

الفصل الرابع:

الطرق الاستقطابية

مقدمة:

تعتبر طرق الاستقطاب من أهم الطرق التنبؤ في المدى القصير، و التي تمثل في تحديد عدد معين من المكونات في السلسلة نفسها التي يمكن توسيعها في المستقبل. وللحصول على النموذج الملائم يجب أولاً أن يكون لدينا بيانات موثوقة و كافية. وفي هذه الحالة يجب أن يكون لدينا تاريخ من المشاهدات متباعد بانتظام مع مرور الزمن، ثم بعدها البحث عن منهجة للتنبؤ.

و من دواعي استخدام هذه النماذج في المدى القصير:¹

- غياب العلاقات السببية بين المتغيرات و صعوبة قياسها.
- عدم توفر المعطيات الكافية حول المتغيرات المفسرة كونها تحتاج إلى مجموعة كبيرة من المشاهدات.
- بساطة تركيب هذه النماذج و سهولة تفسير نتائجها بالنسبة للمسيرين.
- النماذج الإنحدارية رغم استعمالها لمعلومات معتبرة و تطلبها لإمكانات علمية و بشرية كبيرة، فإن نتائجها ليست دوماً في مستوى هذا المجهود.

و نماذج الاستقطاب تنقسم إلى قسمين: الأولى تكمن في تحديد نماذج الإتجاه العام المختلفة مع طرق تقييمها ثم التنبؤ بها. أما النوع الثاني فهي نماذج مكيفة.

¹ مولود حشمن، مرجع سابق ذكره، ص: 25

1. التنبؤ بنماذج الإتجاه العام وطرق تقييمها:

تهتم هذه النماذج بالمركبة النظامية في السلسلة الزمنية، والتمثلة في شكل اتجاه عام قد يكون على شكل دالة خطية، أسيّة أو لوغاريتمية.... إضافة إلى مركبة عشوائية ضعيفة التذبذب، كما أن المتغير دراسته يفسر بواسطة الزمن t .

1.1 نموذج الإتجاه العام الخطي:

يتم التعبير عن السلسلة الزمنية التي تنموا بمقدار مطلق ثابت عبر الزمن بالعلاقة التالية:

$$Y_t = f(t, \varepsilon_t) = a + b \cdot t + \varepsilon_t \quad \text{حيث } t \text{ يشير إلى الزمن سواء: سنة، فصل، شهر، بينما } a \text{ و } b \text{ معالم يراد تقاديرها لأغراض التوقع في المستقبل القريب.}$$

بما أن نموذج الإتجاه العام ذو علاقة خطية، فيمكن تقدير معلمات النموذج بطريقة المربعات الصغرى أو بطريقة المصفوفات.

1.1.1 طريقة المربعات الصغرى:

تعتمد هذه الطريقة في التقدير على مبدأ تصغير مجموع مربعات الباقي:

$$\min \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 = \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{a} - \hat{b} \cdot t)^2$$

مع العلم أن $\min \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2$ تتوافق مع نقطة انعطاف صغرى أين تكون المشتقة الأولى لها بالنسبة للمعلمتين معدومة حيث:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}{\partial \hat{a}} &= 0 \Rightarrow -2 \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{a} - \hat{b} \cdot t) = 0 \\ &\Rightarrow \sum_{t=1}^T y_t - T \hat{a} - \hat{b} \sum_{t=1}^T t = 0 \\ &\Rightarrow \sum_{t=1}^T y_t = T \hat{a} + \hat{b} \sum_{t=1}^T t \\ &\Rightarrow \hat{a} = \bar{y} - \hat{b} \bar{t} \quad (\bar{y} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_t, \bar{t} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T t = \frac{T+1}{2}) \end{aligned}$$

وبنفس الطريقة نشق بالنسبة ل \hat{b} ونحصل في الأخير على:

$$\hat{b} = \frac{\sum_{t=1}^T (t - \bar{t})(y_t - \bar{y})}{\sum_{t=1}^T (t - \bar{t})^2} \quad \text{أو} \quad \hat{b} = \frac{\sum_{t=1}^T t y_t - T \bar{y} \bar{t}}{\sum_{t=1}^T t^2 - T \bar{t}^2}$$

مثال: نفس المثال الخاص بالإختبارات المعلمية ص:

2.1.1 طريقة المصفوفات:

تمثل هذه الطريقة عموماً لتقدير معلمات النموذج بدون تحديد، كما أنها تقدم حل رياضياً مبسطاً و مختصراً لنموذج عام باستخدام خصائص المصفوفات.

كأول خطوة نقوم بتعويض $t=1,2,3,\dots,T$ في المعادلة السابقة لنحصل على T من المعادلات كما يلي:

$$Y_1 = a + b \cdot 1 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = a + b \cdot 2 + \varepsilon_2$$

$$Y_3 = a + b \cdot 3 + \varepsilon_3$$

⋮ ⋮ ⋮

$$Y_T = a + b \cdot T + \varepsilon_T$$

بعدها يتم صياغة هذه المعادلات في شكل مصفوفاتي كالتالي:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 3 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & T \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \vdots \\ \varepsilon_t \end{bmatrix}$$

$$Y = X \cdot B + \varepsilon$$

ذات الأبعاد: $(T \times 1) \quad (T \times 2) \quad (2 \times 1) \quad (T \times 1)$

و حل هذا النموذج من أجل مقدرات a و b يكون كما يلي:

$$\hat{B} = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = (X'X)^{-1} \cdot (X'Y)$$

مع العلم أن $(X'X)$ ذات محدد غير معروف وقابلة للقلب

$$X'X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & T \end{bmatrix}$$

وبتطبيق قاعدة ضرب مصفوفتين نحصل على:

$$\begin{bmatrix} T & \sum t \\ \sum t & \sum t^2 \end{bmatrix}$$

حيث:

تقنيات التنبؤ

$$\sum_{t=1}^T t = \frac{T(T+1)}{2} \quad ; \quad \bar{T} = \frac{T+1}{2} \quad ; \quad \sum_{t=1}^T t^2 = \frac{T(T+1)(2T+1)}{6}$$

كذلك:

$$X'Y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & T \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_t \\ \sum t \cdot y_t \end{bmatrix}$$

مثال:

السنة	الشاهدية	1992	1991	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1981	1980
الشاهدية	13.93	13.50	13.12	12.90	21.80	20.5	20.47	20.21	19.98	19.90	19.86	19.24	18.66	
2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	
20.63	20.15	19.97	19.75	19.5	18.53	17.20	16.84	16.20	15.90	15.30	14.92	14.78	14.50	
2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	
34.42	33.33	32.43	31.72	30.5	29.33	28.05	27.93	27.27	26.53	25.71	24.63	22.53	21.23	

- أوجد معادلة الإتجاه العام.

لدينا:

$$T=28; \sum t = 406; \sum t^2 = 7714$$

$$X'X = \begin{bmatrix} 28 & 406 \\ 406 & 7714 \end{bmatrix}$$

و منه:

كما لدينا:

$$\sum y_t = 750.28; \sum t \cdot y_t = 11901.94$$

و منه:

$$X'Y = \begin{bmatrix} 750.28 \\ 11901.94 \end{bmatrix}$$

نقوم باستخراج المصفوفة العكسية ل $X'X$:

$$(X'X)^{-1} = \frac{1}{-51156} \begin{bmatrix} 7714 & -406 \\ -406 & 28 \end{bmatrix}$$

و وبالتالي:

$$\begin{aligned} \hat{B} &= \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = (X'X)^{-1} \cdot (X'Y) \Rightarrow \hat{B} = \frac{1}{-51156} \begin{bmatrix} 7714 & -406 \\ -406 & 28 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 750.28 \\ 11901.94 \end{bmatrix} \\ &\Rightarrow \hat{B} = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18.68 \\ 0.56 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

وبالتالي فإن معادلة الإتجاه العام هي كالتالي:

$$\hat{y}_t = 18.68 + 0.56 t$$

وإذا أردنا التنبؤ للفترة $T+1$ أي 2021 فإن :

$$\begin{aligned}\hat{y}_{T+1} &= 18.68 + 0.56 (T + 1) \Rightarrow \hat{y}_{28+1} = 18.68 + 0.56 (28 + 1) \\ &\Rightarrow \hat{y}_{29} = 34.92\end{aligned}$$

2.1 نموذج الإتجاه العام الأسوي:

في هذه الحالة نفترض أن y_t ينمو بنسبة مئوية ثابتة مقدارها (r) أي:

لتقدير معلمات هذا النموذج نحو المعادلة عن طريق اللوغاريتم إلى دالة خطية، بعد إضافة الخطأ العشوائي في شكل أسي لتسهيل عملية التحويل:

$$Y_t = A e^{rt+\varepsilon} \Rightarrow \ln(Y_t) = \ln(A) + rt + \varepsilon_t$$

$$\Rightarrow z_t = a + rt + \varepsilon_t$$

حيث: $\ln(Y_t) = z_t$; $\ln(A) = a$

بعدها نقوم بتقدير المعلمتين a و r بإحدى الطريقيتين الخاصتين بتقدير الإتجاه العام سواء طريقة المربعات الصغرى أو طريقة المصفوفات. بعدها نستخرج \hat{r} و \hat{a} المقدرتين كالتالي:

$$\hat{r} = \frac{\sum_{t=1}^T (t - \bar{t})(z_t - \bar{z})}{\sum_{t=1}^T (t - \bar{t})^2}$$

$$\hat{a} = \bar{z} - \hat{r}\bar{t}$$

$$\bar{z} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_t$$

ولمعرفة التنبؤ في الفترة المستقبلية ℓ لما يكون: L

$$\hat{y}_{T+1} = \hat{A} \cdot e^{\hat{r}(T+1)}$$

$$\hat{y}_{T+2} = \hat{A} \cdot e^{\hat{r}(T+2)}$$

⋮ ⋮ ⋮

$$\hat{y}_{T+L} = \hat{A} \cdot e^{\hat{r}(T+L)}$$

وبإدخال \ln واستعمال الخطوات السابقة نحصل على:

$$\hat{z}_{T+1} = \hat{a} + \hat{r}(T + 1)$$

$$\hat{z}_{T+2} = \hat{a} + \hat{r}(T + 2)$$

⋮ ⋮ ⋮

$$\hat{z}_{T+L} = \hat{a} + \hat{r}(T + L)$$

وبعد تحويل هذه الدوال إلى أصلها عن طريق الدالة الأésية نجد:

$$\hat{y}_{T+1} = \exp(\hat{z}_{T+1})$$

$$\hat{y}_{T+2} = \exp(\hat{z}_{T+2})$$

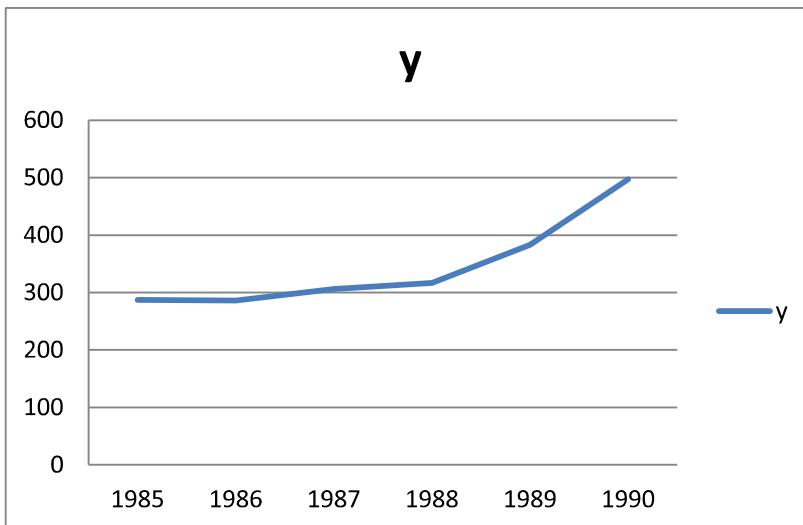
⋮ ⋮ ⋮

$$\hat{y}_{T+L} = \exp(\hat{z}_{T+L})$$

مثال: لدينا الجدول التالي الذي يمثل الناتج الوطني الخام:

السنوات	1991	1990	1989	1988	1987	1986	1985
Y	735	497	383	317	306	286	287

تقديرات التنبؤ



بعد التأكد بيانيًا بأن السلسلة الزمنية هي مركبة الإتجاه العام ذات الشكل الأمي، نقوم أولاً بتحويلها إلى شكلها الخطى. بعدها نقوم بتقديرها باستخدام طريقة المربعات الصغرى.

$(t - \bar{t})^2$	$(t - \bar{t})(z - \bar{z})$	$z - \bar{z}$	$t - \bar{t}$	$\ln(y) = z$	y	t	السنة
9	0.81	-0.27	-3	5.66	287	1	1985
4	0.56	-0.28	-2	5.65	286	2	1986
1	0.21	-0.21	-1	5.72	306	3	1987
0	0	-0.17	0	5.76	317	4	1988
4	0.20	0.20	1	5.95	383	5	1989
9	0.54	0.27	2	6.21	497	6	1990
28	2.01	0.67	3	6.6	735	7	1991
28	4.15	0	0	41.55	2811	28	Σ

$$Y_t = A e^{rt + \varepsilon} \Rightarrow \ln(Y_t) = \ln(A) + rt + \varepsilon_t$$

$$\Rightarrow z_t = a + rt + \varepsilon_t$$

بتطبيق الخطوات السابقة نحصل على:

$$\hat{r} = \frac{\sum_{t=1}^T (t - \bar{t})(z_t - \bar{z})}{\sum_{t=1}^T (t - \bar{t})^2} \Rightarrow \hat{r} = \frac{4.15}{28} = 0.15$$

$$\hat{a} = \bar{z} - \hat{r}\bar{t} \Rightarrow \hat{a} = 5.93 - 0.15(4) = 5.33 ; (\bar{z} = 5.93; \bar{t} = 4)$$

وبالتالي تصبح المعادلة كالتالي:

وإذا أردنا التنبؤ للسنة $T+1$ أي 1992 وهي السنة $t=8$ فتصبح المعادلة:

$$\hat{z}_{T+1} = 5.33 + 0.15(T + 1) \Rightarrow \hat{z}_8 = 5.33 + 0.15(8)$$

$$\Rightarrow \hat{z}_8 = 6.53$$

نقوم الآن بتحويل الدالة إلى أصلها عن طريق الدالة الأسيّة:

$$\hat{y}_8 = \exp(\hat{z}_8) \Rightarrow \hat{y}_8 = \exp(6.53)$$

$$\Rightarrow \hat{y}_8 = 685.39$$

3.1 دالة القطع المكافئ:

تعتبر دالة القطع المكافئ امتداد لنموذج الاتجاه العامل لأن شكلها قريب للشكل الخطى، لذا فهي تكتب كالتالي:

$$y_t = a + bt + ct^2 + \varepsilon_t$$

يتم تحويل هذه المعادلة الغير خطية إلى معادلة خطية:

$$y_t = a + bt + cx_t + \varepsilon_t$$

حيث: $x_t = t^2$

نقوم باستخدام نفس الخطوات السابقة (طريقة المربعات الصغرى لاستخراج معادلة الاتجاه العام). تعتمد هذه الطريقة في التقدير على مبدأ تصغير مجموع مربعات الباقي:

$$\text{Min} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 = \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{a} - \hat{b} \cdot t - \hat{c} \cdot x_t)^2$$

مع العلم أن $\text{Min} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2$ تتوافق مع نقطة انعطاف صغرى أين تكون المشتقة الأولى لها بالنسبة للمعلمتين معروفة حيث:

$$\frac{\partial \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}{\partial \hat{a}} = 0 \Rightarrow -2 \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{a} - \hat{b} \cdot t - \hat{c} \cdot x_t) = 0$$

وبعد القيام بعملية الإشتقة نجد:

$$\hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{t} - \hat{c}\bar{x}$$

بنفس الطريقة نقوم باشتقاء \hat{b} و \hat{c} حيث نجد:

$$\hat{b} = \frac{(\sum_{t=1}^T t \cdot y_t)(\sum_{t=1}^T x_t^2) - (\sum_{t=1}^T x_t y_t)(\sum_{t=1}^T t \cdot x_t)}{\sum_{t=1}^T t^2 \sum_{t=1}^T x_t^2 - (\sum_{t=1}^T t \cdot x_t)^2}$$

$$\hat{c} = \frac{(\sum_{t=1}^T x_t \cdot y_t)(\sum_{t=1}^T t^2) - (\sum_{t=1}^T t \cdot y_t)(\sum_{t=1}^T x_t \cdot t)}{\sum_{t=1}^T t^2 \sum_{t=1}^T x_t^2 - (\sum_{t=1}^T t \cdot x_t)^2}$$

2. التنبؤ والتمهيد بالطرق المكيفة:

يقصد بالتنبؤ استشراف المستقبل القريب بتقنيات بسيطة. بينما التمهيد فهو يعني إزالة أو التخفيف من حدة التذبذبات القصيرة المدى في السلسلة الزمنية.

1.2 طريقة المتوسطات المتحركة:

تعني حساب المتوسط الحسابي لعدد محدود من الفترات n أو k ، وينقسم إلى قسمين:

المتوسطات المتحركة البسيطة، المتوسطات المتحركة المرجحة.

1.1.2 المتوسطات المتحركة البسيطة:

نقوم بحساب المتوسط الحسابي لعدد فترات محدودة من السلسلة الزمنية، مع إعطاء أوزان متساوية لكافية المشاهدات المعنية بالدراسة، والقيمة المتنبأ بها تعتمد على الفترات السابقة. (سميت بالبسيطة لأن الأوزان متساوية = 1).

$$\text{MAS} = \hat{y}_{T+1} = \frac{1}{n} (y_T + y_{T-1} + y_{T-2} + \dots + y_{T-n+1})$$

$$\hat{y}_{T+1} = \frac{1}{n} \sum_{r=0}^{n-1} y_{T-r}$$

n : عدد الفترات المستخدمة في حساب المتوسط الحسابي.

. $t-r$: القيمة المتنبأ بها في الفترة $t-r$.

تقديرات التنبؤ

t: الفترة الزمنية.

مثال: يمثل الجدول التالي بيانات الطلب لفترة 1999 إلى 2004:

السنوات	1999	2000	2001	2002	2003	2004
الطلب	7	12	14	14	18	19

- أحسب التنبؤ للفترة القادمة (2005) باستخدام MAS لثلاث سنوات.

الحل:

السنوات	t	الطلب	\hat{y}_t	$\Sigma_t = y_t - \hat{y}_t$
1999	1	7	-	-
2000	2	12	-	-
2001	3	14	-	-
2002	4	14	11	3
2003	5	18	13.33	4.67
2004	6	19	15.33	3.67
				11.34
				Σ

$$y_{2002} = \frac{14+12+7}{3} = 11$$

$$y_{2003} = \frac{14+14+12}{3} = 13.3$$

$$y_{2004} = \frac{18 + 14 + 14}{3} = 15.33$$

$$y_{2005} = \frac{19 + 18 + 14}{3} = 17$$

وبالتالي التنبؤ للفترة القادمة (2005) باستخدام MAS لثلاث سنوات هو 17

2.1.2 المتوسطات المتحركة المرجحة:

تعتمد هذه الطريقة على مجموع الأوزان، فكلما كانت الفترة قريبة كلما كانت الأوزان كبيرة.

مثال: نفس المثال السابق مع مراعاة الفترة الأحدث (0.5) وال فترة التي تسبقها (0.3)، وال فترة الأقدم (0.2).

$\epsilon_t = y_t - \hat{y}_t$	\hat{y}	y_t	السنوات
-	-	7	1999
-	-	12	2000
-	-	14	2001
2	12	14	2002
4.4	13.6	18	2003
4	16	19	2004
10.4			Σ

$$\hat{y}_{2002} = (0.5)14 + (0.3)12 + (0.2)7 = 12$$

$$\hat{y}_{2003} = (0.5)14 + (0.3)14 + (0.2)12 = 13.6$$

$$\hat{y}_{2004} = (0.5)18 + (0.3)14 + (0.2)14 = 16$$

$$\hat{y}_{2005} = (0.5)19 + (0.3)18 + (0.2)14 = 17.7$$

تعتبر تقنية المتوسطات المتحركة المرجحة أحسن من تقنية المتوسطات المتحركة البسيطة، لأن نسبة الخطأ ϵ في الأولى هي أكبر من الثانية.

2.2 طريقة التمهيد الأسوي:

لقد استخدمت تقنيات التمهيد الأسوي لأول مرة عام 1957 من قبل الباحث Holt، وبعد ذلك من قبل Brown عام 1962، ويشمل التمهيد مجموعة من التقنيات التجريبية التي لها

هدف مشترك هو إعطاء أوزان لقيم الحديثة من السلسلة الزمنية بشكل أكبر من باقي قيم السلسلة.

إن هذه الطريقة تتأثر بالفترات المتأخرة لسلوك الظاهرة أكثر من الفترات الأقدم، وهي لا تحتاج إلى الاحفاظ ببيانات تاريخية لفترات طويلة.¹

تصف هذه الطريقة ببساطة وتساعد في تحديد سلوك الظاهرة المتوقعة للفترة القادمة بشكل مباشر من خلال البيانات الفعلية والمتوقعة لسلوك الظاهرة المدروسة للفترة الحالية. الصيغة المستخدمة لهذه الطريقة هي:

$$\tilde{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)\tilde{y}_t$$

حيث:

\tilde{y}_{t+1} : الظاهرة المتوقعة للفترة القادمة.

α : معامل التكيف.

\tilde{y}_t : قيم الظاهرة المتوقعة للفترة الحالية.

t : الفترة الزمنية الحالية.

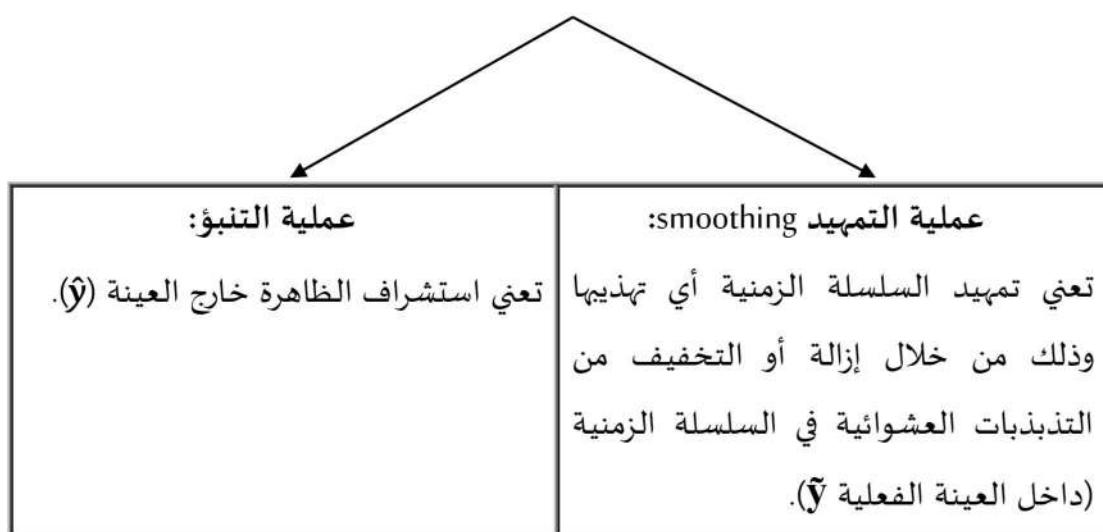
y_t : القيم الفعلية للفترة الحالية.

عادة ما تستخدم هذه الطريقة للتنبؤ بسلوك قيمة الظاهرة للمدى القصير ولفترة قادمة واحدة أو اثنين، ولا تستمر لفترات بعيدة كونها تعتمد على البيانات الفعلية لآخر فترة للتنبؤ بقيم الظاهرة للفترة القادمة.

كما أن هذه الطريقة تعتمد على البيانات التاريخية للظاهرة للفترات الأخيرة، وهي تعتمد إلى تجاوز العيوب في الطرق التي تعتمد سلسلة من الفترات الطويلة قد لا ترك أثراً لها على الأحداث المستقبلية.

ترتکز هذه التقنية على عمليتين أساسيتين:

¹ حامد الشمرتي، مؤيد الفضل، مرجع سابق ذكره، ص: 220



لهذه التقنية عدة أشكال من بينها:

1.2.2 التمهيد الأسوي البسيط (أو الأحادي):

يستخدم في السلسلات الزمنية العشوائية التي تذبذباتها تتمحور حول وسط حسابي ثابت (أي يجب أن تكون السلسلة مستقرة)، وتستخدم في التنبؤ القصير المدى (البورصة، أسعار البترول،...).

❖ عملية التمهيد: (إزالة التذبذبات داخل العينة)

تعتمد هذه التقنية على الصيغة الرياضية التالية:

$$\tilde{y}_t = \alpha y_t + \alpha(1-\alpha)^1 y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 y_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3 y_{t-3} + \dots + \alpha(1-\alpha)^n y_{t-n}$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_t = \alpha \sum_{r=0}^{\infty} (1 - \alpha)^r y_{t-r}$$

$$t = 1; 2; 3; \dots; T$$

($0 < \alpha < 1$): معامل التكثيف **α**

كلما زاد حجم العينة كلما صعب استخراج هذه المعادلة، لذلك قام مجموعة من الباحثين بتبسيط هذه العلاقة كالتالي:

$$\tilde{y}_t = \alpha y_t + (1 + \alpha) \tilde{y}_{t-1}$$

تقديرات التنبؤ

$$\begin{aligned}
 t=1 &\Rightarrow \tilde{y}_1 = \alpha y_1 + (1-\alpha) \tilde{y}_0 \Rightarrow \tilde{y}_1 = y_1 \\
 t=2 &\Rightarrow \tilde{y}_2 = \alpha y_2 + (1-\alpha) \tilde{y}_1 \\
 t=2 &\Rightarrow \tilde{y}_2 = \alpha y_2 + (1-\alpha) \tilde{y}_2 \\
 &\vdots && \vdots && \vdots \\
 t=T &\Rightarrow \tilde{y}_T = \alpha y_T + (1-\alpha) \tilde{y}_{T-1}
 \end{aligned}$$

عملية التمهيد (داخل العينة
الفعالية فقط)

❖ عملية التنبؤ: (خارج العينة الفعلية)

$T+1, T+2, \dots, T+L$

$$\tilde{y}_{T+1} = \tilde{y}_{T+2} = \dots = \tilde{y}_{T+L}$$

معناه أن التنبؤ للسنوات المقبلة هو نفسه

مثال: لدينا الجدول التالي:

الأشهر	1/93	2/93	3/93	4/93	5/93	6/93	7/93	8/93	9/93	10/93	11/93	12/93
y_t	16.76	16.71	16.03	16.53	15.16	13.34	17.61	18.52	18.01	20.17	21.58	21.77

- قم بالتنبؤ للفترة المقبلة مع العلم أن $\alpha=0.95$

❖ عملية التمهيد:

$t=1, 2, 3, \dots, 12$

$$\tilde{y}_T = \alpha y_T + (1-\alpha) \tilde{y}_{T-1}$$

$$t=1 \Rightarrow \tilde{y}_1 = y_1$$

$$t=2 \Rightarrow \tilde{y}_2 = 0.95 y_2 + (1-0.95) \tilde{y}_1$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_2 = 0.95(16.7) + 0.05(16.76)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_2 = 16.7125$$

$$t=3 \Rightarrow \tilde{y}_3 = 0.95y_3 + 0.05\tilde{y}_2$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_3 = 0.95(16.03) + 0.05(16.7125)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_3 = 16.064125$$

$$t=12 \Rightarrow \tilde{y}_{12} = 0.95y_{12} + 0.05\tilde{y}_{11}$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_{12} = 21.7565$$

الشهر	t	y_t	\tilde{y}_t
1/93	1	16.76	16.76
2/93	2	16.71	16.7125
3/93	3	16.03	16.0641
4/93	4	16.53	16.5067
5/93	5	15.16	15.1703
6/93	6	13.34	13.6215
7/93	7	17.61	17.4105
8/93	8	18.52	17.4645
9/93	9	18.01	18.0325
10/93	10	20.17	20.0631
11/93	11	21.58	21.5041
12/93	12	21.77	21.7565

تقديرات التنبؤ

1/94	T+1=13		21.7693
	T+L		21.7693

❖ عملية التنبؤ: (خارج العينة الفعلية)

T+1 ;T+2 ;...T+L

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1-\alpha)\tilde{y}_t$$

$$\hat{y}_{13} = 0.95y_{12} + 0.05\tilde{y}_{12} = 0.05(21.77) + 0.05(21.7565)$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{13} = 21.7693$$

2.2.2 التمهيد الأسني المزدوج (أو الثنائي):

يستخدم في السلسلة الزمنية ذات المركبة العشوائية بالإضافة إلى مركبة الاتجاه، حيث و بطريقة انحدارية يمكن التعبير عنها كما يلي:

$$Y_t = B_0 + B_1 t + \varepsilon_t$$

حيث أن: $B_0 + B_1 t$ تمثل مركبة الاتجاه العام، و ε_t تمثل المركبة العشوائية، فيمكن تمهيدها

بهذه الطريقة كالتالي:¹

❖ عملية التمهيد: (إزالة أو التخفيف من التذبذبات)

المرحلة 1:

$$\tilde{y}_t = \alpha y_t + (1-\alpha)\tilde{y}_{t-1}$$

$$t=1, 2, 3, \dots, T$$

¹ زين العابدين البشير، "تحليل السلسلات الزمنية"، دار الجنان للنشر والتوزيع، عمان، 2016، ص: 57

تقديرات التنبؤ

عند: $t=1$ نجد: $\tilde{y}_1 = y_1$

المرحلة 2: (إزالة أكثر للتذبذبات)

$$\tilde{\tilde{y}}_t = \alpha \tilde{y}_t + (1-\alpha) \tilde{y}_{t-1}$$

$t=1, 2, 3, \dots, T$

عند: $t=1$ نجد: $\tilde{\tilde{y}}_1 = y_1$

❖ عملية التنبؤ: (خارج العينة الفعلية)

$$\hat{y}_{T+L} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot \ell$$

$\ell=1, 2, 3, \dots, L$

$$\hat{\beta}_0 = 2\tilde{y}_T - \tilde{\tilde{y}}_T$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (\tilde{y}_T - \tilde{\tilde{y}}_T)$$

❖ أفق التنبؤ:

مثال: لدينا السلسلة الزمنية التالية:

السنوات	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
y_t	55	52	55	52	50	45	42	40	35	33	27	23

- أوجد التنبؤات للسنوات: 2013، 2014، 2015، إذا علمت أن: $\alpha = 0.8$.

❖ عملية التمهيد:

المرحلة 1:

$t=1, 2, 3, \dots, 12$

$$\tilde{y}_T = \alpha y_T + (1-\alpha) \tilde{y}_{T-1}$$

$$t=1 \Rightarrow \tilde{y}_1 = y_1 = 23$$

$$t=2 \Rightarrow \tilde{y}_2 = 0.8y_2 + (1-0.8)\tilde{y}_1$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_2 = 0.8(27) + 0.2(23)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_2 = 26.2$$

$$t=3 \Rightarrow \tilde{y}_3 = 0.8y_3 + 0.2\tilde{y}_2$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_3 = 0.8(33) + 0.2(26.2)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_3 = 31.64$$

$$t=12 \Rightarrow \tilde{y}_{12} = 0.8y_{12} + 0.2\tilde{y}_{11}$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_{12} = 54.49$$

: المرحلة 2

$$t=1, 2, 3, \dots, 12$$

$$\tilde{y}_t = \alpha \tilde{y}_t + (1-\alpha) \tilde{y}_{t-1}$$

$$t=1 \Rightarrow \tilde{y}_1 = y_1 = 23$$

$$t=2 \Rightarrow \tilde{y}_2 = 0.8 \tilde{y}_2 + (1-0.8) \tilde{y}_1$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_2 = 0.8(26.2) + 0.2(23)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_2 = 25.56$$

$$t=3 \Rightarrow \tilde{y}_3 = 0.8 \tilde{y}_3 + 0.2 \tilde{y}_2$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_3 = 0.8(31.64) + 0.2(25.56)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_3 = 30.424$$

$$t=12 \Rightarrow \tilde{y}_{12} = 0.8(54.49) + 0.2(52.673)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_{12} = 54.126$$

❖ عملية التنبؤ: (خارج العينة الفعلية)

$$\hat{y}_{T+L} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot \ell$$

من أجل حساب \hat{y}_{T+} يجب حساب أولاً $\hat{\beta}_0$ و $\hat{\beta}_1$:

$$\beta_0 = 2\tilde{y}_T - \tilde{\bar{y}}_T$$

$$t=1 \Rightarrow \beta_0 = 2\tilde{y}_1 - \tilde{\bar{y}}_1$$

$$\Rightarrow \beta_0 = 2(23) - 23$$

$$\Rightarrow \beta_0 = 23$$

$$t=2 \Rightarrow \beta_0 = 2\tilde{y}_2 - \tilde{\bar{y}}_2$$

$$\Rightarrow \beta_0 = 2(26.2) - 25.56$$

$$\Rightarrow \beta_0 = 26.84$$

$$t=3 \Rightarrow \beta_0 = 2\tilde{y}_3 - \tilde{\bar{y}}_3$$

$$\Rightarrow \beta_0 = 2(31.64) - 30.424$$

$$\Rightarrow \beta_0 = 32.856$$

$$t=12 \Rightarrow \beta_0 = 2\tilde{y}_{12} - \tilde{\bar{y}}_{12}$$

$$\Rightarrow \beta_0 = 2(54.49) - 54.126$$

$$\Rightarrow \beta_0 = 54.854$$

$$\beta_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (\tilde{y}_T - \tilde{\tilde{y}}_T) \Rightarrow \beta_1 = \frac{0.8}{1-0.8} (\tilde{y}_T - \tilde{\tilde{y}}_T)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 4 (\tilde{y}_T - \tilde{\tilde{y}}_T)$$

$$t=1 \Rightarrow \beta_1 = 4 (\tilde{y}_1 - \tilde{\tilde{y}}_1)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 4 (23 - 23)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 0$$

$$t=2 \Rightarrow \beta_1 = 4 (\tilde{y}_2 - \tilde{\tilde{y}}_2)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 4 (26.2 - 25.56)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 2.56$$

$$t=3 \Rightarrow \beta_1 = 4 (\tilde{y}_3 - \tilde{\tilde{y}}_3)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 4 (31.64 - 30.424)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 4.864$$

$$t=12 \Rightarrow \beta_1 = 4 (\tilde{y}_{12} - \tilde{\tilde{y}}_{12})$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 4 (54.49 - 54.126)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 1.456$$

$$\hat{y}_{T+L} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot \ell$$

$$T=12 \quad ; \quad \ell=1, 2, 3, \dots, L$$

تقديرات التنبؤ

$$\hat{y}_{2013} = \hat{y}_{12+1} = \hat{\beta}_{0/12} + \hat{\beta}_{1/12} \cdot \ell \Rightarrow \hat{y}_{2013} = 54.854 + 1.456(1)$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{2013} = 56.32$$

$$\hat{y}_{2014} = \hat{y}_{12+2} = \hat{\beta}_{0/12} + \hat{\beta}_{1/12} \cdot \ell \Rightarrow \hat{y}_{2014} = 54.854 + 1.456(2)$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{2014} = 57.766$$

$$\hat{y}_{2016} = \hat{y}_{12+4} = \hat{\beta}_{0/12} + \hat{\beta}_{1/12} \cdot \ell \Rightarrow \hat{y}_{2016} = 54.854 + 1.456(4)$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{2016} = 60.678$$

السنوات	t	y_t	ŷ_t	ŷ̂_t	B₀	B₁	ŷ_t
2001	1	23	23	23	23	0	
2002	2	27	26.2	26.56	26.84	2.56	
2003	3	33	31.64	30.424	32.856	4.864	
2004	4	35	34.328	33.547	35.109	3.124	
2005	5	40	38.865	37.801	39.924	4.256	
2006	6	42	41.373	40.658	42.088	2.86	
2007	7	45	44.274	43.547	45.002	2.92	
2008	8	50	48.854	47.792	49.916	4.245	
2009	9	52	51.37	50.654	52.086	2.864	
2010	10	55	54.274	53.55	54.998	2.896	
2011	11	52	52.454	52.673	52.236	-0.873	
2012	12	55	54.49	54.126	54.854	1.456	
2013							56.32
2014							57.766
2015							60.678

3.2.2 التمهيد الأسني لـ Holt: (ذات ثابتي التمهيد)

يلجأ إلى هذه الطريقة في نفس الظروف التي تستعمل فيها التقنية السابقة، وهذا طبعاً لا يعني أنها تعطي نفس النتائج. وتكون هذه الطريقة من معادلتين وكذا ثابتي التمهيد، أحدهما خاص بالعشوائية والآخر بالاتجاه العام، تمر هذه الطريقة بمراحلتين:

❖ عملية التمهيد:

ت تكون من ثابتي التمهيد أحدهما خاص بالعشوائية، والآخر خاص بالاتجاه العام.

° معادلة تمديد السلسلة العشوائية:

$$\tilde{y}_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(\tilde{y}_{t-1} + r_{t-1})$$

حيث α ثابت التمهيد للمركبة العشوائية.

° معادلة تمديد الاتجاه العام للسلسلة:

$$r_t = \lambda(\tilde{y}_t - \tilde{y}_{t-1}) + (1 - \lambda)r_{t-1}$$

حيث λ ثابت تمديد الاتجاه العام.

❖ عملية التنبؤ:

$$\hat{y}_{T+L} = \tilde{y}_T + \ell r_T$$

$$\ell = 1, 2, 3, \dots, L$$

حيث ℓ : أفق التنبؤ

كما قام بعض الباحثين بافتراض قيم الانطلاق:

$$\tilde{y}_1 = r_1 = 0$$

$$\tilde{y}_2 = y_1$$

$$r_2 = y_2 - y_1$$

$$\hat{y}_2 = y_1$$

مثال: لدينا الجدول التالي:

تقديرات التنبؤ

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أبريل	ماي	يونيو	جوان	июль	آب	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
y_t	152	176	160	192	220	272	256	280	300	280	312	328	

$$\lambda = 0.3 \quad \alpha = 0.2$$

- حدد قيم تمهيد السلسلة الزمنية الخاصة بالعشوائية وبالاتجاه العام لكل فترة.

- تنبأ بحجم مبيعات ثلاثة أشهر الأولى من السنة المقبلة.

الحل:

❖ عملية التمهيد:

° قيم الانطلاق:

$$\tilde{y}_1 = r_1 = 0$$

$$\tilde{y}_2 = y_1 = 152$$

$$r_2 = y_2 - y_1 = 176 - 152 = 24$$

$$\hat{y}_2 = y_1$$

° معادلة التمهيد العشوائية:

$$\tilde{y}_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(\tilde{y}_{t-1} + r_{t-1})$$

$$t=1 \Rightarrow \tilde{y}_1 = 0$$

$$t=2 \Rightarrow \tilde{y}_2 = y_1 = 152$$

$$t=3 \Rightarrow \tilde{y}_3 = 0.2y_3 + 0.8(\tilde{y}_2 + r_2)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_3 = 0.2(160) + 0.8(152 + 24)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_3 = 172.8$$

$$t=12 \Rightarrow \tilde{y}_{12} = 0.2y_{12} + 0.8(\tilde{y}_{11} + r_{11})$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_{12} = 0.2(328) + 0.8(335.49 + 17.32)$$

$$\Rightarrow \tilde{y}_{12} = 347.85$$

° معادلة التمهيد الاتجاه العام:

$$r_t = \lambda(\tilde{y}_t - \tilde{y}_{t-1}) + (1 - \lambda)r_{t-1}$$

$$t=1 \Rightarrow r_1 = 0$$

$$t=2 \Rightarrow r_2 = y_2 - y_1$$

$$\Rightarrow r_2 = 176 - 152$$

$$\Rightarrow r_2 = 24$$

$$t=3 \Rightarrow r_3 = 0.3(\tilde{y}_3 - \tilde{y}_2) + 0.7r_2$$

$$\Rightarrow r_3 = 0.3(172.8 - 152) + 0.7(24)$$

$$\Rightarrow r_3 = 23.04$$

$$t=12 \Rightarrow r_{12} = 0.3(\tilde{y}_{12} - \tilde{y}_{11}) + 0.7r_{11}$$

$$\Rightarrow r_{12} = 0.3(347.85 - 335.49) + 0.7(17.32)$$

$$\Rightarrow r_{12} = 15.83$$

الأشهر	t	y _t	\tilde{y}_t	r _t	\hat{y}_t
جانفي	1	152	0	0	
فيفري	2	176	152	24	
مارس	3	160	172.8	23.04	

تقديرات التنبؤ

أغسطس	4	192	195.07	22.81	
ماي	5	220	218.31	22.94	
جوان	6	272	247.39	24.78	
جويلية	7	256	268.94	23.81	
أوت	8	280	290.20	23.05	
سبتمبر	9	300	310.60	22.25	
اكتوبر	10	280	322.28	19.08	
نوفمبر	11	312	335.49	17.32	
ديسمبر	12	328	347.85	15.83	
T+1	13				363.68
T+2	14				379.51
T+3	15				395.34

❖ عملية التنبؤ:

$$\hat{y}_{T+L} = \tilde{y}_T + \ell r_T$$

$$\ell = 1, 2, 3, \dots, L$$

$$\ell = 1: T + 1 \Rightarrow 12 + 1 = 13$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{13} = \tilde{y}_{12} + \ell r_{12}$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{13} = 347.85 + (1)15.83$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{13} = 363.68$$

$$\ell = 2: T + 2 \Rightarrow 12 + 2 = 14$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{14} = \tilde{y}_{12} + \ell r_{12}$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{14} = 347.85 + (2)15.83$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{14} = 379.51$$

$$\ell = 3: T + 3 \Rightarrow 12 + 3 = 15$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{15} = \tilde{y}_{12} + \ell r_{12}$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{15} = 347.85 + (3)15.83$$

$$\Rightarrow \hat{y}_{15} = 395.34$$

الجداول الإحصائية

جدول القيم الحرجية

R_U	R_L	m	R_U	R_L	m
19	8	13	10	2	5
20	9	14	11	3	6
22	10	15	13	3	7
23	11	16	14	4	8
25	11	17	15	5	9
26	12	18	16	6	10
27	13	19	17	7	11
28	14	20	17	7	12

جدول القيم الحرجة لمعامل الإرتباط لسييرمان

0.001	0.005	0.01	0.025	0.05	0.1	$\frac{1}{2}\alpha$	n
0.002	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	α	
-	-	-	-	0.8	0.8		4
-	-	0.9	0.9	0.8	0.7		5
-	0.9429	0.8857	0.8286	0.7714	0.6		6
0.9643	0.8929	0.8571	0.745	0.6789	0.5357		7
0.9286	0.8571	0.8095	0.7143	0.619	0.5		8
0.9	0.8167	0.7667	0.6833	0.5833	0.4667		9
0.8667	0.7818	0.7333	0.6364	0.5515	0.4424		10
0.8364	0.7545	0.07	0.609	0.5273	0.4182		11
0.8182	0.7273	0.6713	0.5804	0.4965	0.3986		12
0.7912	0.6978	0.6429	0.5549	0.478	0.3791		13
0.767	0.6747	0.622	0.5341	0.4593	0.3626		14
0.7464	0.6536	0.6	0.5179	0.4429	0.35		15
0.7265	0.6324	0.5824	0.5	0.4265	0.3382		16
0.7083	0.6152	0.5637	0.4853	0.4118	0.326		17
0.6904	0.5975	0.5480	0.4716	0.3994	0.3148		18
0.6737	0.5825	0.5333	0.4779	0.3895	0.3070		19
0.6586	0.5684	0.5203	0.4451	0.3789	0.2977		20
0.6455	0.5545	0.5078	0.4351	0.3688	0.299		21
0.6318	0.5426	0.4963	0.4241	0.3597	0.2829		22
0.6186	0.5306	0.4852	0.415	0.3518	0.2767		23
0.6070	0.52	0.4748	0.4061	0.3435	0.2704		24
0.5962	0.51	0.4654	0.3977	0.3362	0.2646		25
0.5856	0.5002	0.4564	0.3894	0.3299	0.2588		26
0.5757	0.4915	0.4481	0.3822	0.3236	0.254		27
0.568	0.4828	0.4401	0.3749	0.3175	0.249		28
0.5567	0.4744	0.432	0.3685	0.3113	0.2443		29
0.5479	0.4665	0.4251	0.362	0.3059	0.24		30

التوزيع الطبيعي المعياري

.09	.08	.07	.06	.05	.04	.02	.01	.00	z
.0359	.0319	.0279	.0239	.0199	.0160	.0080	.0040	.0000	0.0
.0753	.0714	.0675	.0636	.0596	.0557	.0487	.0438	.0398	0.1
.1141	.1103	.1064	.1026	.0987	.0948	.0871	.0832	.0793	0.2
.1517	.1480	.1443	.1406	.1368	.1331	.1255	.1217	.1179	0.3
.1879	.1844	.1808	.1772	.1736	.1700	.1628	.1591	.1554	0.4
.2224	.2190	.2157	.2123	.2088	.2054	.1985	.1950	.1915	0.5
.2549	.2517	.2486	.2454	.2422	.2389	.2324	.2291	.2257	0.6
.2852	.2823	.2794	.2764	.2734	.2703	.2642	.2611	.2580	0.7
.3133	.3106	.3078	.3051	.3023	.2995	.2939	.2910	.2881	0.8
.3389	.3365	.3340	.3315	.3289	.3264	.3213	.3186	.3159	0.9
.3621	.3599	.3577	.3554	.3531	.3508	.3461	.3438	.3413	1.0
.3830	.3910	.3790	.3770	.3749	.3729	.3686	.3665	.3643	1.1
.4015	.3997	.3980	.3962	.3944	.3925	.3888	.3869	.3849	1.2
.4177	.4162	.4147	.4131	.4115	.4099	.4066	.4049	.4032	1.3
.4319	.4306	.4292	.4279	.4265	.4251	.4222	.4207	.4192	1.4
.4441	.4429	.4418	.4406	.4394	.4382	.4357	.4345	.4332	1.5
.4545	.4535	.4525	.4515	.4505	.4495	.4474	.4463	.4452	1.6
.4633	.4625	.4616	.4608	.4599	.4591	.4573	.4564	.4554	1.7
.4706	.4699	.4693	.4686	.4678	.4671	.4656	.4649	.4641	1.8
.4767	.4761	.4756	.4750	.4744	.4738	.4726	.4719	.4713	1.9
.4817	.4812	.4808	.4803	.4798	.4793	.4783	.4778	.4772	2.0
.4857	.4854	.4850	.4846	.4842	.4838	.4830	.4829	.4821	2.1
.4890	.4887	.4884	.4881	.4878	.4875	.4868	.4864	.4861	2.2
.4916	.4913	.4911	.4909	.4906	.4904	.4898	.4896	.4893	2.3
.4936	.4934	.4932	.4931	.4929	.4927	.4922	.4920	.4918	2.4
.4952	.4951	.4949	.4948	.4946	.4945	.4941	.4940	.4938	2.5
.4964	.4963	.4962	.4961	.4960	.4959	.4956	.4955	.4953	2.6
.4974	.4973	.4972	.4971	.4970	.4969	.4967	.4966	.4965	2.7
.4981	.4980	.4979	.4979	.4978	.4977	.4976	.4975	.4974	2.8
.4986	.4986	.4985	.4985	.4984	.4984	.4982	.4982	.4981	2.9
.4990	.4990	.4989	.4989	.4989	.4988	.4987	.4987	.4987	3.0

توزيع Student's t

.005	.01	.025	.05	.10	P
63.657	31.821	12.706	6.314	3.078	1
9.925	6.965	4.303	2.920	1.886	2
5.841	4.541	3.182	2.353	1.638	3
4.604	3.747	2.776	2.132	1.533	4
4.032	3.365	2.571	2.015	1.476	5
3.707	3.143	2.447	1.943	1.440	6
3.499	2.998	2.365	1.895	1.415	7
3.355	2.896	2.306	1.860	1.397	8
3.250	2.821	2.262	1.833	1.383	9
3.169	2.764	2.228	1.812	1.372	10
3.106	2.718	2.201	1.796	1.363	11
3.055	2.681	2.179	1.782	1.356	12
3.012	2.650	2.160	1.771	1.350	13
2.977	2.624	2.145	1.761	1.345	14
2.947	2.602	2.131	1.753	1.341	15
2.921	2.583	2.120	1.746	1.337	16
2.898	2.567	2.110	1.740	1.333	17
2.878	2.552	2.101	1.734	1.330	18
2.861	2.539	2.093	1.729	1.328	19
2.845	2.528	2.086	1.725	1.325	20
2.831	2.518	2.080	1.721	1.323	21
2.819	2.508	2.074	1.717	1.321	22
2.807	2.500	2.069	1.714	1.319	23
2.797	2.492	2.064	1.711	1.318	24
2.787	2.485	2.060	1.708	1.316	25
2.779	2.479	2.056	1.706	1.315	26
2.771	2.473	2.052	1.703	1.314	27
2.763	2.467	2.048	1.701	1.313	28
2.756	2.462	2.045	1.699	1.311	29
2.750	2.457	2.042	1.697	1.310	30

توزيع Chi 2

0.05	0.10	0.50	0.90	0.95	p=0.99	DF
3.841	2.706	0.455	0.0158	0.00393	0.000157	1
5.991	4.605	1.386	0.211	0.103	0.0201	2
7.815	6.251	2.366	0.584	0.352	0.115	3
9.488	7.779	3.357	1.064	0.711	0.297	4
11.070	9.236	4.351	1.610	1.145	0.554	5
3.070	10.645	5.348	2.204	1.635	0.872	6
14.067	12.017	6.346	2.833	2.167	1.239	7
15.507	13.362	7.344	3.490	2.733	1.646	8
16.919	14.684	8.343	4.168	3.325	2.088	9
18.307	15.987	9.342	4.865	3.940	2.558	10
19.675	17.275	10.341	5.578	4.575	3.053	11
21.026	18.549	11.340	6.304	5.226	3.571	12
22.362	19.812	12.340	7.042	5.892	4.107	13
21.064	18.151	10.821	6.571	5.368	4.660	14
24.996	22.307	14.339	8.547	7.261	5.229	15
26.296	23.542	15.338	9.312	7.962	5.812	16
27.587	24.769	16.338	10.085	8.672	6.408	17
28.869	25.989	17.338	10.865	9.390	7.015	18
30.144	27.204	18.338	11.651	10.117	7.633	19
31.410	28.412	19.337	12.443	10.851	8.260	20
32.671	29.615	20.337	13.240	11.591	8.897	21
33.924	30.813	21.337	14.041	12.338	9.542	22
35.172	32.007	22.337	14.848	13.091	10.196	23
36.415	33.196	23.337	15.659	13.848	10.856	24
37.652	34.382	24.337	16.473	14.611	11.524	25
38.885	35.563	25.336	17.292	15.379	12.198	26
40.113	36.741	26.336	18.114	16.151	12.879	27
41.337	37.916	27.336	18.939	16.928	13.565	28
42.557	39.087	28.336	19.768	17.708	14.256	29
43.773	40.256	29.336	20.599	18.493	14.953	30

تقديرات التنبؤ

توزيع فيشر F

درجات حرية البسط											درجات حرية المقام	درجات حرية المقام
11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
243	242	241	239	237	234	230	225	216	200	161	5%	1
6082	6056	6022	5981	5928	5859	5764	5625	5403	4999	4052	1%	
19.40	19.39	19.38	19.37	19.36	19.33	19.30	19.25	19.16	19.00	18.51	5%	2
99.41	99.40	99.38	99.36	99.34	99.33	99.30	99.25	99.17	99.01	98.49	1%	
8.76	8.78	8.81	8.84	8.88	8.94	9.01	9.12	9.28	9.55	10.13	5%	3
27.13	27.23	27.34	27.49	27.67	27.91	28.24	28.71	29.46	30.81	34.12	1%	
5.93	5.96	6.00	6.04	6.09	6.16	6.26	6.39	6.59	6.94	7.71	5%	4
14.47	14.54	14.66	14.80	14.98	15.21	15.52	15.98	16.69	18.00	21.30	1%	
4.70	4.75	4.78	4.82	4.88	4.95	5.05	5.19	5.41	5.79	6.61	5%	5
9.96	10.05	10.15	10.27	10.45	10.67	10.97	11.39	12.06	13.27	16.26	1%	
4.03	4.06	4.10	4.15	4.21	4.28	4.39	4.53	4.76	5.14	5.99	5%	6
7.79	7.87	7.98	8.10	8.26	8.47	8.75	9.15	9.78	10.92	13.74	1%	
3.60	3.63	3.68	3.73	3.79	3.87	3.97	4.12	4.35	4.74	5.59	5%	7
6.54	6.62	6.71	6.84	7.00	7.19	7.46	7.85	8.45	9.55	12.25	1%	
3.31	3.34	3.39	3.44	3.50	3.58	3.69	3.84	4.07	4.46	5.32	5%	8
5.74	5.82	5.91	6.03	6.19	6.37	6.63	7.01	7.59	8.65	11.26	1%	
3.10	3.13	3.18	3.23	3.29	3.37	3.48	3.63	3.86	4.26	5.12	5%	9
5.18	5.26	5.35	5.47	5.62	5.80	6.06	6.42	6.99	8.02	10.56	1%	
2.94	2.97	3.02	3.07	3.14	3.22	3.33	3.48	3.71	4.10	4.96	5%	10
4.78	4.85	4.95	5.06	5.21	5.39	5.64	5.99	6.55	7.56	10.04	1%	
2.82	2.96	2.90	2.95	3.01	3.09	3.20	3.36	3.59	3.98	4.84	5%	11
4.46	4.54	4.63	4.74	4.88	5.07	5.32	5.67	6.22	7.20	9.65	1%	
2.72	2.76	2.80	2.85	2.92	3.00	3.11	3.26	3.49	3.88	4.75	5%	12
4.22	4.30	4.39	4.50	4.65	4.82	5.06	5.41	5.95	6.93	9.33	1%	
2.63	2.67	2.72	2.77	2.84	2.92	3.02	3.18	3.41	3.80	4.67	5%	13
4.02	4.10	4.19	4.30	4.44	4.62	4.86	5.20	5.74	6.70	9.07	1%	
2.56	2.60	2.65	2.70	2.77	2.85	2.96	3.11	3.34	3.74	4.60	5%	14
3.86	3.94	4.03	4.14	4.28	4.46	4.69	5.03	5.56	6.51	8.86	1%	
2.51	2.55	2.59	2.64	2.70	2.79	2.90	3.06	3.29	3.68	4.54	5%	15
3.73	3.80	3.89	4.00	4.14	4.32	4.56	4.89	5.42	6.36	8.68	1%	
2.45	2.49	2.54	2.59	2.66	2.74	2.85	3.01	3.24	3.63	4.49	5%	16
3.61	3.69	3.78	3.89	4.03	4.20	4.44	4.77	5.29	6.23	8.53	1%	
2.41	2.45	2.50	2.55	2.62	2.70	2.81	2.96	3.20	3.59	4.45	5%	17
3.52	3.59	3.68	3.79	3.93	4.10	4.34	4.67	5.18	6.11	8.40	1%	
2.37	2.41	2.46	2.51	2.58	2.66	2.77	2.93	3.16	3.55	4.41	5%	18
3.44	3.51	3.60	3.71	3.85	4.01	4.25	4.58	5.09	6.01	8.28	1%	
2.34	2.38	2.43	2.48	2.55	2.63	2.74	2.90	3.13	3.52	4.38	5%	19
3.36	3.43	3.52	3.63	3.77	3.94	4.17	4.50	5.01	3.93	8.18	1%	
2.31	2.35	2.40	2.45	2.52	2.60	2.71	2.87	3.10	3.49	4.35	5%	20
3.30	3.37	3.45	3.56	3.71	3.87	4.10	4.43	4.94	5.85	8.10	1%	

توزيع فيشر F

توزيع فيشر F (البط)											نسبة (%)	
11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
2.28	2.32	2.37	2.42	2.49	2.57	2.68	2.84	3.07	3.47	4.32	5%	21
3.24	3.31	3.40	3.51	3.65	3.81	4.04	4.37	4.87	5.78	8.02	1%	
2.26	2.30	2.35	2.40	2.47	2.55	2.66	2.82	3.05	3.44	4.30	5%	22
3.18	3.26	3.35	3.45	3.59	3.76	3.99	4.31	4.82	5.72	7.94	1%	
2.24	2.28	2.32	2.38	2.45	2.53	2.64	2.80	3.03	3.42	4.28	5%	23
3.14	3.21	3.30	3.41	3.54	3.71	3.94	4.26	4.76	5.66	7.88	1%	
2.22	2.26	2.30	2.36	2.43	2.51	2.62	2.78	3.01	3.40	4.26	5%	24
3.09	3.17	3.25	3.36	3.50	3.67	3.90	4.22	4.72	5.61	7.82	1%	
2.20	2.24	2.28	2.34	2.41	2.49	2.60	2.76	2.99	3.38	4.24	5%	25
3.05	3.13	3.21	3.32	3.46	3.63	3.86	4.18	4.68	5.57	7.77	1%	
2.18	2.22	2.27	2.32	2.39	2.47	2.59	2.74	2.89	3.37	4.22	5%	26
3.02	3.09	3.17	3.29	3.42	3.59	3.82	4.14	4.64	5.53	7.72	1%	
2.16	2.20	2.25	2.30	2.37	2.46	2.57	2.73	2.96	3.35	4.21	5%	27
2.98	3.06	3.14	3.26	3.39	3.56	3.79	4.11	4.60	5.49	7.68	1%	
2.15	2.19	3.24	2.29	2.36	2.44	2.56	2.71	2.95	3.34	4.20	5%	28
2.95	3.03	3.11	3.23	3.36	3.53	3.76	4.07	4.57	5.45	7.64	1%	
2.14	2.18	2.22	2.28	2.35	2.43	2.54	2.70	2.93	3.33	4.18	5%	29
2.92	3.00	3.08	3.20	3.33	3.50	3.73	4.04	4.54	5.52	7.60	1%	
2.12	2.16	2.21	2.27	2.34	2.42	2.53	2.69	2.92	3.32	4.17	5%	30
2.90	2.98	3.06	3.17	3.30	3.47	3.70	4.02	4.51	5.39	7.56	1%	
2.10	2.14	2.19	2.25	2.32	2.40	2.51	2.67	2.90	3.30	4.15	5%	32
2.86	2.94	3.01	3.12	3.25	3.42	3.66	3.97	4.46	5.34	7.50	1%	
2.08	2.12	2.17	2.23	2.30	2.38	2.49	2.65	2.88	3.28	4.13	5%	34
2.82	2.89	2.97	3.08	3.21	3.38	3.61	3.93	4.42	5.29	7.44	1%	
2.06	2.10	2.15	2.21	2.28	2.36	2.48	2.63	2.86	3.26	4.11	5%	36
2.78	2.86	2.94	3.04	3.18	3.35	3.58	3.89	4.38	5.25	7.39	1%	
2.05	2.09	2.14	2.19	2.26	2.35	2.46	2.62	2.85	3.25	4.10	5%	38
2.75	2.82	2.91	3.02	3.15	3.32	3.54	3.86	4.34	5.21	7.35	1%	
2.04	2.07	2.12	2.18	2.25	2.34	2.45	2.61	2.84	3.23	4.08	5%	40
2.73	2.80	2.88	2.99	3.12	3.29	3.51	3.83	4.31	5.18	7.31	1%	
2.02	2.06	2.11	2.17	2.24	2.32	2.44	2.59	2.83	3.22	4.07	5%	42
2.70	2.77	2.86	2.96	3.10	3.26	3.49	3.80	4.29	5.15	7.27	1%	
2.01	2.05	2.10	2.16	2.23	2.31	2.43	2.58	2.82	3.21	4.06	5%	44
2.68	2.75	2.84	2.94	3.07	3.24	3.46	3.78	4.26	5.12	7.24	1%	
2.00	2.04	2.09	2.14	2.22	2.30	2.42	2.57	2.81	3.20	4.05	5%	46
2.66	2.73	2.82	2.92	3.05	3.22	3.44	3.76	4.24	5.10	7.21	1%	
1.99	2.03	2.08	2.14	2.21	2.30	2.41	2.56	2.80	3.19	4.04	5%	48
2.64	2.71	2.80	2.90	3.04	3.20	3.42	3.74	4.22	5.08	7.19	1%	
1.98	2.02	2.07	2.13	2.20	2.29	2.40	2.56	2.79	3.18	4.03	5%	50
2.62	2.70	2.78	2.88	3.02	3.18	3.41	3.72	4.20	5.06	7.17	1%	

قائمة المراجع

قائمة المراجع باللغة العربية

- الشناوى، "التنظيم والإدارة في قطاع الأعمال" مركز الإسكندرية للكتاب، مصر، 1999.
- جاك لوكيون، كريستيان لاپروس، "إحصاء الوصفي"، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1988.
- جلاطوج، "الإحصاء التطبيقي مع تمارين و مسائل محلولة"، دار الخلدونية، الجزائر، 2007.
- حامد ج، "أساليب التنبؤ"، المعهد العربي للتخطيط، الكويت، 2003.
- حامد الشمرتي، مؤيد الفضل، "الأساليب الإحصائية في اتخاذ القرار"، دار مجذلاوي للنشر والتوزيع، الأردن، 2005.
- خوانى ليلى، "أساليب و نماذج التنبؤ بالطلب على خدمات الاتصالات السلكية و اللاسلكية في الجزائر"، أطروحة دكتوراه كلية العلوم الاقتصادية و التسيير، جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان، 2011.
- رابح بلعباس، "فعالية التنبؤ باستخدام النماذج الإحصائية في اتخاذ القرارات"، الملتقى الوطني حول صنع القرار في المؤسسة الاقتصادية، جامعة محمد بوظياف المسيلة، الجزائر، 2009.
- عبد الرحمن الأحمد العبيدي، "مبادئ التنبؤ الإداري"، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية، 2004.
- رملي محمد، "مطبوعة في تحليل السلسل الرمزية"، قسم العلوم الاقتصادية، جامعة الطاهر مولاي، سعيدة، 2020.
- زين العابدين البشير، "تحليل السلسل الرمزية"، دار الجنان للنشر و التوزيع، عمان، 2016.
- شعراوي سمير مصطفى، "مقدمة في التحليل الحديث للسلسل الرمزية"، مركز النشر العلمي، جدة، 2005.
- صلاح الدين كروش، "التوقع بالمبينات باستخدام نماذج إحصائية"، دار الراية للنشر و التوزيع، الأردن، 2015.
- صونيا محمد البكري، "إدارة الإنتاج و العمليات"، الدار الجامعية، مصر، 2001.

- عبد الحميد أحمد الحزوبى، "أساسيات إدارة المبيعات"، دار وائل للنشر والتوزيع، الأردن، 2008.
- عبد القادر محمد عبد القادر عطية، "الاقتصاد القياسي بين النظرية والتطبيق"، الدار الجامعية، مصر، 2000.
- عبد العزيز شرابي، "طرق احصائية للتوقع الاقتصادي"، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2000.
- على العلاونة، محمد عبيادات، عبد الكريم عواد، "بحوث العمليات في العلوم التجارية"، دار المستقبل، عمان، 2000.
- محمد ابديوي الحسين، "تخطيط الإنتاج ومراقبته"، دار المناهج، عمان، 2012.
- محمد جاسم الصميدى، "استراتيجية التسويق مدخل كمى وتحليلي"، دار الحامد، الأردن، 2000.
- محمد صالح الحناوى، محمد توفيق ماضى، "بحوث العمليات فى تخطيط و مراقبة الإنتاج، الدار الجامعية، مصر، 2001.
- محمد عبيادات، "إدارة المبيعات"، الشركة العربية المتحدة للتسويق و التوريدات، الأردن، 2008.
- مهدي زويلف، نزار عبد المجيد، "الأساليب الكمية في الإدارة"، الجامعة المستنصرية، 1990.
- مولود حشمان، "نماذج وتقنيات التنبؤ (القصير المدى)", ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1998.
- محمود الحمصي، "التخطيط الاقتصادي"، دار الطليعة، بيروت، 1979.

المراجع باللغة الأجنبية:

- Alicia Tuovila, « Forecasting: what it is, how it's used in business and investing», 2022, <https://www.investopedia.com/terms/f/forecasting.asp>, 15/11/2022, 18:30
- Beida Mohamed, Ferhat Taleb Amar, Les outils de gestion: prévision, www.mtoolkit.com, 2004.
- Ekionea J.B, Bernard P, Plaisent M, « Consensus par la méthode Delphi sur les concepts clés des capacités organisationnelles spécifiques de la gestion des connaissances », recherchs qualitatives, 2011, 29(3).
- Khaldi khaled, « Méthodes statistiques : rappels de cours exercices corrigés », Office des publications universitaires, Alger, 2017.
- Regis Bourbonnis, Michel Tirraza, « Analyse des séries temporelle en économie », PUF, 1998.
- Usenier J.C, Bourbonnais R, « Pratique de la prévision à court terme », Edition DUNOD, 1981.