








Modelarea piețelor financiare

Capitolul 0: Piețele financiare în 2026



Daniel Traian PELE

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

În ce comparații financiare putem avea încredere?



Andrew W. Lo. **Foto: David Shankbone (2012); CC BY 3.0; Wikimedia Commons**

"The building blocks of the Sharpe ratio—expected returns and volatilities—are unknown quantities that must be estimated statistically and are, therefore, subject to estimation error. This raises the natural question: How accurately are Sharpe ratios measured?"

— *Lo (2002)*

- Raportul Sharpe, ian. 2015 – sep. 2026: Bitcoin 1,05, S&P 500 (*Standard & Poor's*) cu dividende 0,82, aur 0,76
  - eroarea standard (SE, *standard error*) a fiecăruia: circa 0,29
- Diferența dintre rapoartele Sharpe ale S&P 500 și aurului: $+0{,}06$
  - intervalul de 95% $[-0{,}65;\ +0{,}88]$: datele nu ordonează cele două active
- SE a randamentului mediu anualizat al S&P 500, pe 11,7 ani: 5,1 puncte procentuale (pp)
- Niciuna dintre cele 10 perechi de active necripto nu rămîne semnificativă după corecția Bonferroni

▸ Graficul central: randament și risc, 2015–2026

În ce comparații financiare putem avea încredere? (1/2)

Piețe, date și modele

- **Întrebările centrale**
  - în ce comparații financiare putem avea încredere?
  - cît de precis le cunoaștem?
- Partea I: structura pieței, istoria burselor și a modelelor
  - datele cursului, măsurători și precizia lor
- Partea a II-a: dovezile din 2000–2026
  - piața românească, activele digitale, investițiile pasive
  - două studii de caz
- Încheierea: bucla de cercetare asistată de inteligența artificială (AI), parcursă pe o întrebare nouă

- Exemplele detaliate și subiectele avansate sînt în Aprofundări, după Concluzii
  - butonul din subsol duce la ele, iar butonul Înapoi revine la slide-ul de plecare

În ce comparații financiare putem avea încredere? (2/2)

Rezultatele învățării (exercițiile din Seminarul 0)

- calculați randamente, CAGR, volatilitatea anualizată și drawdown-ul maxim (A1–A4, B2)
  - CAGR: rata anuală compusă de creștere
- interpretați o serie de prețuri înainte de a o folosi (B1)
  - tipul de preț, momentul observării, cotațiile eronate
  - fiecare decizie de curățare justificată
- calculați schimbarea corelației a două active între două perioade, pe zilele comune (B6)
- calculați un randament mediu și un raport Sharpe cu eroarea standard și intervalul de 95% (A7, B2 extins)
- interpretați o afirmație empirică și o recunoașteți pe cea înșelătoare, inclusiv una generată de AI (C1)
  - incertitudine omisă, explicație alternativă ignorată, formulă sau referință greșită
- Aprofundări și Anexa: lectură pentru familiarizare

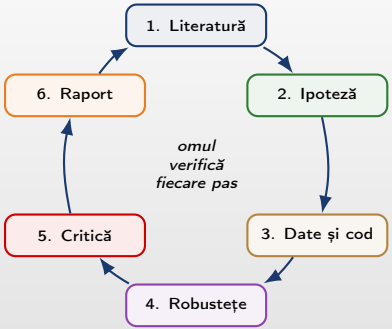
Organizarea cursului

- Programul de master **Statistică aplicată și Data Science**, 2026/2027
  - Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică, Academia de Studii Economice din București (ASE)
- Curs: Prof. Daniel Traian Pele, danpele@ase.ro
- Seminar: Drd. Antoaneta Amza, antoaneta.amza@csie.ase.ro
- Proiect în echipă (GitHub, prezentare, susținere orală): **70%**
- Quiz-uri și activitate la seminar: **20%**
  - cîte un quiz pe capitol, pe site-ul cursului: 20 de întrebări dintr-o bancă, fiecare răspuns explicat
- Prezență: **10%**, cel puțin **4 cursuri** și **4 seminarii**
  - cu codul zilei afișat în sală (cod QR, quick response) sau formularul de pe site

Proiectul în echipă și livrabilele

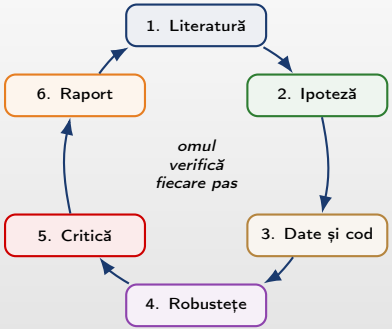
- Echipe de 3–4 studenți, o întrebare de cercetare pe date reale de piață
  - prezentată în Capitolul 19
- Cîte un repository GitHub public pe echipă
  - README: întrebarea, datele, cum se rulează
  - commit-uri săptămînale
- Fiecare grafic ca Quantlet: un folder cu cod, `Metainfo.txt` și graficul
- Un rezultat este valid doar dacă altcineva îl poate reproduce din repository
  - date încărcate prin cod, fiecare cifră raportată produsă de un script, seed fix
- Instrumente: Python, Google Colab, repository-ul cursului github.com/danpele/MFM
  - biblioteci Python: pandas, numpy, scipy, statsmodels, scikit-learn, matplotlib
- Folosirea AI este permisă și declarată
  - fiecare folosire în `AI_USE.md`
  - fiecare eroare a AI depistată în `AI_ERRORS.md`

Bucla de cercetare asistată de AI (1/2)



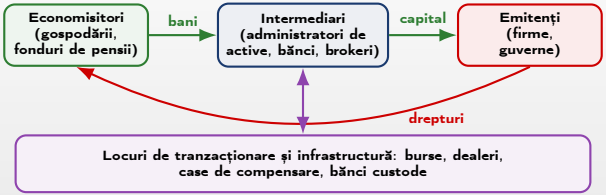
- Un asistent AI poate propune fiecare etapă
  - de exemplu un LLM (large language model, model lingvistic mare): Claude, ChatGPT sau Gemini
  - harta literaturii, ipoteze concurente, cod, planuri de robustețe, raportul unui recenzent sever
- Omul răspunde de întrebare, de ipoteza de identificare, de test și de fiecare cifră raportată
- Lista de verificare
  - fiecare referință: linkul DOI (Digital Object Identifier) funcționează și titlul coincide
  - fiecare cifră: reprodusă din date cu propriul cod
  - H_0, testul, eșantionul și corecția pentru testare multiplă fixate înainte de a vedea rezultatele

Bucla de cercetare asistată de AI (2/2)



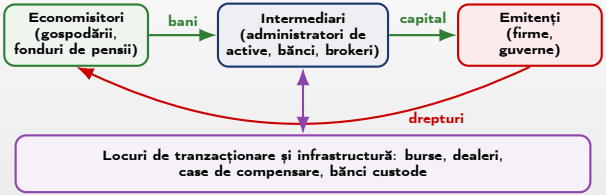
- Erori tipice ale LLM-urilor
  - referințe inventate
  - formule plauzibile, dar greșite
  - informație din viitor strecurată în cod (deplasarea de anticipare, *look-ahead bias*)
  - încercări repetate pînă cînd ceva devine „semnificativ”
- Fiecare eroare are o verificare din listă
  - secțiunea finală parcurge bucla pe o întrebare nouă

Funcțiile piețelor și participanții (1/2)



- **Secțiunea răspunde la întrebările**
  - cine tranzacționează, ce și unde?
  - cum se formează prețul pe care îl descărcăm?
- **Piață financiară**: mecanism de schimb al drepturilor asupra unor fluxuri de numerar viitoare
  - acțiuni, obligațiuni, valute, contracte, tokenuri

Funcțiile piețelor și participanții (2/2)



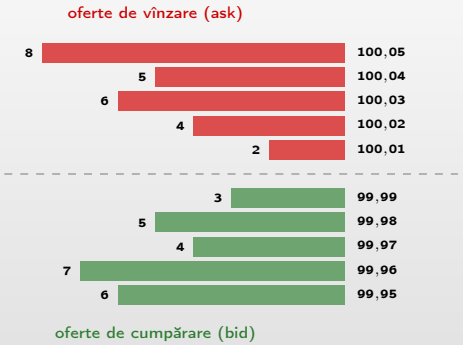
- Funcții: **alocarea capitalului**, **împărțirea riscului**, **plăți și decontare**
- **Lichiditatea**: transformarea rapidă a activelor în numerar
- **Formarea prețului**: prețurile adună informația dispersată
- **Buy side**: investitori și administratori de active
  - **pasivi**: replică un indice
  - **activi**: urmăresc să îl depășească
- **Sell side**: brokeri (execută ordine) și dealeri (tranzacționează din propriul portofoliu)
  - **formator de piață** (*market maker*): dealer care cotează permanent un preț de cumpărare și unul de vînzare

Clase de active

Clasă	Exemple	Flux de numerar	Riscuri principale
Acțiuni	acțiuni, ETF-uri pe acțiuni	dividende, drept rezidual	de piață, specific firmei
Venit fix	obligațiuni de stat și corporative	cupoane, principal	de dobîndă, de credit
Piața monetară	titluri de trezorerie (< 1 an), repo (împrumut garantat)	dobîndă pe termen scurt	de lichiditate
FX	EUR/USD, EUR/RON	diferențial de dobîndă	valutar, de politică
Mărfuri	aur, futures pe petrol	niciunul (roll yield)	de ofertă, de stocare
Derivate	futures, opțiuni, swap-uri	plăți condiționate	levier, contrapartidă
Active digitale	Bitcoin, Ether, stablecoins	niciunul / specific protocolului	volatilitate, reglementare

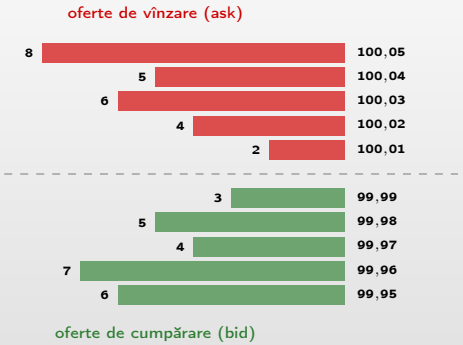
- Termenii din tabel
  - **ETF** (exchange-traded fund): un fond ale cărui unități se tranzacționează ca o acțiune
  - **FX**: piața valutară
  - EUR (moneda euro)/RON = numărul de lei pentru un euro
  - **roll yield**: cîștigul sau pierderea la înlocuirea unui contract futures care expiră
- Toate clasele se analizează cu aceleași instrumente statistice
  - randamente, volatilitate, dependență și cozi (lista completă a termenilor în Anexă)

Registrul de ordine limită și un ordin la piață (1/2)



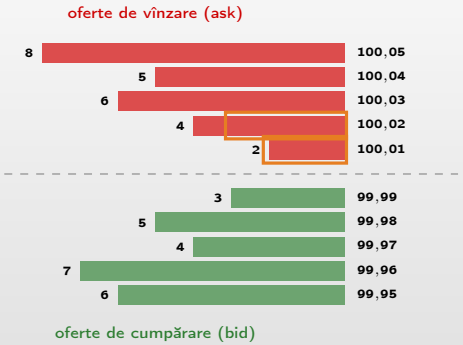
- **Registrul de ordine limită**: ordinele în așteptare, ordonate după preț
  - de cumpărare (**bid**) și de vînzare (**ask**)
- **Spread-ul bid–ask**: cel mai bun ask minus cel mai bun bid
  - aici $100{,}01 - 99{,}99 = 0{,}02$
  - costul unei tranzacții imediate
- **Adîncimea**: cantitatea din apropierea celor mai bune prețuri
- **Ordinul limită** aflat în așteptare oferă lichiditate, **ordinul la piață** o consumă
- **Ordinul stop** devine ordin la piață la atingerea unui prag
  - multe ordine stop la același nivel pot accelera o scădere

Registrul de ordine limită și un ordin la piață (2/2)



- **Întrebări pentru sală**: sosește un ordin de cumpărare la piață pentru 5 unități
  - la ce preț mediu se execută?
  - cît devine apoi spread-ul?

Registrul de ordine limită și un ordin la piață (2/2)



- **Întrebări pentru sală**: sosește un ordin de cumpărare la piață pentru 5 unități
  - la ce preț mediu se execută?
  - cît devine apoi spread-ul?
- **Răspuns**: ordinul consumă lichiditatea din registru (portocaliu)
  - prețul mediu: $(2 \times 100{,}01 + 3 \times 100{,}02)/5 = 100{,}016$
  - cel mai bun ask devine 100,02, iar spread-ul crește la 0,03
  - acesta este **impactul de piață** (Capitolul 10)

Momentul observării și zgomotul din prețuri (1/2)

- Un „preț zilnic” este un preț observat la un anumit moment
  - activele listate: licitația de închidere (S&P 500: 20:00 sau 21:00 UTC, timpul universal coordonat)
  - într-o **licitație** (call auction), ordinele se acumulează și se execută la un preț unic
  - comparația cu tranzacționarea continuă: Anexă
  - Bitcoin nu are închidere: prețul zilei t este cotația de la 24:00 UTC
  - EUR/RON: cursul de referință al BNR (Banca Națională a României), stabilit în jurul orei 13:00, ora București
- Locurile de tranzacționare înregistrează prețuri și tranzacții diferite (Anexă)
  - bursele, dealerii OTC (over the counter), dark pool-urile și platformele cripto deschise 24/7

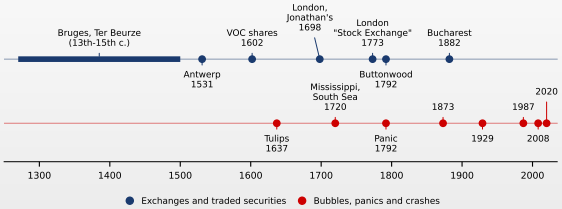
Momentul observării și zgomotul din prețuri (2/2)

- Cînd momentele de observare diferă, efectul aceleiași știri se împarte între două zile
  - corelația activelor cu închideri diferite este subestimată (Anexă)
- **Oscilația bid–ask**: variațiile prețului observat sînt autocorelate negativ
  - tranzacțiile alternează între bid și ask
  - chiar dacă prețul eficient urmează un mers aleator (*random walk*)
- Modelul lui Roll (Roll (1984); derivarea în Anexă):

$$\mathrm{Cov}(\Delta p_t, \Delta p_{t-1}) = -s^2/4$$

  - p_t: prețul observat al tranzacției, $\Delta p_t = p_t - p_{t-1}$
  - s: spread-ul bid–ask
  - un spread mai mare dă o covarianță mai negativă
- Spread-urile, impactul de piață și fragmentarea adaugă zgomot în prețurile observate
  - mai ales la frecvență înaltă (Capitolele 9 și 10)

Cronologia burselor și a crahurilor



- **Întrebări**
  - cum au evoluat împreună bursele, crahurile și modelele?
  - ce contribuție a avut fiecare generație de modele?
- Graficul: axa orizontală arată anii
  - sus (albastru): bursele și primele titluri tranzacționate
  - jos (roșu): bulele, panicile și crahurile
- Acțiunile se tranzacționează continuu din secolul al XVII-lea
  - bulele și crahurile au urmat aproape imediat
- Bursa de Valori București și-a început activitatea în 1882 (Anexă)

MFM_ch0_history ▶ Interactiv

Primele burse: de la Bruges la New York (1/2)



Bursa din Amsterdam construită de Hendrick de Keyser, 1612

Gravură: Claes Jansz. Visscher (1612); domeniu public; Stadsarchief Amsterdam, Wikimedia Commons

- **Bruges**, secolele XIII–XV: negustorii se întîlneau în fața hanului familiei Van der Beurse (Gelderblom (2013))
  - de aici *bourse*, *beurs* și *bursă*
- **Anvers**, 1531: o clădire construită anume pentru tranzacțiile zilnice (Gelderblom (2013))
- **Amsterdam**, 1602: VOC emite acțiuni transferabile
  - VOC: Vereenigde Oostindische Compagnie, Compania Olandeză a Indiilor de Est
  - în mai puțin de zece ani: tranzacționare continuă, forward și opțiuni
  - tot atunci apare vînzarea în lipsă (Gelderblom & Jonker (2004); Petram (2014))

Primele burse: de la Bruges la New York (2/2)



Bursa din Amsterdam construită de Hendrick de Keyser, 1612

Gravură: Claes Jansz. Visscher (1612); domeniu public; Stadsarchief Amsterdam, Wikimedia Commons

- **Londra**, 1698–1773 (Neal (1990))
  - John Castaing publică liste de prețuri la cafeneaua Jonathan's
  - în 1773, brokerii își numesc noua clădire Stock Exchange
- **New York**, 17 mai 1792: 24 de brokeri semnează Acordul Buttonwood (Sylla, Wright & Cowen (2009))
  - originea NYSE (Bursa din New York)

Primele bule, panici și crahuri (1/2)

- **Tulip mania**, Olanda 1636–37: prețurile contractelor pe bulbi cresc de mai multe ori
  - apoi se prăbușesc în februarie 1637
  - studiile ulterioare descriu un episod mai mic decît legenda, cu puține falimente (Garber (1989); Goldgar (2007); ▸ Anexă)
- **1720**: Compania Mississippi la Paris (John Law) și Compania Mării Sudului la Londra
  - urcă spectaculos, apoi se prăbușesc în cîteva luni
  - o bulă în jurul unei inovații reale: comerțul atlantic și asigurările (Frehen, Goetzmann & Rouwenhorst (2013))
- **Panica din 1792**, New York (Sylla, Wright & Cowen (2009))
  - Trezoreria condusă de Alexander Hamilton acționează ca împrumutător de ultimă instanță

Primele bule, panici și crahuri (2/2)

- **1873**: crahuri la Viena (mai) și la New York (septembrie) (datarea ciclurilor NBER)
  - NYSE se închide zece zile
  - contracția economiei americane, datată de NBER (National Bureau of Economic Research), durează pînă în 1879
- **1929**: Marțea Neagră, crahul bursei din New York (Anexă)
- **19 octombrie 1987**: DJIA scade cu 22,6% într-o singură zi (Roll (1988))
  - DJIA: Dow Jones Industrial Average
  - scăderi mari pe toate piețele importante
- Aceleași elemente revin de fiecare dată (Capitolul 17)
  - un activ sau o tehnologie nouă, credit și efect de levier, apoi vînzări forțate

Modelele financiare (1/4): predictibilitate și prima de risc




Louis Bachelier; William F. Sharpe, 2007

Bachelier: autor necunoscut; domeniu public; Sharpe: Larry D. Moore (2007); CC BY 4.0; Wikimedia Commons

- **Pot prețurile trecute să prezică prețurile viitoare?** Mers aleator și eficiență (Anexă)
  - mers aleator pentru logaritmul prețului: $\ln P_t = \ln P_{t-1} + \mu + \varepsilon_t$, cu șocuri ε_t iid (independente și identic distribuite) de medie 0
  - Bachelier (1900): mișcarea browniană
  - Mandelbrot (1963): cozi mult mai groase decît la distribuția Normală
  - EMH (ipoteza pieței eficiente, Fama (1970)): prețurile reflectă pe deplin informația disponibilă
- **Pentru ce riscuri primesc investitorii o primă?** Portofolii și echilibru (Anexă)
  - Markowitz (1952): ponderile se aleg după medie și varianță, iar beneficiul diversificării depinde de covariațe
  - CAPM (modelul de evaluare a activelor financiare, Sharpe (1964)): doar riscul de piață aduce o primă de risc
- În acest curs: Capitolele 1–4

Modelele financiare (2/4): evaluarea opțiunilor și măsurarea riscului





Fischer Black, Myron Scholes, Robert C. Merton

Black: Dalmatine; domeniu public; Scholes: Nobellaureatesphotographer (2008); CC BY-SA 3.0; Merton: Digarnick (2006); domeniu public; Wikimedia Commons

- **Cît valorează o opțiune?** (Black & Scholes (1973); Merton (1973); Anexă)
  - un portofoliu de acoperire reechilibrat continuu replică opțiunea, deci prețul ei nu depinde de randamentul așteptat al acțiunii
- **Este volatilitatea previzibilă?** (Engle (1982); Bollerslev (1986); Anexă)
  - ARCH (heteroscedasticitate condiționată autoregresivă) și GARCH (ARCH generalizat): varianța de azi depinde de șocurile trecute, ceea ce explică gruparea volatilității (*volatility clustering*)
- **Cît capital trebuie să țină o bancă pentru riscul de piață?** (BCBS (1996); BCBS (2019); Anexă)
  - VaR 1% (Value-at-Risk): pierderea depășită cu probabilitatea 1%
  - apoi ES 2,5% (expected shortfall): pierderea medie în cele mai rele 2,5% din cazuri
- În acest curs: Capitolele 5–12

Modelele financiare (3/4): riscul de model și criza din 2008

- **Lecția din 2008**: un exemplu de risc de model (Anexă)
  - CDO (collateralised debt obligation): obligațiune plătită dintr-un portofoliu de credite
  - un singur parametru al copulei Gaussiene era folosit la evaluarea tuturor tranșelor unui CDO
  - parametrul nu putea reproduce defaulturile simultane din criză
- Modelele ratei dobînzii, de la Vasicek la curba randamentelor: Anexă

Modelele financiare (4/4): învățarea din date masive și din text

- **Problema**: sute de semnale despre firme și milioane de documente nu încap într-un model parametric mic
- **Machine learning** (ML; Anexă): funcții flexibile estimate din date
  - alese după cît de bine prognozează în afara eșantionului (*out-of-sample*: pe date nefolosite la estimare), nu după teorie
  - Gu, Kelly & Xiu (2020): arborii și rețelele neuronale depășesc modelele liniare pe circa 30 000 de acțiuni americane și 94 de caracteristici ale firmelor
  - R^2 lunar în afara eșantionului rămîne sub 1%: mic, dar cu valoare economică
- **AI generativă** (Anexă): Transformer-ul (Vaswani et al. (2017)) stă la baza LLM-urilor actuale
  - Lopez-Lira & Tang (2026): scorurile date de ChatGPT titlurilor de știri prezic randamentele acțiunilor din ziua următoare, în afara eșantionului
  - modelele fundaționale (*foundation models*) pentru serii de timp prognozează serii noi fără reantrenare (Ansari et al. (2024))
- Riscurile principale (Capitolele 13–15)
  - supraajustarea (*overfitting*)
  - deplasarea de anticipare (informație din viitor): modelul poate să fi citit texte scrise după data prognozei
  - multe încercări pe aceleași date

Sursele de date și deplasarea de supraviețuire

Date	Conținut	Format
Date zilnice de piață de la EODHD (EOD Historical Data), salvate în repository-ul cursului	indici, acțiuni, ETF-uri, valută, cripto, randamente la scadență	CSV
FRED (Federal Reserve Economic Data)	dobînzi SUA, cursuri de schimb, serii macro	CSV public
BNR	cursuri oficiale de referință ale leului	XML public
DefiLlama	oferta de stablecoins, DeFi (finanțe descentralizate)	JSON public

- **Secțiunea răspunde la întrebările**
  - ce date folosește fiecare capitol?
  - ce tip de preț și ce calendar alegem?
- **Deplasarea de supraviețuire** (*survivorship bias*; Brown, Goetzmann, Ibbotson & Ross (1992))
  - eșantioanele refăcute din supraviețuitorii de azi supraestimează randamentele trecute

Ce preț și ce calendar alegem

- Tipul de preț
  - acțiuni și ETF-uri: prețul de închidere ajustat (dividende, split-uri)
  - indici, valută și cripto: prețul de închidere
  - obligațiuni: randamentul la scadență cotat la închidere
- Calendarul
  - o singură serie: randamente pe calendarul ei
  - mai multe serii: întîi aliniem *prețurile* pe zilele comune, apoi calculăm randamentele
- Anualizăm cu frecvența observată, numărul de randamente pe an din date
  - circa 365 la cripto, 260 la aurul spot, 252 la acțiuni

Randamente simple și randamente logaritmice

- **Secțiunea răspunde la întrebările**
  - cum măsurăm creșterea și riscul?
  - cît de precis cunoaștem rezultatul?
- P_t: prețul de închidere (sau nivelul indicelui) în ziua t
- Randamentul simplu R_t și randamentul logaritmic r_t

$$R_t = \frac{P_t}{P_{t-\mathbf{1}}} - 1, \qquad r_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-\mathbf{1}}} = \ln(1 + R_t)$$

- Randamentul simplu se agregă între active
  - un portofoliu cu ponderile w_i are $R_{p,t} = \sum_i w_i R_{i,t}$
- Randamentul logaritmic se agregă în timp
  - randamentul pe h zile este suma $r_{t+\mathbf{1}} + \cdots + r_{t+h}$
- Pentru variații mici cele două aproape coincid
  - $r_t = R_t - R_t^{\mathbf{2}}/2 + \ldots$
  - la o scădere de 50% diferă mult: $\ln 0{,}5 = -69\%$

Capitalizarea compusă și CAGR

- **Indicele de preț** (S&P 500; BET) ignoră dividendele
  - BET: indicele principal al Bursei de Valori București
  - **indicele de randament total** (BET-TR) și **prețul ajustat** (adjusted close) le reinvestesc
- **Capitalizarea compusă**: randamentele zilnice se înmulțesc, iar randamentele logaritmice se adună

$$P_T = P_0 \prod_{t=1}^{T} (1 + R_t) = P_0 \, e^{r_1 + \cdots + r_T}$$

- **CAGR**: rata anuală constantă care transformă primul preț în ultimul

$$\mathrm{CAGR} = \left(\frac{P_{\text{final}}}{P_{\text{inițial}}} \right)^{1/Y} - 1, \qquad \ln(1 + \mathrm{CAGR}) = \frac{1}{Y} \sum_{t=1}^{T} r_t$$

  - CAGR: rata anuală compusă de creștere
  - Y: lungimea eșantionului în ani, zile calendaristice/365,25; raportul $P_{\text{final}}/P_{\text{inițial}}$ este **multiplul**
  - a doua formă: CAGR este suma randamentelor logaritmice pe an, exprimată ca rată simplă
- Exemplu: S&P 500 (indice de preț), 2 ian. 2015 – 18 sep. 2026
  - $Y = 4\,277/365{,}25 = 11{,}71$
  - multiplul $\times 3{,}72$ dă CAGR $= 3{,}72^{1/11{,}71} - 1 = 11{,}9\%$

Volatilitatea anualizată

- Indicele d marchează o mărime zilnică, indicele A una anualizată
  - A este și numărul de randamente pe an efectiv observate
- **Volatilitatea anualizată**: abaterea standard empirică $\hat{\sigma}_d$ a randamentelor logaritmice zilnice

$$\hat{\sigma}_A = \hat{\sigma}_d \sqrt{A}$$

  - scalată cu $\sqrt{A}$
  - de ce $\sqrt{A}$: randamentul logaritmic anual este suma a A randamente zilnice
  - dacă acestea sînt necorelate, cu varianță constantă, varianța sumei este $A\sigma_d^2$
  - cu randamente zilnice autocorelate, scalarea nu mai este exactă (raportul variațelor, *variance ratio*; Anexă)
- Exemplu: SPY are $T = 2\,944$ de randamente zilnice în $Y = 11{,}71$ ani
  - SPY: ETF-ul pe S&P 500 din familia SPDR (*Standard & Poor's Depositary Receipts*), cu dividende
  - deci $A = T/Y = 251{,}4$

Media aritmetică, CAGR și frîna volatilității

- Media aritmetică anualizată $\hat{\mu}_A = A\,\bar{R}$ depășește creșterea compusă

$$\ln(1 + \mathrm{CAGR}) \approx \hat{\mu}_A - \hat{\sigma}_A^2/2$$

  - $\bar{R}$: media empirică a randamentelor simple zilnice
  - motivul: $r_t \approx R_t - R_t^2/2$, iar media lui R_t^2 este aproximativ σ_d^2
  - **frîna volatilității** (*volatility drag*): la aceeași medie aritmetică, o volatilitate mai mare reduce creșterea compusă
- SPY, 2015–2026: $\hat{\mu}_A = 14{,}39\%$ și $\hat{\sigma}_A = 17{,}53\%$ (din randamente simple)
  - deci $14{,}39\% - 17{,}53\%^2/2 = 12{,}85\%$
- CAGR-ul SPY este 13,7%, iar $\ln(1{,}137) = 12{,}84\%$
  - aproximarea reproduce creșterea compusă observată
- Indicele de preț are CAGR 11,9%
  - diferența de 1,8 puncte procentuale (pp) pe an provine în principal din dividendele reinvestite
  - net de comisioanele ETF-ului și de abaterile de replicare

Drawdown și drawdown-ul maxim

- Volatilitatea nu spune cît a pierdut un investitor față de cel mai bun moment anterior
  - contează ordinea randamentelor
- **Drawdown**: distanța procentuală sub maximul atins pînă atunci

$$DD_t = \frac{P_t}{\max_{s \le t} P_s} - 1 \le 0, \qquad \mathrm{MDD} = \min_t DD_t$$

  - MDD (drawdown-ul maxim): cea mai adîncă scădere de la un maxim, pe tot eșantionul
  - durata unui drawdown: zilele pînă cînd prețul depășește din nou maximul anterior
- Exemplu (Seminarul 0, A4): prețurile 100, 120, 90, 110, 130, 100
  - maximul curent 100, 120, 120, 120, 130, 130 dă DD_t: 0, 0, -25%, $-8{,}3\%$, 0, $-23{,}1\%$
  - MDD $= -25\%$, deși ultimul preț este peste primul

Precizia estimării randamentului așteptat (1/2)

- Ipoteza: randamentele zilnice simple R_t sînt iid
  - cu media μ_d și abaterea standard σ_d adevărate
  - $T = AY$ observații
- Estimatorul: $\hat{\mu}_A = A\,\bar{R}$, cu $\bar{R} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} R_t$
- **Eroarea standard** (SE): distanța tipică dintre $\hat{\mu}_A$ și media anuală adevărată

$$\mathrm{SE}(\hat{\mu}_A) = \frac{A\,\sigma_d}{\sqrt{T}} = \frac{\sigma_A}{\sqrt{Y}}, \qquad \sigma_A = \sigma_d\sqrt{A}$$

  - SE scade doar cu rădăcina pătrată a numărului de ani
  - intervalul de încredere de 95%: $\hat{\mu}_A \pm 1{,}96$ SE

Precizia estimării randamentului așteptat (2/2)

- SPY, 2015–2026: $\hat{\mu}_A = 14{,}4\%$, $\sigma_A = 17{,}5\%$ (din randamente simple), $Y = 11{,}71$
  - din randamente logaritmice: $\sigma_A = 17{,}6\%$
  - SE $= 17{,}5\%/\sqrt{11{,}71} = 5{,}1$ pp
  - interval de încredere de 95% [4,3%; 24,4%]
- **Întrebare pentru sală**: ca să înjumătățiți această SE, ce ați prefera?
  - de patru ori mai multe observații (date orare în loc de zilnice)
  - sau de patru ori mai mulți ani

Precizia estimării randamentului așteptat (2/2)

- SPY, 2015–2026: $\hat{\mu}_A = 14{,}4\%$, $\sigma_A = 17{,}5\%$ (din randamente simple), $Y = 11{,}71$
  - din randamente logaritmice: $\sigma_A = 17{,}6\%$
  - SE $= 17{,}5\%/\sqrt{11{,}71} = 5{,}1$ pp
  - interval de încredere de 95% [4,3%; 24,4%]
- **Întrebare pentru sală**: ca să înjumătățiți această SE, ce ați prefera?
  - de patru ori mai multe observații (date orare în loc de zilnice)
  - sau de patru ori mai mulți ani
- **Răspuns**: de patru ori mai mulți ani (circa 47 în loc de 11,7)
  - SE depinde doar de **lungimea perioadei** Y, nu de frecvența eșantionării (Merton (1980))

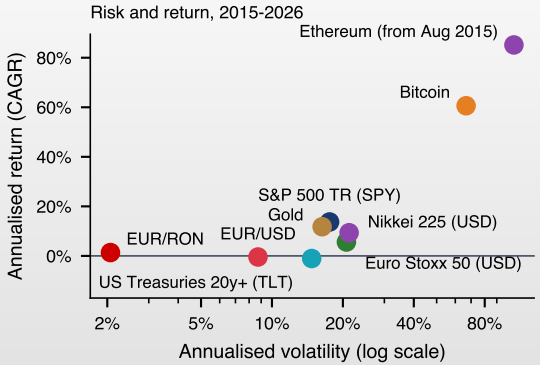
Raportul Sharpe este o estimație

- **Raportul Sharpe (SR)**: randamentul mediu pe unitatea de risc, cu rata fără risc egală cu 0
  - pe zi $\mathrm{SR}_d = \mu_d / \sigma_d$ (media și abaterea standard ale randamentelor zilnice simple)
  - anualizat $\mathrm{SR}_A = \sqrt{A}\,\mathrm{SR}_d$
  - $\widehat{\mathrm{SR}}_A$: valoarea estimată din eșantion
- Eroarea lui standard, pentru randamente iid cu distribuția Normală (Lo (2002)):

$$\mathrm{SE}(\widehat{\mathrm{SR}}_A) = \sqrt{\frac{1 + \mathrm{SR}_A^2/(2A)}{Y}} \approx \frac{1}{\sqrt{Y}}$$

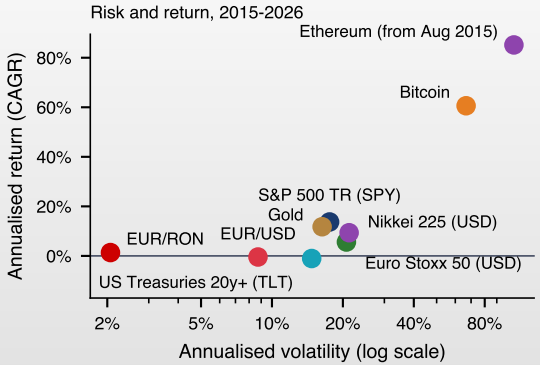
  - la date zilnice termenul $\mathrm{SR}_A^2/(2A)$ este foarte mic ($0{,}82^2/504 \approx 0{,}001$)
  - deci SE depinde aproape numai de numărul de ani Y

Randament și risc, 2015–2026 (1/2)



- **Secțiunea răspunde la întrebările**
  - ce randament și ce risc au avut principalele clase de active?
  - este vreo diferență dintre ele semnificativă statistic?
- Aceeași fereastră pentru toate activele, 2 ian. 2015 – 18 sep. 2026
  - ferestre diferite ar compara șocuri diferite
- Axa verticală: CAGR, creșterea compusă realizată
- Axa orizontală: volatilitatea anualizată, pe scară logaritmică
  - 2%–4% ocupă aceeași distanță ca 20%–40%
- Totul în USD (*US dollar*, dolarul american), cu excepția EUR/RON
  - TR (total return): randament total
  - TLT: ETF-ul pe titluri de stat SUA (Statele Unite ale Americii) cu scadența peste 20 de ani

Randament și risc, 2015–2026 (2/2)



MFM_ch0_cross_asset

- S&P 500 cu dividende: CAGR 13,7%, volatilitate 17,6%
- Aur: CAGR 11,8%, volatilitate 16,3% (cotații din zilele lucrătoare)
- Bitcoin: CAGR 60,6%, volatilitate 66,7%
- SPY și TLT includ dividendele și cupoanele, dar Euro Stoxx 50 și Nikkei 225 sînt indici de preț, fără dividende
  - comparațiile cu ei nu sînt teste între randamentele totale ale unor investiții echivalente
- Ethereum (eșantion mai scurt), EUR/USD și EUR/RON apar în grafic, dar nu sînt testate
  - „randamentul" unui curs valutar nu include dobînda obținută pe valută
- Testele care urmează privesc media aritmetică și raportul Sharpe, nu CAGR

Semnificația statistică a clasamentului randament–risc (1/2)

- SE a randamentului mediu anualizat, $\sigma_A/\sqrt{Y}$ cu $Y = 11{,}7$
  - S&P 500 cu dividende 5,1 pp, aur 4,8 pp, Euro Stoxx 50 6,0 pp, Nikkei 225 6,2 pp, Bitcoin 19,4 pp
- S&P 500 minus aur, pe zilele comune: $+1{,}9$ pp pe an, SE 6,8 pp, $t = 0{,}28$
- Rapoarte Sharpe, fiecare cu SE $\approx 0{,}29$
  - Bitcoin 1,05, S&P 500 0,82, aur 0,76, Nikkei 225 0,53, Euro Stoxx 50 0,37, TLT 0,00
  - SE presupune moment de ordin patru finit (cozi nu prea groase), pus sub semnul întrebării în Capitolul 1

MFM_ch0_cross_asset

Semnificația statistică a clasamentului randament–risc (2/2)

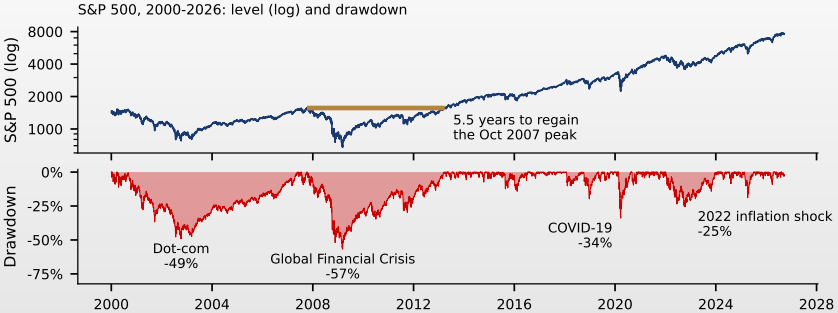
- Suprapunerea intervalelor nu testează o diferență
  - bootstrap (reeșantionarea zilelor observate) pe diferența celor două rapoarte Sharpe, în zilele comune (Seminarul 0, B2 extins)
  - S&P 500 minus aur: $+0{,}06$, interval de 95% $[-0{,}65;\ +0{,}88]$
  - S&P 500 minus Euro Stoxx 50: $+0{,}46$, $[0{,}09;\ 0{,}85]$, semnificativă ca test individual
  - niciuna dintre cele $\binom{5}{2} = 10$ perechi ale activelor necripto nu rămîne semnificativă după corecția Bonferroni (fiecare test la $5\%/10 = 0{,}5\%$)
- **Întrebare pentru sală**: intervalul pentru S&P 500 minus aur îl conține pe zero
  - arată asta că cele două rapoarte Sharpe sînt egale?

Semnificația statistică a clasamentului randament–risc (2/2)

- Suprapunerea intervalelor nu testează o diferență
  - bootstrap (reeșantionarea zilelor observate) pe diferența celor două rapoarte Sharpe, în zilele comune (Seminarul 0, B2 extins)
  - S&P 500 minus aur: $+0{,}06$, interval de 95% $[-0{,}65;\ +0{,}88]$
  - S&P 500 minus Euro Stoxx 50: $+0{,}46$, $[0{,}09;\ 0{,}85]$, semnificativă ca test individual
  - niciuna dintre cele $\binom{5}{2} = 10$ perechi ale activelor necripto nu rămîne semnificativă după corecția Bonferroni (fiecare test la $5\%/10 = 0{,}5\%$)
- **Întrebare pentru sală**: intervalul pentru S&P 500 minus aur îl conține pe zero
  - arată asta că cele două rapoarte Sharpe sînt egale?
- **Răspuns**: nu
  - datele sînt compatibile atît cu un avantaj al aurului de 0,65, cît și cu unul al S&P 500 de 0,88
  - comparația este neconcludentă
  - graficul descrie eșantionul, nu ordonează randamentele așteptate
- Tipul de dovadă: descriere (arată ce s-a întîmplat în date, fără un test al cauzei)

MFM_ch0_cross_asset

Crize și drawdown-uri (1/2)



- Panoul de sus: nivelul S&P 500 (indice de preț), scară logaritmică
  - bara: 5,5 ani pînă la recuperarea maximului din oct. 2007
- Panoul de jos: drawdown-ul DD_t, în % sub maximul de pînă atunci

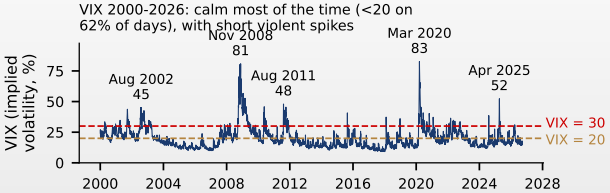
MFM_ch0_drawdowns_vix ▶ Interactiv

Crize și drawdown-uri (2/2)

- Patru minime ale S&P 500 după 2000
  - dot-com: -49% (oct. 2002)
  - criza financiară globală: -57% (mar. 2009), de la 1 565,15 la 676,53, recuperat abia în mar. 2013
  - COVID-19: -34% (mar. 2020), cea mai rapidă scădere
  - șocul inflației: -25% (oct. 2022)
- MDD-ul crește cu lungimea eșantionului (Anexă)
  - deci comparăm MDD-uri pe același orizont

MFM_ch0_drawdowns_vix

Regimuri de volatilitate: VIX



- VIX: volatilitatea S&P 500 pe următoarele 30 de zile, **implicită** în prețurile opțiunilor
  - VIX: CBOE Volatility Index; CBOE: Chicago Board Options Exchange; în % pe an
- Din 2000, VIX a fost sub 20 în 62% din zile și peste 30 în 9% din zile
- Cele mai mari valori: 82,7 pe 16 mar. 2020, 80,9 pe 20 nov. 2008 și 52,3 pe 8 apr. 2025
- Perioade calme lungi, perioade de stres scurte și intense
  - volatilitatea alternează între regimuri (Capitolele 5 și 9)
- VIX a depășit volatilitatea realizată în următoarele 21 de zile de tranzacționare în 83% din zile
  - după ce volatilitatea s-a realizat (ex post): diferența = prima de risc de variață + eroarea de prognoză (Anexă)
  - prima: cît plătesc investitorii pentru protecție contra variației mari; definită pe variațe, nu pe volatilități

MFM_ch0_drawdowns_vix ▶ Interactiv

Beneficiul diversificării variază în timp



- Corelații pe fereastră mobilă (*rolling*) de 252 de zile ale randamentelor logaritmice zilnice
  - cu prețurile aliniate întîi pe zilele comune
- Acțiuni față de obligațiuni de stat pe termen lung: media corelației mobile $-0{,}43$ (2010–2020), $+0{,}08$ (2022–2026)
- Acțiuni față de Bitcoin: media corelației mobile 0,01 (2016–2019), 0,38 (2022–2026)
- Modelele de portofoliu cu corelație fixă nu surprind aceste schimbări (Capitolele 4 și 6)
- Corelația cripto–acțiuni este distorsionată
  - de închiderile asincrone (▸ Anexă)
  - de nivelul volatilității (▸ Anexă)

MFM_ch0_correlations ▶ Interactiv

Bursa de Valori București astăzi

- **Întrebarea secțiunii**: ce rezultate dau aceleași măsurători pe piața românească?
- BVB (Bursa de Valori București): deschisă în 1882, închisă în 1948, reînființată în 1995 (Anexă)
- **BET**: indicele celor mai tranzacționate companii românești (BVB (indici))
  - BET: Bucharest Exchange Trading
  - lansat pe 19 sep. 1997 la 1 000 de puncte
  - **BET-TR**: varianta de randament total, cu dividendele reinvestite
- Cele mai mari companii
  - bănci (Banca Transilvania, BRD), energie (OMV Petrom, Romgaz, Hidroelectrica), utilități (Transgaz)
- Piață clasificată **Secondary Emerging** de furnizorul de indici FTSE Russell (FTSE: *Financial Times Stock Exchange*) din septembrie 2020 (FTSE Russell (2026))
- Hidroelectrica: cel mai mare IPO din istoria BVB (Bursa de Valori București), 1,9 mld. euro, iulie 2023 (BVB (istoric))
  - IPO: ofertă publică inițială
- **TVBETETF**: un ETF la BVB care replică BET

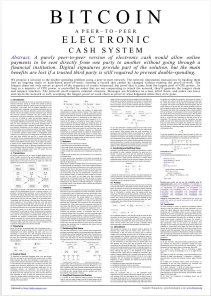
Indicele BET, 1997–2026: o recuperare îndelungată



- Valori oficiale de închidere, scară logaritmică
- De la maximul din 24 iul. 2007 la minimul din 25 feb. 2009: $-82{,}5\%$
  - recuperat abia pe 16 mar. 2021, după **13,6 ani**
- Pe 19 dec. 2018, BET a scăzut cu 11,2% într-o singură zi, după anunțarea taxei bancare
- Pe 18 sep. 2026, indicele era de 32,8 ori mai mare decît la lansare
  - un CAGR de 12,8% pe 29 de ani
- Din 2015 încoace (Anexă)
  - acțiunile BVB cu dividende (▸ Anexă)
  - cursul EUR/RON (▸ Anexă)
  - randamentele titlurilor de stat românești față de cele germane (▸ Anexă)

MFM_ch0_bvb_history ▸ Interactiv

Bitcoin, Ethereum și tokenuri (1/2)



BITCOIN

A PEER-TO-PEER ELECTRONIC CASH SYSTEM

Abstract. A purely peer-to-peer version of electronic cash would allow online payments to be sent directly from one party to another without going through a financial institution. Digital signatures provide part of the solution, but the main benefits are lost if a trusted third party is still required to prevent double-spending.

Whitepaper-ul Bitcoin (2008)

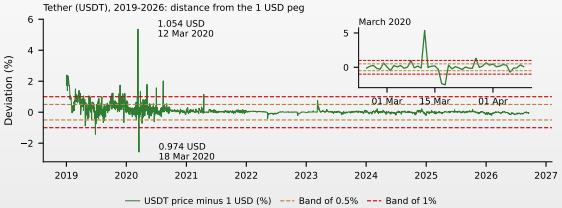
Text: Satoshi Nakamoto (2008); afiș: DailyCoinPost (2018); CC0; Wikimedia Commons

- **Întrebări**
  - ce sînt criptoactivele și stablecoin-urile?
  - ce măsoară prețurile lor?
- 31 oct. 2008: *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* Nakamoto (2008)
  - semnat cu pseudonimul Satoshi Nakamoto
- **Blockchain**: un registru comun de tranzacții, fără o terță parte de încredere
  - replicat pe multe calculatoare și extins bloc cu bloc
- **Bitcoin** (2009): regulă fixă de emisiune, cel mult 21 de milioane de monede
  - **dovada de lucru** (*proof of work*): adăugarea unui bloc consumă putere de calcul, deci rescrierea istoricului este costisitoare

Bitcoin, Ethereum și tokenuri (2/2)

- **Ethereum**: un blockchain care rulează programe (**contracte inteligente**)
  - moneda lui este Ether
- Un **token** este o unitate pe un blockchain care reprezintă o monedă, o creanță sau un drept
- Härdle, Harvey & Reule (2020): proprietăți statistice, evaluare și reglementare
- Liu & Tsyvinski (2021): randamentele criptomonedelor au expuneri mici la factorii tradiționali
  - factorii acțiunilor, valutelor și mărfurilor
  - ele sînt explicate de factori specifici pieței cripto: momentum (continuarea randamentelor recente) și atenția investitorilor
- Pele et al. (2023): criptomonedele se deosebesc de celelalte clase de active
  - prin trei factori statistici: cozile distribuției, memoria seriei și momentele randamentelor
- În 2024–2026, Bitcoin a fost încă de circa 3,2 ori mai volatil decît S&P 500 (Anexă)
- Din ianuarie 2024, în SUA se tranzacționează ETF-uri pe Bitcoin spot (Anexă)
  - mecanismul ETF: secțiunea următoare

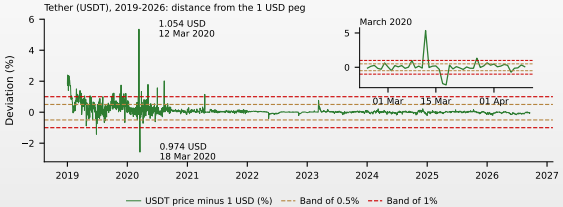
Stablecoin-urile și ancora lor (1/2)



- **Stablecoin**: un token conceput să păstreze o valoare fixă (**ancora**, peg), de regulă 1 USD
  - **garantat cu rezerve** (numerar, titluri de stat pe termen scurt) și răscumpărabil la 1 USD
  - sau **algoritmic** (un al doilea token și reguli de tranzacționare)
- **Depeg**: prețul se desprinde de ancoră
  - stablecoin-ul algoritmic TerraUSD și-a pierdut ancora și s-a prăbușit în mai 2022

MFM_ch0_digital_assets ▶ Interactiv

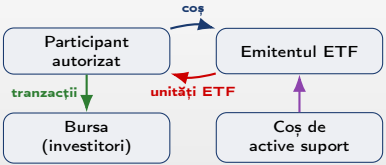
Stablecoin-urile și ancora lor (2/2)



- Graficul: prețul USDT (Tether, stablecoin legat de dolarul american) minus 1 USD, în %
  - liniile punctate: benzile de $\pm 0{,}5\%$ și $\pm 1\%$
  - detaliu: martie 2020
- Tether (USDT), 2019–2026: la cel mult $\pm 0{,}5\%$ de 1 USD în 93% din zile
  - la cel mult $\pm 1\%$ în 98%
- Oferta diferă de ancoră (▸ Anexă)
  - valoarea în circulație poate scădea în timp ce prețul rămîne la 1 USD
- Activele tokenizate și reglementarea: ▸ Anexă

MFM_ch0_digital_assets

ETF-uri: crearea și răscumpărarea unităților



- **Întrebări**
  - cum rămîne prețul unui ETF apropiat de valoarea activelor sale?
  - ce înseamnă ponderarea după capitalizare pentru investitori?
- Majoritatea ETF-urilor sînt **pasive**: replică un indice cu costuri mici
- **Valoarea activului net (NAV)**: activele fondului minus datoriile lui, pe unitate
  - calculată o dată pe zi
- **Participantul autorizat (AP)**: un dealer mare, autorizat să tranzacționeze direct cu emitentul
- **Crearea**: AP predă coșul și primește unități ETF noi
- **Răscumpărarea**: invers
  - ambele mențin prețul de piață aproape de NAV

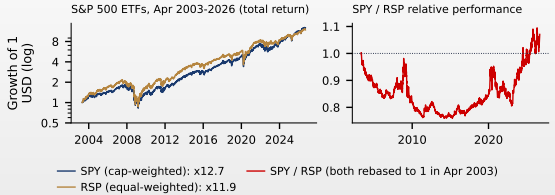
Indici ponderați după capitalizare și indici cu ponderi egale

Definiție 1 (Ponderile indicelui și concentrarea lor)

- Ponderi după capitalizare: $w_i = MC_i / \sum_{j=1}^{n} MC_j$, cu n acțiuni în indice
  - MC_i: capitalizarea bursieră (market capitalisation) a acțiunii i, preț $\times$ număr de acțiuni
- Ponderi egale: $w_i = 1/n$, cu reechilibrare periodică
- Numărul efectiv de deținere: $N_{\text{eff}} = 1/\sum_i w_i^2$ (inversul indicelui Herfindahl), o măsură a concentrării ponderilor
  - egal cu n la ponderi egale și cu 1 cînd o singură acțiune are toată ponderea
  - mult mai mic decît n cînd cîteva firme domină
  - folosește doar ponderile: diversificarea riscului depinde și de covariațele randamentelor

- Un indice ponderat după capitalizare este mai concentrat decît sugerează numărul de acțiuni
  - fondurile pasive care îl replică preiau concentrarea pe cele mai mari firme (Capitolele 3, 4 și 17)

Ponderare după capitalizare și ponderi egale: SPY și RSP



- Stînga: valoarea a 1 USD investit în aprilie 2003, scară logaritmică
- Dreapta: raportul SPY/RSP, egal cu 1 în aprilie 2003
- SPY: S&P 500 cu ponderi după capitalizare
- RSP (Invesco S&P 500 Equal Weight ETF): aceleași acțiuni, fiecare cu 1/500
- Randament total (preț ajustat) de la lansarea RSP, în aprilie 2003: SPY $\times$12,7, RSP $\times$11,9
  - deci raportul final SPY/RSP este 1,07
- SPY/RSP a crescut cu 31% din ianuarie 2023
  - cîteva companii foarte mari au susținut creșterea indicelui
- Raportul măsoară randamentul relativ, nu este o măsură directă a concentrării sau a deținerii pasive

MFM_ch0_concentration ▶ Interactiv

Studiu de caz: efectele creșterii investițiilor pasive (1/2)

- **Întrebarea secțiunii**: ce arată o lucrare de referință despre efectul investițiilor pasive asupra prețurilor?
- Haddad, Huebner & Loualiche (2025), *American Economic Review* 115(3), 975–1018
- **Întrebarea lucrării**: cînd o parte dintre investitori trec la administrare pasivă
  - compensează ceilalți efectul asupra prețurilor, tranzacționînd mai agresiv?
- **Elasticitatea cererii** $\mathcal{E}_i$ a investitorului i
  - scăderea procentuală a numărului de acțiuni cerute după o creștere a prețului cu 1%
  - un investitor pasiv are $\mathcal{E}_i = 0$

Studiu de caz: efectele creșterii investițiilor pasive (2/2)

- **Elasticitatea agregată** $\mathcal{E}_{agg}$: media elasticităților $\mathcal{E}_i$, ponderată cu deținerile (ec. 2)

$$\Delta p = \mathcal{E}_{agg}^{-1} \Delta \bar{d} \quad \text{(ec. 3)}$$

  - $\Delta \bar{d}$: șocul mediu de cerere, variația procentuală a numărului de acțiuni cerute la prețul vechi
  - Δp: variația logaritmului prețului
  - un $\mathcal{E}_{agg}$ mai mic face ca același șoc să miște mai mult prețul
  - prețuri mai volatile și mai puțin informative (Secțiunea II.A)
- Legătura: acțiunile deținute în proporție mai mare de ETF-uri sînt mai volatile (Ben-David, Franzoni & Moussawi (2018))

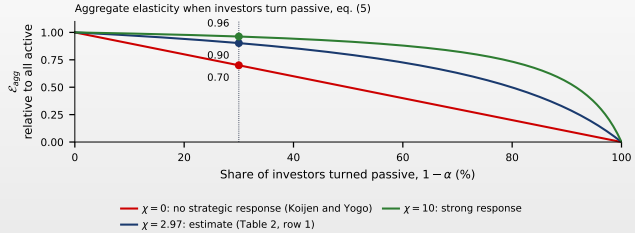
Studiu de caz: un scenariu ilustrativ, 30% trec la administrare pasivă (1/2)

- **Răspunsul strategic** χ: $\mathcal{E}_i = \bar{\mathcal{E}}_i - \chi\,\mathcal{E}_{agg}$ (ec. 4)
  - $\bar{\mathcal{E}}_i$: componenta specifică investitorului
  - $\chi = 0$: nimeni nu reacționează
  - $\chi \to \infty$: ceilalți compensează complet
- Ec. (5): $\mathcal{E}_{agg}$ după ce o fracție $1 - \alpha$ devine pasivă

$$\alpha + (1-\alpha)\,\frac{\chi\alpha}{1+\chi\alpha}$$

  - raportată la piața în care toți sînt activi ($\alpha = 1$), cu aceleași elasticități proprii
  - α: fracția din dețineri rămasă activă
  - primul termen: scăderea directă
  - al doilea termen: partea compensată de activi, 0 cînd $\chi = 0$
- **Întrebare pentru sală**: 30% trec la administrare pasivă ($\alpha = 0{,}7$) și nimeni nu reacționează ($\chi = 0$)
  - ce parte din elasticitatea agregată rămîne?

Studiu de caz: un scenariu ilustrativ, 30% trec la administrare pasivă (2/2)



- Axa orizontală: ponderea investitorilor trecuți la administrare pasivă, $1 - \alpha$
- Axa verticală: $\mathcal{E}_{agg}$ raportată la piața cu toți investitorii activi, ec. (5)
- **Răspuns**: 0,70, dacă nimeni nu reacționează ($\chi = 0$)
- Cu $\chi = 2{,}97$, valoarea estimată în lucrare, rămîne 0,90
  - două treimi din scădere sînt compensate
- Cu $\chi = 10$, elasticitatea agregată rămasă este 0,96
- Cu 100% pasivi, toate curbele ajung la 0
  - nimeni nu absoarbe șocurile

MFM_ch0_passive_elasticity ▶ Interactiv

Studiu de caz: estimația și identificarea

- **Date**: deținerile trimestriale ale administratorilor instituționali americani, 2001–2020
  - din formularul 13F depus la SEC (Securities and Exchange Commission)
  - circa 80% din capitalizarea pieței SUA
- **Estimația**: răspunsul strategic $\chi = 2{,}97$ (SE 0,47; Tabelul 2, rîndul 1)
  - un interval de 95% de circa [2,0; 3,9]
  - investitorii reacționează: estimația este departe atît de 0, cît și de ∞
- Tipul de dovadă: identificare cauzală, condiționată de ipoteza de identificare de mai jos
- **Ipoteza de identificare** (Teorema 1)
  - de la o acțiune la alta, același investitor coexistă cu o altă combinație de investitori
  - această variație separă elasticitatea lui proprie de χ
  - instrumentele, GMM (metoda generalizată a momentelor) și sistemul de cerere: ▸ Anexă

Studiu de caz: ce implică estimația pentru investițiile pasive

- **Implicația**: ponderea activă mediană a scăzut de la 81,4% (2001) la 59,5% (2020)
  - adică $\ln(81{,}4/59{,}5) = 31{,}3\%$
- **Rata de transmitere** (ec. 28)

$$\frac{1}{1+\chi\alpha} = \frac{1}{1+2{,}97\times 0{,}68} = 33\%$$

  - variația procentuală a lui $\mathcal{E}_{agg}$ la o variație de 1% a ponderii active α
  - $\alpha = 0{,}68$: media în timp a ponderii active din lucrare (p. 1006)
  - rata depinde de α: 0,29 la $\alpha = 0{,}814$ (2001) și 0,36 la $\alpha = 0{,}595$ (2020)
  - deci cererea pentru acțiuni este cu circa $0{,}33 \times 31{,}3\% \approx 10\%$ mai puțin elastică (rezumatul lucrării: 11%)
  - acțiunile cu cerere inelastică sînt mai volatile și mai puțin lichide (Tabelul 5)
  - robustețea și estimările în formă redusă: Anexă

Studiu de caz: o limită și o întrebare deschisă

- **O limită**: un singur χ pentru toți investitorii, fără fluxuri către fonduri (Secțiunea I.B)
  - toate limitele și ce se poate verifica cu datele cursului: Anexă
- **Întrebare deschisă**: schimbă investițiile pasive formarea prețurilor?
  - Sammon (2025): cu cît deținerea pasivă este mai mare, cu atît prețurile anticipează mai puțin anunțurile de profit
  - deținerea pasivă este însă endogenă: depinde de caracteristicile firmelor, deci legătura poate să nu fie cauzală
- **Întrebări pentru sală**: cu $\chi = 2{,}97$ și o pondere activă $\alpha = 0{,}5$
  - ce rată de transmitere ar rezulta?
  - de ce este mai mare decît la $\alpha = 0{,}68$?

Studiu de caz: o limită și o întrebare deschisă

- **O limită**: un singur χ pentru toți investitorii, fără fluxuri către fonduri (Secțiunea I.B)
  - toate limitele și ce se poate verifica cu datele cursului: Anexă
- **Întrebare deschisă**: schimbă investițiile pasive formarea prețurilor?
  - Sammon (2025): cu cît deținerea pasivă este mai mare, cu atît prețurile anticipează mai puțin anunțurile de profit
  - deținerea pasivă este însă endogenă: depinde de caracteristicile firmelor, deci legătura poate să nu fie cauzală
- **Întrebări pentru sală**: cu $\chi = 2{,}97$ și o pondere activă $\alpha = 0{,}5$
  - ce rată de transmitere ar rezulta?
  - de ce este mai mare decît la $\alpha = 0{,}68$?
- **Răspuns**: $1/(1 + 2{,}97 \times 0{,}5) = 0{,}40$
  - cu mai puțini investitori activi rămași, sînt mai puțini cei care compensează fiecare nouă trecere la administrare pasivă

Studiu de caz: cînd sînt obligațiunile de stat o acoperire?

- **Întrebarea**: cînd protejează obligațiunile de stat americane un portofoliu de acțiuni?
- Pflueger (2025), *Journal of Financial Economics* 167, 104027
- **Măsura**: beta obligațiunii față de acțiuni, $\beta_b = \mathrm{Cov}(r_b, r_s)/\mathrm{Var}(r_s)$
  - r_b: randamentul în exces al obligațiunii de stat la 10 ani
  - r_s: randamentul în exces al pieței de acțiuni din SUA
  - $\beta_b < 0$: obligațiunea cîștigă cînd acțiunile pierd, deci acoperă riscul
  - $\beta_b > 0$: obligațiunea pierde odată cu acțiunile, deci este un activ riscant
- **Afirmația lucrării**: beta pozitiv al obligațiunilor nominale din anii 1980 a cerut două condiții simultan
  - șocuri de ofertă volatile
  - o politică monetară care reacționează rapid și puternic la inflație

Studiu de caz: beta obligațiunilor de stat față de acțiuni, 1967–2026



- Stînga: β_b nominal pe ferestre mobile de 20 de trimestre (5 ani); linii punctate în 2001T2 și 2020T1
- Dreapta: β_b zilnic pe ferestre de 120 de zile, pentru obligațiunea nominală și pentru TIPS
  - TIPS (Treasury Inflation-Protected Securities): obligațiuni de stat americane indexate la inflație
- β_b nominal pe datele cursului: 0,27 în 1979T4–2001T1 și −0,34 în 2001T2–2019T4
  - în lucrare (versiunea NBER, Tabelul 2): 0,24 și −0,31
- β_b pe 5 ani a redevenit pozitiv în 2023T4 și este 0,26 în 2026T2

MFM_ch0_bond_beta ▶ Interactiv

Studiu de caz: metoda lucrării și replicarea cursului

- **Modelul lucrării**: un model neo-keynesian cu trei ecuații
  - ecuația Euler a consumului, curba Phillips și regula de politică monetară
  - preferințe cu formarea obiceiurilor (*habit formation*), deci prime de risc variabile în timp
  - un șoc de ofertă crește inflația și scade producția (stagflație): obligațiunile nominale scad odată cu acțiunile
- **Calibrarea**: separat pentru 1979T4–2001T1 și 2001T2–2019T4
  - ruptura din 2001T2: corelația dintre inflație și decalajul producției (producția efectivă minus cea potențială) devine pozitivă (Campbell, Pflueger & Viceira (2020))
  - beta obligațiunilor nu este țintit în calibrare; modelul îl reproduce
- **Ce face replicarea cursului diferit**
  - obligațiunile: randamente FRED (*Federal Reserve Economic Data*, baza de date economice a Rezervei Federale, St. Louis) cu scadență constantă (DGS10, DFII10), durata fixată la 10 ani
  - $r_b \approx -10\,\Delta y_t + y_t/4$ trimestrial, cu y_t randamentul la 10 ani; lucrarea folosește curbe zero-cupon
  - acțiunile: piața SUA ponderată după capitalizare (CRSP, Center for Research in Security Prices), din biblioteca Kenneth French; zilnic, SPY
  - randamentele trimestriale în exces: peste titlul de stat la 3 luni (T-bill), ca în lucrare
  - TIPS doar din 2003 (lucrarea completează perioada anterioară cu obligațiuni britanice indexate)
  - eșantionul este extins pînă în septembrie 2026

Studiu de caz: ce arată datele după 2020

- **Tipul de dovadă**: replicare (schimbarea de semn din 2001, reprodusă pe datele cursului)
  - β_b nominal 0,27 (SE 0,14, 86 de trimestre) în 1979T4–2001T1
  - β_b nominal $-0{,}34$ (SE 0,06, 75 de trimestre) în 2001T2–2019T4
  - explicația prin șocuri de ofertă și politica monetară vine din model; regresia nu o identifică singură
- **2020T1–2026T2**: β_b nominal 0,00 (SE 0,17), β_b TIPS 0,19 (SE 0,13)
  - din 11 martie 2020, beta zilnic nominal este sub cel TIPS în 84% din zile
  - în lucrare, un beta nominal sub cel real indică un risc mic de stagflație
- **Limite**
  - ferestrele de 120 de zile sînt zgomotoase
  - durata obligațiunii este aproximată
  - concluzia depinde de un singur model calibrat
- **Întrebare pentru sală**: în 2026 (pînă pe 18 septembrie), β_b nominal estimat pe randamente zilnice este 0,22, iar cel TIPS 0,17
  - ce semnal ar vedea lucrarea în această ordine?

Studiu de caz: ce arată datele după 2020

- **Tipul de dovadă**: replicare (schimbarea de semn din 2001, reprodusă pe datele cursului)
  - β_b nominal 0,27 (SE 0,14, 86 de trimestre) în 1979T4–2001T1
  - β_b nominal $-0{,}34$ (SE 0,06, 75 de trimestre) în 2001T2–2019T4
  - explicația prin șocuri de ofertă și politica monetară vine din model; regresia nu o identifică singură
- **2020T1–2026T2**: β_b nominal 0,00 (SE 0,17), β_b TIPS 0,19 (SE 0,13)
  - din 11 martie 2020, beta zilnic nominal este sub cel TIPS în 84% din zile
  - în lucrare, un beta nominal sub cel real indică un risc mic de stagflație
- **Limite**
  - ferestrele de 120 de zile sînt zgomotoase
  - durata obligațiunii este aproximată
  - concluzia depinde de un singur model calibrat
- **Întrebare pentru sală**: în 2026 (pînă pe 18 septembrie), β_b nominal estimat pe randamente zilnice este 0,22, iar cel TIPS 0,17
  - ce semnal ar vedea lucrarea în această ordine?
- **Răspuns**: o creștere a riscului de stagflație
  - diferența, 0,05 (SE 0,02), este pozitivă pentru prima dată într-un an calendaristic din 2018 încoace
  - un singur an parțial nu arată însă o întoarcere la anii 1980

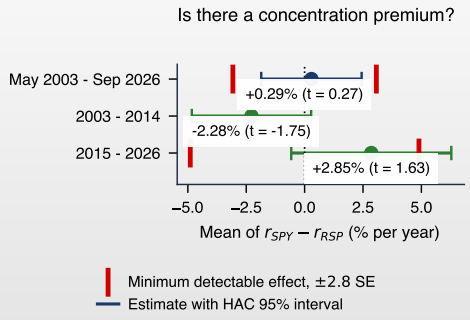
Ipoteza: există o primă de concentrare? (1/2)

- **Întrebarea secțiunii**: cum arată bucla de cercetare asistată de AI aplicată unei întrebări noi?
- Comparația SPY–RSP este descriptivă
  - nu poate identifica mecanismul deținerii pasive din studiul de caz
- O propunere tipică a asistentului
  - „fluxurile pasive favorizează cele mai mari firme, deci ponderarea după capitalizare depășește ponderarea egală”
- Bucla descoperirii, parcursă o dată
  - **literatură**: lucrări din reviste cu evaluare inter pares, fiecare DOI verificat personal
  - **ipoteză**: trei explicații concurente (fluxuri pasive, compoziția pe sectoare, creșterea profiturilor celor mai mari firme)
  - fiecare explicație are o implicație pe care celelalte nu o au
  - **date și cod**: prețurile ajustate (randament total) ale SPY și RSP, aliniate pe zilele comune

Ipoteza: există o primă de concentrare? (2/2)

- Test: $d_t = r_{\mathrm{SPY},t} - r_{\mathrm{RSP},t}$
  - $H_0 : \mathbb{E}[d_t] = 0$ față de $H_1 : \mathbb{E}[d_t] \neq 0$
  - $r_{\mathrm{SPY},t}$, $r_{\mathrm{RSP},t}$: randamentele logaritmice zilnice ale celor două ETF-uri în ziua t
  - $\mathbb{E}[d_t]$: diferența medie zilnică adevărată
- Fixate dinainte
  - tipul de preț, alinierea calendarelor, ferestrele (întregul eșantion și două jumătăți)
  - statistica t $\bar{d} / \mathrm{SE}(\bar{d})$, cu eroarea standard Newey–West HAC (Anexă)
  - HAC: robustă la heteroscedasticitate și autocorelație
  - rămîne validă cînd d_t este autocorelat sau își schimbă varianța

Mini studiu de caz: estimație, interval și MDE



MFM_ch0_ai_discovery

- Mai 2003 – sep. 2026 (5 884 de zile): diferența medie $+0{,}29\%$ pe an, $t = 0{,}27$
- Jumătăți fixate dinainte
  - mai 2003 – dec. 2014: $-2{,}28\%$ ($t = -1{,}75$)
  - ian. 2015 – sep. 2026: $+2{,}85\%$ ($t = 1{,}63$)
- Graficul: puncte, media lui d_t
  - bare: intervale HAC de 95%; roșu: $\pm$MDE
- **Efectul minim detectabil (MDE)** (▸ Anexă)
  - cel mai mic efect real pe care un test bilateral la 5% îl detectează cu probabilitatea 80% (puterea testului)
  - $2{,}8 \times$ SE, adică 3,1% pe an pe întregul eșantion
- Fiecare interval îl conține pe 0
  - semnul se schimbă între jumătăți: „prima” depinde de fereastra aleasă
- „Nesemnificativ” nu înseamnă „fără efect”
- Tipul de dovadă: descriere

▸ Interactiv

Temă de proiect propusă: specificația

- **Întrebare**: rămîne semnificativă diferența SPY − RSP după controlul pentru randamentele sectoriale?
  - regresați d_t pe randamentele logaritmice zilnice ale ETF-urilor sectoriale SPDR
  - testați H_0: termenul liber $= 0$, cu erori standard HAC
- **Regresorii și fereastra**, fixate înainte de estimare
  - specificația principală: cele nouă Select Sector SPDR lansate în decembrie 1998 (XLB, XLE, XLF, XLI, XLK, XLP, XLU, XLV, XLY)
  - acestea acoperă toată fereastra mini studiului de caz
  - XLRE (imobiliare, 2015) și XLC (comunicații, 2018) doar într-o a doua specificație, mai scurtă, cu fereastra raportată
- Alinierea doar pe zilele cu toți regresorii taie tacit eșantionul la 2018–2026 dacă include XLC
  - termenul liber ar estima atunci diferența dintr-o altă perioadă
- RSP se reechilibrează trimestrial la ponderi egale
  - deci coeficienții sectoriali nu sînt perfect constanți

Ce am aflat: incertitudinea estimărilor

- O comparație este credibilă doar cu datele potrivite și calendarul potrivit
  - și cu un interval de încredere corect calculat
- Un „preț zilnic" depinde de locul și de momentul observării
- Fiecare generație de modele a rezolvat o problemă nouă cu date și putere de calcul noi
  - fără să le înlocuiască pe cele anterioare
- Bulele și crahurile revin de patru secole
- Media și raportul Sharpe se cunosc doar cu precizia dată de numărul de ani
  - un interval care îl conține pe zero înseamnă „neconcludent", nu „egal"
- Investițiile pasive ponderate după capitalizare reproduc concentrarea pieței
- O afirmație, umană sau generată de AI, are nevoie de
  - o estimație, un interval, o explicație alternativă și o limită declarată

Întrebări de recapitulare și Capitolul 1

Întrebări de recapitulare

- De ce nu scade SE a unui randament mediu cînd folosiți date zilnice în loc de date lunare?
- De ce aliniem prețurile Bitcoin și S&P 500 pe zilele comune înainte de a calcula randamentele?
- Diferența a două rapoarte Sharpe are intervalul de 95% $[-0{,}65;\ +0{,}88]$: ce puteți concluziona?
- De ce raportul SPY/RSP nu măsoară deținerea pasivă?

Capitolul 1: fapte stilizate

- Cît de groase sînt cozile randamentelor zilnice și este kurtosis-ul finit?
- Are volatilitatea memorie lungă?
- De la ce orizont randamentele se apropie de distribuția Normală?
- Sînt aceste fapte valabile pentru S&P 500, Bitcoin, acțiunile BVB și EUR/RON?

- **Pentru aprofundare**: bibliografia de bază și cursurile Quantinar (▸ Anexă)

Decizia practică

- **Ce aleg**
  - fiecare medie și fiecare raport Sharpe cu SE și interval de 95%, pe aceeași fereastră și pe zilele comune
  - SE iid ($\sigma_A/\sqrt{Y}$; circa $1/\sqrt{Y}$ pentru Sharpe) ca prim calcul, alături de un bootstrap pe blocuri (reeșantionează blocuri de zile consecutive, păstrînd autocorelația)
  - diferența a două active testată direct, pe zilele comune, nu prin suprapunerea intervalelor
- **În ce condiții**
  - SE iid presupune randamente necorelate, cu variață constantă
  - SE a raportului Sharpe și a corelației presupune moment de ordin patru finit, pus sub semnul întrebării în Capitolul 1
  - mai multe comparații cer o corecție pentru testare multiplă (Bonferroni: niciuna dintre cele 10 perechi nu rămîne semnificativă)
- **Ce rezultat m-ar face să renunț**
  - la SE iid: un interval bootstrap pe blocuri mult mai larg (corelația acțiuni–obligațiuni: de 1,59 ori)
  - la o „primă": un semn care se schimbă între ferestre fixate dinainte (SPY − RSP: −2,28%, apoi +2,85% pe an)

Modelele financiare (1/2): calculul cuantic, principii



IBM Quantum System One, Ehningen (Germania), 2021

Foto: IBM (compania International Business Machines) Research (2021); CC BY 2.0; Wikimedia Commons

- **Problema**: evaluarea și riscul prin Monte Carlo cer milioane de scenarii simulate
- **Ideea** (Orús, Mugel & Lizaso (2019); Herman et al. (2023); Anexă)
  - un calculator cuantic lucrează cu qubiți, care se pot afla într-o superpoziție de 0 și 1
  - interferența face răspunsul corect mai probabil
- **Cîștig demonstrat** (Montanaro (2015); Anexă)
  - eroare ε: circa $1/\varepsilon^2$ simulări clasice față de $1/\varepsilon$ pași cuantici, de exemplu 10^8 față de 10^4 pentru $\varepsilon = 10^{-4}$
  - cîștigul este pătratic, nu exponențial

Modelele financiare (2/2): calculul cuantic, limite

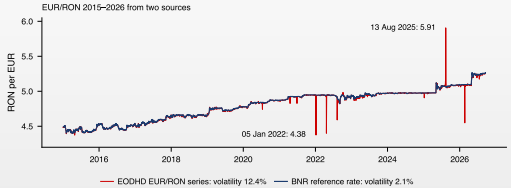


IBM Quantum System One, Ehningen (Germania), 2021

Foto: IBM Research (2021); CC BY 2.0; Wikimedia Commons

- **Încă inaplicabil în practică** (Chakrabarti et al. (2021); Anexă)
  - qubiți de azi sînt zgomotoși
  - pentru produsele și algoritmii studiați (un autocallable și un TARF, target accrual redemption forward), o evaluare utilă cere circa 8 000 de qubiți logici
- Nicio generație de modele nu le-a înlocuit pe cele anterioare
  - VaR se calculează încă des cu GARCH sau prin simulare istorică
  - modelele factoriale rămîn reperul pentru ML
- Axa timpului: Anexă
- Sinteza etapelor și a condițiilor care le-au făcut posibile: Anexă

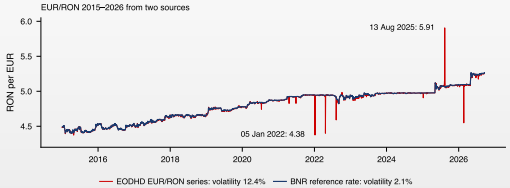
Erori în date: o cotație EUR/RON suspectă (1/2)



- Graficul: EUR/RON (lei pentru un euro)
  - roșu: seria EODHD (cotații interbancare agregate, nu un curs oficial)
  - albastru: cursul de referință BNR
- **Întrebări pentru sală**: pe 13 aug. 2025, seria EODHD urcă de la 5,0636 la 5,9065 lei
  - +15,4% ca variație logaritmică, apoi revine a doua zi
  - eveniment de piață sau eroare în date?
  - cum ați decide?

MFM_ch0_romania

Erori în date: o cotație EUR/RON suspectă (2/2)



- **Răspuns**: o **cotație eronată (bad tick)**
  - saltul se inversează imediat, iar cursul BNR, o a doua sursă, nu variază
  - similar: $\pm 12\%$ în ian. 2022
  - volatilitatea anualizată 2015–2026: 12,4% cu aceste cotații, 2,1% cu cursul BNR, sursa de referință pentru EUR/RON
- Alte erori din datele cursului: randamentul la 10 ani al României
  - o valoare de 0,00% pe 24 dec. 2013
  - valori duplicate duminica, la sfîrșitul lui 2022

MFM_ch0_romania

Raportul Sharpe: precizie și rata fără risc

- SPY, 2015–2026: $\widehat{\mathrm{SR}}_A = 0{,}82$, SE $= 0{,}29$
  - interval de încredere de 95% [0,25; 1,39]
- Ca și media, SR este cunoscut doar cu circa $\pm 2/\sqrt{Y}$
  - un eșantion de 11,7 ani nu distinge între 0,8 și 0,5
- Cu o rată fără risc $r_f > 0$, raportul Sharpe este $(\mu_A - r_f)/\sigma_A$
  - fiecare SR scade cu r_f/σ_A, cel mai mult la activele cu volatilitate mică
  - $r_f = 2\%$ reduce SR cu 0,20 la $\sigma_A = 10\%$ și doar cu 0,05 la $\sigma_A = 40\%$
  - în Capitolul 0 luăm $r_f = 0$
- Derivarea prin metoda delta și efectul cozilor groase, al dependenței și al selecției asupra SE: Anexă

Testarea schimbării corelației acțiuni–obligațiuni (1/3)

- Corelația S&P 500 – TLT calculată pe fiecare subperioadă (nu media corelațiilor pe fereastră mobilă)
  - $-0{,}47$ în 2010–2020 ($n = 2\,769$), $+0{,}11$ în 2022–2026 ($n = 1\,182$)
  - o variație de $+0{,}58$
- **Testul Fisher** z pentru H_0: cele două corelații adevărate sînt egale

$$z = \frac{\operatorname{atanh} \hat{\rho}_2 - \operatorname{atanh} \hat{\rho}_1}{\sqrt{1/(n_1 - 3) + 1/(n_2 - 3)}}$$

  - $\hat{\rho}_k$, n_k: corelația empirică și numărul de perechi zilnice din perioada k
  - pentru perechi iid dintr-o distribuție Normală bivariată, $\operatorname{atanh} \hat{\rho} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+\hat{\rho}}{1-\hat{\rho}}$ are aproximativ distribuția Normală, cu varianța $1/(n-3)$
  - sub H_0, z urmează distribuția Normală standard
- Rezultat: $z = 17{,}9$, $p < 10^{-10}$
  - inferența pe corelații presupune moment de ordin patru finit, pus sub semnul întrebării în Capitolul 1

MFM_ch0_correlations

Testarea schimbării corelației acțiuni–obligațiuni (2/3)

- Intervalul iid pentru variație, pe scara corelației

$$(\hat{\rho}_2 - \hat{\rho}_1) \pm 1{,}96 \sqrt{\frac{(1-\hat{\rho}_1^2)^2}{n_1 - 3} + \frac{(1-\hat{\rho}_2^2)^2}{n_2 - 3}}$$

  - $(1-\rho^2)^2/(n-3)$: varianța corelației empirice, obținută prin metoda delta din $\mathrm{Var}(\operatorname{atanh}\hat{\rho}) \approx 1/(n-3)$
  - aici $0{,}58 \pm 1{,}96 \times 0{,}032$, adică [0,52; 0,65]
- Gruparea volatilității induce dependență între perechi, iar cozile groase contrazic normalitatea
  - intervalul iid este prea îngust
- **Bootstrap staționar**: blocuri de zile consecutive, de lungimi aleatoare (20 de zile în medie)
  - interval de 95% [0,48; 0,68], de 1,59 ori mai larg, care tot nu îl conține pe 0

MFM_ch0_correlations

Testarea schimbării corelației acțiuni–obligațiuni (3/3)

- Tipul de dovadă: asociere (variabilele se mișcă împreună; nu dovedește o relație cauzală)
  - testul arată o schimbare a asocierii, nu cauza ei
  - șocul inflației și al dobînzilor din 2022 cere un test separat
  - dobînzile și curba randamentelor: Anexă
- Ferestrele sînt o alegere
  - lasă deoparte anul 2021, cînd inflația din SUA a început să crească, și anii dinainte de 2010
  - o concluzie care depinde de punctul de tăiere este fragilă
  - raportați variația și cu 2021 inclus sau cu un început mai timpuriu, cu ferestrele alternative fixate dinainte
- **Întrebare pentru sală**: pe scara atanh, SE este $\sqrt{1/2\,766 + 1/1\,179} = 0{,}035$
  - care perioadă contribuie mai mult și de ce?

Testarea schimbării corelației acțiuni–obligațiuni (3/3)

- Tipul de dovadă: asociere (variabilele se mișcă împreună; nu dovedește o relație cauzală)
  - testul arată o schimbare a asocierii, nu cauza ei
  - șocul inflației și al dobînzilor din 2022 cere un test separat
  - dobînzile și curba randamentelor: Anexă
- Ferestrele sînt o alegere
  - lasă deoparte anul 2021, cînd inflația din SUA a început să crească, și anii dinainte de 2010
  - o concluzie care depinde de punctul de tăiere este fragilă
  - raportați variația și cu 2021 inclus sau cu un început mai timpuriu, cu ferestrele alternative fixate dinainte
- **Întrebare pentru sală**: pe scara atanh, SE este $\sqrt{1/2\,766 + 1/1\,179} = 0{,}035$
  - care perioadă contribuie mai mult și de ce?
- **Răspuns**: 2022–2026, cu $1/1\,179 = 0{,}00085$ față de $0{,}00036$
  - fereastra mai scurtă domină incertitudinea unei diferențe

MFM_ch0_correlations

Studiu de eveniment: taxa bancară din decembrie 2018 (1/4)

- **Întrebare**: cît a pierdut Banca Transilvania (TLV) la anunțul taxei bancare, dincolo de scăderea pieței?
- Taxa a fost anunțată în seara de 18 dec. 2018, deci ziua 0 este 19 dec. 2018
- **Modelul pieței**, estimat prin OLS pe fereastra de estimare $[-250, -11]$, $T = 240$ de zile

$$r_{i,t} = a + b\, r_{m,t} + \varepsilon_t$$

  - OLS: ordinary least squares
  - $r_{i,t}$, $r_{m,t}$: randamentele logaritmice zilnice ale TLV (închidere ajustată) și ale BET
  - fereastra de estimare se oprește la ziua -11, ca evenimentul să nu influențeze $\hat{a}$ și $\hat{b}$

Studiu de eveniment: taxa bancară din decembrie 2018 (2/4)

- **Randamentul anormal** (AR) și **randamentul anormal cumulat** (CAR) pe fereastra evenimentului $[0, +5]$

$$AR_\tau = r_{i,\tau} - (\hat{a} + \hat{b}\, r_{m,\tau}), \qquad CAR[0,+5] = \sum_{\tau=0}^{5} AR_\tau$$

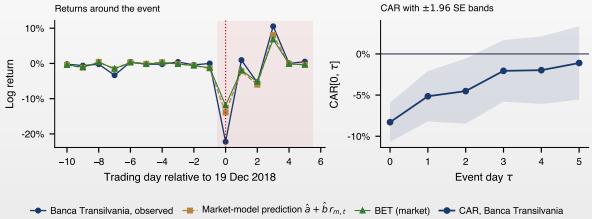
  - AR: abnormal return; CAR: cumulative abnormal return

- Testul pentru H_0: anunțul nu are efect în ziua 0

$$t = \frac{AR_0}{\mathrm{SE}(AR_0)}, \qquad \mathrm{SE}(AR_0) = \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{1 + \frac{1}{T} + \frac{(r_{m,0} - \bar{r}_m)^2}{S_{mm}}}$$

  - $\hat{\sigma}_\varepsilon$: abaterea standard a reziduurilor
  - $S_{mm} = \sum_t (r_{m,t} - \bar{r}_m)^2$ pe fereastra de estimare
  - SE include și eroarea de estimare a lui $\hat{a}$ și $\hat{b}$, nu doar zgomotul zilei (MacKinlay (1997))
  - cu erori Normale iid, t urmează sub H_0 distribuția Student cu $T - 2$ grade de libertate
  - pentru CAR se însumează $L = 6$ zile, iar SE se calculează analog

Studiu de eveniment: taxa bancară din decembrie 2018 (3/4)



- Stînga: randamentele logaritmice zilnice ale TLV, ale BET și predicția modelului
  - în zilele $-10 \ldots +5$
  - zona roșie: fereastra evenimentului
- Dreapta: $CAR[0, \tau]$, cumulat pînă în ziua τ, cu banda de $\pm 1{,}96$ SE
- Ziua 0: TLV $-22{,}2\%$, predicția modelului $-13{,}9\%$
  - deci $AR_{\mathbf{0}} = -8{,}3\%$, $t = -6{,}85$, $p < 10^{-\mathbf{10}}$
- $CAR[0, +5] = -1{,}1\%$, SE 2,27%, $t = -0{,}48$, $p = 0{,}63$
  - banda conține 0 din ziua 3

MFM_ch0_seminar

Studiu de eveniment: taxa bancară din decembrie 2018 (4/4)

- Estimările modelului pieței: $\hat{b} = 1{,}18$, $\hat{\sigma}_\varepsilon = 0{,}83\%$ pe zi
- Reacția anormală din ziua 0 este clară, dar zilele 1–3 recuperează cea mai mare parte a șocului
  - pe o săptămînă, efectul cumulat nu se distinge de zgomot
- Tipul de dovadă: identificare cauzală a reacției din ziua 0
  - dacă nicio altă știre nu a sosit în ziua 0; predicția modelului pieței ține locul contrafactualului, cu limitele de mai jos
- Limită: BET include TLV și BRD cu ponderi mari
  - predicția absoarbe o parte din șocul băncilor, iar AR îl subestimează
- Limită: anunțul a afectat toate băncile în aceeași seară
  - deci AR al unei bănci nu este independent de al celorlalte
- Exerciții: Seminarul 0, B7 (TLV) și B8 (BRD)

Exemplu rezolvat: arbitrajul menține prețul ETF-ului aproape de NAV

- Cifre ilustrative: NAV $= 100$, prețul de piață al ETF-ului $P = 100{,}50$
  - deci **prima** $(P - \text{NAV})/\text{NAV} = 0{,}5\%$
- **Întrebări pentru sală**
  - ce tranzacție face un participant autorizat?
  - ce se întîmplă cu prima?

Exemplu rezolvat: arbitrajul menține prețul ETF-ului aproape de NAV

- Cifre ilustrative: NAV $= 100$, prețul de piață al ETF-ului $P = 100{,}50$
  - deci **prima** $(P - \text{NAV})/\text{NAV} = 0{,}5\%$
- **Întrebări pentru sală**
  - ce tranzacție face un participant autorizat?
  - ce se întîmplă cu prima?
- **Răspuns**: AP cumpără coșul cu 100 și îl predă emitentului
  - primește o unitate ETF nouă și o vinde cu 100,50
  - cîștig de 0,50 înainte de costuri
  - oferta suplimentară de unități ETF reduce prețul pînă cînd prima dispare
  - la un **discount** $(P < \text{NAV})$, AP cumpără unități ETF și le răscumpără contra coșului
- Primele persistă cînd NAV-ul nu este actualizat sau coșul este nelichid
  - viteza cu care dispar se măsoară cu timpul de înjumătățire al unui AR(1), model autoregresiv de ordinul 1 (Anexă)

Studiu de caz: de unde provin ec. (5) și rata de transmitere (1/2)

- Ipotezele ec. (5) (Secțiunea V.A)
  - toți investitorii activi au aceeași elasticitate proprie $\bar{\mathcal{E}}$
  - cei care trec la administrare pasivă sînt reprezentativi pentru investitorii activi
- Pasul 1: introducem ec. (4) în media ponderată cu deținerile (ec. 2)

$$\mathcal{E}_{agg} = \alpha\,(\bar{\mathcal{E}} - \chi\,\mathcal{E}_{agg}) \quad \Rightarrow \quad \mathcal{E}_{agg} = \frac{\alpha\,\bar{\mathcal{E}}}{1+\chi\alpha}$$

  - deținerile active au ponderea α, cele pasive contribuie cu 0
- Pasul 2: împărțim la valoarea cu toți investitorii activi, $\bar{\mathcal{E}}/(1+\chi)$, adică la $\alpha = 1$

$$\frac{\alpha(1+\chi)}{1+\chi\alpha} = \alpha + (1-\alpha)\,\frac{\chi\alpha}{1+\chi\alpha}$$

  - rezultatul este ec. (5) scrisă ca o singură fracție

Studiu de caz: de unde provin ec. (5) și rata de transmitere (2/2)

- Pasul 3: elasticitatea lui $\mathcal{E}_{agg}$ în raport cu α este rata de transmitere din ec. (28)

$$\frac{d \ln \mathcal{E}_{agg}}{d \ln \alpha} = 1 - \frac{\chi\alpha}{1+\chi\alpha} = \frac{1}{1+\chi\alpha}$$

- Exemplu, $\chi = 1$ și $\alpha = 0{,}5$
  - ec. (5) dă $0{,}5 \times 2/1{,}5 = 0{,}5 + 0{,}5 \times 0{,}5/1{,}5 = 0{,}67$
  - rata de transmitere este $1/1{,}5 = 0{,}67$
  - deci o scădere cu 1% a lui α reduce $\mathcal{E}_{agg}$ cu circa 0,67%
- Dacă investitorii cei mai elastici trec primii la administrare pasivă
  - ipoteza de reprezentativitate nu mai este valabilă (Seminarul 0, C3)

Temă de proiect propusă: fluxul de lucru

- **Reproduceți întîi**: SPY $\times 12{,}7$, RSP $\times 11{,}9$ și statisticile t din mini studiul de caz
  - cu aceleași definiții: randamente logaritmice ale prețurilor ajustate, aliniate pe zilele comune
- **Preînregistrați**, într-un commit făcut înainte de rezultate
  - H_0, H_1, testul, eșantionul, lagul HAC L (Anexă) și corecțiile
- **Raportați**: estimația, eroarea standard, MDE și toate specificațiile încercate
- **Publicați** codul ca Quantlet
- **Consemnați**
  - prompturile care au influențat decizii în `AI_USE.md`
  - fiecare eroare depistată în `AI_ERRORS.md`

Harta cursului, 20 de capitole

- **0** Pieţele financiare în 2026
- **1** Fapte stilizate şi randamente
- **2** Eficienţa pieţei: de la EMH la pieţe adaptive
- **3** Modele factoriale şi evaluarea activelor
- **4** Optimizarea portofoliului
- **5** Volatilitate condiţionată: modele GARCH
- **6** Volatilitate multivariată şi dependenţă
- **7** VaR şi Expected Shortfall
- **8** Backtesting şi evaluarea prognozelor de risc
- **9** Volatilitate realizată
- **10** Microstructura pieţei
- **11** Modele în timp continuu
- **12** Opţiuni şi suprafaţa de volatilitate
- **13** Machine Learning în finanţe
- **14** Deep learning şi modele fundaţionale pentru serii de timp
- **15** LLM-uri şi analiza sentimentului
- **16** Active digitale şi DeFi
- **17** Bule şi crahuri
- **18** Risc sistemic şi reţele
- **19** Recapitulare şi prezentarea proiectelor

Înapoi

Bibliografie de bază și aprofundare

- Franke, Härdle & Hafner (2019), *Statistics of Financial Markets*, ed. a 5-a: referința statistică principală
- Campbell, Lo & MacKinlay (1997), *The Econometrics of Financial Markets*
- Brandimarte (2018), *An Introduction to Financial Markets: A Quantitative Approach*
- Härdle & Simar (2019), *Applied Multivariate Statistical Analysis*
- Härdle, Chen & Overbeck (2017) (ed.), *Applied Quantitative Finance*, ed. a 3-a
- Härdle, Harvey & Reule (2020), „Understanding cryptocurrencies", *Journal of Financial Econometrics*
- Cursuri avansate pe quantinar.com
  - Statistics of Financial Markets
  - Digital Transformation on Finance
  - Cryptos, NFTs, Digital Assets
  - Introduction to Blockchain and Cryptocurrencies

înapoi

Termeni pentru clasele de active

- Piața monetară
  - **titluri de trezorerie (T-bills)**: titluri de stat cu scadența sub un an
  - **repo**: acord de răscumpărare, un împrumut pe termen scurt garantat cu titluri
- Derivate
  - **futures**: contract de cumpărare sau vînzare la o dată viitoare, la un preț fixat azi
  - **opțiuni**: dreptul, nu obligația, de a cumpăra sau vinde la un preț fixat
  - **swap-uri**: schimburi de fluxuri de numerar
- Riscuri
  - **risc idiosincratic**: specific unei singure companii
  - **risc de contrapartidă**: partea cealaltă a contractului poate să nu plătească
- Infrastructură
  - **sistem multilateral de tranzacționare (MTF)**: loc de tranzacționare operat în afara unei burse reglementate
  - **contraparte centrală (CCP)**: devine cumpărătorul fiecărui vînzător și vînzătorul fiecărui cumpărător
  - **bancă custode** (custodian): păstrează titlurile

Înapoi

Locurile de tranzacționare

Loc	Mecanismul de execuție	Informație vizibilă	Exemple
Bursă	registru central de ordine limită, licitații	cotații și tranzacții	NYSE, Nasdaq, BVB
Dealer OTC	bilateral, cu un dealer	puțin, după tranzacție	obligațiuni, valută, swap-uri
Dark pool	la un preț preluat de pe piețele publice	nimic înainte de tranzacție	ordine mari pe acțiuni
Platformă cripto centralizată	registru de ordine operat de o companie, 24/7	cotații și tranzacții	Bitcoin, Ether spot
AMM (descentralizat)	un pool cu două tokenuri, preț dat de o formulă	pool-ul, pe blockchain	Capitolul 16

- **OTC**: negociat între două părți, fără bursă
- **AMM**: formator de piață automat, un contract inteligent care tranzacționează fără operator
- Makarov & Schoar (2020): între sutele de platforme cripto apar diferențe de preț mari și persistente
  - menținute de controalele de capital și de costuri

Înapoi

Licitații și tranzacționare continuă

Licitații (call auctions)

- Ordinele se acumulează, apoi se execută la un preț unic
  - cel care maximizează volumul tranzacționat
- Folosite de majoritatea burselor la deschidere și la închidere
- Concentrează lichiditatea
  - licitația de închidere dă prețul de închidere folosit în curs

Tranzacționare continuă

- Fiecare ordin nou se execută imediat, dacă are contrapartidă
  - întîi cel mai bun preț, apoi ordinul cel mai vechi
- Viteza aduce un avantaj
  - **tranzacționarea de înaltă frecvență (HFT)** operează în microsecunde
- Budish, Cramton & Shim (2015): licitații frecvente pe loturi, pentru a elimina cursa pentru viteză

Înapoi

De la ringul bursier la ecrane



Ringul NYSE, 2011

Foto: Carol M. Highsmith (2011); domeniu public; Wikimedia Commons



Ecrane electronice, Chicago Board of Trade, 1992

Foto: Lars Plougmann (1992); CC BY-SA 2.0; Wikimedia Commons

- **Tranzacționare prin strigare** (open outcry)
  - agenții de bursă tranzacționau în ring, prin strigăte și semne cu mîna
- Registrele electronice au preluat treptat tranzacționarea din ring
- Astăzi ordinele se potrivesc automat
  - microstructura pieței: Capitolul 10

Înapoi

Modelul lui Roll pentru oscilația bid–ask

- Modelul: $p_t = m_t + (s/2)\, q_t$
  - m_t: prețul eficient (mers aleator)
  - s: un spread constant, în unități de preț
  - $q_t = \pm 1$: semnul tranzacției, independent, cu probabilități egale și necorelat cu Δm_t
- Atunci $\Delta p_t = \Delta m_t + (s/2)(q_t - q_{t-1})$
- Doar termenul comun q_{t-1} leagă două variații consecutive:

$$\mathrm{Cov}(\Delta p_t, \Delta p_{t-1}) = -\frac{s^2}{4}\,\mathrm{Var}(q_{t-1}) = -\frac{s^2}{4}, \qquad \hat{s} = 2\sqrt{-\hat{\gamma}_1}$$

- $\hat{\gamma}_1$: autocovarianța empirică a variațiilor consecutive ale prețului
  - $\hat{s}$ rezolvă $\gamma_1 = -s^2/4$
- Limite (Roll (1984); Capitolul 10)
  - dacă $\hat{\gamma}_1 > 0$, estimatorul nu este definit ($\hat{\gamma}_1 = 0$ dă $\hat{s} = 0$)
  - și alte forme de dependență influențează $\hat{\gamma}_1$
  - nu orice autocovarianță negativă provine din oscilația bid–ask

Înapoi

Un crah istoric, Marțea Neagră, 1929



Mulțime în fața NYSE, 29 octombrie 1929

Foto: guvernul SUA (1929); domeniu public; Wikimedia Commons

- 29 octombrie 1929 (**Marțea Neagră**)
  - în plin crah, mulțimea se strînge în fața Bursei din New York
- Crahul a adîncit recesiunea americană începută în august 1929 (datarea ciclurilor NBER)
  - prima fază de contracție a Marii Crize a durat pînă în 1933
- Bulele și crahurile: Capitolul 17

înapoi

Tulip mania și bula Mării Sudului, revăzute



Jan Brueghel cel Tînăr, *Satiră despre tulip mania*, c. 1640

Pictură: Jan Brueghel cel Tînăr; domeniu public; Wikimedia Commons



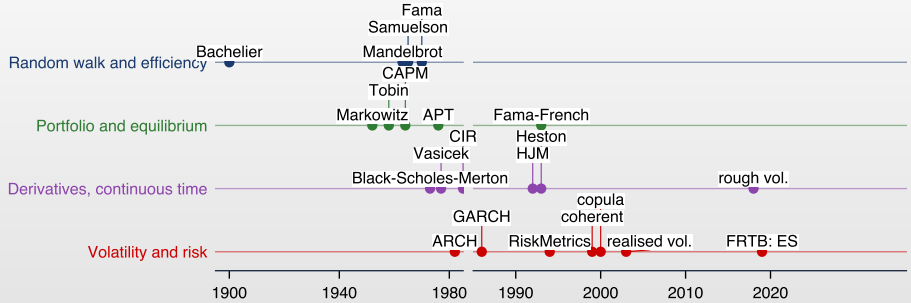
William Hogarth, *The South Sea Scheme*, 1721

Gravură: William Hogarth (1721); CC0; National Gallery of Art, Wikimedia Commons

- Povestea populară despre tulip mania provine în mare parte din pamfletele moralizatoare scrise după crah
- Garber (1989)
  - bulbii rari s-au depreciat ca soiurile noi pe piețele de flori de mai tîrziu
  - bulbii obișnuiți: cîteva săptămîni de iarnă, tranzacții prin taverne, contracte rareori executate
- Goldgar (2007): puține falimente, pagube mici pentru economia olandeză
- Frehen, Goetzmann & Rouwenhorst (2013): în 1720, boom-ul a cuprins Paris, Londra și Amsterdam
  - cu cele mai mari creșteri la firmele legate de comerțul atlantic și de asigurări
- Lecția (Capitolul 17): o bulă se sprijină pe o narațiune despre o schimbare reală
  - datarea ei necesită un model al valorii fundamentale

Înapoi

Modelele financiare, 1900–2026: o privire de ansamblu

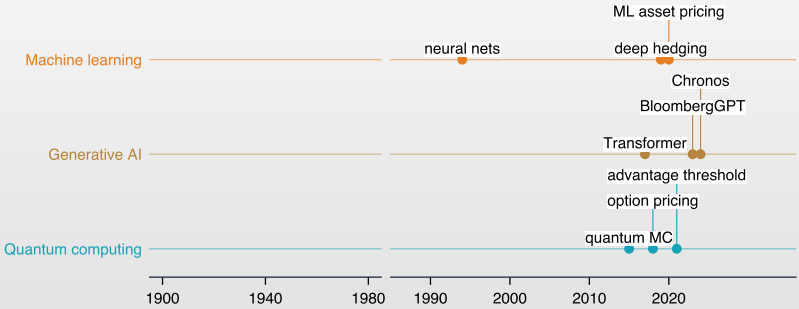


Abrevieri din grafic: CAPM, modelul de evaluare a activelor financiare; APT, teoria evaluării prin arbitraj; Vasicek, CIR (Cox–Ingersoll–Ross) și HJM (Heath–Jarrow–Morton), modele ale ratei dobînzii; ARCH și GARCH, modele de volatilitate condiționată; FRTB: ES, revizuirea fundamentală a portofoliului de tranzacționare, care adoptă expected shortfall; quantum MC, simulare Monte Carlo pe calculatoare cuantice

MFM_ch0_history

înapoi

Machine learning, AI generativă și calcul cuantic



ML, machine learning; AI, artificial intelligence (inteligență artificială); quantum MC, simulare Monte Carlo pe calculatoare cuantice. Axa timpului indică anii reperelor numite.

MFM_ch0_history

înapoi

Originile, mersul aleator și piețele eficiente



Louis Bachelier

Foto: autor necunoscut; domeniu public; Wikimedia Commons

- Bachelier (1900), *Théorie de la spéculation*
  - prețurile titlurilor de stat franceze urmează o mișcare browniană, cu cinci ani înaintea lui Einstein
  - prima formulă de evaluare a opțiunilor
- Mandelbrot (1963): variațiile prețului bumbacului
  - au cozi mult mai groase decît permite distribuția Normală
- Samuelson (1965): mișcarea browniană geometrică păstrează prețurile pozitive
  - randamentele logaritmice urmează distribuția Normală
- Fama (1965), Fama (1970): EMH în trei forme
  - slabă: prețurile trecute
  - semi-tare: informația publică
  - tare: toată informația
- În acest curs
  - faptele stilizate (Capitolul 1), testele de eficiență (Capitolul 2)
  - modelele în timp continuu (Capitolul 11)

Înapoi

Portofolii și evaluarea de echilibru



William F. Sharpe, 2007

Foto: Larry D. Moore (2007); CC BY 4.0; Wikimedia Commons

- Tobin (1958): dacă există un activ fără risc, toți investitorii dețin același portofoliu riscant
  - separarea în două fonduri
- CAPM: $\mathbb{E}[R_i] - r_f = \beta_i \left(\mathbb{E}[R_m] - r_f\right)$ (Sharpe (1964); Lintner (1965); Mossin (1966))
  - doar riscul de piață aduce o primă de risc
  - R_i, R_m: randamentele activului i și ale portofoliului pieței
  - r_f: rata fără risc
  - $\beta_i = \mathrm{Cov}(R_i, R_m) / \mathrm{Var}(R_m)$
  - ipoteze: investitori de tip medie–varianță cu aceleași așteptări, împrumut și plasament la r_f, fără fricțiuni
- APT: absența arbitrajului cu K factori comuni duce la un model factorial liniar (Ross (1976))
  - APT: teoria evaluării prin arbitraj
- Trei factori: piața, mărimea (SMB) și valoarea (HML) (Fama & French (1993))
  - SMB: firme mici minus mari
  - HML: raport valoare contabilă/valoare de piață mare minus mic
- În acest curs: modelele factoriale (Capitolul 3), optimizarea portofoliului (Capitolul 4)

Înapoi

Instrumente derivate și timp continuu



Fischer Black, Myron Scholes, Robert C. Merton

Black: Dalmatine; domeniu public; Scholes: Nobellaureatesphotographer (2008); CC BY-SA 3.0; Merton: Digarnick (2006); domeniu public; Wikimedia Commons

- Black & Scholes (1973); Merton (1973): prețul opțiunii prin replicare dinamică
- Heston (1993): volatilitate stocastică, cu preț al opțiunii în formă închisă
- Gatheral, Jaisson & Rosenbaum (2018): volatilitate aspră (*rough volatility*)
  - logaritmul volatilității urmează o mișcare browniană fracționară cu exponent Hurst în jur de 0,1
  - mișcarea browniană fracționară B^H: gaussiană, cu $\mathrm{Var}(B^H_{t+h} - B^H_t) = |h|^{2H}$, pasul h și exponentul Hurst $H \in (0,1)$
  - $H = 1/2$ este mișcarea browniană, $H < 1/2$ dă traiectorii mai neregulate
- În acest curs: Capitolele 11 și 12

Înapoi

Modelele ratei dobînzii

- Vasicek (1977): $dr_t = \kappa(\theta - r_t)\,dt + \sigma\,dW_t$
  - rata pe termen scurt revine spre nivelul θ, dar poate deveni negativă
- CIR (Cox, Ingersoll & Ross (1985)): $dr_t = \kappa(\theta - r_t)\,dt + \sigma\sqrt{r_t}\,dW_t$
  - volatilitatea scade cînd rata se apropie de zero, astfel încît rata rămîne nenegativă
- HJM (Heath, Jarrow & Morton (1992)): modelează direct întreaga curbă a ratelor forward
  - absența arbitrajului fixează driftul fiecărei rate în funcție de volatilitățile ei
- Notațiile
  - r_t: rata pe termen scurt la momentul t (aici o rată a dobînzii, nu un randament logaritmic)
  - dr_t: variația ei pe intervalul dt
  - $\kappa > 0$: viteza de revenire la medie
  - θ: nivelul pe termen lung
  - σ: volatilitatea ratei
  - dW_t: incrementul unei mișcări browniene, Normal cu media 0 și varianța dt
  - driftul $\kappa(\theta - r_t)$ este pozitiv cînd $r_t < \theta$ și negativ cînd $r_t > \theta$, deci rata este atrasă spre θ

Înapoi

Modele de volatilitate



Robert F. Engle, 2022

Foto: Jon Demske (2022); CC BY-SA 4.0; Wikimedia Commons

- r_t: randamentul zilnic (fără medie)
  - σ_t^2: varianța lui condiționată de trecut
- ARCH (Engle (1982)): $\sigma_t^2 = \omega + \alpha r_{t-1}^2$
  - varianța de azi depinde de șocul de ieri ridicat la pătrat
- GARCH (Bollerslev (1986)): $\sigma_t^2 = \omega + \alpha r_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$
  - adaugă varianța din perioada anterioară
  - $\omega > 0$: o constantă; $\alpha \geq 0$: reacția la șocul de ieri; $\beta \geq 0$: persistența variației
  - $\alpha + \beta < 1$: varianța revine la nivelul ei pe termen lung, $\omega/(1 - \alpha - \beta)$
- RiskMetrics (J.P. Morgan, 1994; J.P. Morgan/Reuters (1996)): $\sigma_t^2 = \lambda \sigma_{t-1}^2 + (1 - \lambda) r_{t-1}^2$
  - o EWMA (medie mobilă ponderată exponențial) a randamentelor la pătrat, cu $\lambda = 0{,}94$ pentru date zilnice
  - factorul de descreștere $\lambda \in (0, 1)$: un λ mai mare înseamnă o memorie mai lungă
  - randamentul de acum k zile primește ponderea $(1 - \lambda)\lambda^{k-1}$: un GARCH(1,1) cu $\omega = 0$ și $\alpha + \beta = 1$
- Volatilitatea realizată din randamente intraday (Andersen et al. (2003))
- În acest curs: Capitolele 5–9

Înapoi

Măsurarea riscului și reglementarea (1/2)

- VaR (valoarea la risc) a unui randament X la probabilitatea de coadă α

$$\mathrm{VaR}_\alpha(X) = -q_\alpha(X), \qquad \mathrm{ES}_\alpha(X) = -\frac{1}{\alpha}\int_0^\alpha q_u(X)\,du$$

  - VaR: pierderea depășită cu probabilitatea α
  - $q_\alpha(X)$: cuantila de ordin α a lui X, cu $P(X \le q_\alpha) = \alpha$
  - „VaR 1%" înseamnă $\alpha = 1\%$ (aici o probabilitate de coadă; în studiul de caz α este ponderea activă)
- ES (expected shortfall): pierderea medie în cele mai rele α din cazuri
  - media cuantilelor q_u cu $u \le \alpha$
  - pentru distribuții continue, $\mathrm{ES}_\alpha(X) = -\mathbb{E}[X \mid X \le q_\alpha(X)]$
  - $\mathrm{ES}_\alpha \ge \mathrm{VaR}_\alpha$: ES ține seama și de mărimea pierderilor de dincolo de VaR
- Basel: din 1996, BCBS permite modele interne de VaR 1% pe 10 zile (BCBS (1996))
  - BCBS: Basel Committee on Banking Supervision
- FRTB îl înlocuiește cu ES 2,5% (BCBS (2019))
  - FRTB: revizuirea fundamentală a portofoliului de tranzacționare

Înapoi

Măsurarea riscului și reglementarea (2/2)

- Măsură a riscului **coerentă** (Artzner et al. (1999)): $\rho(X)$, capitalul necesar pentru poziția X, cu patru proprietăți
  - monotonă: o poziție care plătește mereu mai puțin este mai riscantă
  - invariantă la translație: adăugarea unei sume c în numerar scade ρ cu c
  - pozitiv omogenă: dublarea poziției dublează ρ
  - subaditivă: $\rho(X+Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$, diversificarea nu adaugă risc
- VaR poate încălca subaditivitatea și astfel poate penaliza diversificarea
  - ES este coerentă (Acerbi & Tasche (2002))
- EVT modelează cozile dincolo de majoritatea datelor (Embrechts, Klüppelberg & Mikosch (1997); McNeil & Frey (2000))
  - EVT: teoria valorilor extreme

Înapoi

Copula Gaussiană și criza din 2008 (1/2)

- Li (2000): momentele de default ale emitenților

$$\tau_i = F_i^{-1}(\Phi(Z_i)), \qquad Z_i = \sqrt{\rho}\, M + \sqrt{1-\rho}\, \varepsilon_i$$

  - se obțin din probabilitățile marginale de default F_i și o structură de dependență Normală
  - τ_i: momentul de default al debitorului i
  - $F_i(t)$: probabilitatea ca i să intre în default înainte de t
  - Φ: funcția de repartiție a distribuției Normale standard, care transformă Z_i într-o valoare din $(0, 1)$
  - Z_i: variabila latentă de credit; M: factorul comun; ε_i: șocul propriu
  - $M, \varepsilon_i \sim \mathcal{N}(0, 1)$, independente
  - $0 \leq \rho < 1$: corelația dintre oricare doi Z_i
  - un ρ mai mare face ca defaulturile să apară împreună, $\rho = 0$ le face independente
- Un singur parametru ρ era folosit la evaluarea fiecărei tranșe a unui CDO
  - fiecare tranșă este plătită din portofoliul de credite în ordinea priorității

Înapoi

Copula Gaussiană și criza din 2008 (2/2)

- Slăbiciuni discutate după 2007–2008 (Donnelly & Embrechts (2010))
  - independență asimptotică în coadă: la praguri tot mai extreme, probabilitatea condiționată a unui default simultan tinde la zero
  - la praguri finite, dependența poate rămîne mare
  - gruparea defaulturilor într-o criză extremă este deci slab modelată
  - proprietatea la limită nu dovedește singură o evaluare greșită la pragurile efectiv evaluate
  - corelația implicită din prețurile pieței diferea de la o tranșă la alta, deci un singur ρ nu le putea evalua pe toate consecvent
  - modelul nu are factori economici, deci testele de stres sînt greu de construit
- Lecția: riscul de model
  - dependența în cozi (Capitolul 6)
  - riscul sistemic (Capitolul 18)

înapoi

Machine learning în finanțe

- Hutchinson, Lo & Poggio (1994): rețelele neuronale învață din date prețurile opțiunilor și ratele de acoperire
  - fără formula Black–Scholes
- Gu, Kelly & Xiu (2020): acțiuni americane, 1957–2016
  - arborii și rețelele neuronale depășesc modelele liniare în afara eșantionului, prin interacțiuni neliniare
  - $R^2_{oos} = 1 - \sum(r_{i,t+1} - \hat{r}_{i,t+1})^2 / \sum r^2_{i,t+1}$ pe lunile de test
  - $r_{i,t+1}$: randamentul în exces al acțiunii i în luna $t+1$; $\hat{r}_{i,t+1}$: prognoza lui
  - prognoza de referință este un randament în exces nul, deci numitorul nu este centrat pe medie
  - $R^2_{oos} > 0$: modelul o depășește
- Buehler et al. (2019), deep hedging: o rețea neuronală alege pozițiile de acoperire, cu costuri de tranzacționare
  - astfel încît să minimizeze o măsură de risc convexă, fără model de evaluare
- În acest curs: Capitolele 13 și 14

Înapoi

AI generativă și modele fundaționale

- Transformer-ul (Vaswani et al. (2017)): straturile de atenție citesc în paralel întreaga secvență
- Stă la baza majorității LLM-urilor actuale și a modelelor GPT (Transformer generativ pre-antrenat)
- BloombergGPT (Wu et al. (2023)): un LLM cu 50 de miliarde de parametri
  - corpus de 363 de miliarde de tokenuri de text financiar și 345 de miliarde de tokenuri generale, din care 569 de miliarde folosite la antrenare
- Modele fundaționale pentru serii de timp: Chronos (Ansari et al. (2024))
  - scalează și cuantizează valorile în tokenuri
  - antrenează un model de limbaj pe multe serii și apoi prognozează serii noi zero-shot
- Probleme deschise, pe lîngă deplasarea de anticipare
  - costul, reproductibilitatea
  - atenuarea semnalului atunci cînd este exploatat de mulți traderi
- În acest curs: Capitolele 14 și 15

Înapoi

Calculul cuantic, aplicații testate



IBM Quantum System One, Ehningen (Germania), 2021

Foto: IBM Research (2021); CC BY 2.0; Wikimedia Commons

- Ținta tipică: o medie (Orús, Mugel & Lizaso (2019); Herman et al. (2023))
  - de exemplu prețul unei opțiuni ca payoff așteptat actualizat
- VaR este o cuantilă, nu o medie (Woerner & Egger (2019))
  - QAE (estimarea cuantică a amplitudinii) estimează $P(X \leq x)$
  - o căutare prin bisecție după x găsește q_α
- **Testat** pe cîțiva qubiți
  - evaluarea opțiunilor (Rebentrost, Gupt & Bromley (2018); Stamatopoulos et al. (2020))
  - VaR și ES (Woerner & Egger (2019))

înapoi

Monte Carlo clasic față de estimarea cuantică a amplitudinii (1/2)

- Ținta: $\mu = \mathbb{E}[f(X)]$, media cîștigului actualizat f într-un scenariu de piață aleator X
- MC (Monte Carlo) clasic face media a N scenarii simulate $X_1, \ldots, X_N$

$$\hat{\mu}_N = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} f(X_j), \qquad \mathrm{SE}(\hat{\mu}_N) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

  - σ: abaterea standard a lui $f(X)$
  - precizia ε cere $N = O(\sigma^2/\varepsilon^2)$ simulări
- QAE pregătește starea $\sqrt{1-\mu}\,|\psi_0\rangle|0\rangle + \sqrt{\mu}\,|\psi_1\rangle|1\rangle$ (pentru f scalată în $[0,1]$)
  - μ este probabilitatea de a măsura 1 pe qubitul-obiectiv, încîlcit cu registrul care conține X (Woerner & Egger (2019))
  - $|0\rangle$, $|1\rangle$: stările qubitului-obiectiv
  - $|\psi_0\rangle$, $|\psi_1\rangle$: stările registrului asociate lor
- Un operator de tip Grover aplicat de m ori face eroarea să scadă ca $O(1/m)$
  - $O(1/\varepsilon)$ apeluri ale circuitului de evaluare (Montanaro (2015); Rebentrost, Gupt & Bromley (2018))

înapoi

Monte Carlo clasic față de estimarea cuantică a amplitudinii (2/2)

- *Pătratic* înseamnă: unde MC clasic face N pași, QAE face circa $\sqrt{N}$ (Montanaro (2015))
  - un cîștig exponențial ar însemna circa $\log N$
- În modelul interogărilor de oracol, niciun algoritm cuantic nu face mai bine în cazul cel mai defavorabil
  - pînă la factori logaritmici
- Avantajul nu este încă practic
  - fiecare apel trebuie să încarce distribuția lui X și să ruleze fără erori, ceea ce cere corecția erorilor
  - operațiile cu corecția erorilor sînt mult mai lente decît cele clasice
  - MC clasic se paralelizează ușor pe multe procesoare

Înapoi

Calculul cuantic, limitele practice actuale (1/2)

- Preskill (2018) a numit hardware-ul din 2018 NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum)
  - zeci pînă la cîteva sute de qubiți zgomotoși, fără corecția erorilor
- Numărul de qubiți fizici a crescut între timp (IBM Research (2024))
  - cipul Condor al IBM avea 1 121 de qubiți în 2023
  - atenuarea erorilor: rezultate utile din circuite cu peste 100 de qubiți și 2 000 de operații
- Limita reală: numărul de **qubiți logici**, cu corecția erorilor
  - fiecare construit din mulți qubiți fizici
- Adîncimea utilizabilă a circuitului înainte ca zgomotul să domine
  - depinde de ratele de eroare, de conectivitate și de atenuarea și corecția erorilor

Înapoi

Calculul cuantic, limitele practice actuale (2/2)

- Chiar încărcarea unei distribuții a randamentelor în qubiți este costisitoare
- Chakrabarti et al. (2021): circa 8 000 de qubiți logici, adîncime T de 54 de milioane
  - pentru un autocallable și un TARF; avantajul cuantic ar cere ca programul să ruleze în circa o secundă
  - adîncimea T: straturi succesive ale celei mai lente porți cu corecția erorilor
  - autocallable: note răscumpărate anticipat cînd activul suport atinge o barieră
  - TARF: target accrual redemption forward
  - cifrele sînt o limită superioară pentru aceste produse și algoritmi, nu un prag universal
  - chiar și așa, cerințele depășesc cu mult mașinile actuale

Înapoi

Etapele modelării și capitolele corespunzătoare

Etapa	Condițiile care au făcut-o posibilă	Capitole
Mers aleator, eficiență	teoria probabilităților, serii lungi de prețuri	1, 2, 11
Portofoliu, echilibru	teoria utilității, primele baze de date cu randamente	3, 4
Derivate, timp continuu	calculul stocastic, opțiunile listate (1973)	11, 12
Volatilitate și risc	date zilnice și intraday, reglementarea bancară	5–9
Machine learning	panele mari, putere de calcul ieftină	13
AI generativă	text la scară mare, GPU (procesoare grafice), Transformer-ul	14, 15
Calcul cuantic	hardware nou, încă inaplicabil în practică	perspectivă

- Nicio etapă nu le-a înlocuit pe cele anterioare
  - și volatilitatea implicită se exprimă tot prin formula Black–Scholes

Înapoi

Dependență și dobînzi, notații

- **Corelația**: coeficientul Pearson calculat pe randamente, niciodată pe prețuri
- **Randamentul la scadență**: rata internă de rentabilitate a fluxurilor promise de o obligațiune
  - coincide cu randamentul realizat doar dacă obligațiunea este păstrată pînă la scadență, emitentul plătește integral și cupoanele se reinvestesc la același randament
- **Spread-ul curbei randamentelor**: randamentul titlurilor de stat pe 10 ani minus cel pe 2 ani
  - $y^{\mathbf{10a}} - y^{\mathbf{2a}}$
  - în puncte procentuale sau în puncte de bază (bp), 1 bp $=$ 0,01 pp: 4,3% $-$ 3,8% $=$ 0,5 pp $=$ 50 bp
  - **curbă inversată**: spread negativ, adică dobînda pe 2 ani o depășește pe cea pe 10 ani
  - în SUA a precedat de regulă recesiunile (Estrella & Mishkin (1998))

Înapoi

Scalarea cu $\sqrt{h}$ și raportul variațelor

- Varianța randamentului pe h zile, pentru randamente staționare cu varianța σ^2:

$$\mathrm{Var}\left(\sum_{j=1}^{h} r_{t+j}\right) = h\sigma^2\left[1 + 2\sum_{j=1}^{h-1}\left(1 - \frac{j}{h}\right)\rho_j\right]$$

  - randamentul pe h zile: suma a h randamente zilnice r_{t+j}
  - ρ_j: corelația randamentelor aflate la j zile distanță; ponderea $1 - j/h$: proporția acestor perechi
  - $\rho_j > 0$ mărește varianța pe h zile peste $h\sigma^2$, $\rho_j < 0$ o micșorează
- Regula $\sqrt{h}$ este exactă cînd randamentele sînt **necorelate**, cu **varianță constantă**
  - independența nu este necesară
- **Raportul variațelor** $\mathrm{VR}(h) = \text{Var(randament pe } h \text{ zile)}/(h\sigma^2)$
  - 1 pentru randamente necorelate, sub 1 la revenire spre medie, peste 1 la momentum
  - pentru un AR(1) cu autocorelația de ordinul 1 egală cu ρ, $\mathrm{VR}(h) \to (1+\rho)/(1-\rho)$ cînd h crește
- S&P 500, 2000–2026: $\hat{\rho}_1 = -0{,}10$ și $\widehat{\mathrm{VR}}(20) = 0{,}75$
  - scalarea volatilității zilnice cu $\sqrt{20}$ supraestimează riscul pe 20 de zile (lunar)
  - folosiți funcția de autocorelație sau agregați randamentele
  - teste în Capitolul 2

înapoi

Raportul variațelor și estimarea variației, alte exemple

- EUR/RON, cursul de referință BNR, 2005–2026: $\hat{\rho}_1 = 0{,}17$
  - un AR(1) ipotetic ar da factorul $\sqrt{1{,}17/0{,}83} = 1{,}19$
  - volatilitatea anualizată cu $\sqrt{252}$, 4,4%, ar deveni 5,3%
  - însă $\hat{\rho}_2, \hat{\rho}_3, \hat{\rho}_4 < 0$ compensează efectul lagului 1
  - randamentele lunare dau tot 4,4%
- Seria EUR/RON de la furnizorul de date de piață: cotațiile eronate dau $\hat{\rho}_1 = -0{,}57$
  - ele exagerează volatilitatea
  - sînt erori de eliminat, nu un AR(1)
- Varianța se estimează altfel decît media: pentru randamente iid cu momentul de ordin patru finit

$$\mathrm{Var}(\hat{\sigma}^2) \approx \sigma^4(\kappa - 1)/T, \qquad \kappa = \mathbb{E}[(r_t - \mu)^4]/\sigma^4 \text{ (kurtosisul)}$$

  - precizia crește încet cînd κ este mare (SPY zilnic: $\kappa = 17{,}1$, Capitolul 1)
  - cu gruparea volatilității, $\sigma^4(\kappa - 1)$ devine varianța de termen lung a lui $(r_t - \mu)^2$
  - cu momentul de ordin patru infinit, aproximarea nu mai este valabilă

Înapoi

Raportul Sharpe, metoda delta, cozi groase, dependență și selecție (1/2)

- **Metoda delta**: dacă $\sqrt{T}(\hat{\theta} - \theta) \xrightarrow{d} N(0, \sigma^2)$ și g este derivabilă
  - atunci $\sqrt{T}\left(g(\hat{\theta}) - g(\theta)\right) \xrightarrow{d} N(0, g'(\theta)^2\sigma^2)$
  - θ: un parametru
  - $\hat{\theta}$: estimatorul lui din T observații
  - $\xrightarrow{d}$: convergență în distribuție cînd $T \to \infty$
  - o dezvoltare Taylor de ordinul întîi, $g(\hat{\theta}) \approx g(\theta) + g'(\theta)(\hat{\theta} - \theta)$
  - aceasta transferă eroarea standard de la $\hat{\theta}$ la $g(\hat{\theta})$
- Aplicată lui $\mathrm{SR}_d = \mu_d/\sigma_d$, pentru randamente iid cu distribuția Normală (Lo (2002)):

$$\sqrt{T}\left(\widehat{\mathrm{SR}}_d - \mathrm{SR}_d\right) \xrightarrow{d} N\left(0,\ 1 + \mathrm{SR}_d^2/2\right) \quad \Rightarrow \quad \mathrm{SE}(\widehat{\mathrm{SR}}_A) = \sqrt{\frac{1 + \mathrm{SR}_A^2/(2A)}{Y}} \approx \frac{1}{\sqrt{Y}}$$

  - termenul 1 provine din estimarea mediei, $\mathrm{SR}_d^2/2$ din estimarea abaterii standard

înapoi

Raportul Sharpe, metoda delta, cozi groase, dependență și selecție (2/2)

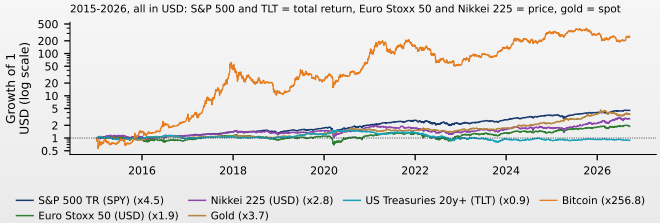
- Randamente iid care nu urmează distribuția Normală, cu asimetria γ_3 și kurtosisul γ_4 (Opdyke (2007))

$$V = 1 - \mathrm{SR}_d\gamma_3 + \mathrm{SR}_d^2(\gamma_4 - 1)/4, \qquad \mathrm{SE}(\widehat{\mathrm{SR}}_A) = \sqrt{AV/T}$$

  - V: varianța asimptotică a lui $\sqrt{T}\,(\widehat{\mathrm{SR}}_d - \mathrm{SR}_d)$
  - $\gamma_3 = \mathbb{E}[(R_t - \mu_d)^3]/\sigma_d^3$, $\gamma_4 = \mathbb{E}[(R_t - \mu_d)^4]/\sigma_d^4$
  - distribuția Normală ($\gamma_3 = 0$, $\gamma_4 = 3$) redă $1 + \mathrm{SR}_d^2/2$
  - pentru $\mathrm{SR}_d > 0$, asimetria negativă și cozile groase măresc V și lărgesc intervalul
  - pentru SPY, SE devine 0,30 în loc de 0,29, pentru că SR zilnic este mic
- Randamente dependente: inferență HAC sau bootstrap studentizat (Ledoit & Wolf (2008))
- Selecția ex post a celui mai bun activ sau a celei mai bune strategii dintre multe exagerează SR
  - SR deflatat corectează efectul (Bailey & López de Prado (2014), Capitolul 13)

Înapoi

Clasele de active din 2015 încoace



- Valoarea a 1 USD investit pe 2 ian. 2015, scară logaritmică
- SPY și TLT sînt în randament total
- Euro Stoxx 50 și Nikkei 225 sînt indici de preț, fără dividende
  - comparația cu SPY nu este deci între randamentele totale ale unor investiții echivalente
  - convertiți în USD cu cursurile zilnice de la FRED
- Obligațiunile de stat pe termen lung au încheiat perioada sub nivelul din 2015 ($\times 0{,}9$)

MFM_ch0_cross_asset

înapoi

Selecție, deplasarea de supraviețuire și orizont (1/2)

- **Selecția**: multiplul $\times 257$ al Bitcoin este ales ex post dintre mii de monede
  - unele dispărute (deplasarea de supraviețuire)
  - cel mai bun raport Sharpe dintre multe trebuie deflatat
- **Orizontul**: adîncimea drawdown-ului maxim crește cu lungimea eșantionului
  - dacă logaritmul prețului este o mișcare browniană fără drift, cu volatilitatea anuală σ
  - cea mai mare scădere logaritmică de la un maxim, $D = \max_{s \leq t \leq T} (\ln P_s - \ln P_t)$
  - are $E[D] = \sqrt{\pi/2}\,\sigma\sqrt{T}$, cu T în **ani** (Magdon-Ismail et al. (2004))

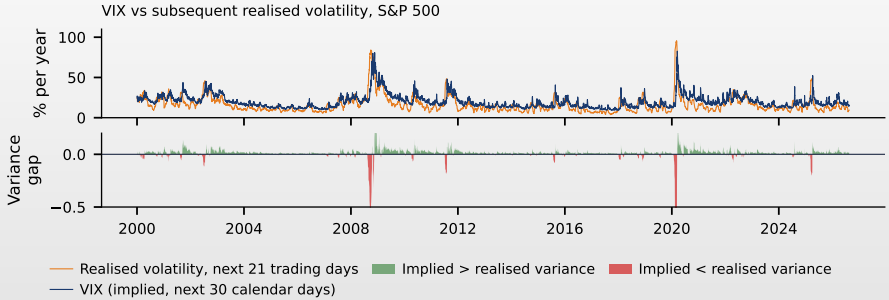
înapoi

Selecție, deplasarea de supraviețuire și orizont (2/2)

- Cu $\sigma = 17{,}6\%$: $E[D] = 0{,}70$ pe 10 ani și 1,40 pe 40 de ani
  - adică -50% și -75% ca scădere de preț, $e^{-E[D]} - 1$
- MDD-ul procentual așteptat, $E[e^{-D}] - 1$, este mai mic în modul (inegalitatea lui Jensen)
  - circa -47% și -71% pe traiectorii simulate
- Cu un drift pozitiv, ca la S&P 500, MDD-ul așteptat este și mai mic
  - cifrele arată creșterea cu $\sqrt{T}$, nu sînt o prognoză
- BET: $-82{,}5\%$ pe 29 de ani, deci nu se compară cu MDD-ul S&P 500 pe 11,7 ani

Înapoi

Varianța implicită și varianța realizată (1/2)



- Panoul de sus: VIX și volatilitatea realizată în următoarele 21 de zile de tranzacționare
  - VIX: implicit, următoarele 30 de zile calendaristice; ambele în % pe an
- Panoul de jos: $(\mathrm{VIX}/100)^2$ minus varianța realizată
  - verde cînd varianța implicită o depășește pe cea realizată, roșu altfel

MFM_ch0_drawdowns_vix

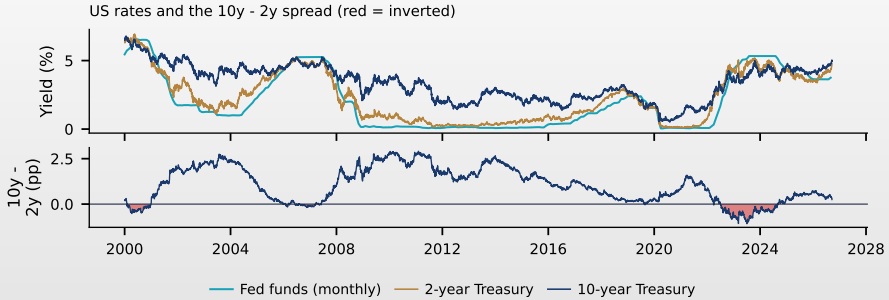
înapoi

Varianța implicită și varianța realizată (2/2)

- $(\mathrm{VIX}/100)^2$: varianța anualizată a S&P 500 pe 30 de zile, așteptată sub probabilitatea **neutră la risc**
- **Prima de risc de varianță**: varianța așteptată neutră la risc minus cea sub probabilitatea reală
  - pozitivă în medie (Carr & Wu (2009))
- Volatilitatea realizată: $\sqrt{(252/21)\sum r^2}$, pe următoarele 21 de randamente zilnice r
- În 2000–2026, VIX a fost în medie 19,8, iar volatilitatea realizată 16,2
- Ex post, diferența este prima plus eroarea de prognoză
- Bollerslev, Tauchen & Zhou (2009): prima prezice randamentele trimestriale

MFM_ch0_drawdowns_vix

Dobînzile și curba randamentelor (1/2)



- Panoul de sus: randamentele titlurilor de stat SUA pe 2 și 10 ani (zilnic), în %
  - și dobînda fed funds (lunar)
- Panoul de jos: spread-ul 10 ani − 2 ani, în pp
  - roșu: curbă inversată

MFM_ch0_rates

înapoi

Dobînzile și curba randamentelor (2/2)

- Sursa: FRED
- **Fed funds**: dobînda overnight țintită de Rezerva Federală
- Spread-ul 10 ani − 2 ani
  - inversat între 6 iul. 2022 și 26 aug. 2024: 537 de zile de tranzacționare, cel mai lung episod
  - minim −1,08 pp (3 iul. 2023)
- Pe 18 sep. 2026: randamentul la 10 ani 5,01%, cel la 2 ani 4,76%
  - deci spread-ul era 25 bp
  - dobînda fed funds era 3,63% în aug. 2026
- Randamentul la scadență nu este randament realizat
  - TLT a pierdut valoare în 2015–2026

MFM_ch0_rates

Închideri asincrone

- Bitcoin (24:00 UTC) și S&P 500 (20:00 sau 21:00 UTC)
  - o știre apărută între cele două momente intră în cele două serii în zile diferite
- Cînd seriile au un factor comun, corelația din aceeași zi scade
  - diferența se transferă în corelațiile decalate
  - dacă doar factorul comun se împarte între zile și variațele zilnice rămîn aceleași
  - atunci suma corelațiilor cu lag -1, 0 și $+1$ dă corelația reală (Scholes & Williams (1977); Lo & MacKinlay (1990); Seminarul 0, A12)
  - altfel, se folosesc randamente pe perioade mai lungi (Burns, Engle & Mezrich (1998))
- Bitcoin – S&P 500, 2022–2026, zile comune
  - corelațiile cu lag 0, $+1$ și -1 dau suma $0{,}42 + 0{,}03 - 0{,}05 = 0{,}40$
- Suma este un indiciu, nu o dovadă
  - modelul nu permite corelații decalate negative
  - dar $-0{,}05$ se află la mai puțin de două erori standard iid ($1/\sqrt{n} \approx 0{,}03$ pentru circa 1 180 de zile comune)
  - deci este compatibil cu zgomotul de eșantionare

Înapoi

Corelația în perioade agitate, distorsiunea indusă de volatilitate (1/2)

- Fie o relație stabilă $y = \beta x + \varepsilon$ (β și $\operatorname{Var}\varepsilon$ fixe), cu corelația ρ
- Dacă o estimăm doar în zilele în care varianța lui x este de $(1+\delta)$ ori mai mare, corelația devine (Forbes & Rigobon (2002))

$$\rho^* = \rho\sqrt{\frac{1+\delta}{1+\delta\rho^2}}, \qquad |\rho^*| > |\rho| \quad \text{pentru } \delta > 0,\ 0 < |\rho| < 1$$

  - x: randamentul pieței în care apare șocul (S&P 500)
  - y: randamentul celeilalte piețe; ε: partea lui y care nu depinde de x
  - ρ^*: corelația măsurată în zilele agitate
  - δ: creșterea relativă a lui $\operatorname{Var}(x)$

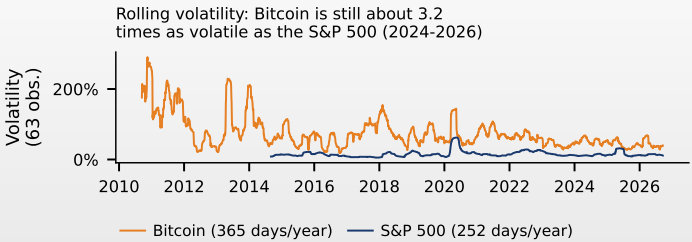
Înapoi

Corelația în perioade agitate, distorsiunea indusă de volatilitate (2/2)

- Bitcoin – S&P 500, 2022–2026, zile împărțite după VIX (cuartila superioară: VIX $> 21{,}8$)
  - corelația este 0,52 în zilele cu VIX ridicat și 0,32 în celelalte zile
  - raportul variațelor S&P 500 între cele două grupuri de zile: $1 + \delta = 4{,}64$
  - $\hat{\rho}$ ajustat $= \rho^* / \sqrt{1 + \delta(1 - \rho^{*2})} = 0{,}27$, prima formulă rezolvată pentru ρ
  - interpretare: 0,27 ajustat nu depășește 0,32 din zilele calme
  - creșterea variației poate explica saltul la 0,52, fără o legătură mai puternică între piețe
- Ajustarea presupune
  - că nu lipsește niciun șoc comun
  - că între cele două piețe nu există feedback

Înapoi

Bitcoin rămîne de cîteva ori mai volatil decît acțiunile

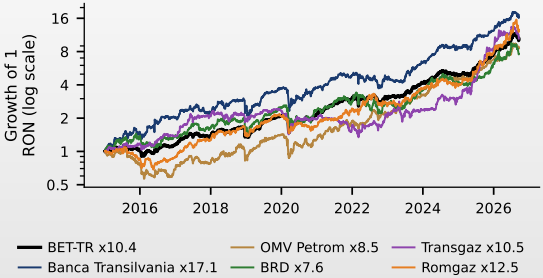


- Volatilitatea anualizată pe fereastră mobilă, pe ultimele 63 de observații
  - circa 3 luni pentru S&P 500 (anualizat cu $\sqrt{252}$)
  - circa 2 luni pentru Bitcoin (anualizat cu $\sqrt{365}$)
- Volatilitatea medie a Bitcoin a fost 65% în 2015–2017 și 46% în 2024–2026
- Volatilitatea medie a S&P 500 în 2024–2026 a fost 14%
  - deci Bitcoin este încă de circa **3,2 ori** mai volatil
- Volatilitatea ambelor serii variază în timp
  - un model cu volatilitate constantă nu descrie bine datele

MFM_ch0_correlations

Înapoi

Acțiunile românești din 2015 încoace

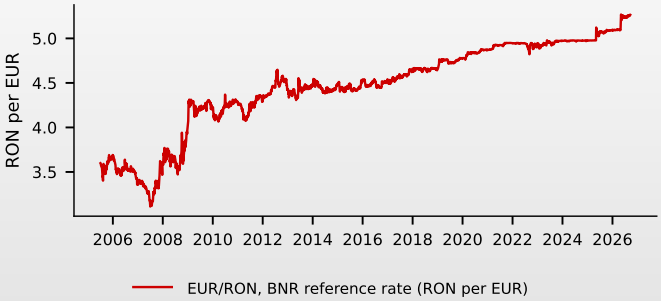


- Creșterea a 1 leu investit în ianuarie 2015, ajustată cu dividendele (preț ajustat)
  - scară logaritmică
- BET-TR $\times 10{,}4$
  - Banca Transilvania ($\times 17{,}1$) și Romgaz ($\times 12{,}5$) au depășit indicele
  - BRD ($\times 7{,}6$) și OMV Petrom ($\times 8{,}5$) au rămas sub el

MFM_ch0_romania

înapoi

Leul, cursul de referință EUR/RON

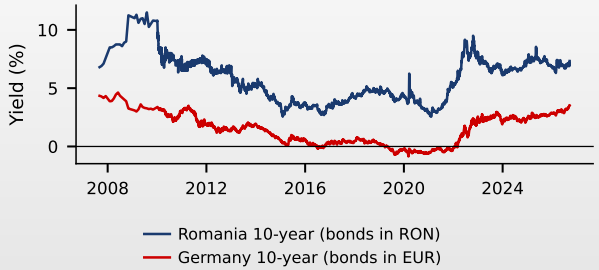


- EUR/RON (cursul de referință BNR) de la 3,60 (4 iul. 2005, după denominarea 1 RON = 10 000 ROL) la 5,26
- Un regim de managed float
  - volatilitate anualizată de 2,1% în 2015–2026
  - perioade calme lungi și salturi ocazionale

MFM_ch0_romania

înapoi

Randamentele titlurilor de stat pe 10 ani, România și Germania



- 18 sep. 2026: România 7,33% (obligațiuni în lei), Germania 3,53% (în euro)
  - o diferență între monede de 3,8 pp
- Diferența **nu** este un spread suveran de credit propriu-zis, ci reflectă simultan
  - deprecierea așteptată a leului, decalajele de inflație și de dobîndă de politică monetară
  - primele de credit, de lichiditate și de termen

MFM_ch0_romania

înapoi

Bursa de Valori București, 1882–1948

- **1 dec. 1882**: bursa de valori și mărfuri își începe activitatea (BVB (istoric))
  - în baza unui decret al Regelui Carol I
- Primele șocuri: răscoala țărănească din 1907 și războaiele balcanice din 1912–1913
  - bursa este închisă pe durata Primului Război Mondial (comunicat BVB (2017))
- După redeschidere: circa 7 ani de creștere puternică, apoi circa 7 ani de declin accentuat (comunicat BVB (2017))
  - suprapuși cu Marea Criză din 1929–1933
- **1929**: o nouă lege a burselor Lege asupra burselor (1929)
  - cu expunerea de motive a ministrului Virgil Madgearu
- **1948**: tranzacționarea se oprește (BVB (istoric))
  - odată cu instaurarea regimului comunist și naționalizarea economiei



Acțiune UDR (Uzinele și Domeniile Reșița), iunie 1926. Scanare: EDHAC e.V.; domeniu public; Wikimedia Commons

Înapoi

Palatul Bursei, sediul istoric al bursei



Foto: Nicolae Ionescu (1928); domeniu public; Wikimedia Commons



Foto: Chainwit. (2023); CC BY 4.0; Wikimedia Commons

- Construit în 1906–1912 Palatul Bursei
  - arhitect Ștefan Burcuș
  - str. Ion Ghica 4
- Sediul Bursei și al Camerei de Comerț
- Din 1955: Biblioteca Centrală de Stat
- Stînga: agenți de bursă, 1928
- Dreapta: clădirea în 2023

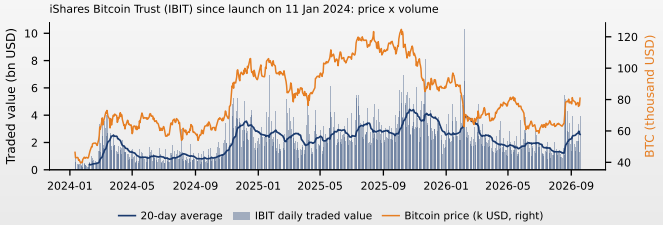
Înapoi

Întrerupere și renaștere, 1948–2023

- **1948–1995**: aproape 50 de ani fără bursă (comunicat BVB (2017))
- **20 nov. 1995**: prima ședință a bursei reînființate (comunicat BVB (2017))
  - 905 acțiuni tranzacționate, emise de cele 6 companii listate
- **1997**: BET pornește cu 10 companii
  - coșul poate cuprinde între 10 și 20 (astăzi, 20; BVB (indici))
  - **BET-FI**: primul indice sectorial, pentru societățile de investiții financiare (SIF-uri, listate în 1999)
- **2010**: BVB își listează propriile acțiuni pe **piața reglementată** (BVB (istoric))
  - piața reglementată: loc de tranzacționare autorizat conform regulilor UE (Uniunea Europeană)
- **2020** și **2023** (BVB (istoric))
  - 2020: FTSE Russell trece România de la statutul de piață de frontieră la cel de piață emergentă
  - 2023: IPO-ul Hidroelectrica
- Cea mai mare variație zilnică a BET: 7 ian. 2009, $-12{,}3\%$ ($-13{,}1\%$ log)
  - după $+4{,}8\%$ în ziua precedentă
  - sursa: arhiva zilnică oficială BVB BVB (indici)

Înapoi

ETF-uri pe Bitcoin spot

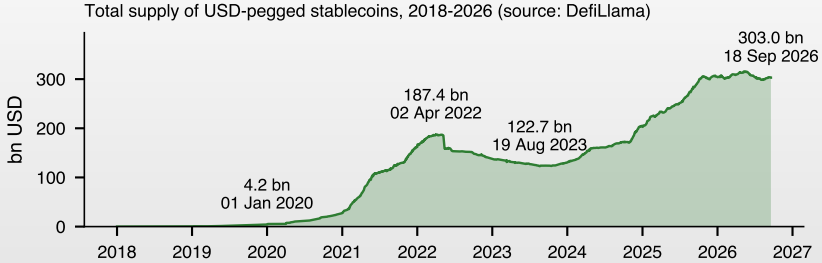


- ETF **spot**: deține activul însuși, nu contracte futures
  - **ETP** (produs tranzacționat la bursă) este categoria mai largă
- ETP-urile pe Bitcoin spot au fost aprobate în SUA pe 10 ian. 2024 (SEC (2024))
- IBIT (iShares Bitcoin Trust), tranzacționat din 11 ian. 2024
  - valoarea tranzacționată zilnică mediană 1,97 mld. USD
  - maximul 10,3 mld. USD (5 feb. 2026)
- Axa din dreapta: BTC, simbolul Bitcoin, în mii USD

MFM_ch0_digital_assets

înapoi

Oferta de stablecoin-uri



- **Oferta**: valoarea în USD a stablecoin-urilor legate de USD aflate în circulație (DefiLlama)
  - 4,2 mld. (1 ian. 2020), maxim 187,4 mld. (2 apr. 2022)
  - minim 122,7 mld. (19 aug. 2023), 303,0 mld. (18 sep. 2026) (Seminarul 0, B10)
- Scăderea din 2022–2023 a urmat crahului TerraUSD și al pieței cripto

MFM_ch0_digital_assets

înapoi

Tokenizare și reglementare

Active reale tokenizate

- **RWA** (real-world assets): obligațiuni, unități de fond, depozite, mărfuri
- Token: un drept asupra unui astfel de activ, pe un registru comun
  - cu transfer și decontare programabile, aproape instantanee
- Exemple: fonduri monetare tokenizate (BIS (2023); BIS (2025))

Reglementare, date-cheie

- UE: MiCA
  - Markets in Crypto-Assets, regulamentul privind piețele criptoactivelor
- SUA: ETP-urile pe Bitcoin spot (ian. 2024) și GENIUS (*Guiding and Establishing National Innovation for U.S. Stablecoins*, legea americană privind stablecoin-urile) Act
  - GENIUS Act: legea stablecoin-urilor de plată
- Datele de intrare în vigoare pot servi ca rupturi structurale în studii de eveniment

- Cadrul și autoritățile: slide-ul următor
- Întrebare statistică: activele tokenizate moștenesc proprietățile activului suport sau pe cele ale piețelor cripto?

înapoi

Reglementarea activelor digitale

	Uniunea Europeană	Statele Unite
Cadru	MiCA, Regulamentul (UE) 2023/1114	GENIUS Act, Public Law 119-27 pentru stablecoins de plată
ETP-uri cripto	titluri de creanță tranzacționate la bursă, cu expunere la criptoactive	ETP-uri pe Bitcoin spot aprobate în ianuarie 2024 (SEC (2024))
Supraveghere	ESMA, EBA, autorități naționale	SEC, CFTC, autorități bancare

- Autoritățile din tabel
  - ESMA: Autoritatea Europeană pentru Valori Mobiliare și Piețe
  - EBA: Autoritatea Bancară Europeană
  - SEC: Securities and Exchange Commission
  - CFTC: Commodity Futures Trading Commission
- BIS: Banca Reglementelor Internaționale, banca băncilor centrale
  - BIS (2023): un „registru unificat" care reunește moneda de bancă centrală, depozitele și activele
  - BIS (2025): stablecoin-urile nu îndeplinesc cele trei criterii ale monedei
  - **unicitatea**: acceptată la paritate de toți
  - **elasticitatea**: oferta urmează nevoia de plăți
  - **integritatea**: rezistența la infracțiuni financiare

Înapoi

Dinamica primelor ETF

- Arbitrajul în termeni statistici: prima modelată ca AR(1)

$$\pi_t = \phi\,\pi_{t-1} + u_t, \qquad \text{timpul de înjumătățire} = \frac{\ln 0{,}5}{\ln \phi}, \quad 0 < \phi < 1$$

- π_t: prima din ziua t
  - ϕ: persistența ei
  - u_t: un nou șoc de evaluare greșită
- Timpul de înjumătățire: numărul de zile în care o primă scade la jumătate
  - soluția ecuației $\phi^h = 0{,}5$
- ϕ apropiat de 1: primele dispar încet
  - ca la ETF-urile pe acțiuni străine sau pe obligațiuni nelichide (Petajisto (2017))
- În SUA, răscumpărările în natură (in-kind) scutesc în plus fondul de distribuirea cîștigurilor de capital
  - o regulă fiscală americană, nu o trăsătură generală

Înapoi

Studiu de caz, sistemul de cerere și estimarea (1/3)

- **Date**: formularele 13F ale administratorilor (Secțiunea III.B)
  - administratori care decid asupra a cel puțin 100 de milioane de dolari în titluri 13(f)
  - caracteristicile X_k: log capitalul propriu contabil (și pătratul lui), profitabilitatea, investițiile, randamentul dividendului
  - caracteristicile sînt transformate spre distribuția Normală
  - universul $\mathcal{N}_i$: acțiunile deținute de investitorul i în ultimii trei ani
- **Cererea** (ec. 13–14):

$$\log(w_{ik}/w_{i\mathbf{0}}) - p_k = \bar{d}_{\mathbf{0}i} + \bar{d}'_{\mathbf{1}i} X_k - \mathcal{E}_{ik}\, p_k + \xi\, \mathcal{E}_{agg,k} + \zeta' \mathcal{E}_{agg,k} X_k + \epsilon_{ik}$$

  - w_{ik}: ponderea acțiunii k în portofoliul investitorului i
  - $w_{i\mathbf{0}}$: activul din afara universului
  - p_k: logaritmul capitalizării, $P_k = e^{p_k}$ (numărul de acțiuni normalizat la 1)
  - $\bar{d}_{\mathbf{0}i}$, $\bar{d}_{\mathbf{1}i}$: termenul liber al cererii și coeficienții caracteristicilor
  - ϵ_{ik}: șocul de cerere

Înapoi

Studiu de caz, sistemul de cerere și estimarea (2/3)

- ξ, ζ: coeficienții lui $\mathcal{E}_{agg,k}$ și ai interacțiunii lui cu X_k
  - ambii proveniți din prețul de referință
- Investitori activi: $\mathcal{E}_{ik} = \bar{\mathcal{E}}_{\mathbf{0}i} + \bar{\mathcal{E}}'_{\mathbf{1}i} X_k - \chi\, \mathcal{E}_{agg,k}$
  - cu termenul liber $\bar{\mathcal{E}}_{\mathbf{0}i}$, coeficienții $\bar{\mathcal{E}}_{\mathbf{1}i}$ și răspunsul strategic χ
  - investitori pasivi: $\mathcal{E}_{ik} = 0$
- Estimările de bază (Secțiunea III.B)
  - $\bar{\mathcal{E}}_{\mathbf{1}i}$ și ζ restricționați la 0 pentru toate caracteristicile, cu excepția capitalului propriu contabil
- **Echilibru** (ec. 17–18): $\sum_i w_{ik} A_i = P_k$ și $\sum_i (w_{ik} A_i / P_k)\, \mathcal{E}_{ik} = \mathcal{E}_{agg,k}$
  - A_i: activele investitorului (nu factorul de anualizare A)

Înapoi

Studiu de caz, sistemul de cerere și estimarea (3/3)

- **Estimatorul**: GMM cu o problemă de punct fix rezolvată prin metoda lui Newton (Secțiunea III.C)
  - cu $\chi = 0$ se obține sistemul de cerere din Koijen & Yogo (2019)
  - investitorii cu sub 1 000 de deținere sînt grupați după AUM (active administrate) în grupuri de circa 2 000 de deținere (Tabelul 2)
- **Instrumentul pentru preț** (ec. 23): $\hat{p}_{k,i} = \log \sum_{j \neq i} A_j \, 1\{k \in \mathcal{N}_j\} / |\mathcal{N}_j|$
  - construit doar din ceilalți investitori $j \neq i$, fiecare cu activele A_j distribuite în mod egal în universul lui
  - $1\{k \in \mathcal{N}_j\}$: 1 dacă acțiunea k face parte din universul investitorului j, altfel 0
  - $|\mathcal{N}_j|$: numărul de acțiuni din acel univers
- **Instrumentul pentru elasticitate** (ec. 24)
  - condiția elasticităților rezolvată pentru aceleași portofolii cu ponderi egale

Înapoi

Studiu de caz, rezultatele complete

Tema	Cifra din lucrare	Unde	Interpretare
Răspunsul strategic	$\chi = 2{,}97$ (SE 0,47); $\zeta = -0{,}48$ (SE 0,14)	Tabelul 2, rîndul 1	între 0 și ∞
Robustețe	χ între 2,30 și 3,27 în rîndurile 2–14; 0,04 fără instrumentul pentru elasticitate, 0,63 fără instrumente	Tabelul 2	endogenitatea maschează răspunsul
Nivelul elasticității	media $\mathcal{E}_{agg}$ 0,438 (elasticități fixe 0,39); abaterea standard reziduală între acțiuni 0,0395 (fixe 0,0842)	Tabelul 3	reacțiile înjumătățesc dispersia
Creșterea investițiilor pasive	ponderea activă mediană 81,4% (2001), 59,5% (2020)	Figura 5	pasivi de la 19% la 41%
Formă redusă	panta $\Delta \log \mathcal{E}_{agg}$ pe $\Delta \log$ pondere activă 0,385 (SE 0,022); 0,336 (SE 0,055) cu trecerile Russell 1000/2000	Tabelul 4, col. 2, 5	compatibil cu o treime
Prețuri	la o abatere standard de elasticitate, cu instrument: volatilitate $-0{,}383$ (SE 0,123), nelichiditate $-0{,}396$ (SE 0,131)	Tabelul 5, col. 2, 8	inelastic: mai volatil
Evoluția	media $\mathcal{E}_{agg}$ de la 0,41 la 0,27; cu $\chi = 0$ scăderea ar fi fost aproape dublă	Figurile 6, 8	răspunsul a atenuat scăderea

Înapoi

Studiu de caz, limite și o întrebare deschisă

- Limitele recunoscute de autori
  - un singur χ pentru toți investitorii, fără intrări și ieșiri strategice și fără fluxuri către fonduri (Secțiunea I.B)
  - un singur formular 13F pe instituție: fondurile ei active și pasive nu pot fi separate (nota 51)
  - elasticitatea privește acțiunile individuale, nu piața în ansamblu (nota 37)
  - cei care trec la administrare pasivă sînt presupuși reprezentativi pentru investitorii activi (Secțiunea V.A)
- Deținerea pasivă este endogenă
  - deci identificarea efectului ei (Sammon (2025)) se bazează pe revizuirile componenței indicilor și pe șocurile fluxurilor
- Ce se poate verifica cu datele cursului: slide-ul următor

înapoi

Studiu de caz, rezultate reproductibile cu datele cursului

- Fără deținerile 13F, χ nu poate fi reestimat
  - calculele din Secțiunea V.A se pot verifica (0,90 din ec. 5 și 0,33 din ec. 28, în slide-urile principale)
- Rata de transmitere variază cu α
  - integrarea ec. (28) de la $\alpha_{\mathbf{0}} = 0{,}814$ la $\alpha_{\mathbf{1}} = 0{,}595$, cu $\chi = 2{,}97$, dă $\ln \frac{\alpha_{\mathbf{1}}(\mathbf{1}+\chi\alpha_{\mathbf{0}})}{\alpha_{\mathbf{0}}(\mathbf{1}+\chi\alpha_{\mathbf{1}})} = -0{,}313 + 0{,}211 = -0{,}102$
  - circa 10%, același ordin de mărime ca cifra din rezumat
- Limita datelor: măsura deținerii pasive din lucrare nu poate fi refăcută din agregatele publice
  - Conturile financiare ale Statelor Unite nu separă fondurile mutuale index de cele active
  - seria lor pentru ETF-uri amestecă fondurile pasive cu cele active
  - deci traiectoria ponderii pasive din lucrare și traiectoria elasticității care rezultă din ea nu sînt reproduse aici
- Autorii propun și alte direcții (Secțiunea VI)
  - reglementarea bancară, vînzările forțate și marii investitori suverani

Înapoi

Mini studiu de caz, estimare și putere statistică

- **Efectul minim detectabil (MDE)**: cel mai mic efect real detectat cu putere 80% de un test bilateral la pragul de 5%

$$\mathrm{MDE} = (z_{0,975} + z_{0,80}) \times \mathrm{SE} \approx 2{,}8 \times \mathrm{SE}$$

  - aproximarea Normală
  - z_p: cuantila de ordin p a distribuției Normale standard
  - SE: eroarea standard HAC a diferenței medii anualizate 252 $\bar{d}$, în pp pe an
  - pe întregul eșantion, $\mathrm{SE} = 0{,}29/0{,}27 \approx 1{,}1$ pp, deci $\mathrm{MDE} = 2{,}8 \times 1{,}1 = 3{,}1$ pp pe an
  - pe 2015–2026, MDE este 4,9% pe an, mai mult decît estimația însăși (+2,85%)
- Cauzalitate: SPY − RSP este o variabilă de rezultat, nu o măsură a deținerii pasive
  - o afirmație cauzală cere o sursă de variație exogenă

MFM_ch0_ai_discovery

Înapoi

Mini studiu de caz, eroarea standard HAC

- Diferențele zilnice d_t sînt autocorelate, iar varianța lor se schimbă în timp
  - deci formula iid $s_d/\sqrt{T}$ dă o SE($\bar{d}$) greșită
- Estimarea **Newey–West (HAC)** adaugă autocovariațele pînă la lagul L, cu ponderi descrescătoare liniar

$$\widehat{\mathrm{Var}}(\bar{d}) = \frac{1}{T}\left[\hat{\gamma}_0 + 2\sum_{l=1}^{L}\left(1 - \frac{l}{L+1}\right)\hat{\gamma}_l\right]$$

  - $\hat{\gamma}_l$: autocovarianța empirică a lui d_t la lagul l ($\hat{\gamma}_0$: varianța)
  - T: numărul de diferențe zilnice
  - ponderile descrescătoare păstrează estimarea nenegativă
  - $L = 0$ redă varianța iid
  - autocorelația pozitivă mărește SE, cea negativă o micșorează
- Lagul L se declară în preînregistrare
  - regula uzuală $L = \lfloor 4(T/100)^{2/9} \rfloor$ dă $L = 9$ pentru $T = 5\,884$
  - raportați și rezultatele cu $L/2$ și $2L$

Înapoi

Un flux minimal în Python

```
import numpy as np, pandas as pd

URL = ('https://raw.githubusercontent.com/'
       'danpele/MFM/main/data/market/')
def load(sym, col='close'):
    d = pd.read_csv(URL + sym + '.csv',
                    index_col='date', parse_dates=True)
    return d[col].rename(sym)

spx = load('GSPC.INDX')                  # indice: close
spy = load('SPY.US', 'adjusted_close')   # ETF
btc = load('BTC-USD.CC')                 # 24/7
r_spx = np.log(spx).diff()      # o serie
# mai multe serii: intai aliniem PRETURILE
# pe zilele comune, apoi randamente
p = pd.concat([spx, btc], axis=1).dropna()
r = np.log(p).diff().dropna()
dd = spx / spx.cummax() - 1              # drawdown
```

- Aliniate întîi, prețurile dau randamente care acoperă același interval de date calendaristice (vineri → luni)
- Altfel, Bitcoin duminică → luni ar fi asociat cu S&P 500 vineri → luni

Înapoi

Listă de verificare a datelor

- Reprezentați grafic seria brută și listați randamentele extreme
- Comparați două surse, cînd este posibil
- Verificați ajustările: dividende, split-uri, denominări
- Eliminați înregistrările fictive din zilele fără tranzacționare
- Investigați valorile aberante izolate și corectați sau eliminați doar erorile de date confirmate
- Documentați fiecare modificare
- Pentru mai multe serii, aliniați prețurile pe zilele comune înainte de a calcula randamentele

Înapoi

Bucla descoperirii, prompturi reutilizabile (1/2)

- **Literatură**
  - `Listează lucrări publicate în reviste cu evaluare inter pares, din 2018 încoace, despre deținerea pasivă și informativitatea prețurilor. Pentru fiecare: DOI, strategia de identificare, estimația principală. Marchează orice lucrare despre care nu ești sigur că există.`
  - verificați fiecare DOI în Crossref (titlul și autorii trebuie să coincidă) și citiți personal rezumatul
- **Ipoteză**
  - `Propune trei explicații concurente pentru faptul că SPY a avut randamente mai bune decît RSP după 2015 (fluxuri pasive, compoziția pe sectoare, creșterea profiturilor celor mai mari firme). Pentru fiecare, dă o implicație testabilă pe care celelalte nu o au.`
- **Date și cod**
  - `Scrie cod Python care citește prețurile zilnice ajustate (randament total) ale SPY și RSP din datele cursului, aliniază prețurile pe zilele comune și testează H0: media diferenței zilnice a randamentelor log = 0, cu statistica t Newey-West.`

Înapoi

Bucla descoperirii, prompturi reutilizabile (2/2)

- **Robustețe**
  - `Scrie un plan de robustețe preînregistrat: subeșantioane, lățimi de bandă HAC, randamente simple față de log, o versiune neutră pe sectoare. Spune dinainte ce rezultat ar infirma ipoteza.`
- **Critică**
  - `Joacă rolul unui recenzent sever. Enumeră cele mai serioase trei obiecții la strategia de identificare și testul care răspunde fiecăreia.`
- **Raport**: estimația, eroarea standard, eșantionul, toate specificațiile încercate, inclusiv cele eșuate
- Verificările cercetătorului
  - referințe inventate: verificați fiecare DOI
  - închiderea neajustată în locul celei ajustate: reproduceți întîi multiplii de randament total
  - randamente calculate înainte de alinierea prețurilor: numărați zilele comune
  - alegerea ferestrei convenabile: fixați ferestrele dinainte
  - putere mică: raportați MDE

Înapoi

Bibliografie (1/8)

- Acerbi, C., Tasche, D. (2002). On the coherence of expected shortfall. *Journal of Banking & Finance*, 26(7), 1487–1503.
- Andersen, T.G., Bollerslev, T., Diebold, F.X., Labys, P. (2003). Modeling and forecasting realized volatility. *Econometrica*, 71(2), 579–625.
- Ansari, A.F. et al. (2024). Chronos: learning the language of time series. *arXiv:2403.07815*.
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J.-M., Heath, D. (1999). Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*, 9(3), 203–228.
- Bachelier, L. (1900). Théorie de la spéculation. *Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 17, 21–86.
- Bailey, D.H., López de Prado, M. (2014). The deflated Sharpe ratio: correcting for selection bias, backtest overfitting, and non-normality. *Journal of Portfolio Management*, 40(5), 94–107.
- BCBS (1996). Amendment to the capital accord to incorporate market risks. Basel Committee on Banking Supervision.
- BCBS (2019). Minimum capital requirements for market risk. Basel Committee on Banking Supervision.
- Ben-David, I., Franzoni, F., Moussawi, R. (2018). Do ETFs increase volatility? *Journal of Finance*, 73(6), 2471–2535.
- BIS (2023). Blueprint for the future monetary system: improving the old, enabling the new. Annual Economic Report, Capitolul III.
- BIS (2025). The next-generation monetary and financial system. Annual Economic Report, Capitolul III.
- Black, F., Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637–654.

Bibliografie (2/8)

- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327.
- Bollerslev, T., Tauchen, G., Zhou, H. (2009). Expected stock returns and variance risk premia. *Review of Financial Studies*, 22(11), 4463–4492.
- Brandimarte, P. (2018). *An Introduction to Financial Markets: A Quantitative Approach*. Wiley.
- Brown, S.J., Goetzmann, W., Ibbotson, R.G., Ross, S.A. (1992). Survivorship bias in performance studies. *Review of Financial Studies*, 5(4), 553–580.
- Budish, E., Cramton, P., Shim, J. (2015). The high-frequency trading arms race: frequent batch auctions as a market design response. *Quarterly Journal of Economics*, 130(4), 1547–1621.
- Buehler, H., Gonon, L., Teichmann, J., Wood, B. (2019). Deep hedging. *Quantitative Finance*, 19(8), 1271–1291.
- Burns, P., Engle, R., Mezrich, J. (1998). Correlations and volatilities of asynchronous data. *Journal of Derivatives*, 5(4), 7–18.
- BVB (2017). 22 de ani de la prima tranzacție la Bursa de Valori București. Comunicat de presă, 20 noiembrie 2017.
- BVB. Indicii BVB: BET, lansat pe 19 septembrie 1997. Bursa de Valori București.
- BVB. Istoric. Bursa de Valori București.
- Campbell, J.Y., Lo, A.W., MacKinlay, A.C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press.
- Campbell, J.Y., Pflueger, C., Viceira, L.M. (2020). Macroeconomic drivers of bond and equity risks. *Journal of Political Economy*, 128(8), 3148–3185.
- Carr, P., Wu, L. (2009). Variance risk premiums. *Review of Financial Studies*, 22(3), 1311–1341.
- Chakrabarti, S., Krishnakumar, R., Mazzola, G., Stamatopoulos, N., Woerner, S., Zeng, W.J. (2021). A threshold for quantum advantage in derivative pricing. *Quantum*, 5, 463.

Bibliografie (3/8)

- Cox, J.C., Ingersoll, J.E., Ross, S.A. (1985). A theory of the term structure of interest rates. *Econometrica*, 53(2), 385–407.
- Donnelly, C., Embrechts, P. (2010). The devil is in the tails: actuarial mathematics and the subprime mortgage crisis. *ASTIN Bulletin*, 40(1), 1–33.
- Embrechts, P., Klüppelberg, C., Mikosch, T. (1997). *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*. Springer.
- Engle, R.F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007.
- Estrella, A., Mishkin, F.S. (1998). Predicting U.S. recessions: financial variables as leading indicators. *Review of Economics and Statistics*, 80(1), 45–61.
- ESMA. Markets in Crypto-Assets Regulation (MiCA), Regulamentul (UE) 2023/1114.
- Fama, E.F. (1965). The behavior of stock-market prices. *Journal of Business*, 38(1), 34–105.
- Fama, E.F. (1970). Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, 25(2), 383–417.
- Fama, E.F., French, K.R. (1993). Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, 33(1), 3–56.
- Forbes, K.J., Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements. *Journal of Finance*, 57(5), 2223–2261.
- Franke, J., Härdle, W.K., Hafner, C.M. (2019). *Statistics of Financial Markets: An Introduction* (ed. a 5-a). Springer.
- Frehen, R.G.P., Goetzmann, W.N., Rouwenhorst, K.G. (2013). New evidence on the first financial bubble. *Journal of Financial Economics*, 108(3), 585–607.
- FTSE Russell (2026). FTSE Equity Country Classification, Interim Announcement, aprilie 2026.
- Garber, P.M. (1989). Tulipmania. *Journal of Political Economy*, 97(3), 535–560.

Bibliografie (4/8)

- Gatheral, J., Jaisson, T., Rosenbaum, M. (2018). Volatility is rough. *Quantitative Finance*, 18(6), 933–949.
- Gelderblom, O. (2013). *Cities of Commerce: The Institutional Foundations of International Trade in the Low Countries, 1250–1650*. Princeton University Press.
- Gelderblom, O., Jonker, J. (2004). Completing a financial revolution: the finance of the Dutch East India trade and the rise of the Amsterdam capital market, 1595–1612. *Journal of Economic History*, 64(3), 641–672.
- Goldgar, A. (2007). *Tulipmania: Money, Honor, and Knowledge in the Dutch Golden Age*. University of Chicago Press.
- Gu, S., Kelly, B., Xiu, D. (2020). Empirical asset pricing via machine learning. *Review of Financial Studies*, 33(5), 2223–2273.
- Haddad, V., Huebner, P., Loualiche, E. (2025). How competitive is the stock market? Theory, evidence from portfolios, and implications for the rise of passive investing. *American Economic Review*, 115(3), 975–1018.
- Härdle, W.K., Chen, C.Y.-H., Overbeck, L. (ed.) (2017). *Applied Quantitative Finance* (ed. a 3-a). Springer.
- Härdle, W.K., Harvey, C.R., Reule, R.C.G. (2020). Understanding cryptocurrencies. *Journal of Financial Econometrics*, 18(2), 181–208.
- Härdle, W.K., Simar, L. (2019). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Springer.
- Heath, D., Jarrow, R., Morton, A. (1992). Bond pricing and the term structure of interest rates: a new methodology for contingent claims valuation. *Econometrica*, 60(1), 77–105.
- Herman, D., Googin, C., Liu, X., Sun, Y., Galda, A., Safro, I., Pistoia, M., Alexeev, Y. (2023). Quantum computing for finance. *Nature Reviews Physics*, 5(8), 450–465.
- Heston, S.L. (1993). A closed-form solution for options with stochastic volatility with applications to bond and currency options. *Review of Financial Studies*, 6(2), 327–343.

Bibliografie (5/8)

- Hutchinson, J.M., Lo, A.W., Poggio, T. (1994). A nonparametric approach to pricing and hedging derivative securities via learning networks. *Journal of Finance*, 49(3), 851–889.
- IBM Research (2024). The 2023 IBM Research annual letter. IBM Research Blog, 2 februarie 2024.
- J.P. Morgan/Reuters (1996). *RiskMetrics: Technical Document* (ed. a 4-a). New York.
- Koijen, R.S.J., Yogo, M. (2019). A demand system approach to asset pricing. *Journal of Political Economy*, 127(4), 1475–1515.
- Ledoit, O., Wolf, M. (2008). Robust performance hypothesis testing with the Sharpe ratio. *Journal of Empirical Finance*, 15(5), 850–859.
- Lege asupra burselor (1929). *Lege asupra burselor*. București; digitalizată de Biblioteca Centrală Universitară Cluj.
- Li, D.X. (2000). On default correlation: a copula function approach. *Journal of Fixed Income*, 9(4), 43–54.
- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13–37.
- Liu, Y., Tsyvinski, A. (2021). Risks and returns of cryptocurrency. *Review of Financial Studies*, 34(6), 2689–2727.
- Lo, A.W. (2002). The statistics of Sharpe ratios. *Financial Analysts Journal*, 58(4), 36–52.
- Lo, A.W., MacKinlay, A.C. (1990). An econometric analysis of nonsynchronous trading. *Journal of Econometrics*, 45(1–2), 181–211.
- Lopez-Lira, A., Tang, Y. (2026). Can ChatGPT forecast stock price movements? Return predictability and large language models. *Journal of Financial Economics*, 184, 104335.
- MacKinlay, A.C. (1997). Event studies in economics and finance. *Journal of Economic Literature*, 35(1), 13–39.
- Magdon-Ismail, M., Atiya, A.F., Pratap, A., Abu-Mostafa, Y.S. (2004). On the maximum drawdown of a Brownian motion. *Journal of Applied Probability*, 41(1), 147–161.
- Makarov, I., Schoar, A. (2020). Trading and arbitrage in cryptocurrency markets. *Journal of Financial Economics*, 135(2), 293–319.
- Mandelbrot, B. (1963). The variation of certain speculative prices. *Journal of Business*, 36(4), 394–419.

Bibliografie (6/8)

- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77–91.
- McNeil, A.J., Frey, R. (2000). Estimation of tail-related risk measures for heteroscedastic financial time series: an extreme value approach. *Journal of Empirical Finance*, 7(3–4), 271–300.
- Merton, R.C. (1973). Theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1), 141–183.
- Merton, R.C. (1980). On estimating the expected return on the market. *Journal of Financial Economics*, 8(4), 323–361.
- Montanaro, A. (2015). Quantum speedup of Monte Carlo methods. *Proceedings of the Royal Society A*, 471(2181), 20150301.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, 34(4), 768–783.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. White paper.
- NBER. US business cycle expansions and contractions. National Bureau of Economic Research.
- Neal, L. (1990). *The Rise of Financial Capitalism: International Capital Markets in the Age of Reason*. Cambridge University Press.
- Opdyke, J.D. (2007). Comparing Sharpe ratios: so where are the p-values? *Journal of Asset Management*, 8(5), 308–336.
- Orús, R., Mugel, S., Lizaso, E. (2019). Quantum computing for finance: overview and prospects. *Reviews in Physics*, 4, 100028.
- Palatul Bursei. Palatul Bursei (București). Wikipedia (română), accesat în 2026.
- Pele, D.T., Wesselhöfft, N., Härdle, W.K., Kolossiatis, M., Yatracos, Y.G. (2023). Are cryptos becoming alternative assets?. *The European Journal of Finance*, 29(10), 1064–1105.

Bibliografie (7/8)

- Petajisto, A. (2017). Inefficiencies in the pricing of exchange-traded funds. *Financial Analysts Journal*, 73(1), 24–54.
- Petram, L.O. (2014). *The World's First Stock Exchange*. Columbia University Press.
- Pflueger, C. (2025). Back to the 1980s or not? The drivers of inflation and real risks in Treasury bonds. *Journal of Financial Economics*, 167, 104027.
- Preskill, J. (2018). Quantum computing in the NISQ era and beyond. *Quantum*, 2, 79.
- Rebentrost, P., Gupt, B., Bromley, T.R. (2018). Quantum computational finance: Monte Carlo pricing of financial derivatives. *Physical Review A*, 98(2), 022321.
- Roll, R. (1984). A simple implicit measure of the effective bid-ask spread in an efficient market. *Journal of Finance*, 39(4), 1127–1139.
- Roll, R. (1988). The international crash of October 1987. *Financial Analysts Journal*, 44(5), 19–35.
- Ross, S.A. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13(3), 341–360.
- Sammon, M. (2025). Passive ownership and price informativeness. *Management Science*, 71(6), 4582–4598.
- Samuelson, P.A. (1965). Rational theory of warrant pricing. *Industrial Management Review*, 6(2), 13–39. Retipărit în *Henry P. McKean Jr. Selecta* (2015), Springer, 195–232.
- Scholes, M., Williams, J. (1977). Estimating betas from nonsynchronous data. *Journal of Financial Economics*, 5(3), 309–327.
- SEC (2024). Statement on the Approval of Spot Bitcoin Exchange-Traded Products, 10 ianuarie 2024.
- Sharpe, W.F. (1964). Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425–442.

Bibliografie (8/8)

- Stamatopoulos, N., Egger, D.J., Sun, Y., Zoufal, C., Iten, R., Shen, N., Woerner, S. (2020). Option pricing using quantum computers. *Quantum*, 4, 291.
- Sylla, R., Wright, R.E., Cowen, D.J. (2009). Alexander Hamilton, central banker: crisis management during the U.S. financial panic of 1792. *Business History Review*, 83(1), 61–86.
- Tobin, J. (1958). Liquidity preference as behavior towards risk. *Review of Economic Studies*, 25(2), 65–86.
- U.S. Congress. Guiding and Establishing National Innovation for U.S. Stablecoins Act (GENIUS Act), Public Law 119-27.
- Vasicek, O. (1977). An equilibrium characterization of the term structure. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 177–188.
- Vaswani, A. et al. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.
- Woerner, S., Egger, D.J. (2019). Quantum risk analysis. *npj Quantum Information*, 5, 15.
- Wu, S. et al. (2023). BloombergGPT: a large language model for finance. *arXiv:2303.17564*.
- Cod și date: github.com/danpele/MFM/tree/main/Quantlets/Ch_00

Acronime folosite în acest material (1/5)

- **AI**: Artificial Intelligence — *inteligență artificială*
- **AMM**: Automated Market Maker — *formator de piață automat*
- **AP**: Authorised Participant — *participant autorizat*
- **APT**: Arbitrage Pricing Theory — *teoria evaluării prin arbitraj*
- **AR**: AutoRegressive (model); in event studies: Abnormal Return — *model autoregresiv; în studiile de eveniment: randament anormal*
- **ARCH**: AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity — *heteroscedasticitate condiționată autoregresivă*
- **ASE**: Academia de Studii Economice din București
- **AUM**: Assets Under Management — *active aflate în administrare*
- **BCBS**: Basel Committee on Banking Supervision — *Comitetul de la Basel pentru Supraveghere Bancară*
- **BET**: Bucharest Exchange Trading (index) — *indicele de referință al Bursei de Valori București*
- **BET-FI**: BET Financial Investment companies index — *indicele BVB al societăților de investiții financiare*
- **BET-TR**: BET Total Return (index) — *indicele BET cu dividendele reinvestite*
- **BIS**: Bank for International Settlements — *Banca Reglementelor Internaționale*
- **BNR**: Banca Națională a României
- **BVB**: Bursa de Valori București
- **CAGR**: Compound Annual Growth Rate — *rata anuală compusă de creștere*
- **CAPM**: Capital Asset Pricing Model — *modelul de evaluare a activelor financiare*

Acronime folosite în acest material (2/5)

- **CAR**: Cumulative Abnormal Return — *randamentul anormal cumulat*
- **CBOE**: Chicago Board Options Exchange — *bursa de opțiuni din Chicago*
- **CCP**: Central CounterParty — *contraparte centrală*
- **CDO**: Collateralised Debt Obligation — *obligațiune garantată cu un portofoliu de datorii*
- **CFTC**: Commodity Futures Trading Commission — *Comisia americană pentru tranzacționarea contractelor futures pe mărfuri*
- **CIR**: Cox–Ingersoll–Ross (model) — *modelul Cox–Ingersoll–Ross al ratei dobînzii*
- **COVID-19**: COronaVIrus Disease 2019 — *boala provocată de coronavirus, 2019*
- **CRSP**: Center for Research in Security Prices — *centrul de date bursiere al Universității din Chicago*
- **DeFi**: Decentralised Finance — *finanțele descentralizate*
- **DJIA**: Dow Jones Industrial Average — *indicele Dow Jones al marilor companii industriale americane*
- **EBA**: European Banking Authority — *Autoritatea Bancară Europeană*
- **EMH**: Efficient Market Hypothesis — *ipoteza pieței eficiente*
- **EOD**: End of Day — *la sfîrșitul zilei*
- **EODHD**: EOD Historical Data (market data provider) — *furnizorul de date de piață EOD Historical Data*
- **ES**: Expected Shortfall — *pierderea așteptată în coadă*
- **ESMA**: European Securities and Markets Authority — *Autoritatea Europeană pentru Valori Mobiliare și Piețe*
- **ETF**: Exchange-Traded Fund — *fond tranzacționat la bursă*

Acronime folosite în acest material (3/5)

- **ETP**: Exchange-Traded Product — *produs tranzacționat la bursă*
- **EVT**: Extreme Value Theory — *teoria valorilor extreme*
- **EWMA**: Exponentially Weighted Moving Average — *medie mobilă ponderată exponențial*
- **FRED**: Federal Reserve Economic Data — *baza de date economice a Rezervei Federale (St. Louis)*
- **FRTB**: Fundamental Review of the Trading Book — *revizuirea fundamentală a portofoliului de tranzacționare*
- **FTSE**: Financial Times Stock Exchange (FTSE Russell, index provider) — *furnizorul de indici FTSE Russell*
- **FX**: Foreign eXchange — *piața valutară*
- **GARCH**: Generalised AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity — *heteroscedasticitate condiționată autoregresivă generalizată*
- **GENIUS**: Guiding and Establishing National Innovation for U.S. Stablecoins (Act) — *legea americană privind stablecoin-urile*
- **GMM**: Generalized Method of Moments — *metoda generalizată a momentelor*
- **GPT**: Generative Pre-trained Transformer — *Transformer generativ pre-antrenat*
- **GPU**: Graphics Processing Unit — *procesor grafic*
- **HAC**: Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent (standard errors) — *erori standard robuste la heteroscedasticitate și autocorelație*
- **HFT**: High-Frequency Trading — *tranzacționare de înaltă frecvență*
- **HJM**: Heath–Jarrow–Morton (model) — *modelul Heath–Jarrow–Morton al curbei ratelor forward*

Acronime folosite în acest material (4/5)

- **HML**: High Minus Low (value factor) — *factorul valoare: B/M mare minus mic*
- **IBM**: International Business Machines (Corporation) — *compania International Business Machines*
- **IPO**: Initial Public Offering — *ofertă publică inițială*
- **LLM**: Large Language Model — *model lingvistic mare*
- **MC**: Monte Carlo (simulation) — *simulare Monte Carlo*
- **MDD**: Maximum DrawDown — *drawdown-ul maxim*
- **MDE**: Minimum Detectable Effect — *efectul minim detectabil*
- **MiCA**: Markets in Crypto-Assets (EU Regulation 2023/1114) — *regulamentul UE privind piețele criptoactivelor*
- **ML**: Machine Learning — *învățare automată*
- **MTF**: Multilateral Trading Facility — *sistem multilateral de tranzacționare*
- **NAV**: Net Asset Value — *valoarea activului net*
- **NBER**: National Bureau of Economic Research — *Biroul Național de Cercetări Economice (SUA)*
- **NFT**: Non-Fungible Token — *token nefungibil*
- **NISQ**: Noisy Intermediate-Scale Quantum — *calcul cuantic zgomotos, de scară intermediară*
- **NYSE**: New York Stock Exchange — *Bursa din New York*
- **OLS**: Ordinary Least Squares — *metoda celor mai mici pătrate*
- **OMV**: Österreichische Mineralölverwaltung — *Administrația austriacă a uleiurilor minerale (grupul OMV)*
- **OTC**: Over-The-Counter — *piață extrabursieră*
- **QAE**: Quantum Amplitude Estimation — *estimarea cuantică a amplitudinii*
- **QR**: Quick Response (code) — *cod de răspuns rapid*

Acronime folosite în acest material (5/5)

- **ROL**: Romanian old leu (ISO 4217 code, until 2005) — *leul vechi (cod ISO 4217, pînă în 2005)*
- **RWA**: Real-World Assets — *active din economia reală tokenizate*
- **SE**: Standard Error — *eroare standard*
- **SEC**: Securities and Exchange Commission — *Comisia americană pentru valori mobiliare*
- **SIF**: Societate de Investiții Financiare
- **SMB**: Small Minus Big (size factor) — *factorul mărime: firme mici minus mari*
- **SPDR**: Standard & Poor's Depositary Receipts — *certificate de depozit Standard & Poor's (familia de ETF-uri SPDR)*
- **SR**: Sharpe Ratio — *raportul Sharpe*
- **SUA**: Statele Unite ale Americii
- **TARF**: Target Accrual Redemption Forward — *contract forward răscumpărat la atingerea unui cîștig cumulat țintă*
- **TIPS**: Treasury Inflation-Protected Securities — *obligațiuni de stat americane indexate la inflație*
- **TR**: Total Return — *randament total, cu dividende reinvestite*
- **UDR**: Uzinele și Domeniile Reșița
- **UE**: Uniunea Europeană
- **UTC**: Coordinated Universal Time (Temps Universel Coordonné) — *timpul universal coordonat*
- **VaR**: Value-at-Risk — *valoarea la risc*
- **VIX**: CBOE Volatility IndeX — *indicele de volatilitate CBOE*
- **VOC**: Vereenigde Oostindische Compagnie — *Compania Olandeză a Indiilor de Est*