsit-o, corectarea.
- **Interpretare**
  - cîte randamente zilnice ar trebui să conțină 2021–2025 pentru Bitcoin?
  - dacă împrumutul de USDC (USD Coin) ar fi fără risc, de ce ar plăti mai mult decît un bon de trezorerie?
- Codul scris de AI rulează de obicei fără mesaj de eroare: greșelile țin de finanțe, nu de sintaxă

B4 [Propus]: Coinbase — cerința

- **Întrebările**
  - este Coinbase un substitut pentru Bitcoin sau o acțiune americană de creștere?
  - cînd s-a schimbat beta Bitcoin al Coinbase?
- **Model**: B3
- **Date și parametri**
  - Randamentele log săptămînale Coinbase (listată în aprilie 2021), Bitcoin și S&P 500, 16 apr. 2021 – 18 sept. 2026, 283 de săptămîni
  - Același model cu doi factori, aceleași setări HAC, aceeași trunchiere a capetelor eșantionului și același nivel ca la B3
- **Cerințe**
  1. Estimați modelul pe toată perioada și pe cele două subperioade și testați $\beta_{\mathrm{BTC}} = 1$ în fiecare.
  2. Calculați $W(\tau)$ pentru fiecare săptămînă candidată, reprezentați-l grafic și comparați $\sup W$ cu valoarea critică de 5%.
  3. Estimați data rupturii cu CI 95% și beta Bitcoin în fiecare regim.
- **Raportați**: tabelul de la cerința 1, graficul lui $W(\tau)$, decizia testului, data cu CI
- **Interpretare**
  - apar rupturile pentru Strategy și Coinbase în aceeași săptămînă?
  - ce eveniment comun le-ar putea explica?
- Notebook: secțiunea B4

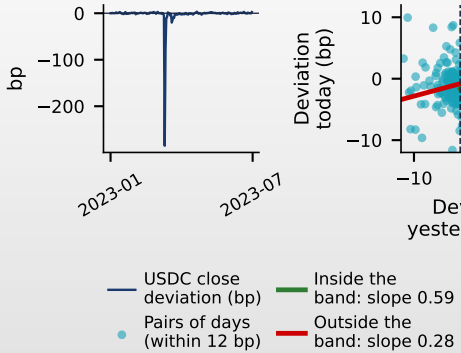
înapoi Lista exercițiilor

B5 [Rezolvat]: paritatea USD Coin ca proces cu prag — cerința

- **Întrebarea**: revine USD Coin la 1 USD mai repede în afara unei benzi de arbitraj decît în interiorul ei?
- **Date și parametri**
  - Închiderea zilnică USD Coin, 1 ian. 2021 – 18 sept. 2026, 2 087 de zile; $d_t = 10^4(P_t - 1)$ în pb
  - AR cu prag fără termen liber Balke & Fomby (1997) (AR cu prag, Noțiuni și notație): panta ϕ_{in} dacă $|d_{t-1}| \le c$, ϕ_{out} altfel; nivelul 5%
- **Cerințe**
  1. Calculați abaterea standard a lui d_t, zilele cu $|d_t| > 50$ pb, închiderea minimă și minimul zilnic cel mai mic.
  2. Estimați c prin cele mai mici pătrate pe valorile lui $|d_{t-1}|$ care lasă cel puțin 15% din zile în fiecare regim, apoi ϕ_{in}, ϕ_{out} cu erori standard White.
  3. Testați H_0: $\phi_{\text{in}} = \phi_{\text{out}}$ cu $\sup_c W(c)$ și bootstrap-ul wild cu regresori ficși din Hansen (1996) (999 extrageri); raportați și valoarea p din χ^2_1.
  4. Repetați pașii 2–3 fără perechile (d_{t-1}, d_t) care ating 9–16 martie 2023.
- **Raportați**: $\hat{c}$, ambele pante cu SE și timpii de înjumătățire, sup W, ambele valori p, cu și fără martie 2023
- **Interpretare**
  - de ce este greșită aici χ^2_1?
  - depinde rezultatul de o singură săptămînă de stres?
- Notebook: secțiunea B5

înapoi Lista exercițiilor

B5: rezolvare (1/2)



- Stînga: abaterea închiderii la începutul lui 2023; dreapta: azi față de ieri, în ± 12 pb, pantele în interiorul și în afara lui $\pm \hat{c}$
- **1.** Abaterea standard 7,5 pb (3,7 fără martie 2023)
  - 3 zile peste 50 pb; închiderea minimă -285 pb, minimul zilnic $-1\,226$ pb, ambele pe 11 martie 2023
- **2.** Pentru fiecare c din $[0{,}29; 2{,}93]$ estimăm OLS în fiecare regim și păstrăm cea mai mică sumă totală a pătratelor reziduurilor (SSR): $\hat{c} = 2{,}87$ pb (15,7% din zile în exterior)
  - $\hat{\phi}_{\text{in}} = 0{,}59$ (SE 0,04), $\hat{\phi}_{\text{out}} = 0{,}28$ (SE 0,03)
  - Timpi de înjumătățire 1,29 și 0,55 zile

MFM_ch16_seminar

B5: rezolvare (2/2)

- **3.** $W(c) = (\hat{\phi}_{\text{in}} - \hat{\phi}_{\text{out}})^2/(\hat{v}_{\text{in}} + \hat{v}_{\text{out}})$ pentru fiecare c, cu $\hat{v}_{\text{in}}$, $\hat{v}_{\text{out}}$ pătratele erorilor standard White ale celor două pante; $\sup W = 32{,}5$
- Bootstrap: $d_t^* = \hat{e}_t \eta_t$ ($\hat{e}_t$: reziduurile AR(1) liniar, $\eta_t \sim N(0,1)$), regresăm pe aceleași d_{t-1} fixe, recalculăm $\sup W^*$ de 999 de ori: $p = 0{,}001$ (χ^2_1: $< 0{,}001$): respingem liniaritatea la 5%
  - Înmulțirea fiecărui reziduu cu η_t îi păstrează varianța proprie: excesul de kurtosis de selecție al lui d_t este 1 031 (un descriptor al zilelor extreme, nu o estimare), zilele calme și cele de stres nu trebuie amestecate
- **4.** Fără 9–16 martie 2023: $\sup W = 5{,}5$, p bootstrap $= 0{,}291$: liniaritatea nu mai este respinsă; χ^2_1 ar da 0,019, o respingere bazată pe o distribuție nulă neadecvată
- De ce eșuează χ^2_1: c nu este identificat sub H_0, iar supremul pe multe valori c depășește orice $W(c)$ individual (problema Davies)
- **Interpretare**: dovezile pentru o bandă se sprijină pe o singură săptămînă de stres; fără ea, datele nu resping o paritate liniară cu revenire rapidă (nerespingere, nu dovada liniarității)

MFM_ch16_seminar

B5: dependența temporală a scorurilor

- Bootstrap-ul cu η_t independenți presupune scoruri $d_{t-1}\hat{e}_t$ necorelate în timp
  - autocorelația lor la lagul 1: $-0{,}23$ (eșantionul complet), $-0{,}28$ (fără 9–16 martie 2023)
- Multiplicatori constanți pe blocuri de 13 zile consecutive (bootstrap wild dependent, Shao (2010))
  - eșantionul complet: $p = 0{,}001$; fără săptămîna de stres: $p = 0{,}191$
- Laguri Δd_{t-j} adăugate pînă cînd Ljung–Box (10 laguri) nu mai respinge la 5%, pragul reestimat
  - eșantionul complet: 2 laguri, $p = 0{,}001$; fără săptămîna de stres: 9 laguri, $p = 0{,}373$
- **Interpretare**: respingerea pe eșantionul complet rezistă ambelor corecții; fără săptămîna de stres, nicio calibrare nu respinge liniaritatea

Pachetele de extindere: ce cere fiecare

Pachet	Exerciții	Cerințe prealabile
1. Divizorul indicelui	A4 [Propus]	A1
2. Pool-uri ponderate	A5 [Propus], A6 [Rezolvat], A7 [Propus]	A2; Capitolul 16: LVR
3. Paritatea stablecoin-urilor	A8 [Propus], B6 [Propus]	B5, A3
4. Volatilitatea cripto	B7 [Propus]	B1
5. ETF-uri spot	B8 [Propus]	B2
6. Activ de acoperire sau de risc?	C2 [Propus]	B1, B2; Forbes–Rigobon (Noțiuni și notație)
7. Factorii cripto după 2020	C3 [Propus], idee de proiect	B2, B3; studiul de caz din Capitolul 16

- Fiecare exercițiu are secțiunea lui în notebook; rezolvările exercițiilor [Propus] se discută la seminar

A4 [Propus]: înlocuirea unui constituent — cerința

- **Întrebarea**: cum trebuie să se schimbe divizorul cînd o monedă iese din indice și alta intră?
- **Model**: A1
- **Date și parametri**
  - Indicele din A1 după realocare: nivelul $I = 1\,059{,}81$, divizorul $1{,}6167 \cdot 10^9$, prețurile de la sfîrșitul lunii din A1
  - În aceeași zi moneda C este exclusă din indice, iar moneda D intră cu $P_D = 0{,}5$ USD și $Q_D = 40$ de miliarde de monede
- **Cerințe**
  1. Calculați valoarea de piață a coșului vechi și a coșului nou în ziua schimbării.
  2. Derivați divizorul care păstrează continuitatea lui I și calculați-l.
  3. Calculați nivelul de a doua zi dacă divizorul nu s-ar schimba și niciun preț nu s-ar mișca.
- **Raportați**: ambele valori ale coșului, noul divizor, nivelul de la cerința 3
- **Interpretare**
  - de ce scade aici divizorul?
  - cine ar fi indus în eroare de pierderea fictivă?

Înapoi Lista exercițiilor

A5 [Propus]: arbitrajul într-un pool ponderat — cerința

- **Întrebarea**: pierde un pool care deține în principal Ether mai puțin în fața arbitrajorilor decît un pool 50/50?
- **Model**: A2
- **Date și parametri**
  - Pool ponderat (de tip Balancer) $x^w y^{1-w} = k$, w ponderea valorică a Ether ($w = 1/2$: produs constant), aici $w = 0{,}8$, $x = 1\,000$ Ether, prețul pool-ului $p = 3\,000$; comision 0,3% pe intrare, păstrat în pool
  - Prețul extern crește la $P = 3\,300$; o singură tranzacție de arbitraj
- **Cerințe**
  1. Diferențiați invariantul pentru a arăta că prețul pool-ului este $p = \frac{w}{1-w}\frac{y}{x}$ și calculați y.
  2. Arătați că banda de non-arbitraj $\gamma P \le p \le P/\gamma$ nu depinde de w.
  3. Derivați rezervele după tranzacția optimă, calculați Δy^*, profitul și profitul pe unitatea de valoare a pool-ului înainte de tranzacție, $px + y$; comparați cu A2 (pool de 6 milioane USD).
- **Raportați**: y, x', Δy^*, profitul, profitul pe unitatea de valoare și raportul față de A2
- **Interpretare**: de ce pierde mai puțin în fața arbitrajorilor un pool cu $w = 0{,}8$?

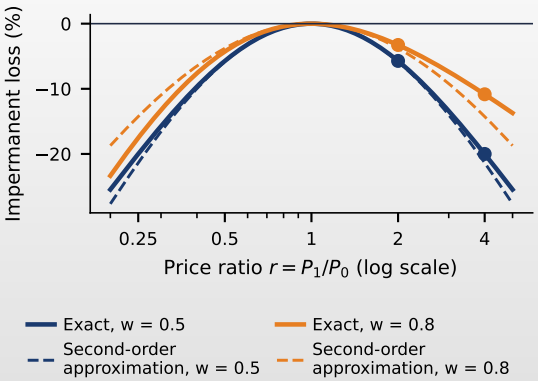
Înapoi Lista exercițiilor

A6 [Rezolvat]: pierderea impermanentă a unui pool ponderat — cerința

- **Întrebarea**: cum depinde pierderea impermanentă de ponderea w a Ether în pool?
- **Date și parametri**
  - Un furnizor de lichiditate deține un pool $x^w y^{1-w} = k$, cu prețul pool-ului $p = \frac{w}{1-w}\frac{y}{x}$; arbitrajul ține p la prețul pieței P, fără comisioane
  - Prețul trece de la P_0 la $P_1 = rP_0$; termenul de comparație este deținerea tokenurilor inițiale
- **Cerințe**
  1. Arătați că ponderile în valoare rămîn w și $1-w$ și că valoarea pool-ului este $V(P) = cP^w$, cu c o constantă care depinde de k și w.
  2. Derivați pierderea impermanentă $\mathrm{IL}_w(r)$, valoarea pool-ului raportată la valoarea deținerii, minus 1: $\mathrm{IL}_w(r) = r^w/(wr + 1 - w) - 1$; verificați că $w = 1/2$ dă $2\sqrt{r}/(1+r) - 1$.
  3. Dezvoltați $\ln(1 + \mathrm{IL}_w)$ pînă la ordinul doi în $u = \ln r$ și calculați IL_w pentru $r = 2, 4$ și $w = 0{,}5; 0{,}8$.
- **Raportați**: formula, aproximarea și patru valori
- **Interpretare**
  - care pool pierde mai puțin cînd prețul se dublează?
  - de ce pierde mai puțin?

Înapoi Lista exercițiilor

A6: rezolvare



- **1.** $p = P$ dă $Px = wV$, $y = (1-w)V$, cu $V = Px + y$; în invariant: $V = k\, w^{-w}(1-w)^{w-\mathbf{1}} P^w = cP^w$
- **2.** Pool-ul: $V_\mathbf{1}/V_\mathbf{0} = r^w$; deținerea tokenurilor: $wr + 1 - w$; raportul minus 1 este IL_w; la $w = 1/2$: $2\sqrt{r}/(1+r) - 1$
- **3.** $\ln(1 + \mathrm{IL}_w) \approx -\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}} w(1-w)\sigma^\mathbf{2}$ (linia întreruptă); $r = 2$: $-5{,}72\%$ ($w = 0{,}5$), $-3{,}27\%$ ($w = 0{,}8$); $r = 4$: $-20{,}00\%$; $-10{,}84\%$
- **Interpretare**: pierderea este proporțională cu $w(1-w)$, curbura lui $V(P)$: un pool cu mai mult Ether se reechilibrează mai puțin și vinde mai puțină volatilitate

MFM_ch16_seminar

A7 [Propus]: pierderea față de reechilibrare prin Itô — cerința

- **Întrebarea**: cu ce rată pierde un pool ponderat față de portofoliul de reechilibrare?
- **Model**: A6
- **Date și parametri**
  - Prețul $dP_t = \mu P_t\,dt + \sigma P_t\,dW_t$ (mișcare browniană geometrică: tendința μ, volatilitatea σ, W_t o mișcare browniană standard); valoarea pool-ului $V(P) = cP^w$ (A6); arbitraj fără fricțiuni, fără comisioane Milionis et al. (2022)
  - Portofoliul de reechilibrare deține în fiecare moment Ether-ul pool-ului, $V'(P_t)$, și tranzacționează la prețul pieței: $dR_t = V'(P_t)\,dP_t$, cu R_t valoarea lui și V', V'' derivatele de ordinul întîi și doi ale lui V
- **Cerințe**
  1. Calculați V' și V'', aplicați lema lui Itô lui $V(P_t)$ și arătați că $d(R_t - V_t) = \frac{1}{2}w(1-w)\sigma^2 V_t\,dt$.
  2. Verificați că $w = 1/2$ dă rata pool-ului cu produs constant, $\sigma^2/8$ Milionis et al. (2022).
  3. Calculați rata anuală pentru $\sigma = 70\%$ și $w = 0{,}5;\ 0{,}8;\ 0{,}95$.
- **Raportați**: derivarea și trei rate în % pe an
- **Interpretare**: de ce nu apare tendința μ în pierdere?

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

A8 [Propus]: parametrul estimat de un AR(1) liniar — cerința

- **Întrebarea**: ce măsoară un AR(1) liniar estimat pe un proces cu prag?
- **Model**: A3
- **Date și parametri**
  - Abaterile USD Coin din B5; AR(1) liniar $d_t = \phi d_{t-1} + e_t$ (e_t: eroarea) prin OLS fără termen liber
  - $\hat{\phi}_{\text{in}}$, $\hat{\phi}_{\text{out}}$: pantele OLS pe regimuri la $\hat{c}$ din B5
- **Cerințe**
  1. Arătați că, în eșantion, $\hat{\phi}_{\text{lin}} = (1-s)\hat{\phi}_{\text{in}} + s\,\hat{\phi}_{\text{out}}$ cu $s = \sum_{\text{out}} d_{t-1}^2 / \sum_t d_{t-1}^2$, partea din $\sum d_{t-1}^2$ care vine din zilele din afara benzii.
  2. Calculați s pentru USD Coin și verificați numeric identitatea.
  3. Calculați timpul de înjumătățire liniar și precizați ce regim descrie.
- **Raportați**: s, media ponderată, $\hat{\phi}_{\text{lin}}$, timpul de înjumătățire liniar
- **Interpretare**: de ce poate un AR(1) liniar să arate revenire rapidă deși în majoritatea zilelor revenirea este lentă?

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

B6 [Propus]: Tether și Dai — cerința

- **Întrebările**
  - sînt paritățile Tether și Dai procese cu prag?
  - care bandă este cea mai largă?
- **Model**: B5
- **Date și parametri**
  - Închiderile zilnice Tether (USDT) și Dai (DAI), 1 ian. 2021 – 18 sept. 2026; abaterile în pb
  - Același AR cu prag, aceeași grilă, același bootstrap (999 extrageri) și același nivel ca la B5
- **Cerințe**
  1. Estimați $\hat{c}$, $\hat{\phi}_{\text{in}}$ și $\hat{\phi}_{\text{out}}$ cu SE White pentru fiecare monedă.
  2. Testați liniaritatea cu sup W și bootstrap-ul, cu și fără 9–16 martie 2023.
  3. Reprezentați grafic ambele pante cu intervale de 95% pentru Tether, USD Coin și Dai.
- **Raportați**: un tabel cu cele trei monede și graficul
- **Interpretare**
  - care monedă revine cel mai repede în afara benzii?
  - de ce ar fi nevoie pentru un test al diferenței dintre două praguri?

Înapoi Lista exercițiilor

B7 [Propus]: Ether și Solana — cerința

- **Întrebările**
  - sînt Ether și Solana mai riscante decît Bitcoin raportat la acțiuni?
  - au și ele volatilitate redusă în weekend, ca Bitcoin?
- **Model**: B1
- **Date și parametri**
  - Randamentele log zilnice Ether (2018–2026) și Solana (aprilie 2020 – 2026); S&P 500 pe aceleași perioade
  - Aceeași dată de împărțire ca la B1; blocuri 20 pentru volatilitate, seed 42; blocuri 21 pentru raportul weekend, seed 42 înainte și 43 după; 2 000 de extrageri
- **Cerințe**
  1. Calculați volatilitatea anualizată a fiecărei monede cu CI bootstrap pe blocuri și raportul ei față de S&P 500.
  2. Calculați raportul dispersiilor weekend / zile lucrătoare înainte și după ETF-uri și un CI pentru modificare.
- **Raportați**: un tabel cu Ether, Solana și Bitcoin (B1) și un grafic al intervalelor
- **Interpretare**: care monedă este cea mai riscantă raportat la acțiuni?

Înapoi Lista exercițiilor

B8 [Propus]: ETHA și Ether — cerința

- **Întrebarea**: urmărește ETHA Ether la fel de bine cum urmărește IBIT Bitcoin?
- **Model**: B2
- **Date și parametri**
  - ETHA (prețul ajustat) și Ether în zilele de tranzacționare ETHA, 23 iul. 2024 – 18 sept. 2026: 541 de zile, 112 săptămîni
  - Comision de administrare 0,25% pe an; aceleași teste și setări ca la B2
- **Cerințe**
  1. Estimați beta zilnic, săptămînal și Dimson.
  2. Aplicați testele ADF și KPSS pe logaritmul raportului prețurilor.
  3. Estimați ambele drift-uri cu CI 95% și reprezentați grafic logaritmul raportului prețurilor cu tendința lui.
- **Raportați**: beta cu SE, deciziile testelor, ambele drift-uri cu CI, graficul
- **Interpretare**: este ETHA un instrument de urmărire mai slab decît IBIT sau doar mai zgomotos?

Înapoi Lista exercițiilor

Ce înseamnă panta într-un regim de coadă?

- În C2, cei trei indicatori de coadă sînt incluși unul în altul. O zi sub cuantila de 1% este și sub cuantilele de 5% și 10%: toți cei trei coeficienți suplimentari sînt activi.
- Fiecare coeficient este o modificare suplimentară. De exemplu, cu panta de bază 1 și modificările succesive $-0{,}2$; $-0{,}3$; $-0{,}1$:

Regiunea randamentului pieței	Modificări active	Panta totală
Peste cuantila de 10%	0	1
Între cuantilele de 5% și 10%	1	0,8
Între cuantilele de 1% și 5%	2	0,5
Sub cuantila de 1%	3	0,4

- Pentru intervalul de încredere al sumei folosim matricea HAC completă, inclusiv covariațele dintre coeficienți. Suma erorilor standard individuale nu este eroarea standard a sumei.
- Panta regresiei cuantile răspunde altei întrebări: descrie o cuantilă Bitcoin condiționată de randamentul pieței, nu condiționarea pe o zi extremă a pieței.

C2: inferență și interpretarea unui activ de acoperire

- Folosiți ianuarie 2021–10 ianuarie 2024 ca bază Forbes–Rigobon. Variația variației este raportul post/pre minus unu, inclusiv valori negative. Recalculați ambele variațe și corelația ajustată în fiecare replică bootstrap pe blocuri de 20 de zile, păstrînd perechile.
- Pentru pantele pe regimuri folosiți patru laguri HAC și matricea completă a covariațelor coeficienților. Pentru intervalele regresiilor cuantile, reeșantionați vectorii de randamente în blocuri de 20 de zile și reestimați fiecare cuantilă.
- O pantă semnificativ pozitivă pe toate zilele este o dovadă împotriva unui activ de acoperire; o pantă semnificativ pozitivă în criză este o dovadă împotriva unui refugiu în acel regim. Un interval care include zero este neconcludent, nu dovada protecției.
- O pantă de regim de $-0{,}2$ cu SE $0{,}2$ dă intervalul aproximativ $[-0{,}592; 0{,}192]$: rămîn plauzibile atît relații negative, cît și pozitive.

C2 [Propus]: activ alternativ, de risc sau de acoperire? — cerința

- **Întrebările**
  - este Bitcoin un activ de acoperire sau un refugiu pentru investitorii în acțiuni?
  - au schimbat ETF-urile acest lucru?
- **Model**: B1, B2
- **Date și parametri**
  - Randamentele log zilnice Bitcoin, S&P 500, QQQ (ETF pe indicele Nasdaq-100), GLD (*SPDR Gold Shares*, ETF pe aur) și TLT (*iShares 20+ Year Treasury Bond ETF*, ETF pe obligațiuni de stat americane cu scadențe de peste 20 de ani) în zilele comune, ian. 2021 – 10 ian. 2024 față de 11 ian. 2024 – 18 sept. 2026
  - Activ de acoperire: necorelat sau corelat negativ în medie; refugiu: în cele mai rele zile ale pieței Baur & Lucey (2010); rezultate anterioare Bouri et al. (2017)
- **Cerințe**
  1. Calculați corelațiile cu Bitcoin în ambele perioade, cu CI bootstrap pe blocuri pentru fiecare și pentru modificare.
  2. Testați modificarea corelației cu S&P 500 cu corelația ajustată Forbes–Rigobon Forbes & Rigobon (2002).
  3. Estimați $r_t^{\mathrm{BTC}} = a + b\, r_t^{\mathrm{S\&P}} + \sum_q c_q r_t^{\mathrm{S\&P}} 1\{r_t^{\mathrm{S\&P}} \le q\} + u_t$ (q: cuantilele de 10%, 5%, 1% ale lui $r_t^{\mathrm{S\&P}}$; $1\{\cdot\}$: 1 dacă condiția este îndeplinită, altfel 0; c_q: panta suplimentară în zilele sub q; SE HAC) și beta din regresia cuantilă $\beta(\tau)$, panta cuantilei de ordin τ a lui r_t^{BTC}, la $\tau = 1\%, 5\%, 50\%$ Koenker & Bassett (1978).
- **Raportați**: un tabel de corelații, testul Forbes–Rigobon, pantele pe regimuri cu intervale, un verdict
- **Interpretare**: este Bitcoin „alternativ" prin distribuție, dar „de risc" prin mișcarea comună?

◂ Înapoi ▸ Lista exercițiilor

C3 [Propus]: factorii cripto după iulie 2020 — context și date

- **Întrebările**
  - în afara eșantionului, persistă momentum-ul pe trei săptămîni la monedele mari?
  - rămîne piața cripto segmentată față de acțiuni?
- **Model**: B2 (inferență HAC), B3 (ruptură la o dată necunoscută); o idee de proiect pornind de la studiul de caz din Capitolul 16
- **Context**: Liu, Tsyvinski & Wu (2022), pornind de la Liu & Tsyvinski (2021), explică randamentele a 1 827 de monede cu CMKT (*Crypto Market factor*, factorul pieței cripto, randamentul în exces al pieței ponderate cu valoarea), CSMB (*Crypto Size factor*, factorul de mărime cripto, monede mici minus mari) și CMOM (*Crypto Momentum factor*, monede cîștigătoare minus perdante), pe 2014 – iulie 2020; momentum-ul pe trei săptămîni aduce 3,1% pe săptămînă (Tabelul 4)
- **Date**
  - Închiderile zilnice pentru Bitcoin, Ether, XRP (tokenul nativ al registrului XRP Ledger), BNB (tokenul nativ al BNB Chain, fostul Binance Coin), Cardano, Solana, Dogecoin, Litecoin, Chainlink; indicele celor cinci monede din Capitolul 16 ca aproximare a lui CMKT (din februarie 2018)
  - Rata bonurilor la o lună și cei cinci factori globali Fama & French (2015) din Kenneth French Data Library; dolarul canadian, singaporez, australian, euro și lira sterlină față de USD, din FRED
  - Randamente săptămînale simple cu calendarul lucrării (săptămîna 52 se încheie pe 31 decembrie); în eșantion pînă în iulie 2020, în afara lui din august 2020

Înapoi Lista exercițiilor

C3: cotații valutare și monede eligibile

- Cursurile din FRED, pentru un investitor în USD; randamente simple, compuse pe calendarul săptămînal
  - DEXCAUS și DEXSIUS: dolari canadieni (CAD) și dolari singaporezi (SGD) pentru un USD; inversați rapoartele prețurilor
  - DEXUSAL, DEXUSEU și DEXUSUK: USD pentru un dolar australian (AUD), un euro (EUR) și o liră sterlină (GBP)
- Factorii SMB (*Small Minus Big*: firme mici minus mari), HML (*High Minus Low*: valoare contabilă/valoare de piață mare minus mică), RMW (*Robust Minus Weak*: profitabilitate) și CMA (*Conservative Minus Aggressive*: investiții)
  - $\prod_t (1 + r_{L,t} - r_{S,t}) - 1$: randamentul unei strategii reechilibrate zilnic, cu poziția cumpărată (L) și cea vîndută în lipsă (S) egale cu capitalul de la începutul zilei
  - Nu este diferența dintre randamentele săptămînale ale celor două portofolii
- Aproximarea lui CMKT începe în februarie 2018: regresia factorilor în eșantion folosește numai săptămînile comune de atunci pînă în iulie 2020; statisticile descriptive ale monedelor folosesc istoriile mai lungi din enunț (eșantioane diferite)
- Replicarea ordonează monedele cu trei randamente săptămînale trecute și randamentul săptămînii următoare observate, păstrînd săptămînile cu cel puțin șase monede; condiționarea pe date viitoare și pe monede supraviețuitoare o face o ilustrare descriptivă, nu o strategie investibilă
- Kurtosis-ul de selecție este doar un descriptor: momentul de ordinul patru poate fi infinit; discutați această limită cu analiza Hill

C3 [Propus]: factorii cripto după iulie 2020 — cerința

- **Cerințe**
  1. Construiți randamentele săptămînale pentru Bitcoin, XRP (din 2014) și Ether (din săptămîna 33 din 2015) pînă în iulie 2020 și comparați media, mediana, abaterea standard, asimetria și kurtosis-ul cu Tabelul 1, Panelul B.
  2. Estimați regresia randamentului săptămînal în exces al aproximării lui CMKT pe cei cinci factori globali și cele cinci valute (nota 16 din Liu, Tsyvinski & Wu (2022)), în eșantion și în afara lui, cu statistici t HAC și R^2.
  3. În fiecare săptămînă, ordonați monedele după randamentul din ultimele trei săptămîni și mențineți o săptămînă primele trei minus ultimele trei (o ilustrare descriptivă, nu CMOM din lucrare); raportați media și α, β, R^2 din CAPM-ul (*Capital Asset Pricing Model*, modelul de evaluare a activelor financiare) cripto, în eșantion și în afara lui.
  4. Testați o schimbare a lui alfa după iulie 2020 cu o regresie pe întregul eșantion, cu termeni de interacțiune (erori HAC), apoi o ruptură în (α, β) la o dată necunoscută cu sup-Wald, ca în B3.
- **Raportați**: comparația cu lucrarea, tabelele în eșantion și în afara lui, testele de la cerința 4, lista completă a testelor efectuate
- **Interpretare**: dacă alfa momentum-ului pentru aceste monede mari rămîne semnificativ, este o primă sau deplasare de supraviețuire (*survivorship bias*; monedele alese au supraviețuit pînă în 2026)?

Acronime folosite în acest material (1/2)

- **ADF**: Augmented Dickey–Fuller (test) — *testul Dickey–Fuller augmentat*
- **AI**: Artificial Intelligence — *inteligență artificială*
- **AIC**: Akaike Information Criterion — *criteriul informațional Akaike*
- **AR**: AutoRegressive (model)
- **AUD**: Australian Dollar (ISO 4217 code) — *dolarul australian (cod ISO 4217)*
- **BNB**: BNB (native token of BNB Chain, formerly Binance Coin) — *tokenul nativ al BNB Chain (fostul Binance Coin)*
- **CAD**: Canadian Dollar (ISO 4217 code) — *dolarul canadian (cod ISO 4217)*
- **CAPM**: Capital Asset Pricing Model — *modelul de evaluare a activelor financiare*
- **CI**: Confidence Interval — *interval de încredere*
- **CMKT**: Crypto Market factor (value-weighted market excess return) — *factorul pieței cripto (randamentul în exces al pieței ponderate cu valoarea)*
- **CMOM**: Crypto Momentum factor (past winners minus losers) — *factorul de momentum cripto (cîștigătoare minus perdante)*
- **CRIX**: CRypto IndeX — *indicele pieței cripto*
- **CSMB**: Crypto Size factor (small minus big coins) — *factorul de mărime cripto (monede mici minus mari)*
- **DAI**: Dai (stablecoin of the Maker/Sky protocol) — *stablecoin-ul Dai, al protocolului Maker/Sky*

Acronime folosite în acest material (2/2)

- **DTB3**: 3-Month Treasury Bill: secondary market rate (FRED series code) — *randamentul titlurilor de stat americane pe 3 luni pe piața secundară (codul seriei FRED)*
- **ETF**: Exchange-Traded Fund — *fond tranzacționat la bursă*
- **ETHA**: iShares Ethereum Trust ETF (ticker) — *simbolul bursier al ETF-ului spot iShares Ethereum Trust*
- **FRED**: Federal Reserve Economic Data — *baza de date economice a Rezervei Federale (St. Louis)*
- **HAC**: Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent (standard errors) — *erori standard robuste la heteroscedasticitate și autocorelație*
- **KPSS**: Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin test — *testul de staționaritate Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin*
- **LVR**: Loss-Versus-Rebalancing — *pierderea față de reechilibrare*
- **MSTR**: Strategy Inc., formerly MicroStrategy (Nasdaq ticker) — *Strategy Inc., fosta MicroStrategy (simbolul bursier Nasdaq)*
- **OLS**: Ordinary Least Squares — *metoda celor mai mici pătrate*
- **SE**: Standard Error — *eroare standard*
- **SSR**: Sum of Squared Residuals — *suma pătratelor reziduurilor*
- **SUA**: Statele Unite ale Americii
- **TAR**: Threshold AutoRegression — *autoregresie cu prag*
- **USDC**: USD Coin (stablecoin issued by Circle) — *stablecoin-ul USD Coin, emis de Circle*
- **XRP**: XRP (the native token of the XRP Ledger) — *tokenul nativ al registrului XRP Ledger*

Bibliografie (1/2)

- Adams, H., Zinsmeister, N., Robinson, D. (2020). Uniswap v2 Core. Technical white paper.
- Andrews, D.W.K. (1993). Tests for parameter instability and structural change with unknown change point. *Econometrica*, 61(4), 821–856.
- Athreya, K.B. (1987). Bootstrap of the mean in the infinite variance case. *Annals of Statistics*, 15(2), 724–731.
- Bai, J. (1997). Estimation of a change point in multiple regression models. *Review of Economics and Statistics*, 79(4), 551–563.
- Balke, N.S., Fomby, T.B. (1997). Threshold cointegration. *International Economic Review*, 38(3), 627–645.
- Baur, D.G., Lucey, B.M. (2010). Is gold a hedge or a safe haven? An analysis of stocks, bonds and gold. *Financial Review*, 45(2), 217–229.
- BlackRock (2026). iShares Bitcoin Trust ETF (IBIT). Product page.
- Bouri, E., Molnár, P., Azzi, G., Roubaud, D., Hagfors, L.I. (2017). On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: is it really more than a diversifier?. *Finance Research Letters*, 20, 192–198.
- Dickey, D.A., Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427–431.
- Dimson, E. (1979). Risk measurement when shares are subject to infrequent trading. *Journal of Financial Economics*, 7(2), 197–226.
- Fama, E.F., French, K.R. (2015). A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*, 116(1), 1–22.

Bibliografie (2/2)

- Forbes, K.J., Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements. *Journal of Finance*, 57(5), 2223–2261.
- Hansen, B.E. (1996). Inference when a nuisance parameter is not identified under the null hypothesis. *Econometrica*, 64(2), 413–430.
- Koenker, R., Bassett, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33–50.
- Künsch, H.R. (1989). The jackknife and the bootstrap for general stationary observations. *Annals of Statistics*, 17(3), 1217–1241.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C.B., Schmidt, P., Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54(1–3), 159–178.
- Liu, Y., Tsyvinski, A. (2021). Risks and returns of cryptocurrency. *Review of Financial Studies*, 34(6), 2689–2727.
- Liu, Y., Tsyvinski, A., Wu, X. (2022). Common risk factors in cryptocurrency. *Journal of Finance*, 77(2), 1133–1177.
- Milionis, J., Moallemi, C.C., Roughgarden, T., Zhang, A.L. (2022). Automated market making and loss-versus-rebalancing. arXiv:2208.06046.
- Newey, W.K., West, K.D. (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 55(3), 703–708.
- Pele, D.T., Wesselhöfft, N., Härdle, W.K., Kolossiatis, M., Yatracos, Y.G. (2023). Are cryptos becoming alternative assets?. *European Journal of Finance*, 29(10), 1064–1105.
- Trimborn, S., Härdle, W.K. (2018). CRIX an index for cryptocurrencies. *Journal of Empirical Finance*, 49, 107–122.