

Analiza și Prognoza Seriilor de Timp

# Capitolul 0: Fundamente

Seminar



# Cuprins Seminar

## 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 specializede**

## Quiz 2: Descompunere

### Întrebare

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

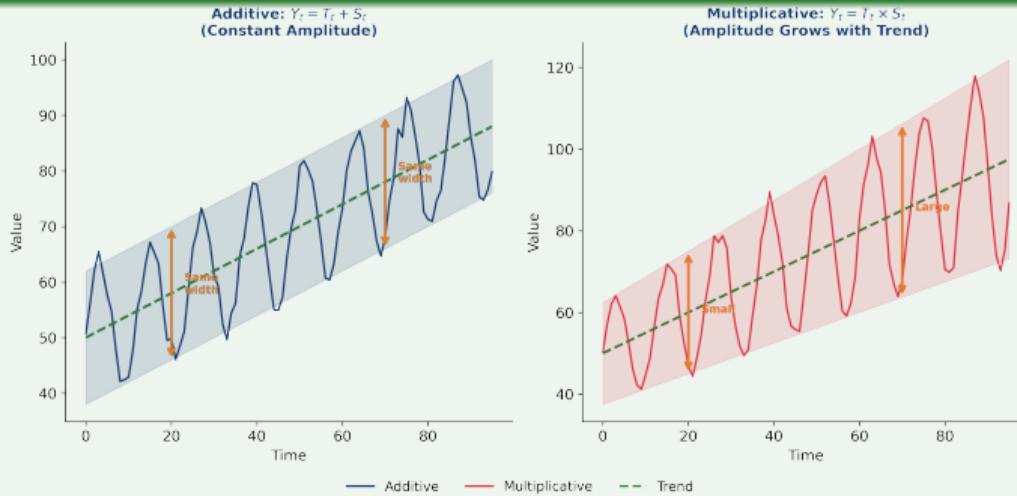
### Variante de răspuns

- (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
  - La în calcul mai multe observații din trecut

### Întrebare

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

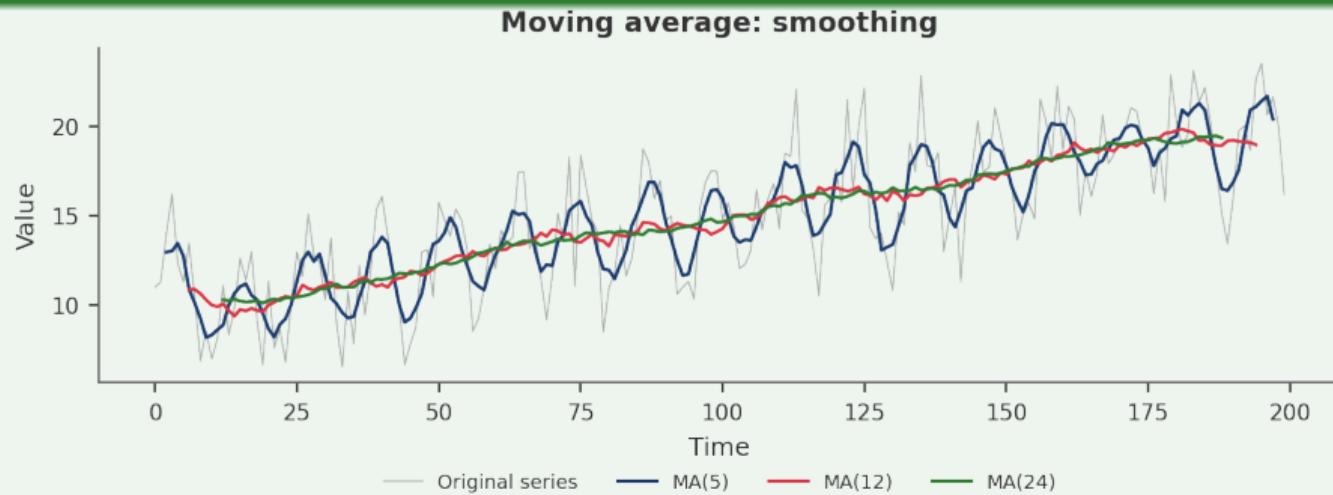
### Variante de răspuns

- (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

## 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)

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

- 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?

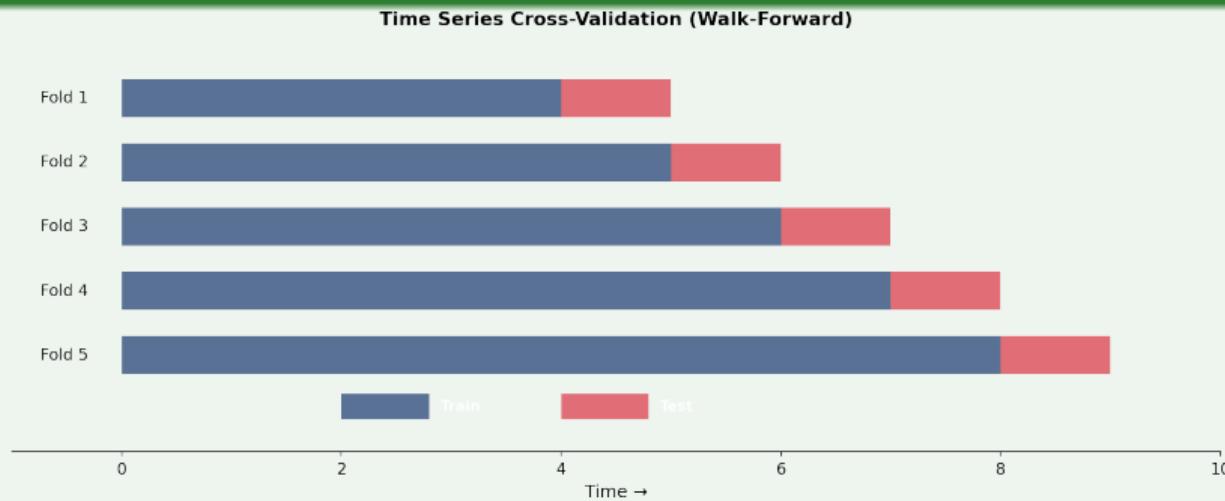
### Variante de răspuns

- (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

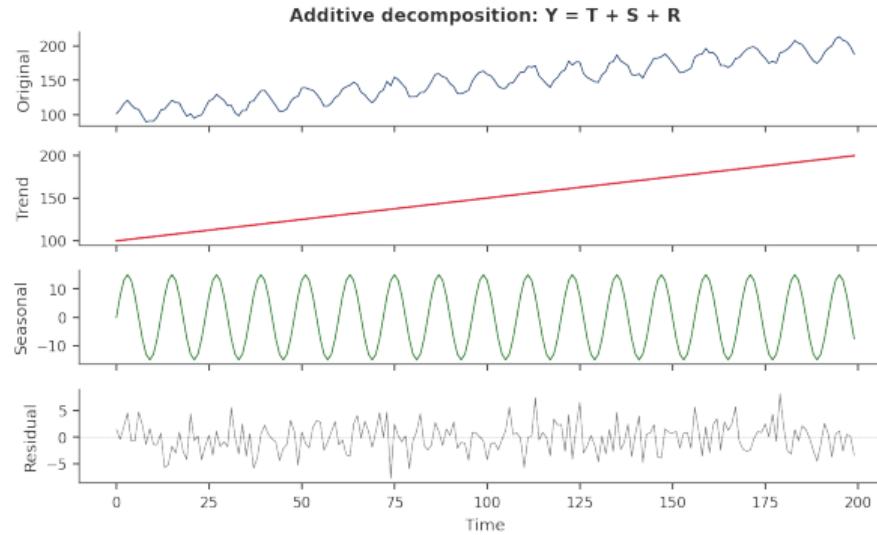
Răspuns: B – Ar încălca ordonarea temporală



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

## 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) Desezonalați  $X_{T4} = 1150$

### Soluție

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

## 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?

## 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.

## Seriî 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.

### 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 fiecare capitol

# Vă mulțumim!

Întrebări?

Materialele seminarului sunt disponibile la: <https://danpele.github.io/Time-Series-Analysis/>



Quantlet



Quantinat