



Statistică pe Piețe Financiare

Introducere



Daniel Traian PELE

Antoaneta Amza

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

Este piața financiară!

“It’s the economy, Stupid!”

— James Carville, 1992 (strategul campaniei lui Bill Clinton)

Este piața financiară!

Piețele financiare sunt coloana vertebrală a economiei moderne.
Înțelegerea proprietăților lor statistice este esențială pentru luarea deciziilor informate.

De ce studiem Statistica pe Piețe Financiare (SFM)?

- ▣ Piețele financiare sunt extrem de complexe, dinamice și volatile.
- ▣ Compromisurile între risc și randament trebuie analizate cu atenție pentru a lua decizii investiționale informate.
- ▣ Evaluarea prețurilor, acoperirea riscului și managementul portofoliului depind de modele cantitative și statistice.
- ▣ Luarea deciziilor bazate pe date este fundamentală în finanțe, mai ales odată cu apariția big data și a învățării automate.
- ▣ Finanțele moderne se bazează puternic pe tehnici statistice pentru
 - ▶ Modele de evaluare a activelor (CAPM, APT)
 - ▶ Managementul riscului (VaR, Expected Shortfall)
 - ▶ Optimizarea portofoliului (Analiza Medie-Varianță, Black-Litterman)
 - ▶ Tranzacționare algoritmică și analiza microstructurii pieței

Aplicații practice ale SFM

- ▣ Evaluarea activelor și predicția randamentelor
 - ▶ Determinarea prețului corect al activelor financiare folosind modele statistice.
 - ▶ Capital Asset Pricing Model (CAPM), modele multifactoriale Fama-French.
 - ▶ Modele de predicție a randamentelor bazate pe învățare automată.
 - ▶ Arbitraj statistic și investiții bazate pe factori.
- ▣ Managementul riscului și stabilitatea financiară
 - ▶ Cuantificarea riscului financiar, măsurarea volatilității și gestionarea riscului de portofoliu.
 - ▶ Value at Risk (VaR) și Conditional Value at Risk (CVaR).
 - ▶ Evaluarea în măsură neutră la risc și simulări Monte Carlo.
 - ▶ Teoria Valorilor Extreme (EVT) pentru estimarea riscului de coadă.
 - ▶ Teste de stres și analiză de scenarii pentru conformitatea reglementară (Basel III, Solvency II).

Aplicații practice ale SFM

- ▣ Tranzacționare algoritmică și de înaltă frecvență
 - ▶ Obiectiv: Utilizarea modelelor cantitative pentru dezvoltarea strategiilor de tranzacționare profitabile.
 - ▶ Arbitraj statistic folosind modele de co-integrare.
 - ▶ Modelarea impactului pe piață și strategii de execuție.
 - ▶ Modele de market-making și furnizare de lichiditate.
 - ▶ Tranzacționare de înaltă frecvență folosind învățare automată (LSTM-uri, deep reinforcement learning).
- ▣ Riscul de credit și stabilitatea financiară
 - ▶ Obiectiv: Evaluarea probabilității de nerambursare și a stabilității sistemului financiar.
 - ▶ Modele de scoring de credit (ex. Regresie Logistică, Random Forests).
 - ▶ Modele structurale ale riscului de credit (Modelul Merton).
 - ▶ Modele de formă redusă (modelul Jarrow-Turnbull).
 - ▶ Indicatori de risc sistemic și modelarea contagiunii.

Cum ajută statistica pe piețele financiare

- ▣ Detectarea tendințelor și anomaliilor de piață
 - ▶ Identificarea oportunităților de arbitraj, a tiparelor de revenire la medie și a tendințelor sezoniere.
- ▣ Construirea modelelor predictive pentru prețurile activelor
 - ▶ Aplicarea învățării automate, a analizei seriilor de timp și a metodelor econometrice.
- ▣ Măsurarea și gestionarea riscului financiar
 - ▶ Utilizarea indicatorilor statistici de risc, a testelor de stres și a analizei de scenarii.
- ▣ Validarea teoriilor financiare cu date empirice
 - ▶ Ipoteza Piețelor Eficiente (EMH)
 - ▶ Teorii din Finanțele Comportamentale
 - ▶ Modele de evaluare a activelor

Ascensiunea mașinilor

- ▣ Cray 2: cel mai rapid supercomputer din lume:
1985–1990
- ▣ 1.9 GFLOPs
- ▣ 5,500 livre
- ▣ \$49,863,243.49 milioane (dolari actuali)
- ▣ $10^{(G=9, T=12, P=15, E=18)}$

[Imagine supercomputer Cray 2]

G = Giga, T = Tera, P = Peta, E = Exa

Ascensiunea mașinilor

- ▣ 2016 iPhone 7, 178 GFLOPs
- ▣ 2021 iPhone 13, 1200 GFLOPs
- ▣ 2025 iPhone 16, 2.15 TFLOPS
- ▣ 170 g = 1K EUR
- ▣ 10^{17} (G9, T12, P15, E18)

[Imagini cu cipul A18, placa Cray-2 și iPhone]

Repere ale criptomonedelor

[Graficul indicelui S&P Cryptocurrency MegaCap, 2017–2025]

Evenimente cheie adnotate pe grafic:

- ▣ 2017 Boom și 2018 Prăbușirea bulei
- ▣ 2020 Mai: A 3-a înjumătățire Bitcoin
- ▣ 2020 Boom și 2021 Prăbușirea bulei
- ▣ 2021 Boom NFT
- ▣ 2022 Apr: Reglementare SEC
- ▣ 2022 Nov: Falimentul FTX
- ▣ 2024 Ian: BTC Spot ETF
- ▣ 2024 Apr: A 4-a înjumătățire BTC
- ▣ 2024 Mai: ETH Spot ETF
- ▣ 2024 Nov: Trump ales

Sursa datelor: S&P Cryptocurrency MegaCap Index – 14 ian. 2025

Bule speculative

În primăvara anului 1720, Sir Isaac Newton deținea acțiuni la South Sea Company, cea mai căutată acțiune din Anglia. Pe măsură ce a apărut un zvon printre oameni că s-a descoperit minereu de argint/aur, aceasta era o “știre falsă” așa cum le numim astăzi. Marele fizician a mormăit că ‘**putea calcula mișcările corpurilor cerești, dar nu nebunia oamenilor.**’ Newton și-a vândut acțiunile South Sea, obținând un profit de 100% totalizând £7,000. Dar la doar câteva luni, prins de entuziasmul sălbatic al pieței, Newton a cumpărat din nou la un preț mult mai mare — și a pierdut £20,000 (sau mai mult de £5 milioane în banii din 2025). Pentru tot restul vieții, a interzis oricui să rostească cuvintele ‘South Sea’ în prezența sa.

[Graficul acțiunilor South Sea, decembrie 1718 – decembrie 1721]

[Portretul lui Newton]

[Ilustrație cu mărul lui Newton]

Andrew Odlyzko (2019)

Valori intrinseci ale CC

- În cele din urmă zero sau adoptare în continuare?
- Legea lui Metcalfe: p capitalizare de piață,
 - ▶ $p = e^{\alpha_0} u^{\beta_0}$ și $\beta_0 = 2$.
 - ▶ u : # utilizatori activi, adică adrese
- Legea (generalizată) a lui Metcalfe:

$$\log(p) = \alpha + \beta \log(u) + \varepsilon$$

Wheatley S et al (2018)

[Grafic log-log Capitalizare de piață (USD) vs Utilizatori activi, 2010–2025]

 SFM_ch1_returns

Bule

- Raportul Piață-Metcalfe

$$MMV_i = \frac{p_i}{e^{\alpha} u_i^{\beta}}$$

după ajustarea regresiei log-log,

$$(\alpha, \beta) = (-1.75, 2.12)$$

- Șase bule identificate

Wheatley S et al (2018)

[Grafic raport MMV, 2010–2024, perioade de bule colorate]

 SFM_ch1_returns

Noul Aur

Capitalizare de piață Aur (27 apr. 2023) 13,192
Miliarde USD

Capitalizare de piață BTC (27 apr. 2023) 559
Miliarde USD

4.2%

Capitalizare de piață Aur (16 ian. 2025) 18.318
Trilioane USD

Capitalizare de piață BTC (16 ian. 2025) 1.972
Trilioane USD

9.29%

Dacă BTC și CC sunt văzute ca rezervă de valoare, atunci
prețul poate crește încă mult.

[Istoricul capitalizării de piață a Bitcoin](#)

[Imagine monedă de aur + logo Bitcoin]

Modelul de volatilitate stocastică cu salturi corelate

$$\frac{dS_t}{S_t} = r dt + \sqrt{V_t} dW_t^s + Z_t^y dN_t,$$

$$dV_t = \kappa(\theta - V_t) dt + \sigma_v \sqrt{V_t} dW_t^v + Z_t^v dN_t,$$

$$\text{Cov}(dW_t^s, dW_t^v) = \rho dt, \quad P(dN_t = 1) = \lambda dt$$

$$Z_t^v \sim \text{Exp}(\mu_v), \quad Z_t^y | Z_t^v \sim N(\mu_y + \rho_j Z_t^v, \sigma_y^2).$$

[Boxplot-uri și serii de timp RMSE in-sample și out-of-sample pentru modelele BS, SV, SVJ, SVCJ]

	BS	SV	SVJ	SVCJ
σ	0.0278			
ρ		0.1462	-0.3310	-0.6245
κ		0.2203	1.5459	0.7425
θ		0.0006	0.0008	0.0008
V_0		0.0013	0.0009	0.0009
σ_v		0.0216	0.0368	0.0489
λ			0.0040	0.0033
μ_v			0.2359	0.3166
ρ_j				-1.0821
σ_y			0.1890	0.1267
μ_y				0.0206

[Teng & Haerdle \(2022\)](#) Financial analytics of inverse BTC options in a stoch. vol. world

Cuprins

- ☐ Motivație ✓
- ☐ Prezentare generală a cursului
- ☐ Resurse
- ☐ Notare
- ☐ Bibliografie

Obiectivele cursului

- ▣ Înțelegerea metodelor statistice fundamentale aplicate în finanțe.
- ▣ Dezvoltarea expertizei în teoria probabilităților și aplicațiile acesteia pe piețele financiare.
- ▣ Învățarea modelelor de serii de timp (ARIMA, GARCH) pentru analiza datelor financiare.
- ▣ Studierea Ipotezei Piețelor Eficiente (EMH) și a validării sale empirice.
- ▣ Explorarea Ipotezei Piețelor Fractale (FMH) și a proceselor cu memorie lungă.
- ▣ Înțelegerea grupării volatilității și a implicațiilor acesteia pentru modelarea riscului.
- ▣ Analiza indicatorilor de risc precum VaR, CVaR și măsurile de risc sistemic.
- ▣ Învățarea modelelor de risc de credit și a rolului lor în stabilitatea financiară.
- ▣ Lucrul cu seturi de date financiare reale și implementarea în Python/R.

Teme principale abordate

- ▣ Probabilități și metode statistice în finanțe
 - ▶ Distribuțiile de probabilitate ale randamentelor activelor (Normală, Log-normală, t-distribuție, Distribuții stabile).
 - ▶ Simulări Monte Carlo pentru evaluare și estimarea riscului.
 - ▶ Procese stocastice în finanțe (mișcarea Browniană, procese Lévy, Mișcarea Browniană Fractională).
- ▣ Analiza seriilor de timp și prognoză
 - ▶ Modele autoregresive (AR, ARMA, ARIMA) pentru predicția randamentelor.
 - ▶ Modelarea volatilității: GARCH, EGARCH, TGARCH.
 - ▶ Gruparea volatilității: De ce volatilitatea este persistentă și grupată pe piețele financiare.
- ▣ Ipoteza Piețelor Eficiente (EMH) și Ipoteza Piețelor Fractale (FMH)
 - ▶ EMH: Eficiența de formă slabă, semi-puternică și puternică.
 - ▶ Teste empirice ale EMH folosind tehnici statistice (mers aleatoriu, autocorelație, teste de raport al varianței).
 - ▶ FMH: Comportamentul nestaționar al piețelor financiare, auto-similaritate și procese cu memorie lungă.

Teme principale abordate

- Gruparea volatilității și stabilitatea financiară
 - ▶ Gruparea volatilității: De ce piețele financiare prezintă perioade persistente de volatilitate ridicată/scăzută.
 - ▶ Efectul de levier: Cum șocurile negative cresc volatilitatea mai mult decât șocurile pozitive.
 - ▶ Indicatori de risc: Value at Risk (VaR), Conditional VaR (CVaR).
- Riscul de credit și predicția nerambursării
 - ▶ Modele de scoring de credit
 - ▶ Teste de stres și cadrul reglementar Basel III.

Resurse

- ▣ **Manual principal:**

- ▶ Härdle, W.K., Hautsch, N., Overbeck, L. (2017). *Applied Quantitative Finance*. Springer.

- ▣ **Lectură suplimentară:**

- ▶ Franke, J., Härdle, W.K., Hafner, C.M. (2019). *Statistics of Financial Markets: An Introduction*. 4th Edition, Springer.

- ▶ Tsay, R.S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*. 3rd Edition, Wiley.

- ▶ Campbell, J.Y., Lo, A.W., MacKinlay, A.C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press.

- ▣ **Software:** Python (statsmodels, scipy, arch), R

- ▣ **Resurse online:** Quantlet.com, depozite GitHub

Notare

- ▣ **Examen final:** 60%
- ▣ **Proiect/Temă:** 40%
 - ▶ Proiecte individuale sau de grup folosind date financiare reale
 - ▶ Implementare în Python sau R
 - ▶ Raport scris + prezentare

Bibliografie

-  Franke, J., Härdle, W.K., Hafner, C.M. (2019). *Statistics of Financial Markets: An Introduction*. 4th Edition, Springer.
-  Tsay, R.S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*. 3rd Edition, Wiley.
-  Campbell, J.Y., Lo, A.W., MacKinlay, A.C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press.
-  Härdle, W.K., Hautsch, N., Overbeck, L. (2017). *Applied Quantitative Finance*. Springer.
-  Wheatley, S., Sornette, D., Huber, T., Reppen, M., Gantner, R.N. (2018). Are Bitcoin Bubbles Predictable? *Economics Letters*, 172, 149–152.
-  Odlyzko, A. (2019). Newton's Financial Misadventures in the South Sea Bubble. *Notices of the AMS*, 66(7), 952–960.
-  Teng, H., Haerdle, W.K. (2022). Financial analytics of inverse BTC options in a stochastic volatility world. *Finance Research Letters*, 47, 102483.