HNSJ
Humanitarian & Natural Sciences Journal
ISSN: (e) 2709-0833
www.hnjournal.net
مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية
مجلة علمية محكمة (التصنيف: NSP)
معامل التأثير العربي للعام 2020 = 0.44

عنوان البحث

استخدام نموذج التحليل الطيفي للتنبؤ

(بالتطبيق على بيانات الكمية المنتجة من الأقمشة لشركة سور بمصنع النسيج بمدينة شندي)

محمد أحمد محمد حسن[1] وليد عمر بابكر ابراهيم[2] عفراء هاشم عبداللطيف[3] ابراهيم محمد ابراهيم سيدأحمد[4]

[1] استاذ مساعد، جامعة شندي، السودان

بريد الكتروني: meedony19@gmail.com

[2] محاضر جامعه شندي، السودان

[3] استاذ مشارك جامعه السودان للعلوم والتكنولوجيا، السودان

[4] استاذ مساعد جامعه شندي، السودان

HNSJ, 2022, 3(1); https://doi.org/10.53796/hnsj314

تاريخ النشر: 2022/01/01م تاريخ القبول: 2021/12/10م

المستخلص

تناولت هذه الدراسة استخدام التحليل الطيفي للتنبؤ بالكمية المنتجة اسبوعياً من الأقمشة لشركة سور بمصنع النسيج بمدينة شندي (يناير 2015_ ابريل2016)م وهدفت هذه الدراسة إلي تحقيق أهداف أهمها بناء نماذج إحصائية تساعد المصانع والشركات علي تحليل المنتجات والتنبؤ بها, وتحديد أفضل وأكفأ نموذج, وتمثلت مشكلة البحث في قلة وجود نماذج إحصائية مستخدمة كنماذج السلاسل الزمنية باتجاهي الزمن والتكرار للتنبؤ بالكمية المنتجة من الأقمشة , حيث استندت الدراسة على عدة فرضيات أهمها أن السلسلة الزمنية لبيانات الكمية المنتجة من الأقمشة سلسلة مستقرة , تحليل السلسلة الزمنية للكمية المنتجة من الأقمشة بمصنع النسيج باتجاه الزمن أدق في التنبؤ مقارنة باتجاه التكرار, وتم استخدام المنهج الوصفي وبعض مقاييس الإحصاء الوصفي والمنهج التحليلي باستخدام الحزم الإحصائية SPSS& MINITAB وأيضاً برنامج Excel 2007 Microsoft لتحليل بيانات السلسلة من خلال وصف وتقدير نموذج إحصائي مناسب اعتماداً على بعض الاختبارات الإحصائية. وتوصلت الدراسة إلي عدة نتائج أهمها السلسلة الزمنية الأسبوعية للكمية المنتجة من الأقمشة عبارة عن سلسلة غير مستقرة وبأخذ الفرق الأمامي الأول أصبحت سلسلة مستقرة , وجد أن النموذج الملائم لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية باتجاه الزمن هو نموذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك التكاملي من الدرجة ARIMA(2,1,1) ومن خلال النتائج السابقة تم التوصل إلي عدة توصيات أهمها أنه يمكن استخدام النموذج الذي توصل إليه الباحث من خلال الجهة المستفيدة لمعرفة الاتجاهات المستقبلية للظاهرة ووضع خطط لها, يمكن اعتماد التحليل الذي توصل إليه الباحث باتجاه الزمن لأنه أدق من التحليل باتجاه التكرار .

RESEARCH TITLE

USING A SPECTROSCOPIC MODEL FOR FORECASTING

(Applying to the data of the produced quantity of fabrics for the Sur Company in the Textile Factory in Shendi City)

Muhammad Ahmad Muhammad Hassan[1] Walid Omar Babiker Ibrahim[2] Afra Hashem Abdullatif[3] Ibrahim Muhammad Ibrahim SayedAhmad[4]

1 Assistant Professor, Shendi University, Sudan
Email: meedony19@gmail.com
2 Lecturer, Shendi University, Sudan
3 Associate Professor Sudan University of Science and Technology, Sudan
4 Assistant Professor, Shendi University, Sudan

HNSJ, 2022, 3(1); https://doi.org/10.53796/hnsj314

Published at 01/01/2022 **Accepted at 10/12/2021**

Abstract

The study aimed to achieve the objective of the most important of which are the construction of statistical models that help factories and companies to analyze and predict products, and to identify the best and most efficient model. the problem of research was to evaluate the quantities produced by the textile industry in Shandi city (Jan.2015_Apr.2016). In the absence of statistical models used as time series model of time and frequency to predict the quantity produced of fabrics. The study was based on several hypotheses, the most important of which is that the time series of the data produced from the fabrics is stable series ,JH of fabrics textile factory towards the time more accurate in predicting compared to the direction of repetition, was used the descriptive approach and some descriptive statistics and analytical curriculum standards using statistical packages MINITAB &SPSS as well as Excel 2007 for Microsoft to analyze the series data through ¸ description and estimate a statistical model suitable depending on some statistical tests. The study found several result, the most important of which is the weekly time series for the quantity produced from the fabrics is an unstable series and the first front difference became a stable series . The appropriate model for the time series data representation for time is the self-regression model and the ARIMA(2,1,1) and through the previous result reached several recommendations, the most important of which can be used the model reached by the researcher through the beneficiary to know the future trends of the phenomenon and the development of plans, The analysis of the researcher can be adopted in the direction of time because it is more accurate than the analysis towards the frequency.

مقدمة :

إن أحد تطبيقات علم الإحصاء هو التنبؤ بالسلوك العشوائي للظاهرة سواء كانت طبيعية أو اقتصادية أو غيرها حيث تستخدم القيم التاريخية للظاهرة في التخطيط المستقبلي وتعتبر السلاسل الزمنية من المواضيع الإحصائية المهمة في تحليل الكثير من الظواهر، و السلسلة الزمنية عبارة عن مجموعة من المشاهدات أو القياسات التي تؤخذ على إحدى الظواهر علي فترات زمنية متتابعة نتيجة لتعقب هذه الظاهرة لفترة زمنية طويلة نسبياً . وتتلخص أهم أهداف تحليل السلسلة الزمنية في الحصول على وصف دقيق للظاهرة ، وبناء نموذج مناسب لتفسير هذه الظاهرة واستخدام النتائج للتنبؤ بسلوك الظاهرة في المستقبل. ولأهمية أسلوب تحليل السلاسل الزمنية كان لزاماً علينا القيام بإعداد دراسات وتطبيقات إحصائية تخص التحليل الطيفي للتنبؤ بالكمية المنتجة من الأقمشة في المستقبل ليمكن الجهات المختصة من وضع خططها المستقبلية والاحتياطات اللازمة لذلك , كما أن تحليل السلاسل الزمنية باتجاه التكرار أو التحليل الطيفي هو تحليل يدرس تغيرات السلسلة الزمنية باتجاه التكرار التي يمكن نمذجتها بنموذج رياضي محدد.

أخذت هذه البيانات من شركة سور_ مصنع النسيج بمدينة شندي وذلك بغرض التنبؤ بإنتاجية الأقمشة الأسبوعية.

مشكلة البحث :

يلعب مصنع النسيج دور مهم في الحياة إذ انه يقوم بتوفير مختلف أنواع الأقمشة التي تأوي الإنسان وتقوم بتغطية احتياجاته , وعملية تدهور و توقف الإنتاج من المشاكل التي تتعرض لها الشركات والمصانع , لذلك لابد لنا من عمل نموذج إحصائي يقوم بعملية التنبؤ بالكمية المنتجة من الأقمشة بمصنع سور بمدينة شندي وتمثلت مشكلة البحث في قلة وجود نماذج إحصائية مستخدمة في السلاسل الزمنية كنماذج التحليل الطيفي للتنبؤ بالكمية المنتجة من الأقمشة في مصنع سور للنسيج للمساعدة في وضع خطط إستراتيجية مستقبلية لضمان استمرارية المصنع.

أهمية البحث :

تأتى أهمية هذا البحث من خلال إتباع أسلوب علمي متقدم لبناء نموذج إحصائي يمكن الجهات القائمة على أمر إحصاءات منتجات الأقمشة من معرفة كمية الأقمشة المنتجة والتنبؤ بها في المستقبل .

أهداف البحث :

1- التعرف علي التحليل الطيفي .
2- بناء نماذج إحصائية تساعد المصانع والشركات في تحليل المنتجات والتنبؤ بها.
3- تحديد أفضل وأكفأ نموذج طيفي للتنبؤ بالكمية المنتجة من الأقمشة بشركة سور للنسيج بمدينة شندي.
4- تحديد النموذج صاحب أدق تنبؤ من بين النموذجين .

فروض البحث :

1- السلسلة الزمنية لبيانات الكمية المنتجة من الأقمشة سلسلة مستقرة .

2- السلسلة الزمنية للكمية المنتجة من الأقمشة بمصنع سور للنسيج معنوية .

3- البواقي تتوزع توزيعاً طبيعياً .

4- تحليل السلسلة الزمنية للكمية المنتجة من الأقمشة بمصنع سور للنسيج قادر على إيجاد تكرار للسلسلة خلال الفترة الزمنية الأسبوعية .

منهجية البحث :

تم استخدام المنهج الوصفي وذلك من خلال الأشكال البيانية وبعض مقاييس الإحصاء الوصفي والتحليل الإستنتاجي المسؤل عن تحقيق فرضيات الدراسة من عدمها والمنهج التحليلي باستخدام الحزم الإحصائية SPSS&MINITAB وأيضا برنامج Microsoft Excel 2007 لتحليل بيانات السلسلة من خلال وصف وتقدير نموذج إحصائي مناسب اعتماداً على بعض الاختبارات الإحصائية.

البحوث والدراسات السابقة :

1- في عام (2016)م أعد الدارس محمد عبد الله ورقة علمية لنيل درجة الدكتوراه في الإحصاء من جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا بعنوان: (استخدام نماذج السلاسل الزمنية باتجاهي الزمن والتكرار للتنبؤ بالطاقة المولدة بمحطة توليد سنار) , وهدفت الدراسة الى تحديد النموذج الأفضل والأكفأ لدراسة السلسلة الزمنية المولدة بمحطة سنار باتجاهي الزمن و التكرار واستخدامه في التنبؤ في الفترة من 2016م الى 2020م .[13]

وقد توصل الباحث إلى نتائج أهمها أن السلسلة مستقرة, وأن النموذج الملائم و الكفؤ لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية للطاقة المولدة بمحطة سنار باتجاه الزمن هو نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الأولي(1)AR, ووجد أن النموذج الملائم والكفؤ لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية للطاقة المولدة بمحطة سنار باتجاه التكرار هو نموذج :

$$p(w) = \frac{113.901}{2\Pi\left(1 + (.0556)^2 - 2(.0556)\cos(w)\right)}$$

2- في عام 2010م أعدت الدارسة انتصار أبو تلة بشير إدريس محمد بحث لنيل درجة الماجستير في الإحصاء التطبيقي من جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا بعنوان: (استخدام السلاسل الزمنية لبناء حوادث الحركة لولاية الخرطوم). [4]

وقد توصل الباحث الى أن استخدام تحليل السلاسل الزمنية مناسب في دراسة حوادث المرور البسيطة والجسيمة و الموت , والنموذج الإحصائي لسلسلة الحوادث البسيطة هو نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الأولى AR(1) , والنموذج الإحصائي لسلسلة الحوادث الجسيمة نموذج الأوساط المتحركة من الدرجة الثانية هو ARIMA (0,1,2) , والنموذج الإحصائي لسلسلة حوادث الموت نموذج الأوساط المتحركة من الدرجة الأولى ARIMA (0,1,1) , كما انه يمكن استخدام النماذج التي توصل إليها البحث لمعرفة اتجاهات السلسلة لاستخدامها من قبل الجهات التخطيطية لتحليل ودراسة الظاهرة.

3- في عام 2009م أعد الدارس منتصر أحمد عثمان بحث لنيل درجة الماجستير في الإحصاء التطبيقي من جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا بعنوان: (استخدام نماذج السلاسل الزمنية باتجاهي الزمن والتكرار للتنبؤ بالطاقة المولدة بمحطة سنار). (7)

وقد توصل الباحث الى أن كميات الأمطار السنوية في ولاية سنار خلال الفترة 1960-2007م تمثل سلسلة خطية ساكنة والنموذج المناسب للاستخدام في التنبؤ هو نموذج ARMA(1.1) كما أوصى بأنه يمكن استخدام النموذج الذي تم تقديره في التنبؤ بكميات الأمطار في ولاية كسلا لأنه النموذج الأنسب وأن الأخطاء الناتجة من تطبيقه تتبع التوزيع الطبيعي ومستقلة.

4- في عام 2009م أعدت الدارسة رشا شمس الدين محجوب بحث لنيل درجة الماجستير في الإحصاء التطبيقي من جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا بعنوان: (تطبيق نماذج بوكس جنكنز للتنبؤ بتكلفة الحالات المحولة بالتامين الصحي). (12)

وقد توصل الباحث الى أن بيانات تكلفة الحالات المحولة من الولايات بالتأمين الصحي يمكن تحليلها بواسطة السلاسل الزمنية باستخدام نماذج بوكس وجنكنز , وأن بيانات تكلفة الحالات المحولة من الولايات بالتامين الصحي غير ساكنة حيث تحوى اتجاه عام وأصبحت ساكنة بعد أخذ الفرق الأول, كما أن أفضل نموذج لتمثيل بيانات تكلفة الحالات المحولة من الولايات بالتأمين الصحي هو ARIMA (1.1.3) .

يمكن استخدام النموذج الذي تم تقديره في التنبؤ بتكلفة الحالات المحولة من الولايات بالتامين الصحي.

5- في العام 2009م قام الباحث عماد يعقوب بعمل رسالة دكتوراه بعنوان استخدام نماذج بوكس جنكيز ونماذج الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ في السلاسل الزمنية الاقتصادية , وقد تناولت هذه الدراسة استخدام نماذج بوكس جنكيز ونماذج الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ في السلاسل الزمنية الاقتصادية وتم التطبيق علي بيانات القطاع الزراعي ممثلة في السلاسل الزمنية السنوية لمحاصيل الذرة والفول السوداني والقمح للفترة الزمنية 1965-2000م وهدفت الدراسة لإبراز العلاقة ما بين الأساليب المستخدمة للتنبؤ في السلاسل الزمنية ودقة التنبؤات المتحصل عليها ومدى تأثير التغيرات التي تطرأ علي السلاسل الزمنية ودرجة العشوائية واللاخطية في البيانات علي أداء هذه الأساليب .(6)

الجانب النظري :

مقدمة :

يعتبر التنبؤ الدقيق من أهم المحاور التي اهتم بها الباحثون الإحصائيون و ذو العلاقة بالبحوث التنبؤية لذلك ينصح دائماً بالتنبؤ بالقيم المستقبلية القريبة وتحديثها بمجرد الحصول على أي مشاهدة جديدة، ويوجد العديد من نماذج السلاسل الزمنية التي تستخدم للتنبؤ بالقيم المستقبلية للظاهرة موضع الدراسة من أبرزها نماذج (Box & Jenkins) في إتجاه الزمن التي أثبتت كفأتها ودقتها في مجالات تطبيقها , ولذلك سنتناول نماذج السلاسل الزمنية ومراحل بنائها ومن ثم استخدامها في اتجاه التكرار عن طريق تحويل فورير .

2-2 المشكلة التي تواجه بيانات تحليل السلسلة الزمنية هي:

i. عدم الإستقرار: (5)

من شروط تحليل السلسلة الزمنية أن تكون مستقرة في كل من المتوسط والتباين أي أن متوسطها ثابت و لا يختلف باختلاف الزمن, و تباينها ثابت و لا يختلف بإختلاف الزمن .

و عدم تحقق أي من الشرطين السابقين يؤدي إلى عدم إمكانية تحليل السلسلة الزمنية و لذلك يجب معالجته أولاً.

ii. معالجة عدم الإستقرار :

- **معالجة عدم الإستقرار في المتوسط (5) :**

تتم معالجة عدم الإستقرار في المتوسط بإيجاد تحويل مناسب للسلسلة غير المستقرة لتحويلها إلى سلسلة مستقرة بشكل عام إذا كان النموذج غير المستقر على الشكل

$$z_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_t \sim N(0,\sigma^2), a_0, a_1, a_2, K, a_s \in (-\infty,\infty) \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda.\Lambda\Lambda \ (1-2)$$

فإن التحويل $\nabla^d z_t$ يحوله إلى نموذج مستقر، أي أن $w_t = \nabla^d z_t$ هو نموذج مستقر

- **معالجة عدم الإستقرار في التباين :(5)**

تتم معالجة عدم الإستقرار في التباين بإيجاد تحويل مناسب للسلسلة غير المستقرة لتحويلها إلى سلسلة مستقرة بشكل عام إذا كان التباين دالة في متوسط متغير على الشكل

$$V(z_t) = cf(\mu_t)$$

حيث $c > 0$ ثابت و $f(u_t)$ دالة معروفة تعطى قيمة غير سالبة و μ_t متوسط يتغير مع الزمن و بالتالية فإن التباين يعتمد على الزمن وهنا نحاول إيجاد تحويل $T(z_t)$ أي أيجاد دالة $T(u_t)$ لإستقرار التباين.

التحويل

$$y = T(z) = \frac{z_t^{\lambda} - 1}{\lambda} \Lambda \ (2-2)$$

يعطي سلسلة مستقرة في التباين حيث $\lambda \in (-\infty,\infty)$ هو معلمة التحويل.

الجدول التالية يعطي القيم الأكثر استخداما للمعلمة λ مع التحويلات المقابلة لها:

جدول (2-1): القيم الأكثر استخداما للمعلم λ مع التحويلات المقابلة لها :

قيمة المعلمة λ	0.1	0.5	0.0	-0.5	-0.1
التحويل y_t	z_t	$\sqrt{z_t}$	$\ln z_t$	$\frac{1}{\sqrt{z_t}}$	$\frac{1}{z_t}$

المصدر: (5) .

2-3 طرق كشف استقرار السلسلة:

يمكن كشف استقرار السلسلة الزمنية عن طريق:

2-3-1 دالة الارتباط الذاتي : (5)

يعرف معامل الارتباط الذاتي بأنه مقياس لدرجة العلاقة بين قيم المتغير نفسه، ويقدر حسب الصيغة التالية:

$$P_k = \frac{E((z_t-u)(z_{t+k}-u))}{\sqrt{E\left[(z_t-u)^2(z_{t+k}-u)^2\right]}} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}(Z_t-u)(z_{t+k}-u)}{\sum_{t=1}^{n}\left(z_t-\bar{z}\right)^2} \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (3-2)$$

2-3-2 دالة الإرتباط الذاتي الجزئي :(10)

تستخدم دالة الإرتباط الذاتي الجزئي PACF كأداة أساسية في تحليل نماذج بوكس جنكنز إلى جانب دالة الإرتباط الذاتي ACF.

قوة الطيف:

هي عبارة عن تحويل فورير لدالة التغاير المشترك الذاتي وهو أسلوب لتحويل أي دالة تكون بدلالة الزمن g(t) إلى دالة أخرى f(w) بدلالة التكرار ,حيث يعطي لقيم الدالة المحولة صفة الإستقلالية في قيمها .

قوة الطيف للسلسة الزمنية Z_t هي دالة p(w) المعرفة بالصيغة التالية :

$$p(w) = \frac{1}{2\pi}\sum_{-\infty}^{\infty} \Upsilon\kappa\, e^{-iwk} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4-2)$$

حيث أن w =2πf تمثل عدد الزوايا النصف قطرية(Radians) في وحدة الزمن , وأما التكرار f = k/n

2-4 دالة الكثافة الطيفية :

تعرف دالة الكثافة الطيفية بأنها مقياس لتوزيع القدرة كدالة التردد حيث أن التردد frequency يمثل عدد الدورات في الثانية .

ويتم الحصول على دالة الكثافة الطيفية Spectral Density function f(w) بالصيغة الرياضية التالية :

$$\mathrm{f(w)} = 1/2\pi(1 + 2\sum_{k=1}^{\infty} cos(wk)) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5-2)$$

2-5 نماذج تحليل السلاسل الزمنية بإتجاه الزمن:

2-5-1 نماذج الإنحدار الذاتي AR(p):(8)

يرمز لها بالرمز AR(p) حيث يشير الرمز p إلى رتبة نموذج الإنحدار الذاتي ويمكن التعبير عنه كما يلي:

$$Z_t = \theta_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots\dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\ (6-2)$$

حيث:

$\theta_0 \equiv$ متوسط البيانات.

$\phi_1, \phi_2, KKK \ \phi_p$ ≡ معالم نموذج الإنحدار الذاتي.

$a_t \sim NID(0, \sigma_a^2)$ ≡ المتغير العشوائي.

2-6 نماذج المتوسطات المتحركة(MA(p): (8)

يرمز لها بالرمز (MA(q)حيث يشير الرمز q إلى رتبة نموذج المتوسطات المتحركة ويمكن التعبير عنه كما يلي:

$$Z_t = \theta_0 + a_t - \theta_1 a_{t-1} - .... - \theta_q a_{t-q} \ .... \quad (2-7)$$

حيث:

θ_0 ≡ متوسط البيانات.

θ_1 ≡ معلمة نموذج المتوسطات المتحركة.

2-6-1 الشروط الضرورية للإنعكاس:

$$\begin{aligned} &\theta_1 + \theta_2 < 1 \\ &\theta_2 - \theta_1 < 1 \Lambda \ (2-8) \\ &-1 < \theta_2 < 1 \end{aligned}$$

2-6-2 نماذج الإنحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة:ARMA(p,q):(8)

ويرمز لها بالرمز ARMA(p,q) حيث تشير p إلى رتبة نموذج الإنحدار الذاتي و q إلى رتبة نموذج المتوسطات المتحركة، ويمكن التعبير عن نموذج ARMA(p,q) كما يلي:

$$Z_t - \phi_1 z_{t-1} - \phi_2 z_{t-2} - \Lambda - \phi_p z_{t-p} = \delta + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \Lambda - \theta q a_{t-q} \ \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda \ (2-41)$$

$$Z_t - \phi_1 B z_t - \phi_2 B^2 z_t - \Lambda - \phi_p B^p z_t = \delta + a_t - \theta_1 B a_{tt} - \theta_2 B^2 a_t - \Lambda - \theta q B^q a_t$$

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \Lambda - \phi_p B^p) z_t = \delta + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \Lambda - \theta q B^q) a_t$$

أو

$$\phi_p(B) \ z_t = \delta + \theta_q(B) \ a_t \Lambda \ (2-9)$$

حيث $\phi_p B = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \Lambda - \phi_p B^p) z_t$ هو عامل الإنحدار الذاتي Autoregressive Operator و $\theta_q B = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \Lambda - \theta_q B^q) z_t$ هو عامل المتوسط المتحرك Moving Average Operator .

حيث :

δ ≡متوسط البيانات.

ϕ_p ≡ معلمة نموذج الإنحدار الذاتي .

θ_q ≡معلمة المتوسطات المتحركة.

Z_t ≡ مشاهدات السلسلة الزمنية.

B ≡ عامل الإزاحة إلى الخلف(Back Operator Shift).

3-6-2 نموذج ARMA(0,0): (5)

يسمي أحيانا بالنموذج الثابت ويحتوي على متوسط بيانات الظاهرة والمتغير العشوائي فقط ويكتب بالشكل التالي:

خصائص نموذج ARMA(0,0)

الوسط:

$$Z_t = \theta_0 + a_t \Lambda \ (10-2)$$

$$E(Z_t) = \mu_t = \theta_0 \Lambda \ (11-2)$$

التباين:

5-7-2 $Var(Z_t) = \gamma_0 = \sigma_a^2 \Lambda \ (12-2)$

معاملات دالة الذاكرة:

شرط السكون والاستقرار:

$$-1 < \phi_1 < 1$$

يقال أن نموذج ARMA(1,1) ساكن إذا كان:

$$|\phi_1| < 1$$

$$W_0 = 1$$
$$W_1 = (\phi_1 - \theta_1)$$
$$W_2 = (\phi_1 - \theta_1)\phi_1$$
$$W_3 = (\phi_1 - \theta_1)\phi_1^2$$
$$W_j = (\phi_1 - \theta_1)\phi_1^{j-1} \quad j \geq 3 \Lambda \ (13-2)$$

شرط الانعكاس:

ويسمي أحيانا شرط الانقلاب ويقال أن نموذج ARMA(1,1) قابل للانعكاس إذا كان:

$$|\theta_1| < 1$$

شرط الإمتساخ:

إذا كان $\phi_1 \neq \theta_1$ هذا الشرط يضمن عدم إمتساخ النموذج إلى نموذج أقل درجة ، فإذا كان $\phi_1 = \theta_1$ فمن العلاقة $(1-\phi_1 B)Z_t = \theta_0 + (1-\theta_1 B)a_t$ وبالقسمة على $(1-\phi_1 B)$ سيصبح النموذج بالصورة التالية:

$$Z_t = \theta_0 + a_t$$

وهذا النموذج هو نموذج ARMA(0,0) الثابت.

2—6—4 نماذج الإنحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية ARIMA(p,d,q):(9)

بما أن معظم السلاسل الزمنية الفعلية التي تنشأ في التطبيقات العملية غير ساكنة لذلك يجب أخذ فروق السلسلة المتتالية لتسكين السلاسل، وسنفترض أن d هو الحد الأدنى للفروق التي يجب أن تأخذ لتسكين السلسلة. ويطلق على النماذج التي تصف مثل هذه العمليات بنماذج ARIMA تمييزاً لها عن نماذج ARMA الساكنة.

لذلك يقال أن y_t نموذج إنحدار ذاتي ومتوسطات متحركة تكاملية، ويشار إليها بالرمز ARIMA(p,d,q) وتكتب في الصورة التالية:

$$\phi(B)\Delta^d y_t = \theta(B)\varepsilon_t \wedge \quad (14-2)$$

حيث:

$$\phi(B) = (1-\phi_1 B - \phi_2 B^2 - .... - \phi_p B^p)$$

$$\theta(B) = (1-\theta_1 B - \theta_2 B^2 - .... - \theta_q B^q)$$

$$\Delta^d = (1-B)^d$$

وتكتب هذه العمليات اختصارا كالتالي:

$$y_t \sim ARIMA(p,d,q)$$

وعادة يرمز للسلسلة المحولة $\Delta^d y_t$ بالرمز Z_t أي تكتب:

$$\phi(B) Z_t = \theta(B)\varepsilon_t$$

حيث:

$Z_t \sim ARMA(p,q)$ وهي عملية ARMA ساكنة.

2-7 نماذج تحليل السلاسل الزمنية بإتجاه التكرار: (11)

2-7-1 قوة الطيف لنموذج الإنحدار الذاتي من الدرجة الأولى AR(1) :

قوة الطيف لهذا النموذج هي:

$$p(w) = \frac{\sigma_a^2}{2\Pi\left(1-\phi_1 e^{iw}\right)\left(1-\phi\ e^{-iw}\right)}$$

$$p(w) = \frac{\sigma_a^2}{2\Pi\left(1+\hat{\phi}_1 - 2\hat{\phi}_1 \cos(w)\right)} \wedge \quad (14-2)$$

نلاحظ ان قوة الطيف لهذا النموذج تعتمد على قيمة ϕ, فعندما تكون ϕ $_s>0$ وكبيرة فان قيمة قوة الطيف تتركز على التكرارات المنخفضة (low frequencies) , إذا كانت فان $\phi_s \pi 0$ قوة الطيف تتركز على التكرارات العالية (High frequencies) .

2-7-2أما دالة كثافة الطيف لهذا النموذج فتعطي بالصيغة الرياضية التالية :

$$f(w)=\frac{1-\phi_1^2}{2\Pi\left(1+\phi^2{}_1-2\phi_1\cos(w)\right)} \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda \quad (15-2)$$

وبصورة عامة فإن قوة الطيف لنموذج الإنحدار الذاتي من الدرجة AR(p) :

$$\frac{\sigma_a^2}{2\Pi\left|1-\phi_1e^{-iw}-1-\phi_2e^{-iw}\Lambda-\phi_pe^{-ipw}\right|^2} \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda \quad (16-2)$$

3-7-2 قوة الطيف لنموذج المتوسطات المتحركة من الدرجة الأولى MA(1) :

قوة الطيف لهذا النموذج تعطي بالصيغة التالية :

$$p(w)=\frac{\sigma_a^2}{2\Pi\left(1+\theta_1^2-2\theta_1\cos(w)\right)} \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda \quad (17-2)$$

وأن دالة الكثافة الطيفية لهذا النموذج هي :

$$f(w)=\frac{(1=\theta_1^2-2\theta_1\cos(w))}{2\Pi\left(1+\theta_1^2\right)} \Lambda \quad (18-2)$$

وبصورة عامة فإن قوة الطيف لنموذج المتوسطات المتحركة من الدرجة MA(q) والذي صيغته الرياضية :

$$Z_t=a_t-\theta_1a_{t-1}-\theta_2a_{t-2}-....-\theta_qa_{t-q}$$

يمكن كتابتها بالصيغة الرياضية التالية :

$$p(w)=\frac{\sigma_a^2}{2\Pi}\left|\theta_q\left(e^{-iw}\right)\right|^2$$

$$\frac{\sigma_a^2}{2\Pi}\left|1-\theta_1e^{-iw}-\theta_2e^{-2iw}-\Lambda\ \theta_qe^{-qiw}\right|^2 \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda \quad (19-2)$$

2- 7-4 قوة الطيف لنموذج الإنحدار الذاتي والمتوسط المتحرك من الدرجة الأولى ARMA(1,1) :

نجد إن نموذج الإنحدار الذاتي والمتوسط المتحرك من الدرجة (1,1) والذي يعرف بالصيغة الرياضية التالية :

$$\phi_1(B)Z_t=\theta_1(B)a_t$$

من المعادلة أعلاه نجد أن قوة الطيف (Power Spectrum) لهذا النموذج هي :

$$p(w)=\frac{\sigma_a^2\left(1+\theta_1^2-2\theta_1\cos(w)\right)}{2\Pi\left(1+\phi_1^2-2\phi_1\cos(w)\right)} \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda \quad (20-2)$$

وأن دالة الكثافة الطيفية لهذا النموذج هي :

$$f(w)=\frac{\left(1-\phi_1^2\right)\left(1+\theta_1^2-2\theta_1^2\cos(w)\right)}{2\Pi\left(1+\theta_1^2-2\phi_s\theta_1\right)\left(1+\phi_1^2-2\phi_1\cos(w)\right)} \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda \quad (21-2)$$

وبصورة عامة فان نموذج الإنحدار الذاتي والمتوسط المتحرك من الدرجة (p,q) والذي يعرف بالصيغة التالية :

$$\phi p(B)Z_t = \theta q(B)a_t$$

فان قوة الطيف للنموذج أعلاه هي :

$$P(w)=\frac{\sigma_a^2\left|\theta_q(e^{-iw})\right|^2}{2\Pi\left|\phi p(e^{-iw})\right|^2}$$

2-7 -5 قوة الطيف لنموذج الخطأ العشوائي :

إذا كانت at سلسلة من المتغيرات العشوائية غير المرتبطة وأن دالة التغاير المشترك الذاتي كما هي :

$$\gamma_k=\begin{cases}\sigma_a^2 & k=0\\ 0 & k\neq 0\end{cases}$$

فان قوة الطيف لهذه السلسلة هي :

$$p(x)=\frac{\sigma_a^2}{2\Pi}\Lambda\ (22-2)$$

وأن دالة الكثافة الطيفية لهذا النموذج هي :

$$f(x)=\frac{1}{2\Pi}\Lambda\ (23-2)$$

أي أن دالة الكثافة الطيفية كمية ثابتة ولجميع التكرارات .

2-8 مراحل تحليل السلاسل الزمنية : (1)

هنالك أربع مراحل يمر بها تحليل السلسلة الزمنية و هي التشخيص ثم التقدير ثم الفحص ثم التنبؤ , وسوف نتحدث عن كل مرحلة بالتفصيل

2-8-1 تشخيص النموذج Model Identification : (1)

تعد مرحلة التشخيص المرحلة الأولى لتحليل السلاسل الزمنية , وتشمل معرفة نوع النموذج وتحديد الرتبة للنموذج المحدد من خلال المعايير التي تستخدم للمقارنة بين النماذج لتحديد النموذج الأفضل.

مرحلة التشخيص تتضمن الخطوات الآتية:

1- نرسم بيانات السلسلة ويعد رسم البيانات الخطوة الأولى في تحليل أية سلسلة زمنية

من خلال الرسم تكون لدينا فكرة جيدة عن احتواء السلسلة على موسمية أو اتجاه عام أو قيم شاذة أو عدم الإستقرارية الذي يقود إلى التحويلات الممكنة على البيانات، لذلك فإن رسم السلسلة يبين حاجتها إلى التحويل المناسب لتستقر في متوسطها أو تبايناتها إذا لم تكن مستقرة قبل أي تحليل.

2- نحسب ونفحص PACF,ACF للعينة المسحوبة من السلسلة الأصلية لتحديد درجة الفروق (في حالة عدم الإستقرارية)، فإذا كانت ACF للعينة تنحدر ببطء شديد ، PACF للعينة تقطع بعد الإزاحة الأولى (أو بالعكس) فإن هذا يستوجب أخذ الفرق الأول $(1-B)Z_t$. وللتخلص من عدم الإستقرارية نحتاج إلى أخذ أعلى رتبة من

الفروق $(1-B)^{d}Z_{t}$ حيث $d>0$ (وغالباً ما تكون $d=0,1,2$). وإن النتائج المترتبة على استخدام الفروق غير الضروري تكون أقل خطورة من النتائج المترتبة على التقليل من أهمية الفروق. نحسب ونفحص PACF, ACF للعينة لتشخيص النموذج، وتوجد ثنائية ما بين نماذج ARMA(1,0) أو AR(1) ونماذج ARMA(0,1) أو MA(1) وفقاً للدالتين. وتزداد المشكلة تعقيداً في الاعتماد على ACF PACF, لتشخيص النموذج وتحديد رتبته لا يكون فعالاً ، كون الدوال أعلاه في هذه الحالة تسلك سلوكاً متشابهاً هو سلوك التناقص التدريجي.

جدول رقم(2-2) خواص النماذج حسب الإرتباط الذاتي و الإرتباط الذاتي الجزئي:

الرقم	النموذج	ACF	PACF
1	AR(p)	يقترب من الصفر تدريجياً	يساوي الصفر بعد الإزاحة p
2	MA(q)	يساوي الصفر بعد الإزاحة q	يقترب من الصفر تدريجياً
3	ARMA(p,q)	يقترب من الصفر تدريجياً	يقترب من الصفر تدريجياً
4	AR(1)	يقترب من الصفر تدريجياً	يساوي الصفر بعد الإزاحة 1
5	MA(1)	يساوي الصفر بعد الإزاحة 1	يقترب من الصفر تدريجياً
6	AR(2)	يقترب من الصفر تدريجياً	يساوي الصفر بعد الإزاحة 2
7	MA(2)	يساوي صفر بعد الإزاحة 2	يقترب من الصفر تدريجياً

المصدر: (1) .

2-8-2 تقدير النموذج (1):

بعد تحديد شكل النموذج لابد من تقدير معلمات النموذج δ و $\phi_1,\ldots,\phi_p$ و $\theta_1,\ldots,\theta_q$ و σ^2 و γ وذلك باستخدام البيانات التاريخية المتوفرة لدينا.

هناك عدة طرق للتقدير في اتجاهي الزمن والتكرار نذكر منها :

1-2-8-2 بعض طرق التقدير في إتجاه الزمن :

i. طريقة العزوم (the method of the moments) .
ii. طريقة الإمكان الأعظم المضبوطة (Exact maximum likelihood method) .
iii. طريقة المربعات الصغرى الشرطية (Conditional Least square method) .

و سوف نكتفي بالتحدث عن التقدير بطريقة العزوم فقط .

i. طريقة العزوم : (1)

تعتمد هذه الطريقة على مساواة عزوم العينة مثل متوسط العينة $\bar{z}$ والإرتباطات الذاتية للعينة r_k بالعزوم النظرية مثل

المتوسط μ ودالة الإرتباط الذاتي ρ_k وحل المعادلات الناتجة بالنسبة للمعلمات المراد تقديرها.

سوف نستعرض الطريقة للنموذج AR(p) كالتالي:

1- يقدر المتوسط μ بالمقدر $\bar{z}$ أي $\hat{\mu}=\bar{z}=\sum_{i=1}^{n} z_i \big/ n$

2- لتقدير $\phi_1,\ldots,\phi_p$ نستخدم العلاقة:

$$\rho_k=\phi_1\rho_{k-1}+\phi_2\rho_{k-2}+\cdots+\phi_p\rho_{k-p},\ k>1$$

والتي تنتج من ضرب المعادلة المعرفة لنموذج AR(p) بالحد $z_{t-k}-\mu$ وأخذ التوقع. في المعادلة السابقة بوضع $k=1,2,\ldots,p$ نحصل على نظام المعادلات المسمى معادلات يول و ووكر Yule−Walker التالية:

$$\rho_1=\phi_1+\phi_2\rho_1+\ldots\ldots\ldots\ldots+\phi_p\rho_{p-1}$$

و بالتعويض عن ρ_k بالمقدر r_k نحصل على مقدرات العزوم للمعلمات $\hat{\phi}_1,\ldots,\hat{\phi}_p$ كالتالي:

بوضع معادلات يول و ووكر على الشكل المصفوفي:

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_p \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1 & r_1 & r_2 & \cdots & r_{p-2} & r_{p-1} \\ r_1 & 1 & r_1 & \cdots & r_{p-3} & r_{p-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{p-1} & r_{p-2} & r_{p-3} & \cdots & r_1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \hat{\phi}_1 \\ \hat{\phi}_2 \\ \vdots \\ \hat{\phi}_p \end{pmatrix}\cdots\cdots\cdots\cdots\ (24-2)$$

وبحل هذه المعادلة للمعلمات

$$\begin{pmatrix} \hat{\phi}_1 \\ \hat{\phi}_2 \\ \vdots \\ \hat{\phi}_p \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1 & r_1 & r_2 & \cdots & r_{p-2} & r_{p-1} \\ r_1 & 1 & r_1 & \cdots & r_{p-3} & r_{p-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{p-1} & r_{p-2} & r_{p-3} & \cdots & r_1 & 1 \end{pmatrix}^{-1}\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_p \end{pmatrix}\cdots\cdots\cdots\cdots\ (25-2)$$

تقدر σ^2 كالتالي

$$\hat{\sigma}^2=\hat{\gamma}_0\left(1-\hat{\phi}_1 r_1-\hat{\phi}_2 r_2-\cdots\hat{\phi}_p r_p\right)$$

حيث:

$$\hat{\gamma}_0=\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left(z_t-\bar{z}\right)^2$$

وهو تباين العينة.

تقدير العزوم لبعض النماذج:

a. تقدير العزوم لنموذج AR(1) : (1)

$$z_t-\mu=\phi_1\left(z_{t-1}-\mu\right)+a_t\,,a_t\sim N\left(0,\sigma^2\right)$$

مقدر العزوم للمعلمة ϕ_1 هو

$$\hat{\phi}_1=r_1\Lambda\;(26-2)$$

مقدر العزوم للمعلمة μ هو

$$\hat{\mu}=\overline{Z}\Lambda\;(27-2)$$

مقدر العزوم للمعلمة σ^2 هو

$$\hat{\sigma}^2=\hat{r}_0\left(1=\hat{\phi}_1 r_1\right)\Lambda\;(28-2)$$

حيث

$$\hat{\gamma}_0=\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left(z_t-\overline{z}\right)^2$$

b. تقدير العزوم لنموذج MA(1) (1):

$$z_t-\mu=a_t-\theta_1 a_{t-1},\,a_t\sim N\left(0,\sigma^2\right)$$

لإيجاد مقدر العزوم للمعلمة θ_1 نستخدم العلاقة

$$p_1=\frac{-\theta_1}{1+\theta_1^2}\Lambda\;(29-2)$$

وبتعويض المعلمات بمقدراتها

$$r_1=\frac{-\hat{\theta}_1}{1+\hat{\theta}_1^2}\Lambda\;(30-2)$$

وبحل المعادلة للمقدر $\hat{\theta}_1$ نجد

$$\hat{\theta}_1=\frac{-1\pm\sqrt{1-4r_1}}{2r_1}\Lambda\;(31-2)$$

هذا الحل يعطي قيمتين للمقدر $\hat{\theta}_1$ نأخذ القيمة التي تحقق $\left|\hat{\theta}_1\right|<1$. فمثلا إذا كانت $r_1=-0.4$ فإن $\left(\hat{\theta}_1\right)_1=-0.77$ و $\left(\hat{\theta}_1\right)_2=3.27$ وبالتالية يكون مقدر العزوم للمعلم θ_1 هو $\hat{\theta}_1=-0.77$.

c. تقدير العزوم لنموذج AR(2) : (1)

$$z_t-\mu=\phi_1\left(z_{t-1}-\mu\right)+\phi_2\left(z_{t-2}-\mu\right)+a_t\,,a_t\sim N\left(0,\sigma^2\right)$$

بإستخدام معادلات يول ووكر مقدرات العزوم للمعلمات ϕ_1 و ϕ_2 هي

$$\begin{bmatrix}\hat{\phi}_1\\ \hat{\phi}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & r_1\\ r_1 & 1\end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix}r_1\\ r_2\end{bmatrix}$$

ومنها نجد

$$\hat{\phi}_1 = \frac{r_1 - r_1 r_2}{1 - r_1^{\ 2}} \Lambda \ (32-2)$$

$$\hat{\phi}_2 = \frac{r_2 - r_1^{\ 2}}{1 - r_1^{\ 2}} \Lambda \ (33-2)$$

مقدر العزوم للمعلمة μ هو

$$\hat{\mu} = \bar{z} \Lambda \ (34-2)$$

مقدر العزوم للمعلمة σ^2 هو

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\gamma}_1 \left(1 - \hat{\phi}_1 r_1 - \hat{\phi}_2 r_2\right) \Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda \ (35-2)$$

d. تقدير العزوم لنموذج MA(2) : (1)

$$z_t - \mu = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}, a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right)$$

لإيجاد مقدرات العزوم للمعلمات θ_1 و θ_2 نستخدم العلاقات

$$p_1 = \frac{-\theta_1 (1 - \theta_2)}{1 + \theta_1^2 + \theta_2^2} \Lambda \ (34-2)$$

$$p_2 = \frac{-\theta_2}{1 + \theta_1^2 + \theta_2^2} \Lambda \ (35-2)$$

وبتعويض المقدرات r_1 و r_2 نحصل على مقدرات العزوم للمعلمات θ_1 و θ_2

$$\hat{r}_1 = \frac{-\hat{\theta}_1 (1 - \hat{\theta}_2)}{1 + \hat{\theta}_1^2 + \hat{\theta}_2^2} \Lambda \ (36-2)$$

$$r_2 = \frac{-\hat{\theta}_1}{1 + \hat{\theta}_1^2 + \hat{\theta}_2^2} \Lambda \ (37-2)$$

ونحل كل من $\hat{\theta}_1$ و $\hat{\theta}_2$ ونأخذ الحلول التي تحقق

$$\theta_2 - \theta_1 < 1, \quad \theta_2 + \theta_1 < 1, \quad |\theta_2| < 1.$$

e. تقدير العزوم لنموذج ARMA(1,1) (1):

$$z_t - \mu = \phi_1 (z_{t-1} - \mu) + a_t - \theta_1 a_{t-1}, a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right)$$

لإيجاد مقدرات العزوم للمعلمات θ_1 و ϕ_1 نستخدم العلاقات

$$p_1 = \frac{(1 - \phi_1 \theta_1)(\phi_1 - \theta_1)}{1 + \theta_1^2 - 2\phi_1 \theta_1} \Lambda \ (38-2)$$

$$p_2 = \frac{(1-\phi_1\theta_1)(\phi_1-\theta_1)}{1+\theta_1^2-2\phi_1\theta_1}\Phi_1 \Lambda \quad (39-2)$$

وبتعويض المقدرات r_1 و r_2 نحصل على مقدرات العزوم للمعلمات θ_1 و ϕ_1

$$r_1 = \frac{(1-\hat{\phi}_1\hat{\theta}_1)(\hat{\phi}_1-\hat{\theta}_1)}{1+\hat{\theta}_1^2-2\hat{\phi}_1\hat{\theta}_1}\Lambda \quad (40-2)$$

$$r_2 = \frac{(1-\hat{\phi}_1\hat{\theta}_1)(\hat{\phi}_1-\hat{\theta}_1)}{1+\hat{\theta}_1^2-2\hat{\phi}_1\hat{\theta}_1}\hat{\Phi}_1\Lambda \quad (41-2)$$

وبقسمة المعادلة المعرفة للمقدر r_2 على المعادلة المعرفة للمقدر r_1 نجد

$$\hat{\Phi}_1 = \frac{r_2}{r_1}\Lambda \quad (42-2)$$

2-8-2-2 بعض طرق التقدير في إتجاه التكرار :

هناك عدة طرق لتقدير دالة كثافة الطيف نذكر منها :

أ- الطرق اللامعلمية :

وهي الطرائق التي يتم فيها تقدير دالة كثافة الطيف من المشاهدات مباشرة , ومن أشهر دوال الأوزان في هذا النوع من التقدير دالة وزن توكي هامنك Tukey Hamming ودالة وزن بارتلت Bartlett ودالة وزن بارزن Parzen .

ب- الطرق المعلمية :

تعتبر من الطرائق المعاصرة في التقدير وهي تعتمد على منهجية معينة في التقدير اذ تعتمد على مخرجات نماذج السلاسل الزمنية (AR,MA,ARMA) التي لها قوة كثافة الطيف (PSD) Power Spectral Density التي عبارة عن دالة لمعالم النموذج لذا تسمي بالطرق المعلمية حيث يتم إختيار نموذج السلسلة الزمنية الملائم لتمثيل البيانات ثم تقدير معالم النموذج الذي يتم اختياره ثم تعويض المعالم المقدرة في صيغة (PSD) الخاصة بالنموذج وسوف نستخدم هذه الطريقة في التطبيق .

2-8-3 مرحلة إختبار وفحص دقة النموذج :

2-8-3-1 مرحلة إختبار وفحص دقة النموذج بإتجاه الزمن :

بعد تقدير النموذج لابد من إختبار مدى ملائمة أو صلاحية النموذج لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية وتوجد عدة طرق نذكر منها :

1- معاملات النموذج لابد أن تكون ذات معنوية إحصائية أي تختلف عن الصفر معنوياً , ويستخدم لذلك إختبار ستيودنت (t) فإذا كانت غير معنوية فلابد من استبعاد أحد AR أو MA .

2- تحليل البواقي (8):

بعد التعرف على نموذج مبدئي وتقدير معلمات هذا النموذج نجري بعض التشخيصات على البواقي أو الأخطاء المقدرة لنرى مدى مطابقة النموذج للسلسلة المشاهدة ، ويفترض أن البواقي هي مقدرات التشويش الأبيض a_t .

والتي نفترض إنها موزعة طبيعياً بمتوسط صفري وتباين σ^2 . البواقي تعطى بالعلاقة

$$e_t = z_t - \hat{z}_t = \hat{a}_t, \quad t = 1, 2, \ldots, n$$

يقوم الفحص والإختبار على فحص البواقي هل هي تشويش أبيض أم لا ، فإذا كانت تشويش أبيض نعتبر النموذج المطبق مقبولاً أما إذا لم تكن كذلك فيجب علينا إعادة النظر واقتراح نموذج آخر ويمكن استخدام الإحصاء الآتية لمعرفة ما إذا كان النموذج المقدر ملائم للبيانات أم لا .

و الإحصائية هي:

$$Q = \frac{(n-d)(n-d+2)\sum_{k=1}^{m} r^2(\hat{a}_t)}{n-d-k} \ldots \ldots (43-2)$$

وتسمى الإحصائية Q بإحصائية Ljung–box و هي تتوزع توزيع مربع كأي بدرجة حرية $(m-p-q)$

حيث:

$$m = \frac{n}{4}$$

فإذا كانت قيمة Q أقل من قيمة $\chi^2_{m,\alpha}$ حيث α هي مستوى المعنوية فإن هذا يعني كفاءة و ملاءمة النموذج المقدر للبيانات .

وفي حالة قبول عدة نماذج إحصائية لابد من إختيار النموذج الأفضل من بين هذه النماذج وفقاً لمعايير المفاضلة:

1- أن يكون تباين النموذج ذا قيمة ضعيفة .

2- أن يكون مجموع مربعات البواقي ضئيلاً .

3- أن يكون الفارق بين كثافة النموذج وبين الكثافة الحقيقية للمشاهدات ضئيلاً .

وهناك عدة معايير للمفاضلة أشهرها :

- **معيار أكايكي للمعلومات :(8)**

و يرمز له اختصاراً بـ AIC و يحسب من الصيغة الآتية :

$$AIC = n \ln SSR + 2K \ldots \ldots (44-2)$$

حيث:

SSR ≡ مجموع مربعات البواقي

n ≡ حجم العينة

$$k = p + d + q$$

و النموذج الأفضل بين النماذج المقارنة هو الذي له أقل قيمة لـ AIC .

2-8-3-2 مرحلة إختبار وفحص دقة النموذج بإتجاه التكرار:

إختبار مقدم MokkdemTest :

هو أسلوب جديد في عملية الإختبار يعتمد على الحقيقة الرياضية المبنية على أساس أن دالة كثافة الطيف لسلسة الأخطاء العشوائية المستقلة يكون لها الشكل التالية الذي يتصف بالثبات :

$$f(w)=\frac{1}{2\Pi},-\Pi<w<\Pi$$

وأن إختبار مقدم MokkdemTest يعتمد على الفرضية التالية :

$$H_O = f(w) = constant$$
$$H_1 = f(w) \neq constant$$

وأن الصيغة الرياضية للإختبار كالأتي :

$$\hat{T}_{mok} = \frac{1}{\gamma_0^2}\sum_{k=1}^{m}\hat{\gamma}_k^2 \Lambda \quad (45-2)$$

حيث تستخرج قيمة T كما يلي :

$$T = \log\left|\frac{1}{2\Pi}\int_{-m}^{u} p(w)d(w)\right| - \frac{1}{2\Pi}\int_{-\Pi}^{\Pi}\log|p(w)|d(w)$$

وتقديرها كما في الصيغة التالية :

$$\hat{T} = \log\left|\frac{1}{2\Pi}\int_{-m}^{u} \hat{p}(w)d(w)\right| - \frac{1}{2\Pi}\int_{-\Pi}^{\Pi}\log|\hat{p}(w)|d(w)$$

حيث أن:

$$\hat{p}(w) = \frac{1}{2\Pi}\sum_{k=-n}^{n}\hat{\gamma}_k e^{-iwk}$$

وعليه فإن:

$$\hat{T} = \log\left(\frac{\hat{\gamma}_0}{2\Pi}\right) - \frac{1}{2\Pi}\int_{-\Pi}^{\Pi}\log|\hat{p}(w)|d(w)$$

وتكون الصيغة العملية للمعادلة أعلاه كالأتي :

$$\hat{T} = \frac{1}{\gamma_0^2}\sum_{k=1}^{m}\hat{\gamma}_k^2$$

وتقارن قيمة $\hat{T}_{mok}$ مع قيمة t_α الجدولية , حيث أن الصيغة الرياضية لها هي :

$$t_\alpha = \frac{\sqrt{2m(1-\alpha)}}{\phi_n} + \frac{n}{m}\Lambda \quad (46-2)$$

علما بان t_{α} تمثل مستوي الدلالة ,m تمثل اكبر تباطؤ ل n , k عدد المشاهدات , و ϕ_nتستخرج من جداول التوزيع الطبيعي المعياري .

وعند مقارنة القيمة المحسوبة بالجدولية نقبل فرض العدم ونرفض الفرض البديل إذا كانت قيمة $\hat{T}_{mok}$ اقل من t_{α} أي أن الأخطاء تتوزع عشوائيا وان دالة الكثافة الطيفية الخاصة بالبواقي ثابتة أي أن النموذج المشخص ملائم .

2-8- 4 مرحلة التنبؤ : (9)

تعتبر مرحلة التنبؤ من أهم مراحل تحليل نماذج السلاسل الزمنية ,حيث انه بعد تشخيص النموذج وتقدير معلماته وفحصه يتم استخدامه في التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة لمعرف سلوك الظاهرة المدروسة في المستقبل .

إذا أردنا الإستدلال الكامل للمتغير Z_{t+k} يستدعي هذا معرفة دالة كثافة الإحتمال الشرطي لهذا المتغير، أي دالة كثافته الإحتماإلة بمعلومية تاريخ السلسلة حتي الزمن t ، أي بمعلومية $Z_1, Z_2, \ldots\ldots Z_t$ ويعرف هذا التوزيع في أدبيات السلاسل الزمنية بالتوزيع التنبؤي Predictive Distribuion .وقد يكون إختيار توقع هذا التوزيع، أي التوقع الشرطي للمتغير Z_{t+k} بمعلومية تاريخ السلسلة أفضل نقطة للتنبؤ بقيمة هذا المتغير في المستقبل وذلك لأنه يحقق الحد الأدني

لمتوسط مربعات الأخطاء Mean Square Error (MSE) بمعني أنه إذا كان النموذج صحيحا إنه لا يوجد تنبؤ آخر يعطي أخطاء متوسط مربعاتها أصغر.

فإذا كان F أي تنبؤ نقطة للمتغير Z_{t+k} عند نقطة أصل معينة t فإن توقع (متوسط) مربعات الأخطاء للتنبؤ F بمعلومية تاريخ السلسلة حتي نقطة الأصل t يعرف بأنه:

$$MSE(F) = E[(Z_{t+k} - F)^2 / Z_1, Z_1, \ldots.. Z_t] \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \Lambda \; (47-2)$$

فإننا سنرمز لتوقع Z_{t+k} الشرطي بالرمز $Z_t(F)$ أي أن:

$$Z_t(F) = E(Z_{t+k} / Z_t, Z_{t-1}, \ldots) \Lambda \; (48-2)$$

ويعتبر $Z_t(F)$ كتنبؤ نقطة للمتغير Z_{t+k} له خاصية جيدة وهي أنه ينتج أخطاء ذات أقل متوسط مربعات.

2-8-4-1 دوال التنبؤ باستخدام نماذج تحليل السلاسل الزمنية بإتجاه الزمن :

i. دالة التنبؤ لنموذج الإنحدار الذاتي AR(p) :

الصيغة الرياضية لدالة التنبؤ ذات متوسط مربع الأخطاء الأدني لنموذج AR(P) هي

$$z_n(\lambda) = u + \Phi_1[z_n(\lambda-1) - u] + \Phi_2[z_n(\lambda-2) - u] + \Lambda + \Phi_1[z_n(\lambda-p) - u \Lambda \Lambda \Lambda \; (49-2)]$$

ii. دالة التنبؤ لنموذج الإنحدار الذاتي من الدرجة الأولى AR(1) :

تكون الصيغة الرياضية لدالة التنبؤ ذات متوسط مربع الأخطاء الأدني لنموذج AR(1) هي

$$Z_n(\lambda) = \sigma^2 \frac{1-\phi_1^{2\lambda}}{1-\phi_1^2}, \lambda \geq 1 \Lambda \; (50-2)$$

دالة التنبؤ لنموذج الإنحدار الذاتي من الدرجة الثانية AR(2) :

ان الصيغة الرياضية لدالة التنبؤ ذات متوسط مربع الأخطاء الأدني لنموذج AR(2) هي

$$z_n(\lambda)=u+\phi_1[z_n(\lambda-1)-u]+\phi_2[z_n(\lambda-2)-u],\lambda\geq 1\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\ (51-2)$$

دالة التنبؤ لنموذج المتوسطات المتحركة MA(P) :

الصيغة الرياضية لدالة التنبؤ ذات متوسط مربع الأخطاء الأدني لنموذج MA(P) هي

$$z_n(\lambda)=\begin{bmatrix} U-\theta_{\lambda a_n}-\theta_{\lambda+1}a_{n-1}-\Lambda-\theta_q a_{n+\lambda-q},\lambda=1,2,...,q \\ u \quad \lambda\geq q+1,q+2,............... \end{bmatrix}\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\ (52-2)$$

iii. دالة التنبؤ لنموذج المتوسطات المتحركة MA(1) :

حيث إن الصيغة الرياضية لدالة التنبؤ ذات متوسط مربع الأخطاء الأدني لنموذج MA(1) هي

$$z_{n(\lambda)}=\begin{cases}\mu+\theta_1 a_n, & \lambda=1\\ \mu, & \lambda\geq 2\end{cases}\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\ (53-2)$$

2-8-4-2 التنبؤ بإتجاه التكرار :

إن التنبؤ باستخدام النماذج الطبقية يمكن تمثيلها بالعلاقة التالية :

$$t_p=k_n+t'$$

حيث أن t' هي قيمة ل t عليه n ,.....,$t=1,2'$ وبما أن

$$\cos(w_i t_p)=\cos[w_i(mn+t')]$$

$$\cos(w_i t_p)=\cos(w_i mn)\cos(w_i t')-\sin(w_i mn)\sin(w_i t')$$

حيث أن m عدد صحيح لا يساوي صفر فان

$$\cos(w_i mn)=\cos\left[2\left(\frac{1}{n}\right)mn\right]=1$$

$$\cos(w_i mn)=\sin\left[2\left(\frac{1}{n}\right)mn\right]=0$$

$$\cos(w_i t_p)=\cos(w_i t')\cos(w_i t')=\cos(w_i t)\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\Lambda\ (54-2)$$

وهذا يعني عندما يراد التنبؤ لأي قيمة أكبر من n فان التنبؤ في تلك النقطة $t_p=k_n+t'$ سيكون مساويا للقيمة في النقطة $t=t'$ وهذا لدورية النموذج .

3 مصنع نسيج شندي : (15)

يمثل مصنع نسيج شندي الذي يقع في ولاية نهر النيل بمدخل مدينة شندي في مساحة 32 ألف متر مربع احد المشروعات الطموحة لمحلية شندي التي قبلت الرهان علي إعادة حرفة النسيج بمواصفات علمية ووفق دراسات منهجية فكان الحلم الذي تحقق بإعادة الحياة لمصنع النسيج بشندي حيث ان المصنع هو احدي مجموعان شركة

جياد ويدار بشراكة مع شركة سور للاستثمار , وهو امتداد لمصنع النسيج الذي تم إنشاءه في العام 1974م ليتم إعادة تأهيله في العام 2011م في مرحلة تجريبية وبلغ إنتاجه في ذلك الوقت حوالي 12 ألف متر طولي ويكفي حاجة الطلاب والأسر وينتج المصنع كافة الملبوسات ويوفر احتياجات المواطن المحلي .

تم الافتتاح الفعلي للمصنع لتحقيق إنتاجية تصل إلي 25 ألف متر طولي يوميا تغطية حاجة السوق المحلي وتوفير فائض للتصدير عبر 96 ماكينة وفق احدث التقانات المستخدمة في هذا المجال وان المصنع التزم بكافة معايير الجودة وصولا للمواصفة العالمية ونيل شهادة الأيزو العالمية ,ويشهد المصنع في هذه الفترة إنتاج أجود المنسوجات التي تشمل احدث تقنيات المستلزمات العسكرية علاوة علي منسوجات مقاومة للحرائق والتغيرات المناخية والعوامل الطبيعية .

وتقدر الطاقة الإنتاجية في الوقت الحالي لمصنع نسيج شندي بــ7 مليون متر سنويا .

يحتوي مصنع نسيج شندي علي الأتي :

- ✓ 96 ماكينة نسيج ايطالية .
- ✓ قسم تحضيرات متكامل حديث .
- ✓ قسم فحص للمنتج النهائي .
- ✓ ورشة هندسية متكاملة .
- ✓ محطة كهرباء احتياطية بها 3 مولدات
- ✓ محطة تبريد وتكييف مركزية لصالات الإنتاج .

وكانت بداية الإنتاج التجاري في يونيو 2014م .

ويشار إلي ان مصنع نسيج شندي يعتبر إحدى مجموعات شركة جياد وشركة سور العالمية(وهي شراكة سودانية قطرية تركية) الحائزة علي امتياز تشغيل مصانع نسيج الحصاحيصا وكوستي والدويم وشندي.

النتائج والتوصيات :

النتائج :

1- السلسلة الزمنية الأسبوعية للكمية المنتجة من الأقمشة بمصنع سور للنسيج بمدينة شندي عبارة عن سلسلة غير مستقرة وبأخذ الفرق الأمامي الأول أصبحت سلسلة مستقرة

2- بواقي النموذج المقدر والأخطاء تتوزع طبيعياً .

3- تمت مقارنة القيمة الاحتمالية لاختبار العشوائية p.value = 0.602 مع قيمة مستوي المعنوية 0.05 وهي اكبر منها لذلك تم قبول فرض العدم القائل بأن البواقي هي متغيرات عشوائية.

4- وجد أن النموذج الملائم والكفوء لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية الأسبوعية للكمية المنتجة من الأقمشة بمصنع سور للنسيج باتجاه الزمن هو النموذج المشترك , الانحدار الذاتي من الرتبة الثانية والمتوسط المتحرك من الرتبة الأولي والنموذج المشترك هو ARIMA(2,1,1) وصيغته الرياضية كما يلي:

$$Zt = -10.434448 + 0.336547z_{t-1} + 0.252214z_{t-2} + 0.411239z_{t-3} - 0.972039a_{t-1}$$

5- وجد أن النموذج الملائم والكفوء لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية الأسبوعية للكمية المنتجة من الأقمشة بمصنع سور للنسيج باستخدام التحليل الطيفي هو نموذج:

$$p(w)=\frac{43194984\left(1+(0.972039)^{2}\right)-2(0.972039)\cos(w)}{2\Pi\left(1+(-0.663453)^{2}-(-0.411239)^{2}-2(-0.663453)(1-(-0.411239))\cos(w)-2(-0.411239\cos 2w)\right)}$$

6- التنبؤ الخاص بنموذج التحليل باتجاه الزمن أدق من التنبؤ الخاص بنموذج التحليل باتجاه التكرار لأنه اقرب و أكثر انسجاما مع البيانات الحقيقية.

التوصيات :

أولاً التوصيات العامة:

1- يمكن اعتماد التحليل الذي توصل إليه الباحث باتجاه الزمن لأنه أدق من التحليل باتجاه التكرار .

2- إجراء بحوث ودراسات أكثر في السلاسل الزمنية باتجاهي الزمن والتكرار .

ثانياً التوصيات الخاصة :

1- استخدام نموذج السلسلة الزمنية باتجاه الزمن في التنبؤ بالكمية المنتجة من الأقمشة بمصنع النسيج .

2- علي إدارة شركة سور(مصنع النسيج) توفير اكبر قدر من البيانات وحوسبتها في شكل تقارير حتي يتم الحصول عليها بصورة أسهل .

3- زيادة عدد العمال والماكينات يزيد من انتاجية المصنع .

4- ضرورة الصيانة الدورية للماكينات .

المراجع:

1- الزوبعي ,عبيد محمود (2008-2009) ." محاضرات السلاسل الزمنية برنامج ماجستير إحصاء " جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا.

2- أمين ,د.أسامة أمين(2007)."التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج Minitab_",قسم الإحصاء والرياضة والتامين_كلية التجارة(السادات)_ جامعة المنوفية.

3- أمين ,د.أسامة أمين(2007)." التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج SPSS" ,قسم الإحصاء والرياضة والتامين_كلية التجارة(السادات)_ جامعة المنوفية.

4- بشير, انتصار أبوتلة (2010م)." استخدام السلاسل الزمنية لبناء حوادث الحركة لولاية الخرطوم " ,رسالة ماجستير ,جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا.

5- عبد الرحمن ,عدنان ماجد (2002)، طرق التنبؤ الإحصائي، الجزء الأول، جامعة الملك سعود _ كلية العلوم _ قسم الإحصاء وبحوث العمليات.

6- عماد يعقوب (2009م). " استخدام نماذج بوكس جنكينز ونماذج الشبكات العصبية للتنبؤ في السلاسل الزمنية الاقتصادية",أطروحة دكتوراه غير منشورة , جامعه السودان للعلوم والتكنولوجيا, السودان .

7- عثمان,منتصر احمد(2009)."استخدام نماذج السلاسل الزمنية باتجاهي الزمن والتكرار للتنبؤ بالطاقة المولدة بمحطة سنار",بحث ماجستير , جامعه السودان للعلوم والتكنولوجيا, السودان .

8- سعدالدين, محمد سعدالدين ,إبراهيم, حذيفة عبدالرحمن (2001)." السلاسل الزمنية"، كلية العلوم الرياضية والحاسوب، جامعة الجزيرة .

9- شعراوي, د. سمير مصطفي (2005)،" مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية"، كلية العلوم، جامعة الملك عبد العزيز، المملكة العربية السعودية، الطبعة الأولي ، مركز النشر العلمي، ص ب: 80200 – جدة: 21589.

10- فاندال والتر (1992م). ""السلاسل الزمنية من الوجهة التطبيقية ونماذج بوكس –جنكيز" تعريب :عبد المرضي حامد عزام ,دار المريخ للنشر ,الرياض , المملكة العربية السعودية.

11- كنيهر, د.عباس لفته(2009) "نوافذ مقترحة لتمهيد تقديرات الطيف لنموذج الانحدار الذاتي ثنائي المتغيرات ", مجلة الكويت للعلوم الاقتصادية والإدارية , العدد الأول .

12- محجوب ,رشا شمس الدين(2009م)." تطبيق نماذج بوكس جنكنز للتنبؤ بتكلفة الحالات المحولة بالتامين الصحي" ,رسالة ماجستير , جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

13- محمد عبد الله(2016)." استخدام نماذج السلاسل الزمنية باتجاهي الزمن والتكرار للتنبؤ بالطاقة المولدة بمحطة توليد سنار" , ورقة علمية , جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا .