

نمذجة السلاسل الزمنية الاتجاهية مع تطبيق عملي

Trend-oriented time series modeling with practical application

أ.م.د. أيمن عبدالحافظ محمد

Asist . Prof . D Enas A.Mohammed

enas.albsri@uokerbala.edu.iq

كلية الإدارة والاقتصاد جامعة كربلاء ، كربلاء ، العراق
College of Administration and Economics ,
University of
Karbala

رقية علي طالب

Roqaea Ali Talib

roqaea.a@s.uokrbaiia.edu.iq

كلية الإدارة والاقتصاد جامعة كربلاء ، كربلاء ، العراق
College of Administration and Economics
, University of
Karbala

أ.م. زينب حسن عبود

Asist . Prof . Zainab H.Abood

zainab.hasan@uokerbala.edu.iq

كلية الإدارة والاقتصاد جامعة كربلاء ، كربلاء ، العراق
College of Administration and Economics , University of
Karbala

المستخلص : في هذا البحث تمت المقارنة بين نوعين من النماذج الخطية واللاخطية مع حد خطأ طبيعي. حيث استخدمت هذه النماذج للتحليل والتنبؤ بالقيم المستقبلية يمثل السلاسل الزمنية الاتجاهية. تم توضيح مفهوم السلاسل الزمنية الاتجاهية وكيف يمكن ان نميزها عن السلاسل الاعتيادية من خلال اختبار الالتواء. وبيننا ان النماذج اللاخطية مع مايسمى بمعلمة العتبة هي الافضل في تمثيل هذه النوع من السلاسل مع التنبؤ. تم تقدير معلمات النماذج الخطية واللاخطية باستخدام طريقة الامكان الاعظم. كذلك اجرينا عدة تجارب للمحاكاة للمقارنة بين اداء النماذج المستخدمة. واختبار افضل انموذج تم استخدام المعايير الاحصائية مقياس متوسط مربعات الخطأ MSE و معيار معلومات اكاكي AIC لتحديد الانموذج الافضل.

الكلمات الافتتاحية : السلاسل الزمنية الاتجاهية , النماذج الخطية واللاخطية , المحاكاة , التنبؤ , معلمة العتبة .

Abstract: This research compares two types of linear and nonlinear models with a Gaussian error limit. Where these models were used for analysis and forecasting future values of a specific type of time series that represents trending time series. The concept of directional time series has been clarified, and how we can distinguish them from regular series through the skewness test has been explained. We explained that nonlinear models with what is known as the threshold parameter are the best for representing this type of series with prediction. The parameters of the linear and nonlinear models were estimated using the maximum likelihood method. We also conducted several simulation experiments to compare the performance of the models used. To test the best model, statistical criteria were used: the Mean Squared Error (MSE) and the Akaike Information Criterion (AIC) to determine the best model.
Keywords: directional time series, linear and nonlinear models, simulation, forecasting, threshold parameter.

1. المقدمة

تكون الاتجاهية واضحة في العديد من السلاسل الزمنية الثابتة عبر جميع التخصصات، غالباً ما يتم تجاهلها للنماذج الخطية. وبالمثل، فإن مقارنة مخطط السلاسل الزمنية بترتيب زمني مع مخطط بترتيب زمني معكوس ليست تقنية دقيقة لتقييم وجود الاتجاهية في البيانات. لتحديد وقياس الاتجاهية، عادة ما تكون هناك حاجة إلى مقياس إحصائي. حيث توجد أشكال نوعية متنوعة من الاتجاهية، والتي نقوم بتصنيفها إلى الفئات التالية: زيادات مفاجئة تليها تراجع تدريجية؛ انحرافات سريعة عن المتوسط،

تليها ارتفاعات، ثم عودة تدريجية إلى الاتجاه فوق أو تحت قيمة معينة ممكن ان نسميها بالعتبة. فإذا كانت الخصائص الاحتمالية لنموذج السلاسل الزمنية تعتمد على اتجاه الزمن، يُقال إنه ذو اتجاه (مثلما ذكر لورانس (1991) [9]، وإذا لم تكن هناك ميزات احتمالية في نموذج السلاسل الزمنية تعتمد على اتجاه الزمن، يُقال إنه قابل للعكس.

يمكن ملاحظة الاتجاهية في مجموعة متنوعة من السلاسل الزمنية عبر مجالات مختلفة في الحياة الواقعية. على سبيل المثال، لو غاريت مات صيد الوشق الكندي (1821-1934)، التي درسها لورانس (1991)؛ سلسلة بيانات الأمطار المكسورة (سوبيران و آخرون 2014)؛ سلسلة البيانات المناخية القديمة من سجلات نواة الجليد في فوسوك ومشروع نواة الجليد في شمال غرينلاند (NGRIP) (مانسور وآخرون 2016د)؛ سلسلة البيانات المالية لأسعار صرف الجنيه الإسترليني مقابل الدولار الأمريكي (مارس 1990-مارس 2015) ومعدل البطالة في الولايات المتحدة (1969-2014) (مانسور وآخرون 2015ب)؛ والإشارات الكهربائية الدماغية المختارة من الأشخاص المعرضين لنوبات الصرع (مانسور وآخرون 2016ب) [12].

2. مشكلة البحث : (problem of Research)

تتمثل مشكلة البحث في توضيح المفهوم الإحصائي للسلاسل الزمنية الغير قابلة للعكس، والتي تُعرف بالسلاسل الاتجاهية، حيث أن هذه السلاسل لا تتبع نفس السلوك عند عكس الزمن. الهدف الأساسي هو تحديد النموذج الأمثل لتمثيل هذا النوع من السلاسل، سواء باستخدام نماذج خطية أو غير خطية. كما يسعى البحث إلى تطوير وتطبيق اختبار إحصائي ملائم لاكتشاف وجود الاتجاهية في البيانات الزمنية، مما يساعد على فهم طبيعة هذه السلاسل بشكل أدق وتحليلها بطريقة صحيحة.

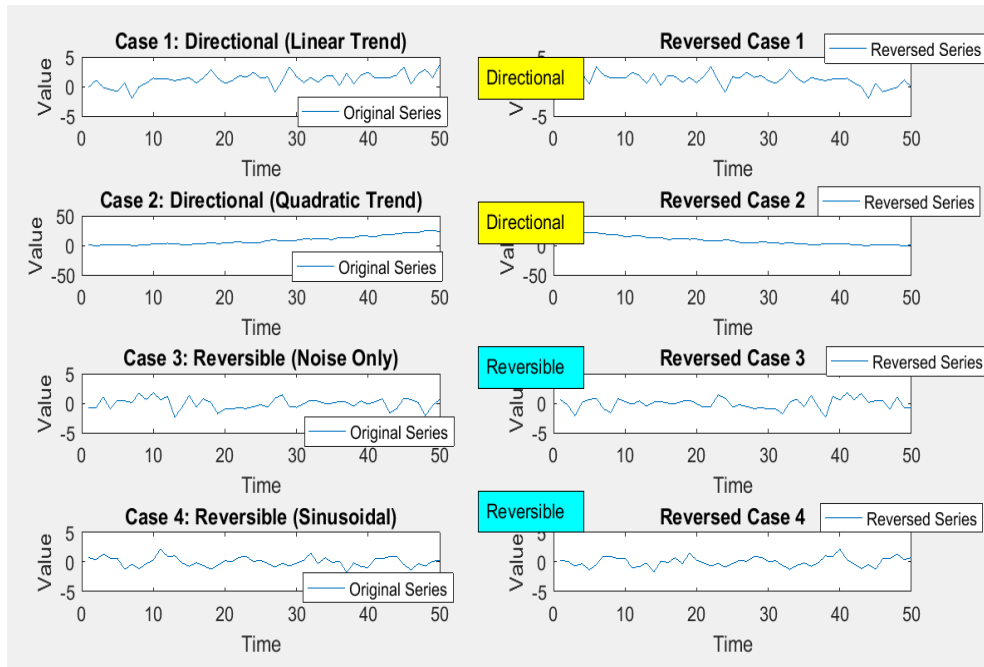
3. هدف البحث (Aim of Research)

يهدف البحث الى دراسة السلاسل الزمنية الاتجاهية وتقديم الاختبار الإحصائي المناسب الذي يكشف عن وجود الاتجاهية في البيانات السلسلة الزمنية ثم تحديد النموذج الافضل الذي يمكن من خلاله تمثيل هذه البيانات بشكل دقيق ثم التنبؤ بالقيم المستقبلية.

4. تعريف الاتجاهية (directionality Detention)

يمكن تعريف مفهوم الاتجاهية في تحليل السلاسل الزمنية بان السلسلة الزمنية عندما يتم عكسها فانها لاتحتفظ بخواصها الاحصائية بمعنى اخر فان السلسلة الزمنية عندما لاتتصرف بنفس الطريقة عند النظر اليها للامام او الخلف في الزمن تسمى حينها بسلسلة زمنية اتجاهية directional time series .

عندما تبقى الخصائص الاحصائية (مثل الوسط الحسابي والتباين والالتواء وغيرها) للسلسلة الزمنية التي يتم عكسها ثابتة في قيمها، فان هذه السلسلة الزمنية تعتبر قابلة للعكس time-reversible . بعبارة أخرى، يجب أن تُظهر السلسلة الزمنية نمطاً إحصائياً مشابهاً عند تشغيلها للخلف كما هو الحال عند تشغيلها للأمام. بعبارة أخرى، في مجالات مثل الاقتصاد والمالية والفيزياء، حيث يمكن أن تؤثر الأحداث الماضية على المستقبل بطريقة لا يمكن أن يؤثر بها المستقبل على الماضي، فإن تحديد الاتجاه في سلسلة زمنية قد يكون أمراً أساسياً. لذا فإن المفهوم التكميلي للاتجاهية هو القابلية للعكس في السلاسل الزمنية، كما توضح الشكل (1) أمثلة مختلفة حول السلاسل الزمنية القابلة للعكس والاتجاهية.



شكل 1: يوضح الفرق بين السلسلة الزمنية القابلة للعكس والغير قابلة للعكس لاربعة حالات من السلاسل الخطية والتربيعية وغيرها.

في شكل (1) وضحنا الفرق بين اربع حالات مختلفة من السلاسل الزمنية حيث :

الحالة الأولى (الزاوية العليا اليسرى والزاوية العليا اليمنى): تحتوي هذه السلسلة الزمنية على اتجاه خطي في الجهة اليسرى وإصدار معكوس في الجهة اليمنى. تشير اتجاهات مميزة إلى أن السلسلة ذات اتجاه، مما يعني أنه عند عكس الزمن، تتصرف بشكل مختلف.

في الحالة الثانية (الصف الثاني يسارًا ويمينًا): تحتوي هذه السلسلة الزمنية على اتجاه تربيعي على اليسار وإصدار معكوس على اليمين. كما في الحالة الأولى، تختلف السلسلتان الأمامية والعكسية بشكل كبير، مما يشير إلى أن السلوك هو المسؤول عن اتجاه السلسلة.

الحالة الثالثة (الصف الثالث، اليسار واليمين): سلسلة زمنية عشوائية تحتوي فقط على ضوضاء على اليسار ومعادلها المعكوس على اليمين. عكس الزمن لا يغير الخصائص الإحصائية لهذه السلسلة لأنه لا يوجد اتجاه.

الحالة الرابعة (الزاوية السفلى اليسرى واليمينى): خط زمني يظهر نمط موجة جيبية على اليسار ونظيرها المقلوب على اليمين. نظرًا للتشابهات الإحصائية بين السلسلتين المتقدمة والمعكوسة، فإن الطبيعة الدورية للنمط الجيبي تنتج سلسلة قابلة للعكس، تمامًا كما في الحالة.

5. اختبار الاتجاهية

يوجد عدة اختبارات احصائية بسيطة ومباشرة للكشف عما اذا كانت السلسلة الزمنية اتجاهية ام لا [10] ابسط اختبار لمعرفة ان السلسلة (اتجاهية) وبصورة مباشرة هو عن طريق برهان انها غير قابلة للعكس او من خلال فحص العلاقة التالية : ليكن $\{y_t\}$ حيث $t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ متغيرات عشوائية والتي تمثل نموذج للسلاسل الزمنية واذا كان التوزيع المشترك للمتغيرات $y_t, y_{t+1}, y_{t+2}, \dots, y_{t+r-1}, y_{t+r}$ ومن $y_t, \dots, y_{t+r-1}, y_{t+r}$ هو نفس التوزيع فان السلسلة الزمنية القابلة للعكس تحقق العلاقة التالية :

$$\text{Corr}(y_t, y_{t+1}^2) = \text{Corr}(y_t^2, y_{t+1}) \quad (1)$$

يمكن استخدام الفرق بين تقديرات العينة لهذه الارتباطات كنقطة انطلاق لمؤشر الاتجاهية. في هذا البحث، اعتمدنا النهج الذي يستخدم المقارنة بين السلاسل الزمنية الأصلية والسلاسل الزمنية العكسية. بحيث ان لكي تُعتبر سلسلة زمنية "اتجاهية"، يجب أن يكون هناك فرق واضح بين تشوه السلسلة المعكوسة وتشوه السلسلة الأصلية. بمعنى اخر: عملية حساب الفروقات بين القيم المتتالية المحسوبة في سلسلة الزمن لكل من السلسلة الأصلية والسلسلة المعكوسة هي الفروقات بين كل قيمة والقيمة التالية لها:

$$y_t - y_{t+1} = \text{diff_data}$$

$$y_t - y_{t+1} = \text{diff_reversed_data} \quad (2)$$

حيث x_t هي القيم في سلسلة الزمنية . بعد ذلك، نقوم بحساب الانحراف، وهو مقياس للإزاحة أو الاختلاف في توزيع الفروقات، لذا يتم إجراء مقارنة بين انحراف الفروقات في السلسلة الزمنية الأصلية والسلسلة الزمنية المعكوسة:

$$|\text{Skewness_Reversed} - \text{Skewness_original}| = \text{Difference}$$

عندما يصل الفرق بين انحرافات الفروق في السلسلتين الأصلية والعكسية إلى قيمة مطلقة معينة، لنقل أكبر من القيمة الحدية المحددة مسبقاً في الكود، فإن السلسلة الزمنية تُعتبر سلسلة زمنية اتجاهية، وتُعتبر هذه المقاربة في هذا العمل بحيث سيكون معامل العتبة هو متوسط السلسلة الزمنية المؤلدة [12] .

6. نمذجة السلاسل الاتجاهية

في هذا المبحث سوف نستخدم النماذج الخطية واللاخطية لنمذجة السلاسل الزمنية الاتجاهية حيث سوف نستخدم النموذج الخطي الانحدار الذاتي (AR(1) و AR(2) والمعرفة بالعلاقات التالية على التوالي:

$$Y_t = \phi_0 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (3)$$

$$Y_t = \phi_0 Y_{t-1} + \phi_1 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (4)$$

حيث ان ϕ_0, ϕ_1 و (σ^2) تباين الضوضاء (تمثل معاملات النموذجين (3) و (4) على التوالي و ε_t يمثل حد الخطأ

عند الزمن t حيث الخطأ يتوزع توزيع طبيعي بوسط حسابي صفر وتباين σ^2 . حيث تستخدم هذه النماذج للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية.

اما النماذج اللاخطية فهي نماذج انحدار العتبة الذاتية (1) TAR و (2) TAR حيث عندما تظهر البيانات الزمنية نمط لاخطي فان النماذج الخطية تكون غير كافية و نماذج العتبة TAR تكون ضرورية واكثر كفاءة. لنماذج انحدار العتبة (1) TAR و (2) TAR الصيغ التالية :

$$Y_t = \begin{cases} \theta_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t & \text{if } Y_{t-d} \leq \tau \\ \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t & \text{if } Y_{t-d} > \tau \end{cases} \quad (5)$$

$$Y_t = \begin{cases} \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t & \text{if } Y_{t-d} \leq \tau \\ \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t & \text{if } Y_{t-d} > \tau \end{cases} \quad (6)$$

حيث أن

المعلمة τ : تسمى معلمة العتبة ممكن ان يتم تقديرها او اعتبارها الوسط الحسابي للبيانات.

ε_t : يمثل حد الخطأ الذي يتوزع توزيع طبيعي بوسط حسابي صفر وتباين σ^2 .

θ_1 و θ_2 ، و ϕ_1 و ϕ_2 : هي معلمات نموذجي انحدار العتبة (5) و (6).

7. التقدير والمحاكاة

في هذا المبحث تم توليد عينات عشوائية بحجوم 30 , 50 , 100 لسلسلة زمنية بحد خطأ يتوزع توزيع طبيعي كما ان السلسلة المولدة تم اختبارها عند كل حجم فيما اذا كانت اتجاهية غير قابلة للعكس ام غير اتجاهية. كذلك تم استخدام طريقة الامكان الاعظم لتقدير معلمات النماذج الخطية واللاخطية المذكورة في المبحث السابق (3), (4), (5) و (6) كذلك تم احتساب معلمة العتبة حيث تمثل الوسط الحسابي للسلسلة الزمنية المولدة اما قيمة σ^2 فتم احتسابها كقيمة التباين للسلسلة المولدة ايضا تم استخدام مقياس متوسط مربعات الخطأ و معيار اكاكي المعلوماتي والمعطى بالعلاقات التالية على التوالي:

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{(A_t - F_t)^2}{n} \quad (7)$$

حيث ان

A_t : تمثل القيمة الحقيقية المولدة.

F_t : تمثل القيمة المتوقعة .

n : هي حجم العينة.

$$AIC = 2 * k - 2 \log L \quad (8)$$

حيث ان

k : عدد المعلمات في النموذج .

$2 \log L$: القيمة العظمى لدالة الامكان الاعظم.

وكانت النتائج كما في الجداول والاشكال التالية :-

جدول 1 : قيم المعلمات المقدرة مع قيمة الخطأ موضوعة بين قوسين للنماذج الخطية واللاخطية عند حجم عينة 30 .

models	ϕ_1	ϕ_2	θ_1	θ_2
AR1	0.890882 (0.107462)			
AR2	0.341223 (0.136677)	0.658777 (0.149144)		
TAR1 $\tau = 0.3242$	1.0850 (0.0812)	0.5004 (1.7442e-07)		
TAR2 $\tau = 0.3242$	0.4636 (0.1131)	0.7075 (0.2575)	0.4085 (0.0084)	0.2553 (0.0020)

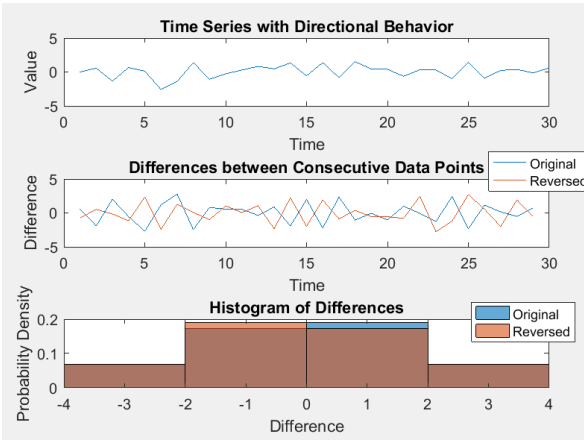
جدول رقم (1) يوضح القيم المعلمات المقدرة للنماذج AR و TAR للسلسلة الزمنية الاتجاهية المولدة حيث كانت قيمة معلمة العتبة لنماذج TAR تساوي $\tau = 0.3242$ و قيمة فرق الالتواء للسلسلة الاصلية $= -0.432382$ بينما قيمة فرق الالتواء للسلسلة المعكوسة تساوي $= 0.432382$ بالتالي ان شرط الاتجاهية متحقق . كذلك ان قيمة mse للعملية التقدير تتجه الى الصفر.

جدول 2: متوسط مربعات الخطأ للنماذج المقدرة ومعيار معلومات اكاكي عند حجم 30

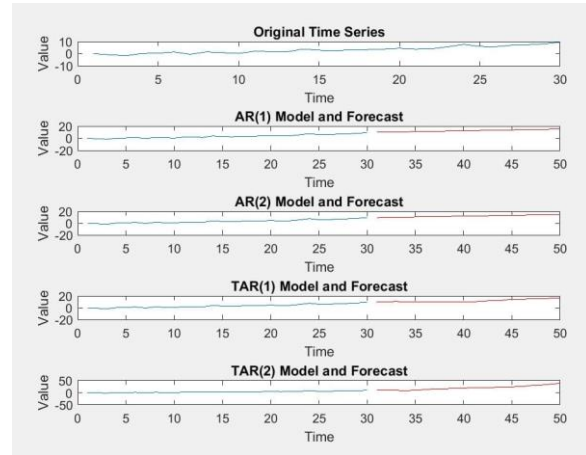
Model	AIC	Mse
AR(1)	93.3701377872643	1.15157157680663
AR(2)	93.3920461456760	1.07808944532954
TAR(1)	89.4418933353204	0.729667143572340
TAR(2)	89.4418933353204	0.478040362787517

الجدول (2) حسب قيم المعايير (Mse + AIC) في الجدول اعلاه فان النموذج TAR(2) هو الافضل من بين النماذج الاربعة لتحقيق اقل قيم معايير مقارنة بالنماذج الاخرى .

وان AR(2) هي الافضل من بين النماذج الخطية مقارنة بين AR(1) , وان TAR(2) هي الافضل من بين النماذج اللاخطية مقارنة ب TAR(1).



(a)



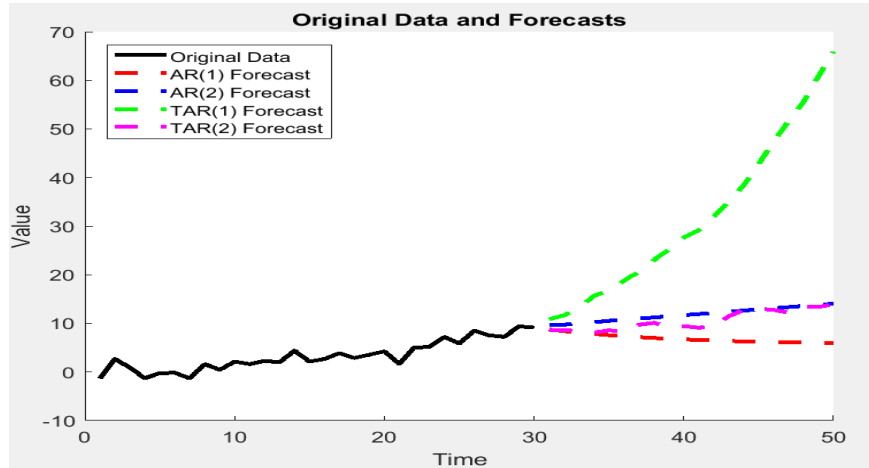
(b)

شكل 2: يمثل رسم للسلسلة الزمنية الاتجاهية المولدة وقيم التنبؤ بالنماذج الاربعة

يوضح شكل رقم (2) (a) تحليلًا شاملاً لسلوك السلسلة الزمنية الاتجاهية . يعرض الرسم الاول السلسلة الزمنية الاصلية , بينما يظهر الرسم الثاني نظيرتها المعكوسة . يقارن الرسم الثالث الاختلافات بين النقاط البيانية المتتالية في السلسلتين , ويعرض الرسم الرابع توزيع هذه الاختلافات . من خلال تحليل هذه الرسومات , يمكن تحديد أي خصائص اتجاهية أو عدم تماثل في بيانات السلسلة الزمنية.

بينما الرسم (b) يستعرض هذا الشكل مقارنة بين السلسلة الزمنية الاصلية وتوقعات نماذج AR , TAR بدرجات مختلفة. يظهر الرسم الاول السلسلة الزمنية الاصلية , بينما توضح الرسومات التالية توقعات نموذج AR(1), AR(2), TAR(1)

TAR(2), على التوالي . تساعدنا هذه المقارنات في فهم أداء كل نموذج و قدرته على التنبؤ بالقيم المستقبلية بناءً على البيانات الحالية.



شكل 3: السلسلة الزمنية والسلسلة المتنبأ بها بواسطة النماذج الخطية واللاخطية

شكل رقم (3) يعرض هذا الشكل السلسلة الزمنية الاصلية مع التوقعات الناتجة عن نماذج التنبؤ المختلفة . الخط الاسود الغامق يمثل البيانات الاصلية , في حين تظهر الخطوط المتقطعة الملونة توقعات النماذج المختلفة . الخط الاحمر يمثل توقعات نموذج AR(1) , والازرق يمثل توقعات نموذج AR(2) والاخضر يمثل توقعات نموذج TAR(1) , , والخط الوردي يمثل توقعات نموذج TAR(2), حيث يبين الشكل ان النموذج الرابع TAR(2) هو الاقرب والاكثر ملائمة من بين النماذج المستخدمة .

جدول 3: قيم المعلمات المقدرة مع قيمة الخطأ موضوعة بين قوسين للنماذج الخطية واللاخطية عند حجم عينة 50

Models	ϕ_1	ϕ_2	θ_1	θ_2
AR1	1 (0.0277051)			
AR2	0.618492 (0.103836)	0.381508 (0.108753)		
TAR1 $\tau = 0.4878$	1.0439 (0.0595)	0.9847 (0.2349)		
TAR2 $\tau = 0.4878$	0.4865 (0.0983)	0.5814 (0.1455)	0.6869 (0.0349)	0.3776 (0.0060)

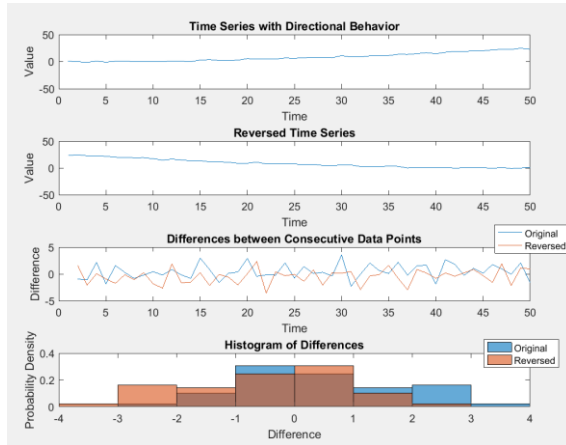
جدول رقم (3) يوضح القيم المعلمات المقدرة للنماذج AR و TAR للسلسلة الزمنية الاتجاهية المولدة حيث كانت قيمة معلمة العتبة لنماذج TAR تساوي $\tau = 0.4878$ وقيمة فرق الالتواء للسلسلة الأصلية $= 0.50275$ - بينما قيمة فرق الالتواء للسلسلة المعكوسة تساوي $= 0.50275$ بالتالي ان شرط الاتجاهية متحقق . كذلك ان قيمة mse للعملية التقدير تتجه الى الصفر.

جدول 4: متوسط مربعات الخطأ للنماذج المقدرة ومعايير معلومات أكايكي عند حجم 50

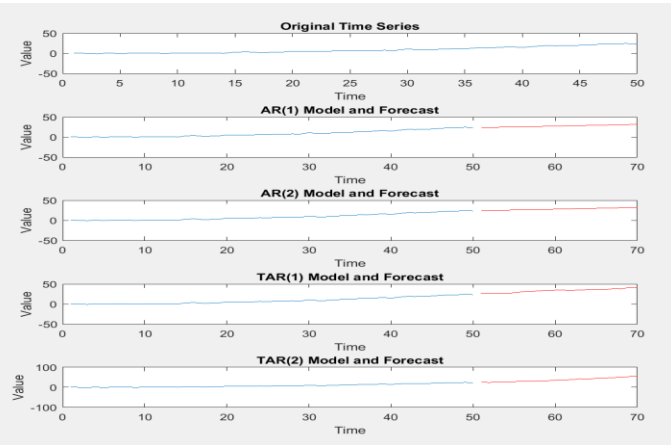
Model	AIC	Mse
AR(1)	176.5143	32.1142414693094
AR(2)	170.3301	19.961869733333
TAR(1)	178.8527	1.08557545196837
TAR(2)	169.1146	0.757590619542280

يمثل جدول رقم (4) حسب قيم معايير (Mse + AIC) في الجدول اعلاه فان النموذج TAR(2) هو الأفضل من بين النماذج الاربعة لتحقق اقل قيم معايير مقارنة بالنماذج الاخرى .

وان AR(2) هي الافضل من بين النماذج الخطية المقارنة بين AR(1) ، وان TAR(2) هي الافضل من بين النماذج اللاخطية مقارنة ب TAR(1) .



(a)

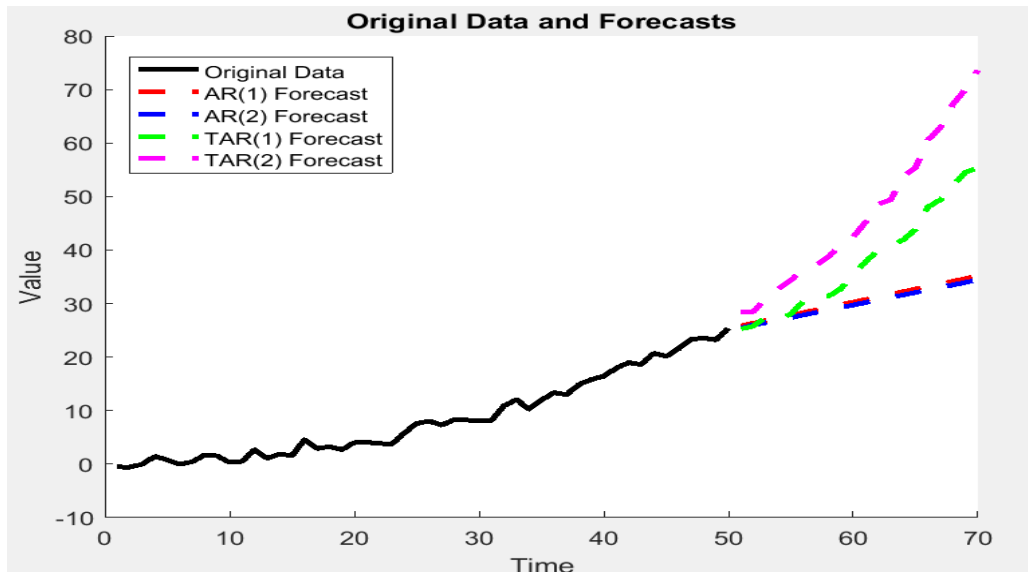


(b)

شكل 4 : يمثل رسم للسلسلة الزمنية الاتجاهية المولدة وقيم التنبؤ بالنماذج الاربعة

الرسم (a) تحليلًا شاملاً لسلوك السلسلة الزمنية الاتجاهي . يعرض الرسم الاول السلسلة الزمنية الاصلية, بينما يظهر الرسم الثاني نظيرتها المعكوسة. يقارن الرسم الثالث الاختلافات بين النقاط البيانية المتتالية في السلسلتين, ويعرض الرسم الرابع توزيع هذه الاختلافات. من خلال تحليل هذه الرسومات , يمكن تحديد أي خصائص اتجاهية أو عدم تماثل في بيانات السلسلة الزمنية.

بينما الرسم (b) يستعرض هذا الشكل مقارنة بين السلسلة الزمنية الاصلية وتوقعات نماذج AR, TAR بدرجات مختلفة. يظهر الرسم الاول السلسلة الزمنية الاصلية , بينما توضح الرسومات التالية توقعات نموذج AR(1), AR(2), TAR(1), TAR(2), على التوالي. تساعدنا هذه المقارنات في فهم أداء كل نموذج و قدرته على التنبؤ بالقيم المستقبلية بناءً على البيانات الحالية. عند حجم عينة 50.



شكل 5 : ا لسلسلة الزمنية المولدة والقيم التنبؤية المستقبلية

شكل رقم (5) يعرض هذا الشكل السلسلة الزمنية الاصلية مع التوقعات الناتجة عن نماذج التنبؤ المختلفة . الخط الاسود الغامق يمثل البيانات الاصلية , في حين تظهر الخطوط المتقطعة الملونة توقعات النماذج المختلفة . الخط الاحمر يمثل توقعات نموذج AR(1) , والازرق يمثل توقعات نموذج AR(2) والاخضر يمثل توقعات نموذج TAR(1) , , والخط الوردي يمثل توقعات نموذج TAR(2), حيث يبين الشكل ان النموذج الرابع TAR(2) هو الاقرب والاكثر ملائمة من بين النماذج المستخدمة.

حيث يبين ان النموذج الرابع (2) TAR هو الاقرب والاكثر ملائمة من بين النماذج المستخدمة (اللون الوردي يمثل (2) TAR).

جدول 5: قيم المعلمات المقدرة مع قيمة الخطأ موضوعة بين قوسين للنماذج الخطية واللاخطية عند حجم عينة 100

Models	ϕ_1	ϕ_2	θ_1	θ_2
AR1	1 (0.00491826)			
AR2	0.795806 (0.0956225)	0.204194 (0.0983663)		
TAR1 $\tau=0.9449$	1.0249 (0.0506)	1.0376 (0.2890)		
TAR2 $\tau=0.9449$	0.7186 (0.0066)	0.3138 (0.0130)	0.4994 (0.0000)	0.5650 (0.0702)

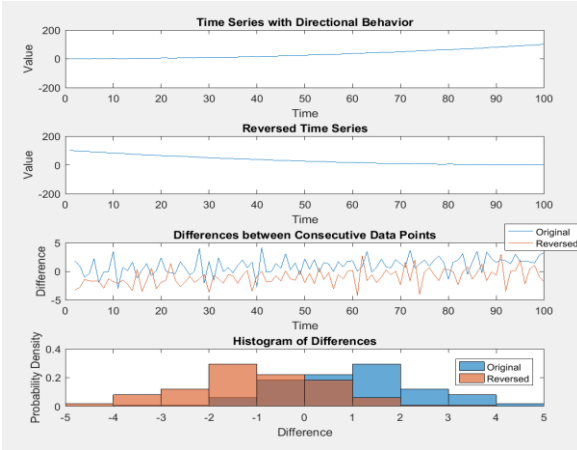
جدول رقم (5) يوضح القيم المعلمات المقدرة للنماذج AR و TAR للسلسلة الزمنية الاتجاهية المولدة عند حجم 100 حيث كانت قيمة معلمة العتبة لنماذج TAR تساوي $\tau = 0.9449$ و قيمة فرق الالتواء للسلسلة الاصلية $= 0.757022$ - بينما قيمة فرق الالتواء للسلسلة المعكوسة تساوي $= 0.757022$ بالتالي ان شرط الاتجاهية متحقق . كذلك ان قيمة mse للعملية التقدير تتجه الى الصفر.

جدول 6: متوسط مربعات الخطأ للنماذج المقدرة ومعايير معلومات اكاكي عند حجم 100

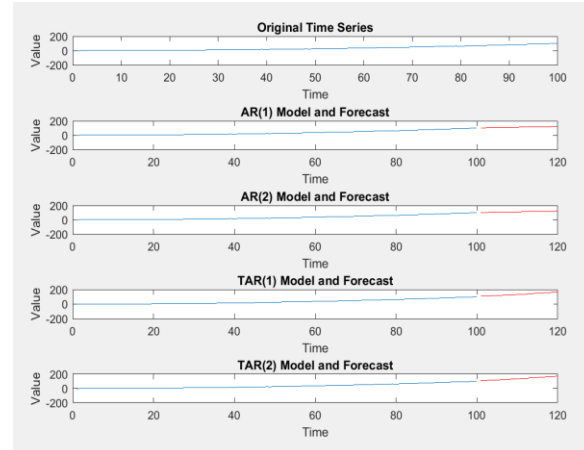
Model	AIC	Mse
AR(1)	362.127666020658	55.08231602623
AR(2)	359.673135054421	9.91047446120
TAR(1)	349.307642898767	0.908119235855594
TAR(2)	349.307642898767	0.571863184704177

يمثل جدول رقم (7) حسب قيم معايير (Mse + AIC) في الجدول اعلاه فان النموذج (2) TAR هو الأفضل من بين النماذج الاربعة لتحقق اقل قيم معايير مقارنة بالنماذج الاخرى .

وان (2) AR هي الافضل من بين النماذج الخطية المقارنة بين (1) AR ، وان (2) TAR هي الافضل من بين النماذج اللاخطية مقارنة ب (1) TAR .

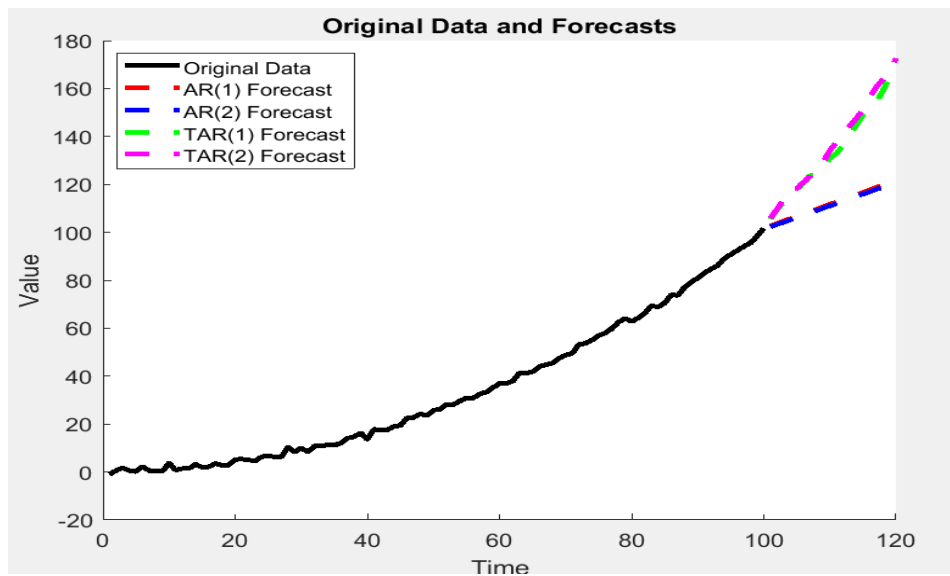


(a)



(b)

شكل 6: السلسلة الزمنية الاتجاهية المولدة عند حجم عينة 100



شكل 7 : السلسلة الزمنية الاتجاهية مع السلسلة المقطرة بالنماذج الاربعة

شكل رقم (7) يعرض هذا الشكل السلسلة الزمنية الاصلية مع التوقعات الناتجة عن نماذج التنبؤ المختلفة . الخط الاسود الغامق يمثل البيانات الاصلية , في حين تظهر الخطوط المتقطعة الملونة توقعات النماذج المختلفة . الخط الاحمر يمثل توقعات نموذج $AR(1)$, والازرق يمثل توقعات نموذج $AR(2)$ والاخضر يمثل توقعات نموذج $TAR(1)$, والخط الوردي يمثل توقعات نموذج $TAR(2)$, حيث يبين الشكل ان النموذج الرابع $TAR(2)$ هو الاقرب والاكثر ملائمة من بين النماذج المستخدمة .

تعتبر السلسلة الزمنية الغير قابلة للعكس حالة خاصة من السلاسل الزمنية والتي يفضل تمثيلها بالنماذج اللاخطية TAR وهي الافضل مقارنة بالنماذج الانحدار الذاتي الخطية وذلك من خلال عملية المحاكاة التي اجريت في هذا البحث وللعينات المولدة . كذلك تعتبر نماذج العتبة اللاخطية هي الافضل للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلاسل الزمنية الاتجاهية (الغير قابلة للعكس). تم استخدام اسلوبين للتحقق من وجود الاتجاهية في السلسلة الزمنية الاول من خلال حساب فرق الالتواء للسلسلة الاصلية والمعكوسة والثاني من خلال مطابقة رسم السلسلة الزمنية الاصلية والمعكوسة حيث يكشف عدم التطابق على وجود السلوك الاتجاهي في البيانات الزمنية المولدة.

REFERENCES

- 1- R. G. Andrzejak, K. Lehnertz, F. Mormann, C. Rieke, P. David and C. E. Elger,), 'Indications of nonlinear deterministic and finite-dimensional structures in time series of brain electrical activity Dependence on recording region and brain state', Physical Review E 64(061907), 1–8.
- 2- B. K. Beare, and J. Seo, "Time irreversible copula-based markov models", Econometric Theory 30(5), (2014) 923–960.
- 3- C. Chatfield, "The Analysis of Time Series: An Introduction" Sixth Edition, Chapman & Hall/CRC (2004).
- 4- D. R. Cox "Statistical analysis of time series: Some recent developments" Scandinavian Journal of Statistics 8, (1981) 93–115.
- 5- G. Dell'Ariccia, E. Detragiache, and R. Rajan, "The real effect of banking crises" Journal of Financial Intermediation 17(1), (2008) 89 – 112. Financial Contracting and Financial System Architecture.
- 6- C. W. J. Granger and A. Andersen, "On the invertibility of time series models" Stochastic Processes and their Applications 8(1), (1978) 87–92.
- 7- J. R. M. Hosking, "L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics" Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological) 52(1), (1990) 105–124.
- 8- D. P. Kroese, T. Taimre, and Z. I. Botev, "Handbook of Monte Carlo Methods" John Wiley & Sons (2011).
- 9- A. J. Lawrance, "Directionality and reversibility in time series" International Statistical Review/Revue Internationale de Statistique 59(1), (1991) 67–79.
- 10- M. M. Mansor, M. E. Glonek, D. A. Green, and A. V. Metcalfe "Modelling directionality in stationary geophysical time series" Proceedings of the International work-conference on Time Series (ITISE 2015a)', pp. 755–766.
- 11- M. M. Mansor, D. A. Green, and A. V. Metcalfe "Modelling and simulation of directional financial time series" Proceedings of the 21st International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM 2015b)', pp. 1022–1028.

- 12- M. M. Mansor, D.A. Green, and A. V. Metcalfe,” Directionality and volatility in electroencephalogram time series” American Institute of Physics (AIP) Conf. Proc. 1739, 020080:1–8.34
- 13- S. F. Mohamaad and K. A. Al-Kadim,” Additive Weibull model: An application of real data set” AIP Conference Proceedings 2414, 040019 (2023).