# تقنيات التنبؤ

## 1. نماذج التمهيد الأسي

**يعد التمهيد الأسي أسلوبًا بسيطًا وعمليًا للتنبؤ، يعتمد على المتوسطات المرجحة للملاحظات السابقة. حيث يتم إعطاء القيم الحالية وزنا أكبر من سابقها، يوجد نوعين من التمهيد الأسي البسيط والمزدوج**

**1.1. نموذج التمهيد الأسي البسيط: يستخدم في حالة السلاسل الزمنية المستقرة أو غير المستقرة ذات المركبات العشوائية، يعطي نتائج دقيقة على المدى القصير.**

- **مرحلة التمهيد:**

$$\widetilde{Y}_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)\widetilde{Y}_{t-1}$$

- **مرحلة التنبؤ:**

$$\widehat{Y}_{T+h} = \alpha Y_T + (1-\alpha)\widehat{Y}_T$$

**حيث:**

$\alpha$: **معامل التمليس (التمهيد)**

$t = \overline{1,T}$ **الفترات الزمنية قيد الدراسة**

$h = 1, 2, ..$

$\widetilde{Y}_t$: **قيمة المشاهدة الممهدة في اللحظة** $t$

$\widehat{Y}_T$: **قيمة المشاهدة المقدرة في آخرة فترة لدينا**

**القيمة الأولية للانطلاق:** $\widetilde{Y}_1 = Y_1$

$\widehat{Y}_{t+1} = \widehat{Y}_{t+2} = \widehat{Y}_{t+3} = \cdots = \widehat{Y}_{t+h}$

**ملاحظة: قيم المشاهدات الممهدة هي نفسها قيم المشاهدات المقدرة داخل الفترة.**

**2.1. نموذج التمهيد الأسي المزدوج: يستخدم في حالة السلاسل الزمنية غير المستقرة ذات المركبات العشوائية والاتجاه العام.**

- **مرحلة التمهيد:**

$$\begin{cases} \widetilde{Y}_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)\widetilde{Y}_{t-1} \\ \widetilde{\widetilde{Y}}_t = \alpha \widetilde{Y}_t + (1-\alpha)\widetilde{\widetilde{Y}}_{t-1} \end{cases}$$

- **مرحلة التنبؤ داخل الفترة:**

$$\widehat{Y}_t = Bo_{t-1} + B1_{t-1}$$

- **مرحلة التنبؤ خارج الفترة:**

$$\widehat{Y}_{T+h} = Bo_T + h.B1_T$$

**حيث:**

**القيم الأولية للانطلاق:**

$$\widetilde{\widetilde{Y}}_1 = \widetilde{Y}_1 = Y_1$$

$$B0_t = 2\widetilde{Y}_t - \widetilde{\widetilde{Y}}_t$$

$$B1_t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(\widetilde{Y}_t - \widetilde{\widetilde{Y}}_t)$$

Pr.HADDAD

# تقنيات التنبؤ

**مثال: لتكن السلسلة الزمنية $Y_t$ كما يلي:**

| السنوات | $t$ | $Y_t$ | $\widetilde{Y}_t$ | $\widetilde{\widetilde{Y}}_t$ | $B0_t$ | $B1_t$ | $\widehat{Y}_t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2019 | 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | - |
| 2020 | 2 | 120 | 116 | 112.8 | 119.2 | 12.8 | 100 |
| 2021 | 3 | 125 | 123.2 | 121.12 | 125.28 | 8.32 | 132 |
| 2022 | 4 | 150 | 144.64 | 139.936 | 149.35 | 18.84 | 133.6 |
| 2023 | 5 | 160 | 156.92 | 153.5232 | 160.32 | 13.6 | 168.19 |
| 2024 | 6 | | 159.384 | | | | 173.92 |
| 2025 | 7 | | 159.348 | | | | 187.52 |
| 2026 | 8 | | 159.348 | | | | 201.12 |

**حيث: $\alpha = 0.8$**

**التمهيد الأسي البسيط:**

$$\widetilde{Y}_6 = \widetilde{Y}_{5+1} = 0.8 * 160 + 0.2 * 156.92 = 159.348$$
$$\widetilde{Y}_6 = \widetilde{Y}_7 = \widetilde{Y}_8 = 159.348$$

**التمهيد الأسي المزدوج:**

$$\widehat{Y}_6 = \widehat{Y}_{5+1} = 160.32 + 1(13.6) = 173.92$$
$$\widehat{Y}_7 = \widehat{Y}_{5+2} = 160.32 + 2(13.6) = 187.52$$
$$\widehat{Y}_8 = \widehat{Y}_{5+3} = 160.32 + 3(13.6) = 201.12$$

**2. <u>نموذج هولت Holt:</u> يستخدم في حالة السلاسل الزمنية غير المستقرة ذات المركبات العشوائية والاتجاه العام.**

- **مرحلة التمهيد:**

$$\begin{cases} \widetilde{Y}_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(\widetilde{Y}_{t-1} + \tau_{t-1}) \\ \tau_t = \beta(\widetilde{Y}_t - \widetilde{Y}_{t-1}) + (1-\beta)\tau_{t-1} \end{cases}$$

- **مرحلة التنبؤ داخل الفترة:**

$$\widehat{Y}_t = \widetilde{Y}_{t-1} + r_{t-1}$$

- **مرحلة التنبؤ خارج الفترة:**

$$\widehat{Y}_{T+h} = \widetilde{Y}_T + h.r_T$$

**حيث:**

**$\beta$: ثابت تمهيد الاتجاه العام**

**$\tau_t$: القيمة الاتجاهية الممهدة في اللحظة $t$**

**القيم الأولية للانطلاق:**

$$\widetilde{Y}_1 = \tau_1 = \widehat{Y}_1 = 0$$
$$\widetilde{Y}_2 = \widehat{Y}_2 = Y_1$$
$$\tau_2 = Y_2 - Y_1$$

**مثال: لتكن السلسلة الزمنية $Y_t$ كما يلي:** $\alpha = 0.8, \beta = 0.2$

| السنوات | $t$ | $Y_t$ | $\widetilde{Y}_t$ | $\tau_t$ | $\widehat{Y}_t$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2019 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 2020 | 2 | 120 | 100 | 20 | 100 |
| 2021 | 3 | 125 | 124 | 20.8 | 120 |
| 2022 | 4 | 150 | 148.96 | 21.632 | 144.8 |
| 2023 | 5 | 160 | 162.1184 | 19.93728 | 170.592 |
| 2024 | 6 | | | | 182.05568 |
| 2025 | 7 | | | | 201.99296 |
| 2026 | 8 | | | | 221.93024 |

Pr.HADDAD

$$\widehat{Y}_6 = \widehat{Y}_{5+1} = 162.1184 + 1(19.93728) = 182.05568$$
$$\widehat{Y}_7 = \widehat{Y}_{5+2} = 162.1184 + 2(19.93728) = 201.99296$$
$$\widehat{Y}_8 = \widehat{Y}_{5+3} = 162.1184 + 3(19.93728) = 221.93024$$

**3. نموذج هولت وينترز Holt-Winters: يستخدم في حالة السلاسل الزمنية غير المستقرة ذات المركبات العشوائية، الاتجاه العام والموسمية.**

### 1.3. في النموذج الجمعي:

- **مرحلة التمهيد:**

$$\begin{cases} \widetilde{Y}_t = \alpha(Y_t - S_{t-m}) + (1-\alpha)(\widetilde{Y}_{t-1} + \tau_{t-1}) \\ \tau_t = \beta(\widetilde{Y}_t - \widetilde{Y}_{t-1}) + (1-\beta)\tau_{t-1} \\ S_t = \gamma(Y_t - \widetilde{Y}_t) + (1-\gamma)S_{t-m} \end{cases}$$

- **مرحلة التنبؤ داخل الفترة:**

$$\widehat{Y}_t = \widetilde{Y}_{t-1} + \tau_{t-1} + S_{t-m}$$

- **مرحلة التنبؤ خارج الفترة:**

$$\widehat{Y}_{T+h} = \widetilde{Y}_T + h.\tau_T + S_{T+h-2m}$$

**حيث:**

$\gamma$: ثابت تمهيد الموسمية

$S_t$: القيمة الموسمية الممهدة في اللحظة $t$

$m$: عدد المواسم خلال السنة

القيم الأولية للانطلاق:

$$S_t = Y_t - \overline{Y}$$
$$\widetilde{Y}_m = \overline{Y}$$
$$\tau_m = 0$$

$\overline{Y}$: متوسط مشاهدات السنة الأولى

### 1.3. في النموذج التجميعي:

- **مرحلة التمهيد:**

$$\begin{cases} \widetilde{Y}_t = \alpha(Y_t/S_{t-m}) + (1-\alpha)(\widetilde{Y}_{t-1} + \tau_{t-1}) \\ \tau_t = \beta(\widetilde{Y}_t - \widetilde{Y}_{t-1}) + (1-\beta)\tau_{t-1} \\ S_t = \gamma(Y_t/\widetilde{Y}_t) + (1-\gamma)S_{t-m} \end{cases}$$

- **مرحلة التنبؤ داخل الفترة:**

$$\widehat{Y}_t = (\widetilde{Y}_{t-1} + \tau_{t-1})S_{t-m}$$

- **مرحلة التنبؤ خارج الفترة:**

$$\widehat{Y}_{T+h} = (\widetilde{Y}_T + h.\tau_T)S_{T+h-2m}$$

**حيث:**

القيم الأولية للانطلاق:

$$S_t = Y_t/\overline{Y}$$
$$\widetilde{Y}_m = \overline{Y}$$
$$\tau_m = 0$$

Pr.HADDAD

# تقنيات التنبؤ

**مثال: إجابة السؤال الثامن، للتمرين الثاني من السلسة الثالثة (تنبأ بقيم السلسلة الزمنية لعام 2023 باستخدام طريقة هولت–وينتر، علما أن ثوابت التمهيد: $\alpha = 0.2,\ \beta = 0.3, \gamma = 0.1$ )**

| السنوات | المواسم | $t$ | $Y_t$ | $\widetilde{Y}_t$ | $\tau_t$ | $S_t$ | $\widehat{Y}_t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2018 | الموسم الأول | 1 | 550 | | | -223.33 | |
| | الموسم الثاني | 2 | 750 | | | -23.33 | |
| | الموسم الثالث | 3 | 1020 | 773.33 | 0 | 246.67 | |
| 2019 | الموسم الأول | 4 | 580 | 779.33 | 1.8 | -220.996 | 550 |
| | الموسم الثاني | 5 | 790 | 787.57 | 3.732 | -20.754 | 757.8 |
| | الموسم الثالث | 6 | 1070 | 797.7076 | 5.65368 | 249.23224 | 1037.972 |
| 2020 | الموسم الأول | 7 | 620 | 810.888224 | 7.9117632 | -217.9852224 | 582.36528 |
| | الموسم الثاني | 8 | 850 | 829.1907898 | 11.02900397 | -16.59767898 | 798.0459872 |
| | الموسم الثالث | 9 | 1150 | 852.329387 | 14.66188194 | 254.0760773 | 1089.452034 |
| 2021 | الموسم الأول | 10 | 630 | 863.1900596 | 13.52151915 | -219.5057061 | 649.0060465 |
| | الموسم الثاني | 11 | 890 | 882.6887988 | 15.31468516 | -14.20679096 | 860.1138998 |
| | الموسم الثالث | 12 | 1200 | 907.5875717 | 18.18991149 | 257.9097124 | 1152.079561 |
| 2022 | الموسم الأول | 13 | 620 | 908.5231278 | 13.01360486 | -226.4074483 | 706.2717771 |
| | الموسم الثاني | 14 | 950 | 930.0707443 | 15.57380836 | -10.7931863 | 907.3299417 |
| | الموسم الثالث | 15 | 1280 | 960.9336997 | 20.16055246 | 264.0253712 | 1203.554265 |
| 2023 | الموسم الأول | 16 | | | | | 761.588546 |
| | الموسم الثاني | 17 | | | | | 987.0480136 |
| | الموسم الثالث | 18 | | | | | 1279.325069 |

**نفرض أن قيم السلسلة عبارة عن مجموع المركبات (نموذج جمعي)**

$$\overline{Y}_{2018} = \frac{550 + 750 + 1020}{3} = 773.33$$

**القيم الأولية للانطلاق :**

**التمهيد**

$$\widetilde{Y}_3 = \overline{Y}_{2018} = 773.33$$
$$\tau_3 = 0$$
$$S_1 = Y_1 - \overline{Y} = 550 - 773.33 = -223.33$$
$$S_2 = Y_2 - \overline{Y} = 750 - 773.33 = -23.33$$
$$S_3 = Y_3 - \overline{Y} = 1020 - 773.33 = 246.67$$
$$\widetilde{Y}_4 = 0.2(Y_4 - S_{4-3}) + (0.8)(\widetilde{Y}_{4-1} + \tau_{4-1})$$
$$\widetilde{Y}_4 = 0.2(580 - (-223.33) + 0.8(773.33 + 0) = 779.33$$
$$\tau_4 = 0.3(\widetilde{Y}_4 - \widetilde{Y}_{4-1}) + (0.7)\tau_{4-1}$$
$$\tau_4 = 0.3(779.33 - 773.33) + (0.7)0 = 1.8$$
$$S_4 = 0.1(Y_4 - \widetilde{Y}_4) + (0.9)S_{4-3}$$
$$S_4 = 0.1(580 - 779.99) + (0.9)(-223.33) = -220.996$$

**التنبؤ**

$$\widehat{Y}_4 = \widetilde{Y}_{4-1} + \tau_{4-1} + S_{4-3} = 773.33 + 0 - 223.33 = 550$$
$$\widehat{Y}_{16} = \widetilde{Y}_{15} + (1).\tau_{15} + S_{16-2*3} = 960.9337 + 20.16055 - 219.50571 = 761.58855$$

Pr.HADDAD