مقارنة طرائق Holt- Winter التنبؤية للسلاسل الزمنية الموسمية

أ.م.د. سلمى ثابت الالوسي* م.م. صادق عواد كاظم الدراجي**

المستخلص

يتناول هذا البحث تقييم اداء طريقة(Holt-Winter) في وضع التنبؤات للفترات.6,5,4,3,2,1 مقبلة بثوابت تمهيد مثلى وغير مثلى مقارنة مع طريقة (Holt-Winter)الاعتيادية(الكلاسيكية) المعروفة بثوابت مثلى وغير مثلى ايضا وذلك في حالة السلاسل الزمنية الموسمية غير المستقرة اي التي تحدث في نمطها تغيرات دائمية او مؤقتة ،الامرالذي تطلب معه استخدام اسلوب المحاكاة لتوليدهذه السلاسل بالاضافة الى اعداد برامج خاصة بطريقة (Holt-Winter) التكيفية والاعتيادية بلغة(Quick Basic) .

وقد تم التوصل الى ان الطريقة التكيفية موضوعة البحث لها افضلية طفيفة على الطريقة الاعتيادية في وضع التنبؤات لفترة واحدة (L=1) وان اداء الطريقتين متماثل في وضع التنبؤات (2-6) فترات مقبلة، وذلك بالنسبة للسلاسل الزمنية الموسمية المستقرة بثوابت تمهيد مثلى، اما بالنسبة للسلاسل الزمنية الموسمية غير المستقرة فان اداء الطريقة التكيفية بثوابت مثلى وغير مثلى كان متفوقا بصورة ملحوظة في وضع التنبؤات(1-6) فترات مقارنة مع الطريقة الاعتيادية.

Abstract

This paper deals with evaluating the performance of method (Holt-Winter) in the development of forecasts for periods 1,2,3,4,5,6. Future parameters of optimal and non-optimal pave compared with Holt-Winter Road) (normal (classic) known constants optimal and non-optimal and also in the case of time-series of seasonal nonstationary any that occur in the pattern of permanent changes temporary or infrastructure to ask him to use the style simulation Toledhzh chains In addition to preparing special programs in a way (Holt-Winter) adaptive and normal language (Quick Basic).

Has been reached that the way adaptive placed Find her a slight advantage on the way normal in the development of forecasts for a period of one (L 1) that the performance of the two methods symmetric in the development of Altenbaat6-2 future periods, and so for the time series of seasonal stationary parameters of optimal boot, either Balnsphllslasl Time Seasonal nonstationary way, the performance of the adaptive parameters of optimal and non-optimal ahead significantly in the development of forecasts (6-1) periods, compared with the usual way.

---

* الجامعة المستنصرية / كلية الادارة والاقتصاد .

** باحث .

مقبول للنشر بتأريخ 2013/10/20

مستل من رسالة ماجستير

الفصل الاول

1-1 المقدمة

من المعروف بأن استخدام نموذج السلسلة الزمنية لوضع التنبؤات المستقبلية لظاهرة معينة يقوم على اساس ان هنالك نمط لهذه الظاهرة في الماضي يتوقع له أن يستمر في المستقبل.

ولكن في كثير من الاحيان يتعرض نمط الظاهرة لتغيرات مفاجئة او مؤقتة او دائمية الامر الذي يستوجب معه الاخذ بنظر الاعتبار هذه التغيرات المحتملة في نمط الظاهرة.

ومن هنا برزت الكثير من الطرائق التكيفية سواء في منهجية التمهيد الاسي او منهجية بوكس – جينكز، والتي تعمل على تكييف نموذج التنبؤ الموضوع لكافة التغيرات الدائمية المحتملة التي تحدث في نمط السلسلة الزمنية وبالشكل الذي يحقق الاستجابة المطلوبة للنموذج ولهذه التغيرات بصورة ذاتية وممكنة.

ففي منهجية التمهيد الاسي كانت ابرز هذه الطرائق هي طريقة trigg and Leach للنموذج الثابت وطريقة Brown للنموذج الخطي.

اما بالنسبة للنموذج الموسمي فكانت هنالك محاولات عديدة ابرزها تلك التي قام بها الباحث William سنة 1987 والمسماة بطريقة "هولت وينتر التكيفية Adaptive Holt – Winter".

ان الهدف الاساس من هذه الدراسة هو تقييم اداء طريقة H.W التكيفية في وضع التنبؤات للفترات 1، 2، 3، 4، 5، 6 مقبلة بثوابت تمهيد مثلى وغير مثلى مقارنة مع طريقة (H. W.) الاعتيادية بثوابت تمهيد مثلى وغير مثلى وذلك في حالة السلاسل الزمنية غير المستقرة اي التي تحدث في نمطها تغيرات دائمية او مؤقتة الامر الذي تطلب معه استخدام اسلوب المحاكاة لتوليد هذه السلاسل فضلاً عن اعداد برامج خاصة بطريقة (H.W.) التكيفية والاعتيادية كتبت بلغة (Quick Basic).

1-2 هدف البحث

تهدف هذه الدراسة تقييم اداء طريقة Holt-Winter التكيفية في وضع التنبؤات المستقبلية والمقترحة من قبل الباحث William سنة 1987.

اذ اجرى هذا الباحث دراسات تجريبية موسعة على سلاسل زمنية موسمية مستقرة اي التي لا تحدث في نمطها تغيرات دائمية او مؤقتة، اذ قام بدراسة وتقييم اداء طريقة Holt-Winter الاعتيادية بثوابت تمهيد مثلى مقارنة مع اداء طريقة H.W.(*) التكيفية المقترحة من قبله بثوابت تمهيد مثلى وغير مثلى، اذ استنتج بأن طريقة H.W. التكيفية المقترحة قد جاءت بنتائج ايجابية وللسقف الزمني (1-6) ككل، وقد توقع الباحث William تفوق هذه الطريقة التكيفية بالنسبة للسلاسل الزمنية غير المستقرة التي تشتمل على تغيرات دائمية او مؤقتة في نمطها ولذلك اشار هذا الباحث الى ان اثبات هذا التفوق يستدعي او يتطلب اجراء دراسات عملية لتوفير ادلة واثباتات مقنعة ونهائية.

وفي ضوء ما تقدم نجد ان دراسة الباحث William تحتاج الى دراسات واختبارات عملية ينبغي انجازها بغية اعطاء صورة واضحة ومكتملة مقنعة ونهائية لطبيعة اداء طريقة H.W. التكيفية المقترحة من قبله وهذا هو الاساس الذي قامت عليه دراستنا هذه، اذ نستهدف ما يأتي :

1. هو وضع البرهان العلمي والاسناد التجريبي لتوقعات William للطريقة التكيفية بالنسبة للسلاسل الموسمية في منهجية التمهيد الاسي.
2. تقييم اداء طريقة H.W. التكيفية في وضع التنبؤات المستقبلية للمدة 1، 2، 3، 4، 5، 6 مقبلة بثوابت تمهيد مثلى وغير مثلى مقارنة مع اداء طريقة H.W. الاعتيادية بثوابت تمهيد مثلى وغير مثلى . وذلك في حالة السلاسل الزمنية الموسمية غير المستقرة والتي تحدث في نمطها تغيرات مؤقتة او دائمية.
3. تقييم اداء طريقة H.W. التكيفية في وضع التنبؤات لمدة واحدة مقبلة بثوابت تمهيد مثلى مقارنة مع اداء طريقة H.W. الاعتيادية بثوابت مثلى ايضاً، وذلك في حالة السلاسل الزمنية الموسمية المستقرة والتي لا تحدث في نمطها اي تغيرات .

1-3 السيطرة التكيفية لطرائق التنبؤ Adaptive Control Forecasting Method

تعرف السيطرة التكيفية[13] بأنها السيطرة التي يتم اجراؤها لتكييف انموذج التنبؤ الموضوع لكافة التغيرات الدائمية التي تحدث في نمط السلسلة الزمنية وبالشكل الذي يحقق الاستجابة المطلوبة للانموذج لهذه التغيرات بصورة ذاتية وممكنة. وقد وضعت اساليب متعددة للحصول على مثل هذه النماذج التكيفية ففي منهجية التمهيد الاسي امكن الحصول على التمهيد التكيفي (Adaptive Smoothing).

(*) مختصر كلمة Holt-Winter.

اذ ان الفكرة الاساسية التي تقوم عليها هذه الاساليب بالنسبة لمنهجية التمهيد الاسي هي في التعامل مع ثابت التمهيد الاسي α كمعلمة (Parameter) والسيطرة على قيمته بصورة ممكنة.

وقد كانت ابرز طرائق التمهيد التكيفي هي طريقة الباحثين (Trigg and Leach) .

اما في منهجية بوكس جينكز فقد برزت طريقة التنقية التكيفية (Adaptive Filtering) (A.F) وذلك من خلال توظيف الاخطاء[36] في كل مدة زمنية في عملية تحديث المعلمات وبالشكل الذي يمكن ان يتكيف الانموذج للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية في نمط السلسلة الزمنية.

الفصل الثاني

الاساليب التنبؤية في منهجية التمهيد الاسي

2-1 مقدمة :

سيتم في هذا الفصل استعراض الجانب النظري لطرائق التمهيد الأسي التكيفية منها وغير التكيفية، وسيتم توضيح معايير الخطأ التي سيتم اعتمادها لتقييم اداء النماذج.

2-2 نماذج التمهيد للبيانات الموسمية Seasonal Smoothing Model

هنالك طرائق متعددة لتحليل السلاسل الزمنية الموسمية واحدى هذه الطرائق هي "طرائق التمهيد" والتي لها تطبيقات عملية واسعة والطريقة المعتمدة في هذا المجال هي طريقة Holt-Winter ، والتي اثبتت كفاءتها فضلاً عن سهولة استخدامها في وضع التنبؤات للمدى (1-6) فترات زمنية مقبلة، وتحتاج الى بيانات اقل من حاجة طرائق اخرى مثل (Box-Jenkins) اذ سيتم استعراض هذه الطريقة بالنسبة للانموذجين هما :

1- الانموذج الموسمي المتضاعف A multiplicative Seasonal Model.
2- الانموذج الموسمي التجميعي An additive Seasonal Model.

أولاً : الانموذج الموسمي المتضاعف

على فرض ان الانموذج الذي يعبر عن النمط الموسمي المتضاعف هو :

$$X_t = (b_1 + b_2\, t)\, C_t + \epsilon_t \quad \text{......................................} (2\text{-}1)$$

اذ ان :

b_1 : المركبة الثابتة

b_2 : مركبة الاتجاه الخطي

C_t: العامل الموسمي المتضاعف

ϵ_t : مركبة الخطأ العشوائية

اما طول الموسم فهو L من المدد اذ ان :

$$\sum_{t=1}^{L} C_t = L$$

ان الانموذج اعلاه يشتمل على الاتجاه الخطي والتأثير الموسمي، وعندما نجد ان مركبة الاتجاه غير ضرورية يمكن حذف b_2 من الانموذج.

ان الانموذج الموسمي المتضاعف يكون مناسباً ومتلائماً في حالة السلاسل الزمنية التي تكون فيها سعة (amplitude) او ارتفاع (height) النمط الموسمي (Seasonal Pattern) فيها يكون متناسباً مع مستوى المعدل (average level) للسلسلة الزمنية فعندما يكون مستوى معدل السلسلة $(b_1 + b_2\, t)$ متزايداً فان سعة النمط الموسمي يكون متزايداً ايضاً.

ويكون حساب تقديرات المعلمات كالاتي

اذ ان تقدير المركبة الثابتة (Permanent component) في نهاية المدة T يمكن التعبير عنه بـ $\hat{a}_1(T)$ وكالآتي :

$$\hat{a}_1(T) = \alpha \frac{X_T}{\hat{C}_T(T-L)} + (1-\alpha)\left[\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)\right] \quad \text{..........} (2\text{-}2)$$

اذ α ثابت التمهيد الاول ، $0 < \alpha < 1$

ان المقدار $\frac{X_T}{\hat{C}_T(T-L)}$ هو تقدير العامل الموسمي في المدة T اذ يحسب لفصل واحد (L من المدد سابقة).

اما مركبة الاتجاه الخطي (Linear trend component) $\hat{b}_2(T)$ فتقدر كالآتي :

$$\hat{b}_2(T) = \beta\left[\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1)\right] + (1-\beta)\,\hat{b}_2(T-1) \quad \text{.................... (2-3)}$$

اذ β ثابت التمهيد الثاني $0 < \beta < 1$.

اما تقدير العامل الموسمي (Seasonal factor) C_t فهو :

$$\hat{C}_t(T) = \gamma\,\frac{X_T}{\hat{a}_1(T)} + (1-\gamma)\,\hat{C}_T(T-L) \quad \text{.................................... (2-4)}$$

اذ γ ثابت التمهيد الثالث $0 < \gamma < 1$.

وعند ذلك للتنبؤ في المدة $T + \tau$ يكون كالآتي :

$$\hat{X}_{T+\tau} = \left[\hat{a}_1(T) + \hat{b}_2(T)\tau\right] C_{T+\tau}(T+\tau-L) \quad \text{........................... (2-5)}$$

وهذه المعادلة تحتاج الى قيم ابتدائية لمعلمات التمهيد $\hat{C}_t(0), \hat{b}_2(0), \hat{a}_1(0)$ اذ $t=1,2,\dots, L$

اذ طرح Winter [13] بفرض ان البيانات لـ m من المواسم. و $\overline{X}_j$: يمثل متوسط المشاهدات خلال الموسم j اذ $j = 1, 2, \dots, m$ فان تقدير المركبة الخطية الابتدائية (initial trend component) هو :

$$\hat{b}_2(0) = \frac{\overline{X}_m - \overline{X}_1}{(m-1)\,L} \quad \text{.. (2-6)}$$

اما المركبة الثابتة (Permanent Component) فتبدأ بقيمة تقديرية تحسب في المدة الاولى وهي :

$$\hat{a}_1(0) = \overline{X}_1 - \frac{1}{2}\,\hat{b}_2(0) \quad \text{.. (2-7)}$$

اما العامل الموسمي فيحسب لكل مدة زمنية t اذ $t = 1,2,\dots, mL$ كنسبة للمشاهدات الحقيقية الى المتوسط الموسمي اذ تصحح قيمته من خلال تصحيح المركبة الخطية وهذا يعني :

$$\hat{C}_t = \frac{X_t}{\overline{X}_i - [L + 1/2 - j\,]\,\hat{b}_2(0)} \qquad t = 1, 2, \dots mL \quad \text{................ (2-8)}$$

اذ $\overline{X}_i$: متوسط الموسم ضمن المدة T.

j : موقع المدة t في الموسم.

فاذا كانت $1 \le t \le L$ فعندها $i = 1$ ، اما اذا كانت $L+1 \le t \le 2L$ فعندها $i = 2$، وكذلك بالنسبة لقيمة j فعندما $t = L + 1$ ، $t = 1$ فعندها $j = 1$ وعندما $t = L + 2$ ، $t = 2$ فعندها $j = 2$ وهكذا.

من معادلة (2-9) نحصل على m من التقديرات للعامل الموسمي لكل مدة ويجب ان نحسب المتوسط لكل التقديرات للعامل المفرد لكل مدة زمنية وهو :

$$\hat{C}_t = \frac{1}{m}\sum_{k=0}^{m-1}\hat{C}_{t+kL} \qquad t = 1, 2, \dots, L \quad \text{....................................... (2-52)}$$

وفي النهاية ، العامل الموسمي (Seasonal factor) يجب ان يكون طبيعياً ويجمع لـ L، وللحصول على القيمة الابتدائية كالآتي :

$$\hat{C}_t(0) = \overline{C}_t\,\frac{L}{\sum_{t=1}^{L}\overline{C}_t} \qquad t = 1, 2, \dots, L \quad \text{....................................... (2-10)}$$

هذه الطريقة المقترحة من قبل الباحث Winter تعطي قيم تقديرية لمدة واحدة حالية، ولاجل التنبؤ لمشاهدات مستقبلية للسلسلة الزمنية عادة يقتضي تقديرات ابتدائية للمعلمات بمدد mL.

عدة اقتراحات[13] وضعت للقيم الابتدائية واحدى هذه الطرائق هو ان نجعل قيمة المركبة الثابتة الابتدائية $\hat{a}_1(0)$ بدلاً من معادلة (2-7) كالآتي :

$$\hat{a}_1(0) = \overline{X}_m + (L/2)\ \hat{b}_2(0) \quad \text{.......} (2\text{-}11)$$

اما معادلة (2-11) و (2-8) تبقى نفسها.

وهنـاك اقتراح آخر بأن نكرر المعادلات (2-2) و (2-3) و (2-4) حتى نحصل على القيم في نهـاية المدة mL وبعدها نحـول الزمن في المدد ... ,ml, mL+1, mL+2 الى المدد ...,0,1,2.

اما الباحثان Johnson و Montgomery [13] لديهم اقتراح آخر حول القيم الابتدائية لمعلمات الانموذج.

اذ ان طريقتهم مشابهة للقيم الابتدائية لـ Winter، والمذكورة في المعادلات (2-6) و (2-7) و (2-10) لكنها تكرر الحسابات للعامل الموسمي.

اما الباحث Widely [13] يستخدم طريقة اخرى للقيمة الابتدائية للعامل الموسمي للبساطة بقسمة المشاهدات في كل مدة على متوسط الموسم وتكون هذه الطريقة جيدة اذا كانت المركبة الخطية غير موجودة.

اما اذا كانت المركبة الخطية موجودة فان التقدير للعامل الموسمي بواسطة هذه الطريقة لانموذج يحتوي على تأثير خطي فان التنبؤ سيكون ذا تأثير عكسي.

2-2-2 الانموذج الموسمي التجميعي : The additive Seasonal Model

على فرض ان السلسلة الزمنية الموسمية يمكن وصفها بالشكل الآتي :

$$X_t = b_1 + b_2 t + C_t + \epsilon_t \quad \text{.......} (2\text{-}12)$$

اذ ان :

b_1: المركبة الثابتة.

b_2 : المركبة الخطية

C_t: العامل الموسمي التجميعي

ϵ_t : الخطأ العشوائي

وان طول الموسم سيتم افتراضه على انه L من المدد.

ان الانموذج اعلاه يكون ملائماً للسلسلة الزمنية التي تكون فيها سعة amplitude النمط الموسمي مستقل عن مستوى المعدل (average Level) للسلسلة، فعندما يكون على سبيل الفرض ((مستوى المعدل)) للسلسلة الزمنية متزايداً فان حجم التغير الموسمي يبقى ثابتاً.

في ضوء سلوك نمط السلسلة الزمنية هذه يكون من المنطقي ان يعرف العامل الموسمي بالشكل الذي يكون فيه $\sum_{t=1}^{L} C_t = 0$ وعندما تكون مركبة الاتجاه الخطي غير ضرورية يمكن حذفها من الانموذج.

نفترض ان تقديرات المركبة الخطية والعامل الموسمي في الانموذج التجميعي (اعلاه) في نهاية المدة (T) تتمثل في $\hat{b}_2(T)$ و $C_T(T)$، اما المركبة الثابتة فيتم تقديرها على المدة الجارية وتمثل بـ $a_1(T)$.

في نهاية المدة الجارية T وبعد الحصول على المشاهدة X_T سوف يتم اجراء الحسابات الآتية :

1- تحديث التقدير للمركبة الثابتة وكالآتي :

$$\hat{a}_1(T) = \alpha\left[X_T - \hat{C}_T(T-L)\right] + (1-\alpha)\left[\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_1(T-1)\right] \quad \text{.......} (2\text{-}13)$$

اذ α ثابت التمهيد الاول $0 < \alpha < 1$.

2- تحديث التقدير للمركبة الخطية وكالآتي :

$$\hat{b}_1(T) = \beta\left[\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1)\right] + (1-\beta)\hat{b}_2(T-1) \quad \text{.......} (2\text{-}14)$$

اذ β ثابت التمهيد الثاني $0 < \beta < 1$.

3- تحديث التقدير للعامل الموسمي التجميعي وكالآتي :

$$\hat{C}_T(T) = \gamma\left[X_T - \hat{a}_1(T)\right] + (1-\gamma)\hat{G}_T(T-L) \quad \text{.......} (2\text{-}15)$$

اذ γ ثابت التمهيد الثالث $0 < \gamma < 1$.

للتنبؤ بالمشاهدة للمدة الزمنية المستقبلية $T + \tau$ سوف نعتمد المعادلة الآتية :

$$\hat{X}_{T+\tau}(T) = \hat{a}_1(T) + \hat{b}_2(T)\tau + \hat{C}_{T+\tau}(T+\tau-L) \quad \text{.......} (2\text{-}16)$$

والجدير بالذكر كما في حالة الانموذج الموسمي المتضاعف فان عمليات التحديث للانموذج الموسمي التجميعي وضعت على اساس منطقي heuristic .

ان ثوابت التمهيد γ, β, α يمكن ان تكون بشكل عام مختلفة.

وتجدر الاشارة ان وضع التنبؤات باستخدام الانموذج التجميعي الموسمي سيتطلب تقديرات اولية للمعلمات $\hat{a}_1(0)$ و $\hat{b}_2(0)$ و $\hat{C}_t(0)$ و t =1,2,...,L وبالامكان الحصول على التقديرات الاولية هذه باعتماد اسلوب المربعات الصغرى للبيانات التأريخية وكما يأتي :

لنفرض ان لدينا m من المواسم ولدينا بيانات كاملة لهذه المواسم وهي mL من المشاهدات وتمثل بالآتي :

$$X_1, X_2, \ldots, X_{L-1}, X_L, X_{L+1}, \ldots, X_{Lm}$$

فان القيم الابتدائية للمدة mL نحصل عليها من خلال استخدام الانموذج في معادلة (2-12).

ولنفرض ان $C_t = C_{t+L} = C_{t+2L} = \ldots = C_{t+(m-1)L}$

وبمعنى آخر يمكن التعبير عن العوامل الموسمية بـ C_{t-L} [t/L] عند ذلك سيكون الانموذج الآتي :

$$X_t = b_1 + b_2\, t + C_{t-L}\,(t / L) + \in_t \quad t = 1, 2, \ldots, mL$$

ومعيار المربعات الصغرى (Least-Squares Criterion) لتقليل الاخطاء هو :

$$SSE = \sum_{t=1}^{mL}\left(X_t - b_1 - b_2 t - C_{t-L(t/L)}\right)^2 \quad \text{.......... (2-17)}$$

وللبساطة نفرض (j = t – L (t / L وبالاشتقاق SSE بالنسبة لـ C_t, b_2, b_1 اذ t = 1, 2, ..., L وبمساواة المشتقة للصفر نحصل على المعادلات الطبيعية التالية :

$$mL\,\hat{b}_1 + \hat{b}_2\sum_{t=1}^{mL} t + m\sum_{t=1}^{L}\hat{C}_t = \sum_{t=1}^{mL} X_t \quad \text{.......... (2-18)}$$

$$\hat{b}_1\sum_{t=1}^{mL} t + \hat{b}_2\sum_{t=1}^{mL} t^2 + \sum_{t=1}^{L}\left[mt + (m-1)L\right]\hat{C}_t = \sum_{t=1}^{mL} t\,X_t \quad \text{.......... (2-19)}$$

$$m\,\hat{b}_1 + \hat{b}_2\sum_{j=0}^{m-1}(t + jL) + m\,\hat{C}_t = \sum_{j=0}^{m-1} X_{t+jL} \quad \text{.......... (2-20)}$$

اذ t = 1, 2, ..., L

فان حل المعادلة (2-20) هو

$$\hat{C}_t = \left[\sum_{j=0}^{m-1} X_t + jL - m\,\hat{b}_1 - \hat{b}_2\left(mt + mL(m-1)/2\right)\right]\Big/ m \quad \text{.......... (2-21)}$$

وبتعويض قيمة معادلة (2-21) في معادلة (2-18) و (2-19) نحصل على المعادلات الطبيعية الآتية :

$$\hat{b}_1\sum_{t=1}^{mL} t + \hat{b}_2\sum_{t=1}^{mL} t^2 = \sum_{t=1}^{mL} t\;\; X_t \quad \text{.......... (2-22)}$$

$$mL\,\hat{b}_1 + \hat{b}_2\,\frac{(mL+1)\,mL}{2} = \sum_{t=1}^{mL} X_t \quad \text{.......... (2-23)}$$

وبحل المعادلات نحصل على قيم $\hat{b}_1$ و $\hat{b}_2$ وهي :

$$\hat{b}_1 = \overline{X}_t - \hat{b}_2\left(\frac{mL+1}{2}\right) \quad t = 1, 2, \ldots, mL \quad \text{.......... (2-24)}$$

$$\hat{b}_2 = \left[\sum_{t=1}^{mL} t\;\; X_t - \frac{(mL+1)}{2}\sum_{t=1}^{mL} X_t\right]\Big/\left[\left(mL\right)^2\left(mL+1\right)\left(\frac{mL-1}{12}\right)\right] \quad \text{.. (2-25)}$$

اذ t = 1, 2, ..., mL

من خلال ذلك ستكون القيم الابتدائية لمعلمات الانموذج هي :

$$\hat{b}_2(0) = \hat{b}_2 \quad \text{.......... (2-26)}$$

$$\hat{a}_1(0) = \hat{b}_1 + mL\ \hat{b}_2 \quad \text{.......... (2-27)}$$

$$\hat{C}_t(0) = \hat{C}_t \qquad t = 1, 2, \ldots, L \quad \text{.......... (2-28)}$$

2-3 الطرائق التكيفية في نماذج التمهيد الأسي:

هنالك نوعان من الطرائق في ظل هذه النماذج نستعرضها كالآتي :

أولاً- طريقة المعلمة المفردة Single-Parameter Method

وتستخدم في نماذج التمهيد الاسي البسيط وتقوم بتكييف ثابت التمهيد (α). وهنالك طريقة واحدة هي طريقة Trigg and Leach.

اذ قام الباحثان Trigg and Leach بوصف طريقة السيطرة التكيفية في انموذج التمهيد الاسي الثابت المفرد.

ان هذه الطريقة تعتمد بالاساس على نسبة اشارة التعقب (Tracking-Signal) وهو :

$$\frac{Q\,(T)}{\hat{\Delta}\,(T)} \quad \text{.......... (2-29)}$$

اذ Q (T) : خطأ التنبؤ التمهيدي Smoothed forecast error.

$\hat{\Delta}\,(T)$: متوسط الانحراف المطلق للتمهيد Smoothed mean absolute deviation.

وخطأ التنبؤ يحسب كالآتي :

$$Q\,(T) = \alpha\, e_1\,(T) + (1 - \alpha)\, Q\,(T-1) \quad \text{.......... (2-30)}$$

اذ e_1 (T) : خطأ التنبؤ في المدة T.

α : ثابت التمهيد اذ $0 < \alpha < 1$.

وكذلك متوسط الانحراف المطلق هو :

$$\Delta(T) = \alpha \left| e_1(T) \right| + (1-\alpha)\ \ \Delta(T-1) \quad \text{.......... (2-31)}$$

ان النسبة في (2-31) تتراوح قيمتها دائماً ما بين [+1 ، -1].

فاذا كان اسلوب التنبؤ المطلق مناسب ، فان قيمة هذه النسبة ستكون صغيرة وقريبة من الصفر، اي ان اسلوب التنبؤ تحت السيطرة وعندما يحصل تغير في نمط السلسلة الزمنية فان اسلوب التنبؤ الموضوع سوف يولد اخطاء كبيرة مما يجعل قيمة هذه النسبة تتجه او تقترب من [+1 ، -1] وهذا يدل على ان اسلوب التنبؤ خارج السيطرة.

ان الاجراء المتخذ في هذه الحالة هو زيادة ثابت التمهيد الاسي وذلك لاعطاء اوزان اكبر للبيانات الحديثة وبالتالي تحقيق متابعة اسرع لانموذج التنبؤ للنهج الجديد للسلسلة الزمنية، وعندما تحقق الاستقرارية للانموذج فان قيمة ثابت التمهيد الاسي يجب تقليلها ، ان هذا التعديل الذي قام به الباحثان هو كالآتي :

$$\alpha_t = \left| \frac{Q\,(T)}{\hat{\Delta}\,(T)} \right| \quad \text{.......... (2-32)}$$

هذا يعني ان قيمة ثابت التمهيد α(T) ستكون مساوية للقيمة المطلقة لنسبة اشارة التعقب (Tracking Signal).

وقام الباحثان بتطبيق هذه الطريقة ايضاً على متجه التمهيد h (Smoothing Vector) الذي يعتمد على العامل β ، $0 < \beta < 1$.

اذ ان :

$$h_1(T) = \left| \frac{Q\,(T)}{\hat{\Delta}\,(T)} \right| \quad \text{.......... (2-33)}$$

ويمكن حساب العامل β(T) خلال المدة T ولـ k من مكونات السلسلة وكالآتي :

$$\beta(T) = \left[1 - \frac{Q\,(T)}{\hat{\Delta}\,(T)} \right]^{1/k} \quad \text{.......... (2-34)}$$

ثانيا : طريقة اكثر من معلمة Several Parameter Method

تستخدم في النماذج الموسمية وتقوم بتكييف المعلمات الثلاث (α, β, γ) وهنالك ست طرائق هي كالآتي :

1-طريقة Robert and Read.
2-طريقة Montogomery.
3-طريقة Eilon and Elmaleh.
4-طريقة Dancer and Gray.
5-طريقة Adam, Berry and Whybak.
6-طريقة T. M. William.

وتجدر الاشارة الى ان من بين الطرائق الخمس الاولى فقط كانت الطريقة الاولى والثانية وهما (SAFT) و (Montgomery) هما الوحيدتان اللتان نجحتا بشكل متساوٍ ولكن هاتين الطريقتين لم تحققا انتشاراً وشيوعاً في التطبيقات العملية (أو في الاستخدام) وفيما يأتي التفاصيل الكاملة للطريقة السادسة موضوعة هذا البحث وهي طريقة T.M.william :

طريقة T. M. Williams [39]

بالرغم من ان وضع او فرض مقدار معين (مركب) متغير على ثوابت التمهيد (α, β, γ) يعطي او يكسب طريقة .H.W نوع من التكييف، الا ان توسيع طريقة Trigg and Leach لتشمل طريقة .H.W لم تحقق نجاح اطلاقاً، وعلى هذا الاساس فان طريقة (T.M. Williams) هذه قد اخذت بنظر الاعتبار دراسة وتحليل معادلات تحديث .H.W بشكل تفصيلي كامل وبالتالي امكانية التوصل الى طريقة .H.W التكيفية وفق مفهوم وصياغة Trigg and Leach ((اذ حققت هذه الطريقة نجاحاً في توسيع اسلوب Trigg and Leach ليشمل طريقة .H.W)).

وفيما يلي ادناه كافة المفاهيم والاسس التي اعتمدها الباحث T.M. Williams في الحصول على طريقة (Adaptive H.W.) فضلاً عن استعراض تفصيلي للاشتقاقات الخاصة بهذه الطريقة.

من المسلم به وعلى نحو واسع بأنه في التمهيد المتعدد الابعاد المركبة الثابتة هي فقط التي تمهد تكيفياً وذلك لتجنب عدم الاستقرارية في الانموذج.

اشكال عديدة لـ Adaptive H. W. تم تجربتها من قبل الباحث اذ توصل الى ان كل المحاولات التي تم فيها تمهيد اكثر من بعد او اكثر من معلمة تكون النماذج والى حد كبير غير مستقرة.

وكذلك تعطي تنبؤات متذبذبة عند زيادة التغيرات الدورية او التقلبات.

ان نظام التمهيد التكيفي ذو البعد الواحد المبسط والتي يتم تمهيد الخطأ (غير الموسمي) وتمهيد الخطأ (غير الموسمي) المطلق وفق المعادلات الآتية:

$$\left.\begin{aligned} E_t &= \phi\left(X_t / \hat{C}_T(T-L) - \hat{a}_1(T-1) - \hat{b}_2(T-1)\right) + (1-\phi)\,E_{t-1} \\ \Delta_t &= \phi\left|\left(X_t / \hat{C}_T(T-L) - \hat{a}_1(T-1) - \hat{b}_2(T-1)\right)\right| + (1-\phi)\Delta_{t-1} \end{aligned}\right\} \quad \text{.................................} \quad (2\text{-}35)$$

اذ يتم استخدام كل منهما لتعريف ثابت التمهيد α_t وكالآتي :

$$\alpha_t = \left|\frac{E_t}{\Delta_t}\right| \quad \text{..} \quad (2\text{-}36)$$

كما ان β و γ تبقى ثابتة. ان استخدام ثوابت التمهيد الثلاثة بهذا الشكل اثبتت والى حد كبير عدم الاستقرارية ، وذلك عند استجابة الاخطاء كافة.

ان السبب لعدم الاستقرارية بالرغم من جعل α فقط تكيفية او بمعنى آخر متغيرة (α_t) والابقاء على β و γ ثابتة في طريقة .H.W يمكن ايضاحه وفق معادلات التحديث (2-2) و (2-3) و (2-4) وهي :

$$\hat{a}_1(T) = \alpha\,\frac{X_T}{\hat{C}_t\,(T-L)} + (1-\alpha)\left[\hat{a}_T(T-1) + \hat{b}_2(T-1)\right]$$

$$\hat{b}_2(T) = \beta\left[\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1)\right] + (1-\beta)\,\hat{b}_2(T-1)$$

$$\hat{C}_T(T) = \gamma\,\frac{X_T}{\hat{a}_1\,(T)} + (1-\gamma)\,\hat{C}_T(T-L)$$

وليكن e_t خطأ التنبؤ لمدة واحدة.

$$e_T = X_t - \hat{X}_T = X_t - \left(\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)\right) * C_T(T-L) \;\;\ldots\ldots\ldots (2\text{-}37)$$

بعد تحديث المعلمات يمكن بسهولة التعبير عن التغير في المعلمات بدلالة الآتي :

$$\left.\begin{aligned} &\hat{a}_1(T) = \hat{a}_1(T-1) = \alpha\, e_t / \hat{C}_T(T-L) + \hat{b}_2(T-1) \\ &\hat{b}_2(T) = \hat{b}_2(T-1) = \alpha\, \beta\, e_t / \hat{C}_T(T-L) \\ &\hat{C}_T(T) - \hat{C}_T(T-L) = \gamma(1-\alpha)\, e_t / \hat{a}_1(T) \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots (2\text{-}38)$$

وعليه عندما تكون α تكيفية او متغيرة اي $\alpha=\alpha_t$ فان حد الاتجاه (β_t) سوف يمهد تكيفياً ايضاً. الامر الذي يقود الى عدم الاستقرارية، كما ان المؤشر الموسمي سوف يكون عكس مفهوم التكييف، اذ ان معدل التغير يعتمد على $(1- \alpha)$ وفي الواقع عندما تكون $\alpha=1$ فبدلاً من الحصول على طريقة مرنة فان المؤشر الموسمي سوف يكون ثابتاً.

على اية حال عندما تكون α متغيرة او تكيفية فان العلاقات (2-38) تبين بأن طريقة .H.W سوف يكون اداءها غير ناجح وغير جيد.

وعلى هذا الاساس لجعل استجابة كل من حد الاتجاه (trend) والحد الموسمي عند معدل ثابت ، فان الباحث (William) قدم اقتراح يقوم على المنطق هو ان من الافضل ان يعبر عن العلاقات (2-38) بالشكل الآتي :

$$\left.\begin{aligned} &\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1) = \alpha\, e_t / \hat{C}_T(T-L) + \hat{b}_2(T-1) \\ &\hat{b}_2(T) - \hat{b}_2(T-1) = \beta\, e_t / \hat{C}_T(T-L) \\ &\hat{C}_T(T) - \hat{C}_T(T-L) = \gamma\, e_t / (\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)) \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots (2\text{-}39)$$

ومن الممكن بيان ان معادلات التحديث المبين الآتية تعطي او تفرز النتائج المعبر عنها بالعلاقات (2-39).

$$\left.\begin{aligned} &\hat{a}_1(T) = \alpha\, X_T / \hat{C}_T(T-L) + (1-\alpha)\left(\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)\right) \\ &\hat{b}_2(T) = \beta\left(X_T / \hat{C}_T(T-L) - \hat{a}_1(T-1)\right) + (1-\beta)\, \hat{b}_2(T-1) \\ &\hat{C}_T(T) = \gamma \frac{X_T}{\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)} + (1-\gamma)\, \hat{C}_T(T-L) \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots (2\text{-}40)$$

ان معادلات التحديث (2-40) هي مبررة ومقنعة اذ تقوم على مبدأ المنطق والحدس وهو المبدأ نفسه الذي تقوم عليه معادلات .H.W الاصلية (معادلات (2) و (3) و (4)) والفروقات هي :

1- بالنسبة للتغير $\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1)$ في المعادلة الاصلية لـ .H.W قد قابله $X_T / \hat{C}_T(T-L) - \hat{a}_1(T-1)$ اذ ان التقدير وفق المعادلة الثانية في العلاقات (2-39) قد تجنب وضع $\hat{a}_1(T)$ (وبالتالي تجنب التكييف) في المعادلة الخاصة بـ $\hat{b}_2(T)$.

2- المركبة الجديدة الموسمية تم التعبير عنها بـ $X_T / \hat{a}_1(T)$ في المعادلة الاصلية لـ .H.W في حين المعادلة الثالثة للعلاقات في (2-40) قد استخدمت $X_t / \left(\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)\right)$ لتجنب وضع $\hat{a}_1(T)$ في المعادلة الخاصة بـ $\hat{C}_T(T)$.

وفق المعادلات (2-40) يمكن الوصول الى التغيرات في المعلمات الموضحة في المعادلات (2-39) ، وبالشكل الذي يمنع حدوث حالة عدم الاستقرار عندما تكون α تكيفية.

ان ثوابت β و γ الآن هي ثوابت التمهيد الفعلية البديلة عن αβ وγ (α -1) في طريقة H.W. الاصلية لذلك لابد من تولي اهتماماً خاصاً عند وضع قيمها.

وبغية اعطاء صورة تفصيلية واضحة عن مجموعة العلاقات (2-38) و (2-40) رأينا من الضروري عرض كافة الاشتقاقات الرياضية التي قمنا بها وكالآتي

بأخذ معادلات H.W. المذكورة السابق وهي معادلة (2-2) و (2-3) و(2-4) ونعرف الخطأ العشوائي كالآتي :

$$e_t = X_t - \hat{X}_T = X_t - \left(\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)\right)C_T(T-L) \quad \text{..........(2-41)}$$

ونعوض عن معادلة (2-41) في معادلة (2-2) فتصبح كالآتي :

$$\hat{a}_t(T) = \alpha X_t / \hat{C}_T(T-L) + \hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1) - \alpha\, \hat{a}_1(T-1) - \alpha \hat{b}_2(T-1)$$

$$\hat{a}_t(T) - \hat{a}_1(T-1) = \alpha\left(X_t / \hat{C}_T(T-L)\right) - \alpha \hat{a}_1(T-1) - \alpha\, \hat{b}_2(T-1) + \hat{b}_2(T-1)$$

$$\hat{a}_t(T) - \hat{a}_1(T-1) = \alpha\left[\frac{X_T}{\hat{C}_T(T-L)} - \hat{a}_1(T-1) - \hat{b}_2(T-1)\right] + \hat{b}_2(T-1)$$

$$\hat{a}_t(T) - \hat{a}_1(T-1) = \frac{\alpha\,[e_t]}{\hat{C}_T(T-L) + \hat{b}_2(T-1)} \quad \text{.....................................(2-42)}$$

ونعوض عن معادلة (2-41) في معادلة (2-3) ونحصل على الآتي :

$$\hat{b}_2(T) = \beta\left(\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1)\right) + (1-\beta)\,\hat{b}_2(T-1)$$

$$= \beta\left(\hat{a}_1(T) - \beta \hat{a}_1(T-1)\right) + \hat{b}_2(T-1) - \beta\, \hat{b}_2(T-1)$$

$$\hat{b}_2(T) - \hat{b}_2(T-1) = \beta\left(\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1)\right) - \beta\, \hat{b}_1(T-1) \quad \text{.......................(2-43)}$$

وبتعويض معادلة (2-42) في (2-43) نحصل :

$$\hat{b}_2(T) - \hat{b}_2(T-1) = \left(\beta \frac{\alpha}{\hat{C}_T(T-L)} e_t + \hat{b}_2(T-1)\right) - \beta \hat{b}_2(T-1)$$

$$\hat{b}_2(T) - \hat{b}_2(T-1) = \beta\alpha \frac{e_t}{\hat{C}_T(T-L)} \quad \text{..(2-44)}$$

وبأخذ معادلة (2-4) واجراء التحويلات عليها :

$$\hat{C}_T(T) = \gamma\, \frac{X_T}{\hat{a}_1(T)} + (1-\gamma)\,\hat{C}_T(T-L)$$

$$= \gamma\, \frac{X_T}{\hat{a}_1(T)} + \hat{C}_T(T-L) - \gamma\, \hat{C}_T(T-L)$$

$$\hat{C}_T(T) - \hat{C}_T(T-L) = \gamma\, \frac{X_T}{\hat{a}_1(T)} - \gamma\, \hat{C}_T(T-L)$$

$$\hat{C}_T(T) - \hat{C}_T(T-L) = \gamma\left[\frac{X_T - \hat{C}_T(T-L)\,\hat{a}_1(T)}{\hat{a}_1(T)}\right] \quad \text{...........................(2-45)}$$

ومن معادلة (2-41) نحصل على :

$$X_T = e_T + \left[\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)\right]\hat{C}_T(T-L) \quad \text{..........................(2-46)}$$

ومن معادلة (2-42) نحصل على :

$$\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1) = \alpha \frac{e_t}{\hat{C}_T(T-L)} + \hat{a}_1(T) \quad \text{.................................(2-47)}$$

وبتعويض (2-47) في (2-46) نحصل على :

$$X_T = e_T + \left[\hat{a}_1(T) - \frac{\alpha\, e_T}{\hat{C}_T(T-L)}\right]\hat{C}_T(T-L)$$

$$X_T = e_T + \hat{a}_1(T)\ \hat{C}_T(T-L) - \alpha\, e_T$$

$$X_T = (1-\alpha)\, e_T + \hat{a}_1(T)\ \hat{C}_T(T-L) \quad \text{.......................................(2-48)}$$

نعوض (2-48) في (2-45) نحصل على :

$$\hat{C}_T(T) - \hat{C}_T(T-L) = \gamma\left[\frac{(1-\alpha)\, e_T}{\hat{a}_T(T)}\right] \quad \text{....................................(2-49)}$$

ولتكون المعادلات اكثر منطقية فاننا نجعل المعادلات (2-42) و (2-43) و (2-49) كالآتي :

$$\left.\begin{aligned}
&\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1) = \alpha\, e_T / \hat{C}_T(T-L) + \hat{b}_2(T-1)\\
&\hat{b}_2(T) - \hat{b}_2(T-1) = \beta\, e_T / \hat{C}_T(T-L)\\
&\hat{C}_T(T) - \hat{C}_T(T-L) = \gamma\, e_T / \hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)
\end{aligned}\right\} \quad \text{................(2-50)}$$

وبتعويض عن قيمة e_T بما يساويها من معادلة (2-41) في مجموعة العلاقات (2-50) نحصل على المعادلات الآتية :

$$\left.\begin{aligned}
&\hat{a}_1(T) = \alpha\, X_T / \hat{C}_T(T-L) + (1-\alpha)\big(\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)\big)\\
&\hat{b}_2(T) = \beta\big(X_T / \hat{C}_T(T-L) - \hat{a}_1(T-1)\big) + (1-\beta)\, \hat{b}_2(T-1)\\
&\hat{C}_T(T) = \gamma \frac{X_T}{\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)} + (1-\gamma)\, \hat{C}_T(T-L)
\end{aligned}\right\} \quad \text{......(2-51)}$$

وهي الصيغة النهائية لمعادلات الطريقة التكيفية.

2-4 دقة التنبوءات [38]

لغرض قياس دقة وجودة الطريقة المستخدمة في التنبؤ ومقارنتها مع الرائق المختلفة فاننا سنستخدم في بحثنا المعايير الآتية :

1- متوسط مربعات الخطأ (Mean Squared error) وصيغته :

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t^2 \quad \text{...(2-52)}$$

2-متوسط نسبة الخطأ المطلق(Mean absolute percentage error) وصيغته :

$$MPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} PE_t \quad \text{..(2-53)}$$

اذ :

$$PE_t = \left(\frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t}\right) * 100 \quad \text{...(2-54)}$$

فتكون:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} \left|PE_t\right| \quad \text{..(2-55)}$$

3- طريقة رتب الاخطاء التجميعية[39]

لقد استخدم الباحث Williams هذا المعيار في مقارنته بين الطرائق الست وهذا المعيار يستند على الآتي :

1- يستخرج SSE لمدة 6 ,5 ,4 ,3 ,2 ,1.
2- يستخرج MAPE لمدة 6 ,5 ,4 ,3 ,2 ,1.
3- يقوم بالمقارنة بين الطرائق للتنبؤ لمدة واحدة للمعيارين SSE و MAPE.
4- عند المقارنة للمدة (1-6) يقوم بايجاد المعدل لـ SSE ولـ MAPE وللفترات الستة مجتمعة.

5- يقوم باعطاء الرتب للرائق حسب المعايير السابقة اذ ان الرتبة 1 تعطى للطريقة الافضل وهكذا ولكل سلسلة.
6- يقوم باستخراج معدل الرتب لكل طريقة والطريقة التي معدلها اقل تكون هي الافضل.

وتجدر الاشارة الى ان هذه الطريقة تستخدم عندما لا يمكن المقارنة بين التنبؤات المختلفة على مستوى كل مدة بشكل منفصل علماً بأن تحقيق ذلك اي المقارنة بشكل منفصل لكل مدة يكون هو الافضل لانه يعطي رؤية واضحة.

الفصل الثالث

الجانب التجريبي

3-1 مقدمة :

سيتم في هذا الفصل بيان كيفية محاكاة السلاسل الزمنية الموسمية للنموذج المتضاعف المستقرة في نمطها وغير المستقرة، مع تطبيق .H.W التكيفية بثوابت تمهيد مثلى وغير مثلى ومقارنتها مع الطريقة .H.W الاعتيادية بثوابت تمهيد مثلى وغير مثلى ايضاً، وذلك في وضع التنبؤات المستقبلية (6, 5, 4, 3, 2, 1) فترات زمنية مقبلة لتقييم اداء الطريقة التكيفية اذ تم اعداد برامج خاصة من قبل الباحث كتبت بلغة (Q. Basic)، وكما موضحة في ملحق (A) .

3-2 توليد مشاهدات تتبع التوزيع الطبيعي المعياري

ان توزيع الخطأ لانموذج التمهيد الأسي يتبع التوزيع الطبيعي تقريباً[13].
لذلك سيتم توليد مشاهدات تتبع التوزيع الطبيعي المعياري كحالة قياسية لهذا التوزيع.

اذ ان عملية توليد مشاهدات تخضع لهذا التوزيع يعتمد على اساس توليد مشاهدتين R_1 و R_2 تتبعان التوزيع المنتظم وتقعان بين الصفر والواحد [u[(0,1)]، وللحصول على مشاهدتين مستقلتين Z_1 و Z_2 تتبع كل منهما التوزيع الطبيعي المعياري على وفق طريقة Box-Muller فانه يتم استخدام المعادلتين الآتيتين :

$$Z_1 = \left(2 \quad LOG\left(1/R_1\right)^{1/2}\right) \; . \; Cos\; \left(2\pi\; R_2\right) \text{ .... } (3.1)$$

$$Z_2 = \left(2 \quad LOG\left(1/R_1\right)^{1/2}\right) \; . \; Sin\; \left(2\pi\; R_2\right) \text{ .... } (3.2)$$

اذ يمكن توليد مشاهدات تخضع للتوزيع الطبيعي بمتوسط M وتباين σ^2 باستعمال العلاقة :

$$Z = (a - M) / \sigma \text{ .... } (3.3)$$

فاذا كان $Z \sim N(0,1)$ فان $a \sim N(M, \sigma^2)$.

ولغرض توليد (T) من المشاهدات فانه يتم تكرار العملية اعلاه (T/2) من المرات.

3-3 محاكاة السلاسل الزمنية الموسمية النموذج المتضاعف

ان محاكاة النموذج المتضاعف للسلاسل الموسمية والمذكور صيغته في المعادلة (1-2) فاننا نستند في ذلك الى توليد مشاهدات للخطأ العشوائي تتبع التوزيع الطبيعي المعياري كما ذكرناه في فقرة سابقة.
ومحاكاة النموذج تتم باتباع الخطوات الآتية :

1- اعطاء قيمة افتراضية حقيقية صحيحة وموجبة لحجم العينة المطلوب وليكن T.
2- اعطاء قيمة افتراضية حقيقية صحيحة وموجبة لعدد المواسم وليكن m.
3- اعطاء قيمة افتراضية حقيقية صحيحة وموجبة لطول الموسم وليكن L.
4- افتراض قيم حقيقية لمعلمات النموذج $a_1(T)$ و $b_2(T)$ و $c_t(L)$ اذ $t = 1, 2, \ldots, 12$.
5- نستخرج قيمة المشاهدة X_t على وفق المعادلة (1-2).
6- نكرر العملية اعلاه T من المرات لنحصل على عدد المشاهدات المطلوب.

وتتطلب تجربة المحاكاة تحديد القيم المذكورة وستكون :

1- ان حجم العينة المستخدم في تجربتنا سيكون 120 مشاهدة اي T = 120 .
2- ان عدد المواسم سيكون 10 اي m = 10.
3- ان طول الموسم سيكون 12 اي L = 12.
4- لقد رأينا من الضروري ان يكون الجانب التجريبي مشتملاً على سلاسل زمنية موسمية مختلفة لذلك سيتم توليد سلاسل زمنية موسمية وبقيم معلمات كالآتي :

والجدول التالي يوضح فيها :

المعلمات	السلسلة الاولى	السلسلة الثانية	السلسلة الثالثة
$a_1(T)$	114.9	2450.6	146.125
$b_2(T)$	1.953	11.449	0.256
$C_1(0)$	0.9205	0.8838	1.2931
$C_2(0)$	0.9614	0.9891	1.1216
$C_3(0)$	1.0658	0.9962	1.0292
$C_4(0)$	0.9962	1.0151	0.9128
$C_5(0)$	0.9649	1.1336	0.7389
$C_6(0)$	1.0770	0.9656	0.4788
$C_7(0)$	1.1719	1.2492	0.7764
$C_8(0)$	1.1723	0.9824	0.8374
$C_9(0)$	1.0522	0.9850	0.9941
$C_{10}(0)$	0.9119	0.9469	1.0822
$C_{11}(0)$	0.7960	0.9512	1.3388
$C_{12}(0)$	0.9093	0.9017	1.3962

3-3-1 محاكاة سلاسل زمنية موسمية مستقرة النمط

وفيها يتم استخدام معادلة (1-2) واستخدام قيم المعلمات المذكورة سابقاً في توليد ثلاث سلاسل زمنية موسمية مستقرة النمط اي التي لا تشتمل على تغيرات دائمية او مؤقتة في نمطها. وكما هو موضح في الاشكال (1,2,3) ، ملحق (B) .

3-3-2 محاكاة سلاسل زمنية موسمية غير مستقرة النمط

عند توليد السلاسل الزمنية الموسمية غير المستقرة فان التغير في النمط قد يكون بسبب التغير في المركبة الثابتة $a_1(T)$ او الاتجاهية $b_2(T)$ او العامل الموسمي $C_t(L)$.

وسنقتصر على تغير المركبة الثابتة $a_1(T)$ والمركبة الاتجاهية $b_2(T)$.

وكما ذكرنا سابقاً ان السلاسل الموسمية غير مستقرة [هي تلك التي تحدث في نمطها تغيرات دائمية او مؤقتة].

وسيتم توليد سلاسل زمنية موسمية غير مستقرة بالحالات الآتية :

اولاً : توليد سلاسل زمنية موسمية غير مستقرة في المركبة الثابتة $a_1(T)$ دائمياً.

اي ان السلسلة تتغير في المركبة الثابتة بعد مدة محددة ويستمر هذا التغير الى نهاية السلسلة ويكون هذا التغير على حالتين :

1- التغير في المركبة الثابتة الى الاعلى كما في شكل (4و5و6) ، ملحق (B).
2- التغير في المركبة الثابتة الى الاسفل ، كما في شكل (7و8و9)، ملحق (B) .

ثانياً: توليد سلاسل زمنية موسمية غير مستقرة في المركبة الثابتة $a1(T)$ وقتياً.

اي ان السلسلة تتغير في المركبة الثابتة لمدة قصيرة ثم ترجع الى نمطها السابق وتكون اشبه بالقفزة في نمط السلسلة وهو على حالتين.

1- التغير في المركبة الثابتة الى الاعلى : كما في شكل (10و11و12)، ملحق (B).
2- التغير في المركبة الثابتة الى الاسفل : كما في شكل (13و14و15)، ملحق (B).

ثالثاً : توليد سلاسل زمنية موسمية غير مستقرة في المركبة الاتجاهية $b2(T)$ دائمياً.

اي ان السلسلة تتغير في المركبة الاتجاهية $b_2(T)$ عند مدة زمنية محددة ويستمر هذا التغير الى نهاية السلسلة ويصبح نمطها العام هو النمط الاخير وهو على حالتين ايضاً.

1- التغير في المركبة الاتجاهية الى الاعلى : شكل (16و17و18)، ملحق (B).
2- التغير في المركبة الاتجاهية الى الاسفل : شكل (19و20و21)، ملحق (B).

رابعاً: توليد سلاسل زمنية موسمية غير مستقرة في المركبة الاتجاهية $b2(T)$ وقتياً.

اي ان السلسلة تتغير في المركبة الاتجاهية $b2(T)$ لمدة قصيرة محددة وترجع بعدها الى نمطها العام السابق وتشبه الى حد ما قفزة في تنط السلسلة وهو على حالتين ايضاً:

1. التغير في المركبة الاتجاهية الى الاعلى : شكل (22و23و24) ، ملحق (B).
2. التغير في المركبة الاتجاهية الى الاسفل : شكل (25و26و27)، ملحق (B).

3-4 تطبيق طريقة .H.W الاعتيادية و .H.W التكيفية في وضع التنبؤات المستقبلية على السلاسل الزمنية الموسمية التي تم توليدها

سيتم تطبيق الطريقة الاعتيادية لـ .H.W الموصوفة بالمعادلات (2-2)، (3-2)،(4-2) والطريقة التكيفية لـ .H.W بالمعادلات (40-2) في وضع التنبؤات للفترات T = 1, 2, 3, 4, 5, 6 وذلك باعتماد السلاسل الزمنية الموسمية التي تم توليدها قبل البدء بعرض تفاصيل عملية التطبيق لابد من توضيح ثوابت التمهيد التي تم اعتمادها:

1-طريقة .H.W الاعتيادية بثوابت غير مثلى :

تم تحديد القيم للثوابت $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ كما استخدمها الباحث William والتي يعتمدها اغلب الباحثون[39] اذ $\gamma = 0.6$ ، $\beta=0.2$، $\alpha=0.2$ وتم كتابة برنامج لهذه الطريقة بلغة Q-Basic وكما هو موضح بخوارزمية برنامج (1) ، ملحق (A) .

2-طريقة .H.W الاعتيادية بثوابت مثلى :

سيتم اخراج القيم المثلى للثوابت $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ وذلك باستخدام الطريقة الاعتيادية بتوافيق مختلفة للثوابت $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ اذ $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$. والقيم المثلى تمثل التوفيق الذي يملك اقل متوسط مربع خطأ. وتم كتابة برنامج خاص لهذه الطريقة بلغة Q-Basic وكما هو موضح بخوارزمية برنامج (2)، ملحق (A).

1-طريقة .H.W التكيفية بثوابت غير مثلى :

ان قيم الثوابت لهذه الطريقة ستؤخذ حسب ما حددها الباحث William وهي $\beta = 0.01, \gamma = 0.1$، اذ ان السلاسل التي تم توليدها كانت محاكاة للسلاسل المستقرة التي اعتمدها الباحث William في اختباراته الرقمية وهذا الذي يتيح لنا استخدامها. وتم كتابة برنامج خاص لهذه الطريقة بلغة Q-Basic وكما هو موضح بخوارزمية برنامج (3)، ملحق (A) .

2- طريقة .H.W التكيفية بثوابت مثلى :

يتم استخراج القيم المثلى باستخدام الطريقة التكيفية بتوافيق مختلفة لقيم الثوابت $\{\beta, \gamma\}$ وبحيث $0 < \beta, \gamma < 1$ والقيم المثلى تمثل التوفيق الذي يملك اقل متوسط مربع خطأ.
وتم كتابة برنامج خاص لهذه الطريقة بلغة Q-Basic وكما هو موضح بخوارزمية برنامج (4)، ملحق (A) .

3-5استعراض النتائج التجريبية

سيتم في ما يأتي استعراض النتائج التي تم الحصول عليها من التجريب ومناقشتها لكل حالة على حدة.

3-5-1 تطبيق طريقة .H.W الاعتيادية والتكيفية على السلاسل المستقرة في نمطها

ان نتائج تطبيق طريقة .H.W الاعتيادية والتكيفية بثوابت مثلى وغير مثلى لكل منهما موضحة في الجداول رقم (1) و (2) و (3) و (4) و (5).
اذ نلاحظ ما يأتي :

1- بالنسبة لوضع التنبؤ للمدة $\tau = 1$ وفي ضوء معيار MSE و MAPE نجد ان الطريقتين الاعتيادية المثلى، والتكيفية المثلى كانتا بنفس المستوى تقريباً وان كانت هنالك افضلية طفيفة للطريقة التكيفية المثلى، ثم تأتي التكيفية بثوابت غير مثلى بالدرجة الثانية واخيراً الاعتيادية بثوابت غير مثلى.
2- بالنسبة للفترات التي هي أبعد من $\tau = 1$ نجد ان المعيارين MSE و MAPE لم يكشفا عن افضلية لطريقة معينة فكانت تارة لصالح واحدة وتارة لاخرى لذلك رأينا من المناسب اعتماد معيار الرتب [الموضح في الفصل الثاني مبحث (2-4)]. من خلال استخراج SSE للمدة (1-6) فقط وكما هو موضح في جدول (5) نجد ان الطريقة الاعتيادية المثلى وغير المثلى والطريقة التكيفية المستوى نفسه في حين اعطت التكيفية المثلى نتائج غير جيدة ، والعرض البياني لهذا التطبيق موضح في شكل (1) ، (2) ، (3) ملحق (B) .

جدول رقم (1)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الاربعة على السلسلة الاولى

	الثوابت المثلى: β = 0.9 , γ = 0.25 تكيفيه		تكيفيه مثلى		الثوابت المثلى: α=0.9,β = 0.9 , γ = 0.1 اعتيادية		اعتيادية مثلى	
τ	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
1	507	8.19	487	8.12	512	8.27	496	8.14
2	1313	12.73	1302	12.65	1309	12.76	1269	12.59
3	1880	14.13	1983	14.66	1869	14.08	1869	14.37
4	2032	16.34	2241	16.66	2025	16.32	2073	16.47
5	1882	16.10	2115	16.46	1873	16.13	1972	16.38
6	1717	15.05	1907	15.61	1696	15.01	1770	15.33

جدول رقم (2)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

	القيم المثلى: β = 0.68 , γ = 0.9 تكيفيه		تكيفيه مثلى		القيم المثلى: α=0.3,β = 0.8 , γ = 0.1 اعتيادية		اعتيادية مثلى	
τ	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
1	342792	11.55	338470	11.63	343006	11.55	342869	11.55
2	190589	9.06	192025	9.16	190560	9.06	190306	9.06
3	371925	13.81	378624	14.09	371960	13.81	371353	13.85
4	435880	14.30	440440	14.76	435887	14.31	434873	14.28
5	476413	14.31	516214	15.35	476575	14.31	475058	14.27
6	494316	14.25	561866	15.89	494345	14.26	492489	14.21

جدول رقم (3)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

	β = 0.68 , γ = 0.9 تكيفيه		تكيفيه مثلى		α=0.3, β = 0.8 , γ = 0.1 اعتيادية		اعتيادية مثلى	
τ	MAPE	MSE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
1	781	18.10	775.2	18.02	783	18.14	774.6	18.04
2	2051	29.36	2034	29.10	2041	29.25	2038	29.15
3	3623	38.54	3637	38.34	3627	38.55	3627	38.35
4	4954	44.39	4992	44.27	4973	44.48	4977	44.26
5	6542	48.51	6559	48.71	6538	48.48	6537	48.66
6	7035	48.83	7026	49.28	7042	48.79	7012	49.15

جدول رقم (4)

يوضح قيم SSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلاسل

السلسلة الأولى

	τ	التكيفية	مثلى تكيفية	اعتيادية	مثلى اعتيادية
SSE	1	60363	57996	61252	59220
	1-6	181542	195154	181873	183812
MAPE	1	8.192	8.120	8.256	8.156
	1-6	13.760	14.030	13.784	13.888

السلسلة الثانية

	τ	التكيفية	مثلى تكيفية	اعتيادية	مثلى اعتيادية
SSE	1	40792300	4077960	40814980	40801380
	1-6	44967740	47177570	44978930	44871840
MAPE	1	11.553	11.634	11.554	11.554
	1-6	12.884	13.483	12.885	12.86

السلسلة الثالثة

	τ	التكيفية	مثلى تكيفية	اعتيادية	مثلى اعتيادية
SSE	1	92942	92258	93136	92181
	1-6	483756	484518	484116	483411
MAPE	1	18.10	18.028	18.14	18.041
	1-6	37.96	37.960	37.95	37.938

جدول رقم (5)

يوضح قيم متوسطات الرتب لكل معيار ولكل طريقة

المعيار	المدة	التكيفية	التكيفية المثلى	الاعتيادية	الاعتيادية المثلى
SSE	τ = 1-6	1.66	4	2.66	1.66
MAPE	1-6	2	3.66	2	2.33

3-5-2 تطبيق طريقة .H.W الاعتيادية والتكيفية على السلاسل غير المستقرة في نمطها

لقد تم تطبيق طريقة .H.W الاعتيادية والتكيفية بثوابت مثلى وغير مثلى لكل منها على سلاسل غير مستقرة في نمطها وكالآتي :

أولاً : السلاسل غير المستقرة ذات التغيرات الوقتية :

وتشمل التغير في المركبة الثابتة $a_1(T)$ وقتياً الى الاعلى والى الاسفل والتغير في الرتبة الاتجاهية $b_2(T)$ وقتياً الى الاعلى والى الاسفل.

ثانياً: السلاسل غير المستقرة ذات التغيرات الدائمية:

وتشمل التغير في الرتبة الثابتة $a_1(T)$ دائمياً الى الاعلى والاسفل والتغير في المركبة الاتجاهية $b_2(T)$ دائمياً الى الاعلى والاسفل.

وفيما يأتي ادناه التفاصيل الخاصة لكل منهما :

أولاً : السلاسل غير المستقرة ذات التغيرات الوقتية

1- تشير نتائج التطبيق الموضحة عبر الجداول (6) و (7) و (8) والخاصة بالتغير $a_1(T)$ الى الاعلى بأن اداء طريقة .H.W التكيفية بثوابت مثلى هي الافضل تليها الطريقة التكيفية ثم الاعتيادية المثلى وذلك في وضع التنبؤات لمدة (6-1) مقبلة.
2- تشير الجداول (9) و(10) و(11) والخاصة بالتغير $a_1(T)$ الى الاسفل. ان اداء طريقة .H.W التكيفية المثلى هي الافضل في وضع التنبؤات للمدة (6-1) مقبلة تليها الطريقة التكيفية ثم الاعتيادية المثلى.
3- تشير الجداول (12) و (13) و (14) والخاصة بالتغير $b_2(T)$ وقتياً الى الاعلى ان اداء طريقة .H.W التكيفية بثوابت مثلى هو الافضل ايضاً في وضع التنبؤات للمدة (6-1) مقبلة تليها الطريقة التكيفية مع تقارب بالنتائج بينهما ثم تأتي الاعتيادية المثلى بالمرتبة الثالثة.
4- تشير الجداول (15) و (16) و (17) والخاصة بالتغير $b_2(T)$ وقتياً الى الاسفل ان اداء طريقة .H.W التكيفية بثوابت مثلى هو الافضل وللمدة (6-1) مقبلة تليها الطريقة التكيفية ثم الاعتيادية المثلى ، والعروض البيانية لهذا التطبيق موضح في الاشكال (10 ، 11 ، 12 ، 13 ، 14 ، 15) وكذلك في الاشكال (22 ، 23 ، 24 ، 25 ، 26 ، 27) ملحق (B) .

الجدول (6)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الأولى

القيم المثلى γ =0.1 ،β= 0.1				القيم المثلى 0.1= γ ،β= 0.1 ،α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
1546	9.30	1544.8	9.27	3984	13.66	1594	9.43
3510	14.45	3516	14.46	6038	18.2	3685	14.83
5313	16.62	5319	16.65	8219	21.21	5709	17.63
6512	19.71	6527	19.74	9763	24.03	7203	20.49
7595	20.59	7613	20.60	11303	24.82	8728	21.60
8683	20.64	8695	20.67	12932	25.33	10398	22.04

الجدول (7)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

القيم المثلى γ =0.1، β =0.1				القيم المثلى γ =0.1، β =0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
394515	9.77	394436	9.77	758604	15.04	402695	10.02
439312	10.14	439177	10.14	820059	15.02	466458	10.64
720207	14.01	719952	14.01	1139575	18.8	782829	14.73
918001	15.66	917682	15.66	1384994	20.57	1031389	17.03
1167863	16.57	1167447	16.57	1754678	22.20	1358206	18.8
1439509	17.65	1438397	17.64	2107206	23.64	1725712	20.81

الجدول (8)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

القيم المثلى γ =0.1، β =0.1				القيم المثلى γ =0.1، β =0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
3111	19.8	3108	19.81	7152	25.7	3169	19.65
6977	32.6	6975	32.69	11202	37.43	7223	32.35
11142	43.08	11134	43.05	158876	47.25	11709	42.41
14555	50.42	14548	50.38	19970	55.07	15508	50.11
18379	55.57	18378	55.58	24946	61.42	19793	55.99
19720	57.40	19731	57.44	26830	63.11	21521	59.23

الجدول (9)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الأولى

القيم المثلى γ =0.15، β =0.09				القيم المثلى γ =0.1، β =0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
1169	68.95	1132.8	80.96	693156	223	1215	79.6
2547	97.50	2425	118.3	807561	244	2732	116.6
3945	134.5	3941	162.39	936862	275	4383	160.1
4996	178.6	5735	209.6	1058997	311	5732	207.8
6094	211.9	8469	247.61	126223	349	7233	244.9
7244	236.7	11438	277.6	1459628	381	8944	274.7

الجدول (10)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

القيم المثلى γ =0.21، β =0.11				القيم المثلى γ =0.1، β =0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
257426	22.82	248866	30.19	قيمة عالية	قيمة عالية	266135	28.75
351200	35.63	554531	53.82	قيمة عالية	قيمة عالية	378187	47.99
567911	50.89	823619	77.05	قيمة عالية	قيمة عالية	630283	69.23
741646	64.34	1361085	100.06	قيمة عالية	قيمة عالية	854677	88.84
968262	75.6	1986613	121.5	قيمة عالية	قيمة عالية	1158814	105.89
1195200	92.02	2865160	145.8	قيمة عالية	قيمة عالية	1479129	127.95

الجدول (11)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

القيم المثلى γ =0.03، β= 0.01				القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE*	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
2250	22.40	2250	22.38	18187	67.3	2318	24.05
4668	38.2	4663	38.15	21441	95.3	4932	42.05
6974	51.43	6961	51.35	22328	90.5	7587	58.51
8803	61.95	8786	61.85	23645	97.4	9850	72.38
10688	70.15	10674	70.12	258890	104.6	12269	84.3
11218	75.98	11208	75.91	27180	114.8	13209	91.62

الجدول (12)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الأولى

القيم المثلى γ =0.01، β= 0.01				المثلى γ =0.1، β= 0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
2604.2	9.65	2603.7	9.65	7587	14.94	2701.9	9.84
5558.6	15.13	5558.7	15.14	10876	19.78	5927.8	15.64
4493.0	17.62	8491.7	17.61	14649	22.94	9327.0	18.87
10820	21.17	10819.7	21.17	17675	26.24	12313.8	22.34
13409.3	22.43	13406.7	22.42	21068	27.24	15882.8	24.37
15942.4	22.76	15938.0	22.75	24657	28.06	19661.2	25.95

الجدول (13)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1				القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
533362.1	10.13	533293.5	10.12	1143506	16.48	547595.3	10.40
664303.4	10.79	664197.7	10.79	1289411	16.96	713338.4	11.52
1074060	14.95	1073840	14.95	1752435	21.10	1186806	16.11
1387022	16.81	1386482	16.80	2138285	23.21	1588534	18.89
1777772	18.01	1777479	18.01	2730349	25.45	2112024	21.05
2247759	19.46	2246580	19.45	3333053	27.34	2755051	23.77

الجدول (14)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1				القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE*	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
8479.6	21.23	8468.8	21.21	24254.1	35.28	8691.6	21.26
18030.9	35.70	18016.4	35.67	34771.4	48.27	18914.5	35.83
27236.7	47.51	27243.4	47.51	46181.1	60.62	29254.4	47.88
34639.3	56.36	34635.1	56.36	56272.3	72.00	38094.1	58.22
42778.2	63.65	42747.5	63.64	68750.7	82.69	48000.7	66.82
46052.7	68.29	46045.1	68.29	73729.5	87.21	52915.8	74.35

الجدول (15)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الأولى

القيم المثلى β= 0.1 ،γ= 0.1				القيم المثلى α=0.9 ،β= 0.1 ،γ= 0.1			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
680.2	9.28	680.2	9.28	1610.3	13.53	698.9	9.42
1613.9	14.54	1613.9	14.54	2626.7	18.15	1672.8	14.74
2423.4	16.66	2423.4	16.66	3594.9	21.05	2580.8	17.65
2862.8	19.81	2862.8	19.81	4205.2	23.98	3125.1	20.50
3123.3	20.70	3124.1	20.70	4699.0	24.86	3534.4	21.74
3425.7	20.83	3427.1	20.83	5234.1	25.21	4031.5	22.48

الجدول (16)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

0.1 =β، 0.1= γالقيم المثلى				القيم المثلى α=0.9 ،β= 0.1 ،γ= 0.1			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
194823.9	10.03	194819.5	10.03	380067.7	16.36	198723.1	10.35
207039.4	10.67	207020.6	10.67	405365.1	19.92	218993.2	11.32
341990.1	14.83	341993.2	14.83	560147.1	21.06	369787.7	15.85
432987.1	16.82	432859.7	16.82	672568.1	23.35	483642.3	18.63
549884.4	19.98	549869.2	19.98	841806.7	25.44	635711.8	20.78
656737	19.46	656580.6	19.46	998303.2	27.54	783046.4	23.49

الجدول (17)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

0.1 =β، 0.1= γ القيم المثلى				القيم المثلى α=0.9 ،β= 0.1 ،γ= 0.1			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE*	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
1187.1	21.23	1183.1	21.20	9490.2	41.15	1209.4	21.42
2679.6	35.69	2676.4	35.67	11240.1	54.66	2775.3	36.10
4277.2	47.70	4274.6	47.69	13387.9	68.87	4511.5	48.85
5587.1	57.46	5587.2	57.38	15290.9	83.31	5996.7	60.73
7034.1	65.58	7036.9	65.45	17956.3	98.56	7617.7	70.97
7418.9	71.03	7422.7	70.91	18706.3	109.77	8134.1	80.55

ثانياً : السلاسل غير المستقرة ذات التغيرات الدائمية

1- تشير الجداول (18) و (19) و (20) والخاصة بالتغير $a_1(\tau)$ الى الاعلى ان اداء طريقة H.W. التكيفية المثلى هي الافضل في وضع التنبؤات للمدة (6-1) مقبلة ومن ثم الطريقة التكيفية بالدرجة الثانية ثم الطريقة H.W. بثوابت مثلى بالدرجة الثالثة.

2- تشير الجداول (21) و (22) و(23) والخاصة بالتغير $a_1(\tau)$ الى الاسفل ان اداء H.W. التكيفية المثلى هو الافضل لمدة (τ = 1) مقبلة تليها التكيفية.
اما المدد (6-1) فقد اعتمد معيار الخطأ التجميعي وكما موضح في جدول (24) واوضح ان الطريقة H.W. التكيفية المثلى هي الافضل للتنبؤ للمدة (6-1) تليها التكيفية.

3- تشير الجداول (25) و (26) و (27) والخاصة بالتغير $b_2(\tau)$ الى الاعلى ان اداء H.W. التكيفية المثلى هو الافضل للتنبؤ للمدة (6-1) ثم التكيفية بالدرجة الثانية ثم الاعتيادية المثلى بالدرجة الثالثة.

4- تشير الجداول (28) و (29) و (30) والخاصة بالتغير $b_1(\tau)$ الى الاسفل ان اداء H.W. التكيفية المثلى هو الافضل للتنبؤ للمدة (6-1) ثم الطريقة التكيفية بالدرجة الثانية ثم الاعتيادية المثلى بالدرجة الثالثة ، والعروض البيانية الخاصة بهذا التطبيق موضحة في الاشكال (4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9) وكذلك في الاشكال (16 ، 17 ، 18 ، 19 ، 20 ، 21) ملحق B .

الجدول (18)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الأولى

القيم المثلى β= 0.1 ،γ =0.1				القيم المثلى α=0.9 ،β= 0.1 ،γ =0.1			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
1568	8.58	1568	8.58	2796	9.98	1585	8.62
3980	13.42	3980	13.42	5179	14.44	4095	13.58
5955	15.18	5955	15.18	7389	16.57	6377	15.84
6660	17.52	6660	17.52	8328	18.70	7381	18.32
6622	17.50	6622	17.50	8577	18.25	7715	18.61
6705	16.86	6705	16.86	9004	18.01	8611	18.13

الجدول (19)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

0.1 =β، γ =0.1القيم المثلى				القيم المثلى α=0.9 ،β= 0.1 ،γ =0.1			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
442523	9.01	442401	9.01	625489	10.63	444889	9.07
383910	8.81	383768	8.816	575528	9.95	404010	8.99
654230	12.04	653898	12.039	864561	13.22	708793	12.43
802973	13.10	802315	13.105	1038227	14.41	921569	13.66
1009875	13.49	1009420	13.485	1319453	15.08	1269476	14.67
1101804	13.49	1100342	13.495	1469627	15.40	1500376	14.93

الجدول (20)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

0.1 =β، 0.1= γالقيم المثلى				القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE*	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
2983	18.52	2974	18.44	5626	20.84	3007	18.51
7106	29.99	7073	29.63	10194	31.59	7219	30.10
12227	39.37	11885	38.66	15059	40.96	12519	39.74
16504	45.51	16085	44.95	21051	47.63	16940	46.19
21362	49.38	21243	49.19	27015	52.08	21903	50.04
22621	48.67	23477	49.49	28610	51.59	23286	49.52

الجدول (21)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الأولى

القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β				القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
572	15.5	572	15.06	121928	100.3	596	17.9
1179	25.45	1178	25.43	130068	109.1	1261	31.18
1776	32.57	1775	32.54	139198	115.8	1978	41.37
2328	41.65	2329	41.64	144380	126.7	2683	53.29
2979	49.14	2978	49.12	157886	136.5	3547	63.67
3587	54.85	3586	54.83	169636	140.0	4386	72.48

الجدول (22)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

0.1 =β، 0.1= γالقيم المثلى				القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
150301	16.58	150291	16.55	قيمة عالية	قيمة عالية	154129	20.01
185242	23.68	185190	23.68	قيمة عالية	قيمة عالية	199891	31.52
296380	33.66	396328	33.62	قيمة عالية	قيمة عالية	329245	45.42
380719	41.85	380544	41.83	قيمة عالية	قيمة عالية	437667	57.65
477454	49.32	477237	49.27	قيمة عالية	قيمة عالية	569097	68.82
624763	59.71	621648	59.68	قيمة عالية	قيمة عالية	745106	82.90

الجدول (23)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

0.1 =β ،0.1= γالقيم المثلى				القيم المثلى 0.1= γ ،β= 0.1 ،α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE*	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
1274.2	21.39	1273.9	21.38	58298	120.04	1310	22.69
2763	36.31	2761	36.23	59829	166.6	2866	39.3
4217	49.21	4214	49.12	61854	129.3	4457	54.58
5384	59.68	5383	59.67	65497	131.7	5814	67.51
6664	67.88	6659	67.71	74582	131.6	7316	78.56
7086	74.25	7081	74.09	84385	146.83	7950	85.83

جدول رقم (24)

يوضح قيم SSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلاسل

السلسلة الأولى

	τ	التكيفية	التكيفية المثلى	الاعتيادية	الاعتيادية المثلى
SSE	1	68068	68068	14509432	70924
	1-6	239422	190148	16731183	278381
MAPE	1	15.05	15.06	100.3	17.9
	1-6	36.451	36.436	121.4	46.64

السلسلة الثانية

	τ	التكيفية	التكيفية المثلى	الاعتيادية	الاعتيادية المثلى
SSE	1	17885819	17884629	قيمة كبيرة	18341351
	1-6	40728739	40716776	قيمة كبيرة	47105628
MAPE	1	16.58	16.55	قيمة كبيرة	20.01
	1-6	37.466	37.438	قيمة كبيرة	51.05

السلسلة الثالثة

	τ	التكيفية	التكيفية المثلى	الاعتيادية	الاعتيادية المثلى
SSE	1	151630	151594	693746	155890
	1-6	528294	527980	6797493	572935
MAPE	1	21.39	21.38	120.4	22.69
	1-6	51.453	51.366	137.67	58.07

الجدول (25)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الأولى

القيم المثلى 0.88= γ ،β= 0.02				القيم المثلى 0.1= γ ،β= 0.1 ،α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
355.5	8.89	354.8	8.90	451.2	8.59	417.5	8.34
812.1	13.77	804.5	13.74	1083.1	12.93	1044.7	12.74
1162.3	15.46	1156.5	15.52	1524.8	14.35	1491.1	14.15
1399.5	18.38	1389.5	18.45	1682.8	16.71	1646.4	16.65
1574.5	19.11	1563.6	19.02	1628.5	16.40	1585.5	16.40
1709.8	19.00	1692.3	18.70	1542.2	15.32	1474.4	15.20

الجدول (26)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β				القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β، 0.9=α			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
120394	9.52	120267.9	9.52	156660.3	13.82	121029.2	9.65
105070	9.76	104794.6	9.63	143659.2	14.01	108646.6	10.17
173694.9	13.38	173149.5	13.02	217805	17.54	181107.9	14.02
213809.9	14.96	212751.6	14.46	266523.7	19.22	225758	15.82
253255.2	15.62	251739.1	15.33	324822.3	20.81	272484.4	17.37
330737.1	16.94	329144.8	16.70	420111.9	22.52	356928.6	19.35

الجدول (27)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β				القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β، 0.9=α			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية	اعتيادية مثلى		
MSE	MAPE	MSE*	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
671.89	23.07	671.2	24.57	1692.8	50.71	673.5	23.55
1626.2	36.84	1624.7	39.12	1975.2	53.75	1626.3	37.86
2667.2	48.18	2669.9	51.03	3063.0	67.86	2678.7	48.73
3540	57.11	3564.3	64.50	3991.2	82.53	3581.6	62.03
4556.8	68.13	4592.8	76.82	5060.2	98.71	4632.4	74.77
4913	74.90	4990.2	91.82	5472.5	117.25	5050.4	87.23

الجدول (28)

يوضح قيم MSE و MAPE لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الأولى

القيم المثلى 0.1= γ، 0.1 =β				0.9=α، 0.1 =β، 0.1= γالقيم المثلى			
التكيفية	التكيفية المثلى			الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
2423	8.63	2422	8.63	4434	10.22	2459	8.67
6100	13.53	6100	13.53	7945	14.67	6319	13.67
9144	15.35	9142	15.34	11335	16.88	9850	16.00
10262	17.84	10264	17.84	12695	18.96	11428	18.54
1027	17.78	10267	17.78	12871	18.4	11973	18.90
10473	16.94	10461	16.94	13452	18.18	13330	18.48

الجدول (29)

يوضح قيم mse و mape لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثانية

القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1				القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
612485.9	9.06	612359	9.06	8500528	10.7	617465.6	9.10
522358.8	8.85	522145.3	8.84	760035.7	10.0	549739.7	9.05
894335.5	12.06	893814.6	12.05	1141133	13.25	968139.7	12.51
1096479	12.97	1095420	12.97	1359098	14.41	1252633	13.77
1381116	13.40	1380409	13.40	1737126	15.08	1713724	14.80
1506115	13.34	1503823	13.34	1903380	15.37	2009098	15.09

الجدول (30)

يوضح قيم mse و mape لتطبيق الطرائق الأربعة على السلسلة الثالثة

القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1				القيم المثلى γ =0.1، β= 0.1، α=0.9			
التكيفية		التكيفية المثلى		الاعتيادية		اعتيادية مثلى	
MSE	MAPE	MSE*	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
7314.4	18.55	7180.2	18.46	16956.8	21.57	7391.7	18.61
17508.9	30.06	16869.6	29.62	29140.5	32.46	17815.6	30.24
29921.9	39.41	27878.3	38.48	44253.3	41.84	30695.6	39.95
40294.8	45.49	37509.7	44.63	57726.1	48.57	41560.1	46.48
52032.6	49.41	50579.1	49.02	73493.2	53.25	53797.6	50.41
55218.8	48.49	58280.1	49.99	76830.7	52.46	57571.6	49.74

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

4-1 الاستنتاجات :

من خلال هذه الدراسة والتي تخص تقييم اداء طريقة .H.W التكيفية مقارنة مع .H.W الاعتيادية بثوابت مثلى وغير مثلى لكلا الطريقتين وللسلاسل الموسمية تمكنا من الخروج بالنتائج الآتية :

1. تم وضع البرهان العلمي والاسناد التجريبي لنجاح H.W التكيفية للسلاسل الزمنية الموسمية غير المستقرة مقارنة مع H.W الاعتيادية
2. في السلاسل الزمنية الموسمية المستقرة وهي التي لا تحدث فيها تغيرات محتملة دائمية او مؤقتة تبين ان اداء كل من طريقة H.W التكيفية بثوابت مثلى في وضع التنبؤات لفترة 1 = τ مقبلة له افضلية طفيفة على طريقة H.W الاعتيادية بثوابت مثلى ، اما بالنسبة لوضع التنبؤ لأبعد من فترة واحدة τ=2-6 كان اداء طريقة H.W الاعتيادية بثوابت مثلى مماثلة الى اداء طريقة H.W التكيفية.
3. بالنسبة للسلاسل الزمنية الموسمية غير المستقرة وهي التي تحدث فيها تغيرات محتملة وقتية او دائمية في معلماتها سواء بالمركبة الثابتة $a_1(T)$ او المركبة الاتجاهية $b_2(T)$ وبمختلف الاتجاهات الى الاعلى والى الاسفل كان اداء طريقة H.W التكيفية بثوابت مثلى متفوقاً بصورة ملحوظة وذلك في وضع التنبؤات 6-1 = τ في حين تأتي بالمرتبة الثانية طريقة H.W التكيفية بثوابت غير مثلى وثم تأتي طريقة H.W الاعتيادية بثوابت مثلى بالدرجة الثالثة ، واخيراً H.W الاعتيادية بثوابت غير مثلى.
4. في ضوء ما تقدم اعلاه نجد بالمرحلة النهائية ان طريقة .H.W الاعتيادية بثوابت مثلى لا تزال محافظة على قوة ادائها بالنسبة للسلاسل المستقرة ، وهنالك اداء جيد لطريقة .H.W التكيفية بثوابت غير مثلى في حين ان طريقة .W.H التكيفية بثوابت مثلى قد حققت نجاحاً ملحوظاً مقارنة مع .H.W الاعتيادية بثوابت مثلى بالنسبة للسلاسل غير المستقرة.

4-2 التوصيات:

1. نوصي باعتماد طريقة H.W التكيفية في حالة تواجد سلاسل زمنية موسمية يمكن التعبير عنها بالانموذج المتضاعف والتي يتوقع ان يحدث لها تغيرات محتملة دائمية او مؤقتة في نمط السلسلة الزمنية وذلك لانها اثبتت نجاحاً وتفوقاً ملحوظاً في وضع التوقعات المستقبلية $\tau = 1,2,3,4,5,6$.
2. اما بالنسبة للسلاسل الموسمية التي يمكن التعبير عنها بالنموذج المتضاعف والتي لا يتوقع لنمطها حدوث تغيرات دائمية او وقتية محتملة فلا تزال طريقة .H.W بثوابت مثلى رصينة وقوية في وضع التوقعات $\tau = 1\text{-}6$ ويمكن الاعتماد عليها الى جانب طريقة .H.W التكيفية بثوابت مثلى ايضاً.
3. اجراء دراسات لتكيف طريقة H.W والخاصة بالانموذج المتضاعف المعبر للسلسلة الموسمية والتي يتوقع ان يحدث لها تغيرات محتملة دائمية او مؤقتة في نمط السلسلة الزمنية وذلك عندما يتغير العامل الموسمي.
4. اجراء دراسات لتكيف طريقة .H.W والخاصة بالانموذج التجميعي المعبر للسلسلة الموسمية .

المصادر العربية والاجنبية

1- الآلوسي، سلمى ثابت ذاكر (1997). "بناء نماذج تخطيطية قصيرة المدى لنشاطات المنشأة العامة لتوزيع كهرباء بغداد"، رسالة دكتوراه، الجامعة المستنصرية.

2- الخاقاني، ريسان طاهر (1997). "استخدام المحاكاة للتحري عن حصانة طريقة التنقية الموائمة لنماذج الانحدار الذاتي"، رسالة ماجستير ، الجامعة المستنصرية.

3- العمرو، مهند سعيد نايف، (2001)، "استخدام المحاكاة للتحري عن حصانة مقدرات التنقية الموائمة لعملية المتوسطات المتحركة"، رسالة ماجستير ، الجامعة المستنصرية.

4- النقاش، افتخار عبد الحميد (1997). "تخطيط شبكات توزيع كهرباء الاحياء السكنية"، رسالة دكتوراه ، الجامعة المستنصرية.

5- حسن، اياد جواد، (2002)، "استخدام المحاكاة للتحري عن حصانة معيار معلومات كياكي"، رسالة ماجستير، الجامعة المستنصرية.

6- هرمز، امير حنا، (1990)، "الاحصاء الرياضي"، مطبعة الموصل.

7- A.L. Sweet (1981), “Adaptive smoothing for forecasting seasonal series. All trans. 13, 243-248.

8- Brucel. Bowerman and Richard T. Oconnell, “Time series and forecasting”, Miami University.

9- Byron J.T. Morgan (1983). “Elements of Simulation”, Chapman and Hall.

10- C. Chatfield (1978), “The Holt-Winters forecasing procedure”, Appl. Statist. 27, 264-279.

11- C. Chatfield and D.L. Prothero (1973), “Box-Jenkins seasonal forecasting : Problems in a case study, J. R. Statist. Sec. (A) 136, 295-315 and following discussion. Pp. 316-336.

12- D.C. Montgomery (1970), “Adaptive control of exponential smoothing parameters by evolutionary operation, AIIE Trans., 2, 268-269.

13- D.C. Montgomery and L. A. Johnson (1976), “Forecasting and Time Series Analysis, McGraw-Hill, New York.

14- D.C. Whybark (1972). “A comparison of adaptive forecasting techniques, Log. Trans. Rev. 8, 13-26.

15- D.W. Trigg and A.G. Leach, (1967), “Exponential smoothing with an adaptive response rate. Opi. Res.Q. 53-57.

16- E.E. Adam, W.L. Berry and D.C. Whybark (1978) “An exponential comparison of exponential and adaptive smoothing forecasting models using actual operating data. Comp. Ind. Engng 2, 91-98.

17- E.S. Gardner J.R. (1985). “Exponential smoothing: the state of the art. J. Forec. 4, 1.

18- E.S. Gardner and D.G. Dannenbaring (1980). “Forecasting with some guidelines for model selection. Dec Sci- 11, 370-383.

19- G. E. P. Box (1957) “Evoluationary operation: a method for increasing industrial productivity, Appl. Statist. 6, 2.

20- G.E.P. Box and N.R. Draper (1969). “Evoluationary operation. Wiley , New York.

21- H. A. Gardon, (1975). “Practical aspects of forecasting”, London.

22- H. Theil and S. Wage (1964), “Some observation on adaptive forecasting. MgMt. Sci. 10, 198.

23- J.D. Dennis (1978) “A performance test of run-based adaptive exponential forecasting. Prod. Invent. Man. 19, 43-46.

24- M. Firth (1977), “Forecasting Methods in Business and Manggement, London.

25- M. L. Shore (1967). "View point". Opires. Q. 18, 313.

26- M.Batty (1969). "Monitoring an exponential smoothing forecasting system". Opi. Res. Q, 20, 319-325.

27- P. Newbolb and C. W. J. Granger (1974) "Experience with forecasting univariate time series and the combination of forecasting", J. R. Statist. Soc A. 137, Part 2, P. 131-145.

28- P.R. Winters (1960) "Forecasting sales by exponentially weighted moving average". Mgmi Sci. 6, 324-342.

29- R. Dancer and C. Gray (1977). "An empirical investigation of constant and adaptive computer forecasting models for inventory control". Dec. Sci. 8, 228-238.

30- R.G. Brown (1963). "Smoothing, forecasting and prediction of discrate time series", Prentice –Hall, London.

31- R.G. Brown (1959). "Statistical forecasting for Inventory control". McGraw-Hill, New York.

32- R.J. Ebert (1978). "A comparison of human and statistical forecasting". AIIE. Trans. 8, 120-128.

33- S.D. Roberts and R. Reed (1969). "The development of a self-adaptive forecasting". Wiley, New York. Technique. AIIE Trans 1, 314-322.

34- S. Ellon and J. Elmaleh (1970). "Adaptive limits in inventory control". MgMi. Sci. 16. 533-548.

35- S.Ekern (1981). "Adaptive exponential smoothing revisited". J. OPI. RES. Soc. 32, 775-782.

36- S. Makridakis and S. C. Wheel Wright (1977). "Adaptive filtering: an integrated autoregressive/moving average filter for time series forecasting". OPI. Res. Q. 28, 425-437.

37- S. Makridkis (1978). "Time series analysis and forecasting: an update and evaluation". Int. Stat. Rev. 46, 255-278.

38- S. Makridakis, S.C. Wheel Wright and R.J. Hyndmon (1998), Forecasting, John Wiley & Sons. Inc.

39- T.M. Williams (1987). "Adaptive Holt. Winters forecasting", J. OPI Res. Soc. Vol. 38, No. 6, pp. 553-560.

40- W.Gilchrist (1976). "Statistical forecasting", Wiley. London.

41- W.N. Chow (1965). "Adaptive control of the exponential smoothing constant". J. Ind. Engng 16, 314-317.

………………………………………………………………..

…………………………………………….

………………………