



# Analiza și Prognoza Seriilor de Timp

Seminar 0: Fundamentale



Daniel Traian PELE

Academia de Studii Economice din Bucureşti

IDA Institute Digital Assets

Blockchain Research Center

AI4EFin Artificial Intelligence for Energy Finance

Academia Română, Institutul de Prognoză Economică

MSCA Digital Finance

## Quiz 1: Bazele seriilor de timp

### Întrebare

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

- 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



## Quiz 1: Răspuns

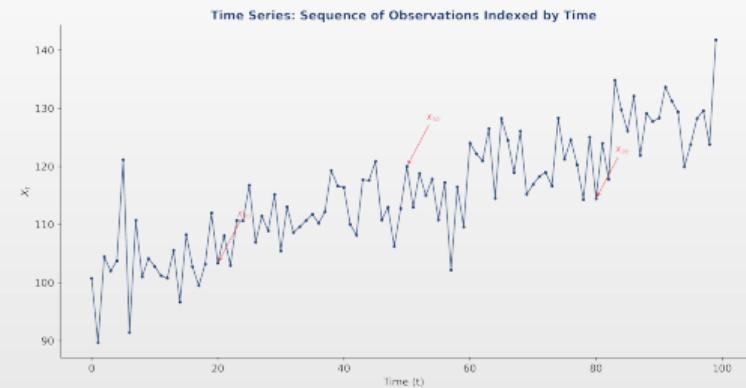
Răspuns: C

Observațiile sunt independente și identic distribuite

**Explicație:**

Observațiile seriilor de timp sunt **dependente** (autocorelate), nu independente.

Această dependență temporală este ceea ce face analiza seriilor de timp unică.



Seria de timp: observații ordonate temporal

 **TSA\_cho\_definition**



## Quiz 2: Descompunere

### Întrebare

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

- 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



## Quiz 2: Răspuns

Răspuns: C

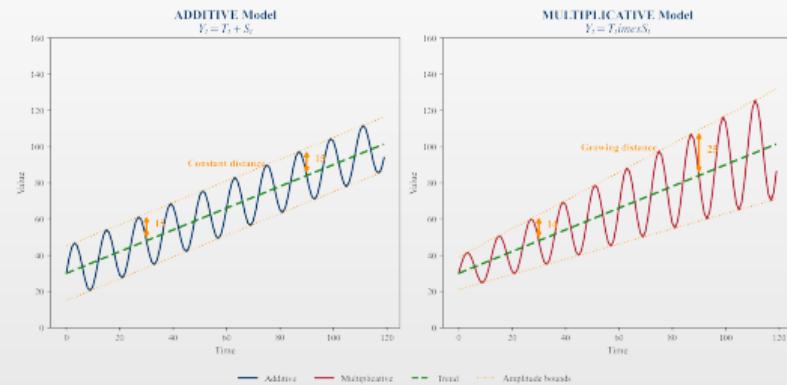
Când fluctuațiile sezoniere cresc proporțional cu nivelul

**Multiplicativă:**

$$X_t = T_t \times S_t \times \varepsilon_t$$

Se folosește când amplitudinea sezonieră scalează cu nivelul seriei.

**Aditivă:** amplitudine constantă.



Stânga: Aditivă; Dreapta: Multiplicativă

Q TSA\_cho\_additive\_mult



## Quiz 3: Netezire exponențială

### Întrebare

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

- 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



## Quiz 3: Răspuns

Răspuns: C

Prognozele reacționează rapid la schimbările recente

Cu  $\alpha = 0.9$ :

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

90% pondere pe observația recentă!

$\alpha$  mic  $\Rightarrow$  neted;  $\alpha$  mare  $\Rightarrow$  reactiv.



Efectul lui  $\alpha$ : 0.1 vs 0.9

Q TSA\_ch0\_ses



## Quiz 4: Medii mobile

### Întrebare

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

- 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.  $X_{t-1}, X_t, X_{t+1}$



## Quiz 4: Răspuns

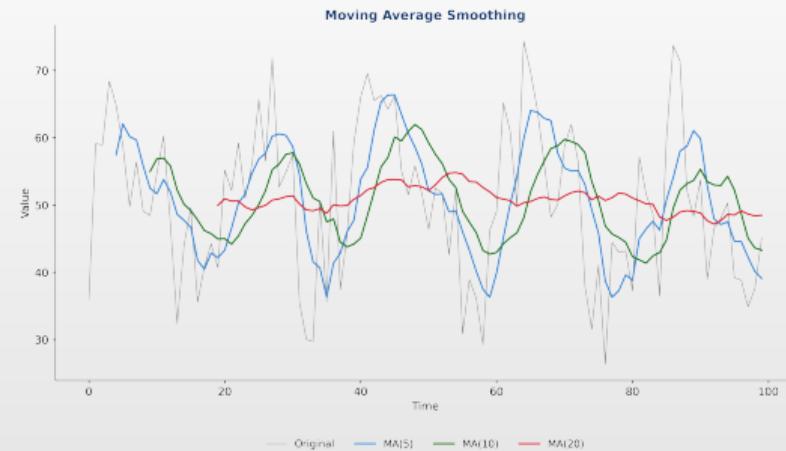
Răspuns: C

$X_{t-2}, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}, X_{t+2}$

MA- $k$  centrată folosește  $(k - 1)/2$  observații de fiecare parte a lui  $t$ .

Pentru MA-5: 2 înainte +  $t$  + 2 după.

Fereastră mai mare  $\Rightarrow$  mai neted.



Medii mobile cu diferite ferestre

Q TSA\_ch0\_ma



## Quiz 5: Evaluarea prognozei

### Întrebare

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

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



## Quiz 5: Răspuns

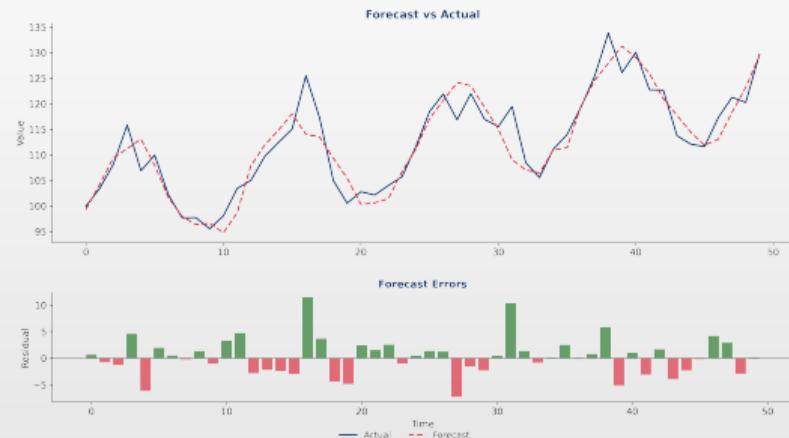
Răspuns: C

Eroarea Absolută Medie Procentuală (MAPE)

$$\text{MAPE} = \frac{100}{n} \sum \left| \frac{e_t}{X_t} \right|$$

MAPE exprimă erorile ca **procente**, fiind independentă de scală.

**Atenție:** eșuează când  $X_t \approx 0$ .



Comparăție: MAE, RMSE, MAPE

Q TSA\_ch0\_forecast\_eval



## Quiz 6: Validare încrucișată

### Întrebare

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

- 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



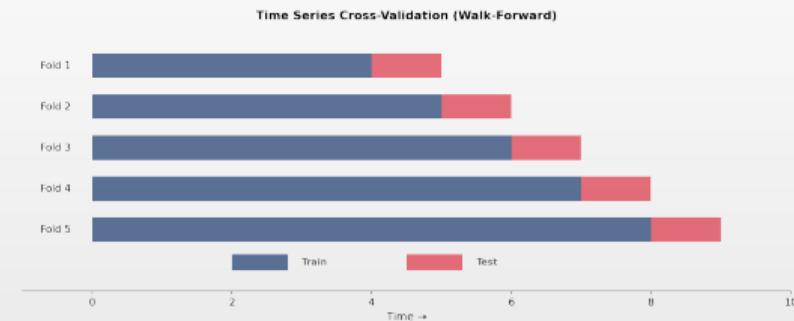
## Quiz 6: Răspuns

Răspuns: B

Ar încălca ordonarea temporală (viitorul preziecând trecutul)

**Regulă:** Nu folosiți niciodată date viitoare pentru a prezice trecutul!

**Soluție:** CV cu fereastră mobilă sau în expansiune.

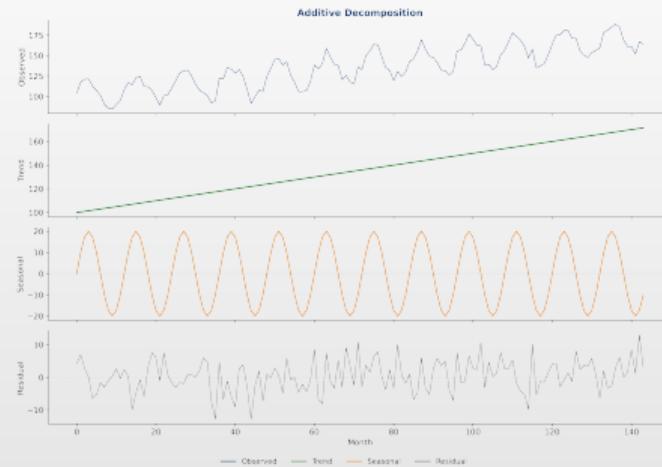


CV pentru serii de timp: fereastră în expansiune

Q TSA\_ch0\_cv



## Vizual: Descompunerea seriei de timp



**Componentele:** Trend, Sezonalitate, Reziduu.

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

Afirmație	A/F	Explicație
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:**  $X = [100, 110, 105, 120]$ ,  $\hat{X} = [95, 108, 110, 115]$ . 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:** Indici sezonieri:  $S = [0.85, 1.05, 0.90, 1.20]$ , Trend T4:  $T = 1000$ .

a) Verificați normalizarea. b) Prognoza T4. c) Desezonalizați  $X_{T4} = 1150$ .

### Soluție

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



## Întrebări?

Succes la exerciții!

