



# Analiza și Prognoza seriilor de timp

Seminar 0: Fundamente



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

## Cuprins Seminar

### **Structura seminarului:**

- 1. Test Grilă – Verificarea cunoștințelor**
- 2. Adevărat/Fals – Verificări conceptuale**
- 3. Exerciții de Calcul – Practică aplicată**
- 4. Exercițiu cu asistență AI – Gândire critică**
- 5. Rezumat – Recapitulare**



## Quiz 1: Bazele seriilor de timp

### Întrebare

Care dintre următoarele NU este o caracteristică a datelor de tip serie de timp?

### Variante de răspuns

- (A) Observațiile sunt ordonate în timp
- (B) Observațiile consecutive sunt de obicei corelate
- (C) Observațiile sunt independente și identic distribuite
- (D) Datele au o ordonare temporală naturală

*Răspunsul pe slide-ul următor...*



## Quiz 1: Răspuns

Răspuns: C – Observațiile sunt independente și identic distribuite

Întrebare: Care NU este o caracteristică a datelor de tip serie de timp?

### Variante de răspuns

- (A) Observațiile sunt ordonate în timp ✗
- (B) Observațiile consecutive sunt de obicei corelate ✗
- (C) **Observațiile sunt independente și identic distribuite ✓**
- (D) Datele au o ordonare temporală naturală ✗

- Observațiile seriilor de timp sunt **dependente** (autocorelate), nu independente
- Ipoteza i.i.d. este fundamentală pentru analiza transversală, dar este **încălcată** în seriile de timp
- Această dependență temporală necesită **metode specialize**



## Quiz 2: Descompunere

### Întrebare

Când ar trebui să folosiți descompunerea multiplicativă în loc de cea aditivă?

### Variante de răspuns

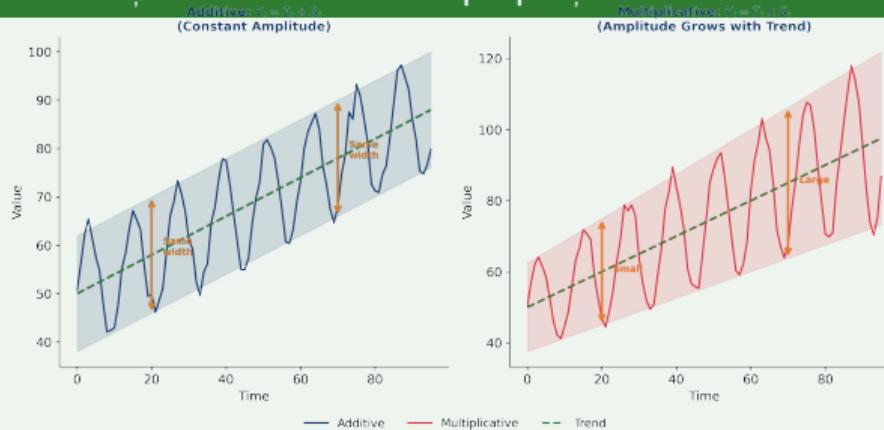
- (A) Când modelul sezonier are amplitudine constantă
- (B) Când varianța seriei este stabilă în timp
- (C) Când fluctuațiile sezoniere cresc proporțional cu nivelul
- (D) Când seria nu are componentă de trend

*Răspunsul pe slide-ul următor...*



## Quiz 2: Răspuns

Răspuns: C – Când fluctuațiile sezoniere cresc proporțional cu nivelul



- Multiplicativă:**  $X_t = T_t \times S_t \times \varepsilon_t$  — amplitudinea sezonieră scalează cu nivelul
- Aditivă:**  $X_t = T_t + S_t + \varepsilon_t$  — amplitudine constantă



## Quiz 3: Netezire exponențială

### Întrebare

În Netezirea exponențială Simplă cu  $\alpha = 0.9$ , ce se întâmplă?

### Variante de răspuns

- (A) Prognozele sunt foarte netede și stabile
- (B) Observațiile recente au foarte puțină pondere
- (C) Prognozele reacționează rapid la schimbările recente
- (D) Prognoza este în esență o medie pe termen lung

*Răspunsul pe slide-ul următor...*



## Quiz 3: Răspuns

Răspuns: C – Prognozele reacționează rapid la schimbările recente

Cu  $\alpha = 0.9$ :  $\hat{X}_{t+1} = 0.9X_t + 0.1\hat{X}_t$

- $\alpha$  mare** (ex. 0.9): 90% pondere pe ultima observație
  - ▶ Prognoze foarte receptive la date noi
- $\alpha$  mic** (ex. 0.1): prognoze mai netede, mai stabile
  - ▶ În calcul mai multe observații din trecut



## Quiz 4: Medii mobile

### Întrebare

Ce observații folosește o medie mobilă centrată de ordin 5 (MA-5) pentru a estima trendul la momentul  $t$ ?

### Variante de răspuns

- (A)  $X_t, X_{t+1}, X_{t+2}, X_{t+3}, X_{t+4}$
- (B)  $X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1}, X_t$
- (C)  $X_{t-2}, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}, X_{t+2}$
- (D)  $X_{t-1}, X_t, X_{t+1}$

*Răspunsul pe slide-ul următor...*



## Quiz 4: Răspuns

Răspuns: C –  $X_{t-2}, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}, X_{t+2}$



- MA centrată:** folosește  $(k - 1)/2$  observații de fiecare parte a lui  $t$
- MA-5:** 2 înainte +  $t$  + 2 după  $\Rightarrow$  fereastră mai mare = mai neted

Q TSA\_cho\_definition



## Quiz 5: Evaluarea prognozei

### Întrebare

Care metrică este cea mai potrivită pentru compararea acurateței prognozei între serii cu scale diferite?

### Variante de răspuns

- (A) Eroarea Absolută Medie (MAE)
- (B) Rădăcina Erorii Medii Pătratice (RMSE)
- (C) Eroarea Absolută Medie Procentuală (MAPE)
- (D) Eroarea Medie Pătratică (MSE)

*Răspunsul pe slide-ul următor...*



## Quiz 5: Răspuns

Răspuns: C – Eroarea Absolută Medie Procentuală (MAPE)

$MAPE = \frac{100}{n} \sum \left| \frac{e_t}{X_t} \right|$  exprimă erorile ca **proccente**.

- MAE, RMSE, MSE sunt **dependente de scală** (unități ale lui  $X_t$ )
- MAPE este **independentă de scală** (întotdeauna în %)
- Atenție: MAPE devine instabilă când  $X_t \approx 0$



## Quiz 6: Validare încrucișată

### Întrebare

De ce nu putem folosi validarea încrucișată standard k-fold pentru seriile de timp?

### Variante de răspuns

- (A) Datele seriilor de timp sunt prea mici
- (B) Ar încălca ordonarea temporală (viitorul prezicând trecutul)
- (C) Validarea încrucișată este întotdeauna invalidă
- (D) Seriile de timp nu au nevoie de validare

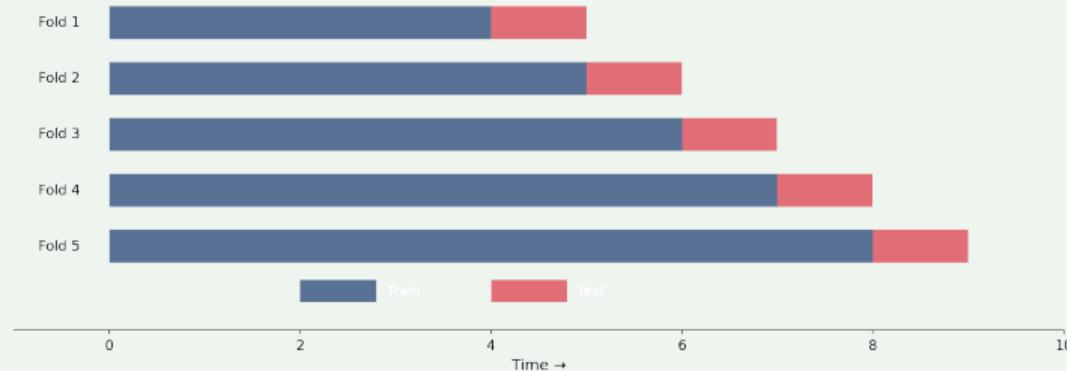
*Răspunsul pe slide-ul următor...*



## Quiz 6: Răspuns

Răspuns: B – Ar încălca ordonarea temporală

Time Series Cross Validation (Walk Forward)

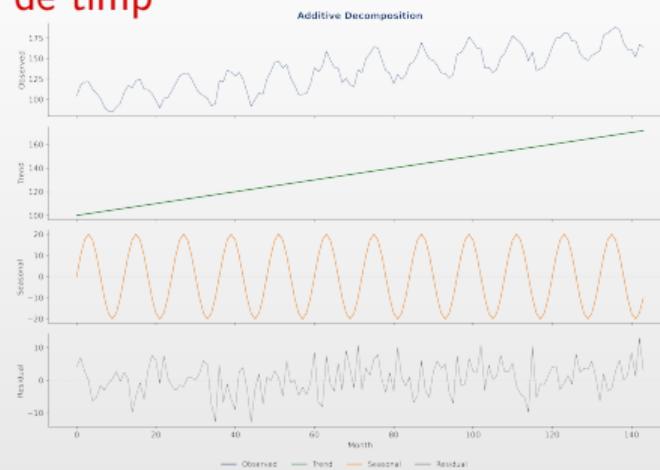


**Principiu:** datele viitoare nu pot fi folosite pentru a prezice trecutul! Se recomandă CV cu fereastră mobilă/în expansiune.

Q TSA\_ch0\_forecast\_eval



## Vizual: Descompunerea seriei de timp



### Componentele descompunerii

- Trend:** mișcare pe termen lung    **Sezonalitate:** tipar periodic    **Reziduu:** zgomot aleatoriu

Q **TSA\_ch0\_decomposition**



## Adevărat sau Fals? — Întrebări

| Afirmatie   | A/F? |
|---|------|
| 1. Prognozele SES sunt plate (constante pentru toate orizonturile). | ?    |
| 2. RMSE penalizează erorile mari mai mult decât MAE.                | ?    |
| 3. Descompunerea multiplicativă necesită date pozitive.             | ?    |
| 4. Un $\alpha$ mai mare înseamnă mai multă netezire.                | ?    |
| 5. Setul de test se folosește pentru ajustarea hiperparametrilor.   | ?    |
| 6. Naive sezonier folosește valoarea de acum un sezon.              | ?    |
| 7. MAPE poate fi infinit dacă valorile reale sunt zero.             | ?    |



## Adevărat sau Fals? — Răspunsuri

| Afirmatie   | A/F | Explicatie                      |
|---|-----|---------------------------------|
| 1. Prognozele SES sunt plate (constante pentru toate orizonturile). | A   | Fără trend                      |
| 2. RMSE penalizează erorile mari mai mult decât MAE.                | A   | Erori pătratice                 |
| 3. Descompunerea multiplicativă necesită date pozitive.             | A   | Nu se poate $\times$ negativ    |
| 4. Un $\alpha$ mai mare înseamnă mai multă netezire.                | F   | $\alpha$ mare = mai puțin neted |
| 5. Setul de test se folosește pentru ajustarea hiperparametrilor.   | F   | Folosiți validare!              |
| 6. Naive sezonier folosește valoarea de acum un sezon.              | A   | $\hat{X}_{t+h} = X_{t+h-m}$     |
| 7. MAPE poate fi infinit dacă valorile reale sunt zero.             | A   | Împărțire la zero               |



## Exercițiu 1: Netezire Exponențială Simplă

### Problemă

- Date:**  $X = [10, 12, 11, 14, 13]$  cu  $\alpha = 0.3$ ,  $\hat{X}_1 = 10$
- Calculați:** a) Prognozele  $\hat{X}_2$  până la  $\hat{X}_6$ ; b) MAE și RMSE
- Formula:**  $\hat{X}_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)\hat{X}_t$

### Soluție

| $t$         | 1  | 2  | 3    | 4     | 5     | 6            |
|-------------|----|----|------|-------|-------|--------------|
| $X_t$       | 10 | 12 | 11   | 14    | 13    | ?            |
| $\hat{X}_t$ | 10 | 10 | 10.6 | 10.72 | 11.70 | <b>12.09</b> |

- MAE** = 1.745    **RMSE** = 2.04

## Exercițiu 2: Metrici de eroare

### Problemă

- Date:**  $X = [100, 110, 105, 120]$ ,  $\hat{X} = [95, 108, 110, 115]$
- Calculați:** MAE, MSE, RMSE, MAPE

### Soluție

- Erori:**  $e = [5, 2, -5, 5]$
- MAE** =  $(|5| + |2| + |-5| + |5|)/4 = 4.25$
- MSE** =  $(25 + 4 + 25 + 25)/4 = 19.75$
- RMSE** =  $\sqrt{19.75} = 4.44$
- MAPE** =  $25 \times (0.05 + 0.018 + 0.048 + 0.042) = 3.95\%$



## Exercițiu 3: Indici sezonieri

### Problemă

- Date:** Indici sezonieri:  $S = [0.85, 1.05, 0.90, 1.20]$ , Trend T4:  $T = 1000$
- Calculați:** a) Verificați normalizarea. b) Prognoza T4. c) Desezonalizați  $X_{T4} = 1150$

### Soluție

- a) **Normalizare:**  $\sum S_i = 0.85 + 1.05 + 0.90 + 1.20 = 4.00 \checkmark$
- b) **Prognoză:**  $\hat{X}_{T4} = 1000 \times 1.20 = \mathbf{1200}$
- c) **Desezonalizare:**  $X_{desezonalizat} = 1150 / 1.20 = \mathbf{958.33}$  (sub trend)



## Exercițiu AI: Gândire critică

Prompt de testat în ChatGPT / Claude / Copilot

"Folosind yfinance, descarcă datele SPY. Descompune seria și prognozează anul viitor cu netezire exponențială. Care model e cel mai bun? Arată-mi rezultatele."

**Exercițiu:**

1. Rulați prompt-ul într-un LLM la alegere și analizați critic răspunsul.
2. AI alege descompunere aditivă sau multiplicativă? Alegerea e justificată?
3. Cum evaluatează modelele — folosește RMSE pe antrenare sau pe test?
4. Verificați parametrii de netezire ( $\alpha, \beta, \gamma$ ). Valori aproape de 1,0 sunt problematice?
5. Codul împarte corect datele în antrenare/test, sau evaluatează pe date de antrenare?

**Atenție:** Codul generat de AI poate rula fără erori și arăta profesional. *Asta nu înseamnă că e corect.*



## Rezumat: Capitolul 0

### Concepțe cheie

- 1. Serii de timp:** observații ordonate temporal, cu dependență (autocorelație)
- 2. Descompunere:** aditivă ( $X_t = T_t + S_t + \varepsilon_t$ ) vs multiplicativă ( $X_t = T_t \times S_t \times \varepsilon_t$ )
- 3. Netezire exponențială:** SES, Holt, Holt-Winters — parametrul  $\alpha$  controlează reactivitatea
- 4. Evaluarea prognozei:** MAE, RMSE, MAPE — alegerea depinde de context
- 5. Sezonalitate:** indici sezonieri, prognoză și desezonalizare

Întrebări?



## Bibliografie I

### Fundamente ale seriilor de timp

- Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice*, 3rd ed., OTexts.
- Shumway, R.H., & Stoffer, D.S. (2017). *Time Series Analysis and Its Applications*, 4th ed., Springer.
- Brockwell, P.J., & Davis, R.A. (2016). *Introduction to Time Series and Forecasting*, 3rd ed., Springer.

### Serii de timp financiare

- Tsay, R.S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*, 3rd ed., Wiley.
- Franke, J., Härdle, W.K., & Hafner, C.M. (2019). *Statistics of Financial Markets*, 4th ed., Springer.



## Bibliografie II

### Abordări moderne și Machine Learning

- Nielsen, A. (2019). *Practical Time Series Analysis*, O'Reilly Media.
- Petropoulos, F., et al. (2022). *Forecasting: Theory and Practice*, International Journal of Forecasting.
- Makridakis, S., Spiliotis, E., & Assimakopoulos, V. (2020). The M4 Competition, International Journal of Forecasting.

### Resurse online și cod

- **Quantlet:** <https://quantlet.com> — Repository de cod pentru statistică
- **Quantinar:** <https://quantinar.com> — Platformă de învățare metode cantitative
- **GitHub TSA:** [https://github.com/QuantLet/TSA/tree/main/TSA\\_ch0](https://github.com/QuantLet/TSA/tree/main/TSA_ch0) — Cod Python pentru acest seminar



# Vă mulțumim!

Întrebări?

Materialele seminarului sunt disponibile la:

<https://danpele.github.io/Time-Series-Analysis/>

