تحسين جودة نماذج (بوكس – جينكنز) للسلاسل الزمنية باستخدام التحويلات الرياضية مع التطبيق

الملخص:

 في هذا البحث تم دراسة السلسلة الزمنية لمتغير سرعة الرياح لمنطقة (قوشتبة/اربيل) وقد تم اخذ البيانات من مديرية العامة لزراعة اربيل لمدة سبعة سنوات للفترة ( 2010 - 2016 ) والبيانات الماخوذة كانت معدلات شهرية وعدد القيم كانت (84) وقام الباحث بما يأتي:

1. اخذ السلسلة الزمنية لمتغير سرعة الرياح في منطقة قوشتبة لان سرعة رياحها ملائمة وجيدة وبالامكان الاستفادة منها،وباتالي يمكن وضع التوربينات الميكانيكية والتي تعمل باستخدام سرعة الرياح لانتاج الطاقة الكهربائية (مولود و طاهر ,2012).
2. دراسة السلسلة الزمنية لسرعة الرياح من حيث الاستقرارية، وطبق عليها نماذج بوكس-جينكنز (Box-Jenkins) على السلسلة الزمية المستقرة للوصول الى افضل نموذج من بين النماذج المعنوية لغرض التنبؤ بالمستقبل .
3. استخدام مجموعة من التحويلات الرياضية (تحويلات القوة Power Transformation) وقد استخدم الباحث تحويل$Z\_{t}^{α}$ حيث ان ($α$= 0.5,0.333,0.25,-1,-0.333,-0.25,-0.5) وتم اختيار افضل تحويل رياضي من بين التحويلات المستخدمة بهدف تحسين جودة النموذج المستخدم في التنبؤ المستقبلي للسلسلة الزمنية.
4. وقد تم التوصل الى ان تحويل الجذر التربيعي للسلسلة الزمنية المستقرة يعتبر من افضل التحويلات الرياضية لاستخدامها لتحسين جودة النموذج المستخدم في تنبؤ للسلسلة الزمنية.وكان افضل نموذج هو نموذج (ARIMA(1,1,1)) وذلك اعتمادا على اقل قيمة للمعايير (متوسط مربع الخطا (Mean Square Error(MSE)) ، معيار (Akaike information criterion AIC) ، معيار (Akaike information criterion AICc) المعدل ) وتبين ايضا ان النموذج الملائم للتنبؤ قبل اجراء التحويل وبعدها بقية كما هو اي انه لم يتغير وهذا يدل على ان اجراء التحويل فقط ادى الى تحسين جودة النموذج المستخدم في التنبؤ المستقبلي.

 مشكلة البحث:

 ان مشكلة البحث يمثل في ايجاد او بحث عن افضل تحويل رياضي من بين التحويلات الرياضية المستخدمة والتي تم تطبيقها على السلسلة الزمنية المستقرة لغرض تحسن جودة النموذج (نماذج بوكس جينكنز) من بين النماذج الاخرى المعنوية وبالتالي استخدامها في التنبؤ بالمستقبل لقيم السلسلة الزمنية.

هدف البحث:

 ان هدف من تحليل السلسلة الزمنية في اي مجال سواء اكانت اقتصادية او ادارية او هندسية ...الخ هو صياغة نوذج رياضي بهدف التنبؤ بالمستقبل وبالتالي الاستفادة منها في عمليات التخطيط، ولكن الهدف هنا هو ليس فقط صياغة النموذج الرياضي ولكن البحث عن وسائل لتحسين جودة النموذج الرياضي المستخدم والذي يؤدي الى دقة النتائج والتي تمثل القيم المستقبلية للسلسلة الزمنية ، قام الباحث بصياغة مشكلة البحث على نحو السؤال الاتي : هل ان التحويلات الرياضية تؤدي الى تحسين النماذج التنبؤية من بين مجموعة من النماذج الرياضية المعنوية واي من التحويلات تعطينا نتائج افضل للوصول الى نوذج رياضي دقيق وبالتالي يعكس على دقة قيم التنبؤية للمستقبل.

اهمية البحث:

 يمكن ان نوضح اهمية البحث كما يأتي:

* ان لسرعة الرياح اهمية كبيرة في الحياة العملية حيث يمكن الاستفادة من سرعة الرياح في المناطق التي تتصف بسرعة رياح ملائمة ($5.4\leq w\ll 6.7$) لوضع التوربينات الميكانيكية (حقول الرياح) بهدف توليد الطاقة الكهربائية(Ramachandra,1997) حيث ان طاقة التي يتم توليدها من سرعة الرياح تسمى باطاقة النضيفة وكذلك استخدامها تؤدي الي تقليل التلوث البيئي الناجم من استخدام المحطات الكهربائية التي تستخدم الوقود الاسود وكذلك تكون كلفتها اقل مقارنتا بالطاقة الكهربائية المنتجة باستخدام الوقود الاسود.
* دراسة السلسلة الزمنية لسرعة الرياح في منطقة قوشتبة لان سرعة رياحها تتصف بالملائمة لوضع التوربينات الميكانيكية لانتاج الطاقة الكهربائية (مولود و طاهر ,2012) لذلك قام الباحث باستخدام بعض التحويلات الرياضية من اجل تحسين جودة نماذج بوكس جينكنز (نماذج الانحدار الذاتية الاوساط المتحركة Auto Regressive Moving Average (ARMA)) وبالتالية استخدامها في التنبؤ بالمستقبل.
1. الجانب النظري:

يتناول هذا الفصل عرض بعض المفاهيم العامة عن السلاسل الزمنية ومراحل بناء نماذجها، ويعتمد تحليل السلاسل الزمنية على الخوارزمية التي رسمها الباحثان (1976,Box-Jenkins) التي تتمثل في اربعة مراحل ( التشخيص ، التقدير ،الفحص ، التنبؤ) ومن ثم عرض بعض التحويلات الرياضية حيث تم استخدام بعض تحويلات القوة بهدف تحسين النموذج المستخدم في التنبؤ المستقبلي.

1.1: السلسلة الزمنية:

 يمكن تعريف السلسلة الزمنية على انها مجموعة من المشاهدات عن ظاهرة معينة تكون مأخوذة في اوقات زمنية محددة ويعبر عنها بـ ($Z\_{t1},Z\_{t2},Z\_{t3},…,Z\_{tn}$) عند الفترات الزمنية ($t\_{1},t\_{2},t\_{3},…,t\_{n}$) اذ ان (n) تمثل عدد القيم المشاهدة التي تمثل قيم السلسلة الزمنية ويمكن ان تكون بالشكل التالي(الكاطع،2007):

$$Z\_{t}=f\left(t\right)+a\_{t} t=0,\pm 1,\pm 2,…$$

حيث ان:

 $f\left(t\right)$ : يمثل الجزء المنتظم الذي يعبر عنه بدالة رياضية.

 $a\_{t}$ : يسمى الجزء العشوائي ويسمى بالضجيج (التشويش).

1.2: دالة الارتباط الذاتي Autocorrelation Function:

 وهو عبارة عن مؤشر يوضح درجة العلاقة بين قيم نفس السلسلة عند فترات ازاحة () مختلفة وتترواوح قيمته بين (1،1-) اي ان ($-1\leq \hat{ρ}\_{k}\leq 1$) ويمكن تقديره حسب الصيغة التالية(Box&Pierce,1970):



حيث ان:

: تمثل قيم مشاهدات السلسلة الزمنية.

: يمثل الوسط الحسابي للسلسلة الزمنية.

وان توزيع الاحصائي لمعاملات الارتباط الذاتي يتوزع توزيع طبيعي بوسط حسابي صفر وتباين (${1}/{n}$) حيث ان (n) يمثل الحجم العينة وتكتب كالاتي:

$$ρ\_{k}\~N\left(0,{1}/{n}\right) ∀k=1,2,…$$

وان رسم البياني لمعاملات الارتباط الذاتي ($ρ\_{k}$) ضد فترات الازاحة (k) حيث ان (k=0,1,2,…) ، يطلق عليها دالة الارتباط الذاتي ويرمز لها ب (ACF).

1.3: دالة الارتباط الذاتي الجزئي Partial Autocorrelation Function:

 هو مؤشر يقيس العلاقة بين قيم السلسلة Zt و Zt-k لنفس السلسلة مع افتراض ثبات قيم السلسلة الزمنية ويعرف على انه الحد الاخير من نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة AR(P)، ويمكن ايجاد قيمة معامل الارتباط الذاتي الجزئي بالاعتماد على قيم دالة معامل الارتباط الذاتي (Autocorrelation Function) وحسب الصيغة التالية(الخضيري،1996):

$$\hat{φ}\_{k+1,k+1}=\frac{\hat{ρ}\_{k+1}-\sum\_{j=1}^{k}\hat{φ}\_{kj}\hat{ρ}\_{k+1-j}}{1-\sum\_{j=1}^{k}\hat{φ}\_{kj}\hat{ρ}\_{j}} (2)$$

1.4: استقرارية السلاسل الزمنية Stationary Time Series:

 تفترض جميع التطبيقات أن السلاسل الزمنية تتمتع بخاصية الاستقرارية أو السكون Stationary ،وأن الخطوة الأولى في تحليل نماذج بوكس-جينكنز (Box - Jenkins) هو التأكد من كون السلسلة الزمنية المستقرة ، ويقصد بـ الاستقرارية من الناحية الإحصائية أن يكون الوسط الحسابي وتباين السلسلة ثابتين(الكاطع،2007).

 ويمكن التعرف على كون السلسلة الزمنية مستقرة أو غير مستقرة من خلال الرسم البياني للظاهرة المدروسة أو من خلال مشاهدة دالة الارتباط الذاتي ACF ودالة الارتباط الذاتي الجزئي PACF إذ تقترب قيمها من الصفر بعد الإزاحة الثانية أو الثالثة، وتكون السلسلة الزمنية مستقرة عند توفر الشروط الثلاثة التالية (Wei,1990):

1. أن يكون الوسط الحسابي للسلسلة كمية ثابتة لا تعتمد على الزمن وكما مبين أدناه:



1. أن يكون تباين السلسلة كمية ثابتة لا يعتمد على الزمن وكما مبين أدناه:



1. أن يكون التباين المشترك للسلسلة كمية ثابتة لا يعتمد على الزمن، إنما يعتمد على الفرق بين الزمنين Lag Time وكما مبين أدناه:



 أما إذا كانت السلسلة الزمنية لها اتجاه عام فيجب إزالة هذا الاتجاه للحصول على سلسلة زمنية مستقرة حيث تستخدم طريقة الفروق لإزالة الاتجاه والحصول على سلسلة زمنية مستقرة،فإذا كان الفرق الأول لا يكفي فيؤخذ الفرق الثاني ثم الفرق الثالث حتى نحصل على سلسلة زمنية مستقرة ، وغالبا ما نحصل على الاستقرارية بعد اخذ الفرق الأول .

 بافتراض أن  هي السلسلة الزمنية الاصلية وأن  تمثل السلسلة الزمنية المحسوبة بعد اخذ الفرق الأول حيث تكون معادلة اخذ الفرق الأول كما يأتي:



حيث أن  تمثل بيانات السلسلة الزمنية غير المستقرة وأن  تمثل بيانات السلسلة الزمنية الجديدة

وان B تمثل معامل الارتداد الخلفي (معامل التأخير) وأن .

 أما الفروق من الرتبة الثانية فتكون كما يأتي:



و إذا كانت d تمثل عدد الفروق للسلسلة الزمنية الاصلية فأن معادلتها يكون كما يأتي:



 أما إذا كانت السلسلة غير مستقرة حول التباين فانه يتم تحويل البيانات إلى صيغة اللوغاريتمية أو يؤخذ لها الجذر التربيعي وهذا قد يؤدي إلى ثبات التباين.

1.4: نماذج الانحدار الذاتي-المتوسط المتحرك المتكامل Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA):

 إن نماذج ARIMA تتكون من مركبتين هما الانحدار الذاتي AR والوسط المتحرك MA بالإضافة إلى الفروق difference)) والتي يرمز لها بالرمز(Integrated) وهو رمز التكامل.

 افرض أن  سلسلة زمنية مستقرة فتكون صيغة نماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك من الرتبةp,q)) (Box and Jenkins,1976) وكما يلي:



ويمكن اعادة المعادلة (6) باستخدام مشغل الفروق وكما يلي:



حيث ان:



B: يمثل عامل الإزاحة الخلفي Backshift Operator. حيث أن 

 :هي عبارة عن سلسلة من المشاهدات العشوائية غير المترابطة وتسمى الضجة البيضاء White Noise ونفترض إنها تتبع توزيعا طبيعيا بمتوسط يساوي صفر وتباين يساوي .

:تمثل كل منهما متعدد حدود.

: تمثل معلمات نموذج الانحدار الذاتي Autoregressive Parameters

: تمثل معلمات نموذج المتوسطات المتحركة Moving Average Parameters

1.5: بناء نموذج السلاسل الزمنية:

 يتم بناء نموذج السلاسل الزمنية من خلال اربعة مراحل : تشخيص النموذج الملائم للبيانات،تقدير معلمات النموذج المشخص، التنبؤ المستقبلي (الطائي،2004)،(جميل ،2003).

1.5.1: مرحلة التشخيص: وهي المرحلة الاكثر اهمية في بناء النموذج وتعتمد على بيانات السلاسل المعطاة في الدراسة وهذا يتطلب معرفة الكافية بقيم دالة الارتباط الذاتي (ACF) وقيم دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF)، وتتمثل مرحلة التشخيص في اختيار النموذج الملائم للبيانات التي تم اخذها من الظاهرة المدروسة، وان اول خطوة من مرحلة تشخيص النماذج هو رسم بيانات السلسلة الزمنية لفحص وجود اتجاه موسمي والتباين غير الثابت ، وتستخدم طرائق التحويلات لجعل التباين والمتوسط الى سلسلة مستقرة ومن هذه التحويلات التحويل اللوغارتمي (اذا كان التباين غير ثابت ) وطريقة الفروق (اذا كان المتوسط غير ثابت) والخطوة الثانية هو حساب قيم الدوال (ACF)و(PACF) للسلسلة التي تم تحويلها في الخطوة الاولى وفحص (ACF)و(PACF) لتحديد فيما اذا كانت السلسلة تحتاج الى اخذ الفرق الثاني،ومن ثم يتم تحديد رتبة كل من (p,q) في النموذج المختلط للبيانات من خلال دالتي (ACF)و(PACF) وقد يواجه الباحث صعوبات في تحديد النموذج الصحيح مما يؤدي الى اختيار عدد من النماذج ويختيار النموذج الملائم لبيانات السلسلة الزمنية، لتشخيص (تحديد) النموذج ودرجته يتم رسم دول الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي(PACF) حيث يجري مطابقة معاملات الارتباط الذاتي والجزئي مع السلوك النظري لدالتي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) وكما مبيين ادناه (الصراف ، 1981):

* اذا كان دالة (ACF) متناقصة تدريجيا بشكل اسي ودالة (PACF) تنقطع بعد ازاحة (P) فان النموذج الملائم هو نموذج (P)AR.
* اذا كان دالة (PACF) متناقصة تدريجيا بشكل اسي ودالة (ACF) تنقطع بعد ازاحة (q) فان النموذج الملائم هو نموذج (q)MA.
* اذا كان كل من دالتي (ACF) و (PACF) تتناقصة تدريجيا بشكل اسي او تسلك سلوك دالة الجيب فان النموذج الملائم هو النموذج ARMA (p,q).

1.5.2: مرحلة التقدير: في هذه المرحلة يتم تقدير معالم النموذج الذي تم اختياره في المرحلة الأولى، بعد تقدير ناتي الى اختبار مدى معنوية معلمات النماذج وهل هي ضرورية ببقائها في النموذج او انها غير معنوية وعندها يجب حذف المعلمات من النموذج لانها لاتختلف معنويا عن الصفر(الجبوري 2010) .

بعد اخيار النماذج المعنوية تقوم بالبحث عن افضل النموذج ملائم لاستخدامها في التنبؤ المستقبلي من خلال استخدام عدد من العايير ، ومن المعايير المستخدمة في هذا البحث:

* متوسط مربعت الاخطاء Mean Square Error MSE :

ويمكن حسابه باستخدام الصيغة التالية( Box & Jenkins,1970):



* معيار (Akaike information criterion AIC):

ويمكن حسابه باستخدام الصيغة التالية((Akaike,1973:



* معيار (Akaike information criterion AICc) المعدل:

ويمكن حسابه باستخدام الصيغة التالية((Akaike,1973:



إذ أن:

 تمثل الخطأ أو البواقي.: 

 تمثل عدد مشاهدات السلسلة الزمنية.: 

: كمية ثابتة وتساوي (3.141592654).

عدد المعلمات المقدرة في نموذج الانحدار الذاتي.: p

q :عدد المعلمات المقدرة في نموذج المتوسط المتحرك.

1.5.3: فحص ملائمة النماذج Diagnostic Checking of Model:

بعد اختيار افضل نموذج معنوي من بين النماذج المعنوية الاخرى باستخدام المعايير المستخدمة ، ياتي مرحلة فحص مدى ملائمة او صلاحية النموذج لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية ويتم ذلك عن طريق فحص البواقي (الاخطاء) ويتم ذلك باستخدام عدة طرق ومنها (Wegman,2000):

1. ان الارتباط الذاتي للبواقي تتوزع توزيعا طبيعيا بمتوسط مقداره صفر وتباين مقداره ($\frac{1}{n}$) حيث ان:

$$ρ\_{k}\left(a\right)\~N\left(0,\frac{1}{n}\right)$$

حيث يكون النموذج ملائما وجيدا (كفوء) اذا وقعت قيم دالة الارتباط الذاتي للبواقي بين حدي الثقة ($\pm \frac{1.96}{\sqrt{n}}$) باحتمال (0.95) حيث :

$$pr\left\{-1.96\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\ll ρ\_{k}\ll 1.96\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right\}=0.95 (7)$$

1. يستخدم اختبار(Portmanteau) لفحص مدى ملائمة النموذج وذلك باعتماد على احصاء Q (احصائية Box &Pierce) لاختبار معنوية الارتباطات الذاتية للبواقي وحسب الصيغة التالية(Box and Pierce,1970):



حيث ان:

L: عدد الازاحات k , m: عدد معالم المقدرة في النموذج.

فاذا كانت قيمة الاختبار Q اصغر من قيمة  الجدولية تقبل فرضية العدم ونستنتج من ذلك ان الارتباطات الذاتية غير معنوية مما يدل على ان البواقي عشوائية وتتوزع توزيعا طبيعيا مما يؤكد الى ان النموذج جيد وملائم. ولقد تم تعديل هذه الصيغة ) (Ljung and Box,1978 لتكون حسب الصيغة التالية:



1.6: التحويلات المستخدمة:

 في هذا البحث تم استخدام بعض تحويلات القوة (Power transformation) على السلسلة الزمنية المستقرة من اجل تحديد اي من هذه التحويلات يمكن من خلالها ان نتوصل الى افضل نموذج بالاعتماد على المعاريير المستخدمة في البحث ( معايير المفاضلة بين النماذج) وباتالي تحسن جودة النموذج التنبؤي، وكما يأتي:

نفرض ان $(z\_{t})$ هي سلسلة زمنية مستقرة وان ($α$) تمثل قوة (اس) السلسلة الزمنية وان $(x\_{t})$ تمثل السلسلة الزمنية بعد اخذ التحويلات، وباتالي فان التحويلات المستخدمة تكون بالشكل التالي:

1. تحويل جذر التربيعي ,$ α$ =0.5 $ x\_{t}=\sqrt{z\_{t}}$
2. تحويل جذر التكعيبي , $α$ =0.333 $ x\_{t}=\sqrt[3]{z\_{t}}$
3. تحويل جذر الرباعي , $α$ =0.25 $ x\_{t}=\sqrt[4]{z\_{t}}$
4. تحويل مقلوب للسلسلة , $α$ =-1 $ x\_{t}=^{1}/\_{z\_{t}}$
5. تحويل مقلوب جذر التكعيبي للسلسة , $α$ =-0.333 $ x\_{t}=^{1}/\_{\sqrt[3]{z\_{t}}}$
6. تحويل مقوب جذر الرباعي للسلسلة , $α$ =-0.25 $ x\_{t}=^{1}/\_{\sqrt[4]{z\_{t}}}$
7. تحويل مقلوب جذر التربيعي للسلسلة , $α$ =-0.5 $ x\_{t}=^{1}/\_{\sqrt{z\_{t}}}$

2 . جانب التطبيقي :

2.1: وصف البيانات:

 قام الباحث بأخذ البيانات عن سرعة الرياح لمحطة (قوشتبة – اربيل) من مديرية العامة لزراعة اربيل/ شعبة الانواء الجوية، وكانت السلسلة الزمنية مؤلفة من (84) مشاهدة اخذت شهريا للفترة (2010-2016)، وان متوسط السلسلة الزمنية قدره (5.7175) وقيمته الدنيا كانت (1.6864) سجلت في شهر (شباط) من سنة (2011) واقصى قيمتة كانت (8.6723) حيث سجلت في شهر (حزيران) من سنة (2010) وكما مبين في الجدول (1) وكما مبين ادناه "وتم الحصول على النتائج مستخدما برنامج الاحصائي الجاهز (STATGRAPHICS Centurion) وبرنامج (MS.EXEEL) "

|  |
| --- |
| الجدول (1) يمثل السلسلة الزمنية لسرعة الرياح لمنطقة قوشتبة للفترة (2010-2016) شهريا |
| **Months** | **2010** | **2011** | **2012** | **2013** | **2014** | **2015** | **2016** |
| **Jan.** | 6.6611 | 4.9733 | 5.3819 | 6.3699 | 4.0228 | 3.4569 | 4.2616 |
| **Feb.** | 6.1419 | 1.6864 | 6.7134 | 5.1019 | 4.3466 | 3.8217 | 4.2525 |
| **Mar.** | 6.8807 | 6.6861 | 6.8925 | 6.1477 | 4.5103 | 4.2639 | 4.8314 |
| **Apr.** | 6.7994 | 8.3707 | 7.8711 | 6.7433 | 5.0300 | 6.2374 | 4.6246 |
| **May.** | 7.3686 | 7.8558 | 8.4780 | 7.6793 | 5.5727 | 5.8618 | 5.5807 |
| **Jun.** | 8.6723 | 8.4614 | 7.5209 | 7.5345 | 5.5333 | 5.2223 | 6.0339 |
| **Jul.** | 8.3065 | 8.0297 | 8.5706 | 6.8806 | 5.4097 | 4.5583 | 5.4499 |
| **Aug.** | 7.3237 | 7.5897 | 8.0452 | 4.7935 | 4.6484 | 5.5881 | 5.1577 |
| **Sep.** | 6.5071 | 7.2624 | 7.0167 | 4.4365 | 4.4500 | 4.9057 | 4.9309 |
| **Oct.** | 6.2318 | 6.3529 | 6.5844 | 4.4839 | 3.9916 | 4.7920 | 4.5052 |
| **Nov.** | 4.9251 | 5.5941 | 5.1300 | 3.8046 | 3.8595 | 3.8938 | 4.4011 |
| **Dec.** | 5.1306 | 5.3521 | 5.2590 | 4.0328 | 3.2673 | 4.3786 | 3.9807 |

2.2: تحليل السلسلة الزمنية:

2.2.1: رسم السلسلة الزمنية:

 قبل اجراء تحليل للسلسلة الزمنية تم رسم السلسلة الزمنية في الجدول (1) كما هو مبين في الشكل (1) للتعرف على خصائص الاولية للسلسلة الزمنية واتضح بانه يوجد اتجاه عام متناقص مع الزمن بالاضافة الى وجود تذبذبات بين قيم السلسلة الزمنية المتمثلة في تقعرات ونتؤات.



الشكل (2) يمثل معاملات الارتباطات الذاتية للسلسلة الزمنية الاصلية Yt



الشكل (1)يمثل رسم السلسلة الزمنية الاصلية Yt

2.2.2: اختبار استقرارية السلسلة الزمنية:

 عند رسم السلسلة الزمنية تبين بانه يوجد اتجاه عام تعاني منها السلسلة الزمنية وهذا يعني بان السلسلة غير مستقرة حول المتوسط عبر الزمن ، فضلا عن وجود تذبذبات ويعني بان تباين السلسلة غير مستقر ايضا عبر الزمن. ولتأكد من عدم استقرارية السلسلة الزمنية تم رسم معاملات دالة الارتباط الذاتية للسلسلة كما في الشكل (2) ونستنتج من الرسم ان معاملات دالة الارتباط الذاتي عند فجوات (3,2,1) و(,11,12,1310) تخنلف معنويا عن الصفر ، وان المعاملات لا تدخل ضمن حدود الثقة ($\pm \frac{1.96}{\sqrt{n}}=\pm 0.2138$).

 من اجل حصول على الاستقرارية تم اخذ تحويل اللوغاريتم الطبيعي وقد حصلنا على سلسلة مستقرة حول التباين الى حد ما ،كذلك لازالة الاتجاه العام اخذنا الفروق من الدرجة الاولى للسلسلة المحولة (التحويل اللوغاريتمي) وبعد رسم معاملات دالة الارتباط الذاتي تبين بان السلسة تحولت الى حالة الاستقرارية وان معاملات الدالة كلها غير معنوية ماعدا عند الفجوة الاولى (k=1) وكلها تقع داخل حدود الثقة المذكورة اعلاه وكما في الاشكال (3،4) :



الشكل (3) يمثل السلسلة الزمنية المعدلة



الشكل (4) يمثل معاملات دالة الارتباط الذاتي للسلسلة المعدلة Xt

الشكل (3) يمثل السلسلة الزمنية المعدلة Xt

 قام الباحث باختبار معنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي حيث استخدم الباحث اختبارين (Portmanteau Q) و (Q\* Ljung & Box ) وان نتائج تطبيق الاختبارين مبين في الجدول التالي:

|  |
| --- |
| الجدول (2) يمثل نتائج اختبار(Portmanteau Q) و (Q\* Ljung & Box ) لاختبار معنوية الارتباطات الذاتية للسلسلة قبل وبعد التحويل   |
| السلسلة الزمنية | Q\* | Q | قيمة الجدولية | القرار |
| **Yt** | 250.5506 | 290.8388 | 41.3 | Sig. |
| **Ln(Yt)** | 167.7767 | 194.9609 | 40.1 | Sig. |
| **d(Ln(Yt))** | 25.5268 | 30.4229 | 40.1 | Not sig. |

*حيث ان: Yt: تمثل السلسلة الزمنية الاصلية ، Ln(Yt): تمثل السلسلة الزمنية بعد اخذ تحويل اللوغاريتم الطبيعي لازالة عدم الاستقرارية السلسلة حول التباين ، d(Ln(Yt)): تمثل السلسلة الزمنية بعد اخذ التحويل اللوغاريتم الطبيعي واخذ الفروقات من الدرجة الاولى للسلسلة الزمنية لازالة كل من عدم الاستقرارية حول التباين والمتوسط على التوالي، فاذ كانت قيمة الاختبارين اكبر من قيمة الجدولية للاختبارين فذلك يعني رفض فرضية العدم ( الارتباطات الذاتية معنوية (Sig.) اي ان السلسلة الزمنية غير مستقرة ) والعكس صحيح (Not sig.) ويعني ذلك ان السلسلة الزمنية مستقرة.*

*2.3: تشخيص النموذج:*

 *يتم تشخيص النموذج بالاعتماد على رسم قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للسلسلة الزمنية المستقرة ومقارنتها مع السلوك النظري لدالتي الارتباط الذاتي والجزئي، من خلال الاشكال (4,5) يتبن لنا ان قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي تقريبا تتناقص بعد فترة الازاحة الاولى (k=1) وهذا يدل على ان النموذج المشخص هو النموذج ARIMA(1,1,1).*



الشكل (5) يمثل معاملات الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة المعدلة Xt

2.4: تقدير معلمات النموذج المشخص:

 لزيادة التأكد قام الباحث باختيار عدد من النماذج واختبار قيم معلماتها و يتم اختيار النماذج التي تكون قيم معلماتها معنوية (Sig.) ، بعد عملية التقدير نأتي الى اختيار افضل النموذج من بين النماذج المعنوية ويتم ذلك على اساس قيم المعايير التي تناولناها في جانب النظري بالعتماد على المعادلات (4,5,6) على التوالي ، وباتالي نختار افضل نموذج تنبؤي التي تمتلك اقل قيمة للمعايير المستخدمة، وكما في الجدول التالي:

|  |
| --- |
|  الجدول (3) يمثل تطبيق المعايير المستخدمة على النماذج المعنوية |
| Sig. | AICc | AIC | MSE | النماذج |
| MA | AR |
|   |   |   |
|   |   | 0.0204 | 250.773 | 250.6248 | 1.1031 | ARIMA(1,1,0) |
|   | 0.0055 |   | 251.779 | 251.6311 | 1.1164 | ARIMA(0,1,1) |
| 0.0006 | 0.0001 |   | 252.526 | 252.2261 | 1.0979 | ARIMA(0,1,2) |
|   | 0.0000 | 0.0000 | 241.776 | 241.4758 | 0.966 | ARIMA(1,1,1) |

|  |
| --- |
| الجدول (4) يمثل قيم التقديرية لمعلمات نموذج ARIMA(1,1,1) |
| Parameter | Estimate | Stnd. Error | t | Sig. |
| AR(1) | 0.6785 | 0.0825 | 8.2234 | 0.0000 |
| MA(1) | 0.9937 | 0.0048 | 205.8000 | 0.0000 |

من خلال الجدول (3) يتبين بان افضل نموذج معنوي ملائم للتنبؤ هو النموذج ARIMA(1,1,1) لانها تمتلك اقل قيمة للمعايير المستخدمة مقارنتا مع بقية القيم للنماذج الاخرى. ويمكن كتابة النموذج بصيغة الرياضية التالية(شعراوي 2005):

$$Y\_{t}=\left(1+0.6785\right)Y\_{t-1}-0.6785Y\_{t-1}-0.9937a\_{t-1}+a\_{t} (10)$$

2.5: فحص ملائمة النموذج المشخص:

 لغرض فحص مدى ملائمة النموذج المشخص ARIMA (1,1,1) ، قام الباحث باستخراج ورسم قيم معاملات دالة الارتباط الذاتي للبواقي لنموذج المشخص كما مبين في الشكل (6) حيث نلاحظ ان القيم تقع بين حدي الثقة ($\pm \frac{1.96}{\sqrt{n}}=\pm 0.2138$) مما يعني ان سلسلة البواقي عشوائية وان النموذج المشخص هو نموذج ملائم وجيد.

 وايضا تم تطبيق الاختبارين (Portmanteau Q) و (Q\* Ljung & Box ) باستخدام المعادلتين (8و9) على التوالي وكما مبين ادناه:

$\left(Ljung \&Box Q^{\*}\right).stat=27.6997<$

$\left(Portmanteau Q \right).stat=34.1689<$

 واستنتجنا من خلال الاختبارين ان سلسلة البواقي غير معنوية ( عشوائية) لان قيم المحسوبة للاختبارين اقل من قيمهم الجدولية () وهذا يدل على ان النموذج المشخص جيد وملائم للتنبؤ.



الشكل (6) يمثل معاملات الارتباط الذاتي للبواقي النموذج المشخص

2.6: التنبؤ بأستخدام التحويلات الرياضية :

 قام البحث باستخدام بعض تحويلات الرياضية والمتمثلة بالتحويلات الاسية ($Z\_{t}^{α}$) حيث ان $α $ تمثل اس قيم السلسلة الزمنية المستقرة ، وذلك لغرض تحسين جودة النموذج المشخص بعد تأكد من ملائمته للتنبؤ، بعد اجراء التحويلات الرياضية على السلسلة الزمنية المستقرة باعتماد على قيم المعايير (MSE,AIC,AICc) باستخدام المعادلات (6،5،4) على التوالي وكما هو موضح في الجدول ادناه:

|  |
| --- |
| الجدول (5) يمثل تطبيق المعايير المستخدمة على النماذج المعنوية بعد اجرا التحويلات الرياضية |
| Sig. | AICc | AIC | MSE | Models | $$α$$ | Powertransformation |
| MA | AR |
|  |  |  |  |
|   |   |   | 0.0031 | -2.7916 | -2.9398 | 0.0539 | ARIMA(1,1,0) | 0.5 | جذر التربيعي |
|   | 0.0001 |   |   | -3.5575 | -3.7056 | 0.0534 | ARIMA(0,1,1) |
| 0.0034 | 0.0000 |   |   | -6.0553 | -6.3553 | 0.0505 | ARIMA(0,1,2) |
|   | 0.0000 |   | 0.0001 | -11.7470 | -12.0470 | 0.0472 | ARIMA(1,1,1) |
|   |   |   | 0.0016 | -0.4570 | -0.6052 | 0.0554 | ARIMA(1,1,0) | 0.333 | جذر التكعيبي |
|   | 0.0000 |   |   | -0.8035 | -0.9516 | 0.0552 | ARIMA(0,1,1) |
| 0.0061 | 0.0000 |   |   | -4.4474 | -4.7474 | 0.0515 | ARIMA(0,1,2) |
|   | 0.0000 |   | 0.0001 | -10.0779 | -10.3779 | 0.0482 | ARIMA(1,1,1) |
|   |   |   | 0.0011 | 0.7702 | 0.6220 | 0.0562 | ARIMA(1,1,0) | 0.25 | جذر الرباعي |
|   | 0.0000 |   |   | 1.0356 | 0.8875 | 0.0564 | ARIMA(0,1,1) |
| 0.0077 | 0.0000 |   |   | -3.6013 | -3.9013 | 0.0520 | ARIMA(0,1,2) |
|   | 0.0000 |   | 0.0002 | -11.3274 | -11.4756 | 0.0487 | ARIMA(1,1,1) |
|   |   |   | 0.0000 | 18.1571 | 18.0090 | 0.0692 | ARIMA(1,1,0) | -1 | مقلوب |
|   |   | 0.0081 | 0.0000 | 30.0898 | 29.7898 | 0.0777 | ARIMA(2,1,0) |
|   | 0.0000 |   |   | 22.0121 | 21.8640 | 0.0724 | ARIMA(0,1,1) |
|   |   |   | 0.0002 | 8.4049 | 8.2567 | 0.0616 | ARIMA(1,1,0) | -0.25 | مقلوب الجذر الرباعي |
|   |   | 0.0310 | 0.0000 | 13.7324 | 13.4324 | 0.0640 | ARIMA(2,1,0) |
|   | 0.0000 |   |   | 13.3212 | 13.1730 | 0.0653 | ARIMA(0,1,1) |
| 0.0317 | 0.0000 |   |   | 2.3764 | 2.0764 | 0.0559 | ARIMA(0,1,2) |
|   | 0.0000 |   | 0.0058 | -4.2925 | -4.4406 | 0.0530 | ARIMA(1,1,1) |
|   |   |   | 0.0001 | 9.6404 | 9.4923 | 0.0625 | ARIMA(1,1,0) | -0.333 | مقلوب جذر التكعيبي |
|   |   | 0.0264 | 0.0000 | 15.6182 | 15.3182 | 0.0654 | ARIMA(2,1,0) |
|   | 0.0000 |   |   | 14.4814 | 14.3333 | 0.0662 | ARIMA(0,1,1) |
| 0.0388 | 0.0000 |   |   | 3.5400 | 3.2400 | 0.0567 | ARIMA(0,1,2) |
|   | 0.0000 |   | 0.0098 | -2.8524 | -3.0006 | 0.0539 | ARIMA(1,1,1) |
|   |   |   | 0.0001 | 12.0184 | 11.8703 | 0.0643 | ARIMA(1,1,0) | -0.5 | مقلوب الجذر  التربيعي |
|   |   | 0.0196 | 0.0000 | 19.4072 | 19.1072 | 0.0684 | ARIMA(2,1,0) |
|   | 0.0000 |   |   | 16.1833 | 16.0352 | 0.0676 | ARIMA(0,1,1) |
| 0.0595 | 0.0000 |   |   | 6.0939 | 5.7939 | 0.0584 | ARIMA(0,1,2) |
|   | 0.0000 |   | 0.0177 | 2.3757 | 2.0757 | 0.0559 | ARIMA(1,1,1) |

من خلال الجدول اعلاه تبين ان تحويل الجذر التربيعي ($Z\_{t}^{0.5}$) يعتبر من افضل التحويلات الرياضية حيث ساهمت في تحسين جودة النموذج التنبؤي ، لامتلاكها اقل قيمة للمعايير المستخدمة مقارنة مع قيمها لتحويلات الرياضية الاخرى وايضا مقارنة مع قيمة المعايير قبل اجراء التحويل كما هو موضح في الجدول (3) وتبين ايضا ان نموذج الملائم لم يتغير قبل وبعد اجراء التحويل ولاكن فقط التحويل ادى الى تحسين جودة النموذج.

وقد تم تقدير معلمات النموذج الملائم بعد اجراء التحويل جذر التربيعي وكما موضح ادناه:

|  |
| --- |
| الجدول (6) يمثل قيم التقديرية لمعلمات نموذج ARIMA(1,1,1) بعد اجراء التحويل |
| Parameter | Estimate | Stnd. Error | t | Sig. |
| AR(1) | 0.4841 | 0.1099 | 4.4054 | 0.0000 |
| MA(1) | 0.9425 | 0.0329 | 28.6102 | 0.0000 |

ويمكن كتابة النموذج بصيغة الرياضية التالية (شعراوي 2005):

$$Z\_{t}=\left(1+0.4841\right)Z\_{t-1}-0.4841Z\_{t-1}-0.9425a\_{t-1}+a\_{t} (11)$$

حيث ان $Z\_{t}=Ln(Y\_{t})$ ونحصل على السلسلة سرعة الرياح $Y\_{t}$ وذلك باخذ معكوس اللوغاريتم ($Y\_{t}=e^{Ln(Y\_{t})}$).

قام الباحث بأستخدام النموذج التي تم تحسينة كما في المعادلة (11) بعد اخذ معكوس اللوغاريتم للقيم للتنبؤ بسلسلة سرعة الرياح لسنة (2017) التي تم عرض نتائج التنبؤ والفترات الثقة في الجدول (7) ، والشكل (7) يمثل السلسلة الزمنية للتنبؤات والتي تتبع تقريا نفس سلول السلسلة الزمنية الاصلية.

|  |
| --- |
| الجدول (7) يمثل قيم التنبؤية وفترات الثقة لسلسلة الزمية لسرعة الرياح في منطقة قوشتبة لسنة 2017 |
| Period | Forecast | Lower 95.0% | Upper 95.0% |
|
| 17-Jan | 4.3565 | 2.8639 | 7.1091 |
| 17-Feb | 4.5557 | 2.8207 | 8.0572 |
| 17-Mar | 4.6564 | 2.8241 | 8.4680 |
| 17-Apr | 4.7063 | 2.8284 | 8.6646 |
| 17-May | 4.7307 | 2.8288 | 8.7690 |
| 17-Jun | 4.7425 | 2.8265 | 8.8316 |
| 17-Jul | 4.7483 | 2.8226 | 8.8747 |
| 17-Aug | 4.7511 | 2.8180 | 8.9084 |
| 17-Sep | 4.7524 | 2.8129 | 8.9375 |
| 17-Oct | 4.7531 | 2.8077 | 8.9646 |
| 17-Nov | 4.7534 | 2.8025 | 8.9904 |
| 17-Dec | 4.7535 | 2.7972 | 9.0159 |



الشكل (7) يمثل السلسلة الزمنية المتنبئة لسنة 2017

الاستنتاجات:

 من خلال تحليل السلسلة الزمنية لسرعة الرياح في منطقة قوشتبة تم استنتاج ما يأتي:

1. ان السلسلة الزمنية كانت غير مستقرة حول المتوسط والتباين ، وتم اخذ التحويل اللوغاريتمي والفروق من درجة الاولى للسلسلة الزمنية من اجل تحويلها الي سلسلة مستقرة .
2. ان افضل نموذج ملائم للسلسلة الزمنية كان نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة ARIMA(1,1,1) لامتلاكه اقل قيمة للمعايير (AIC,AICc,MSE) مقارنة مع بقية القيم للمعايير التي تمتلكها النماذج الاخرى المعنوية.
3. عند اخذ التحويلات الرياضية للسلسلة الزمنية المستقرة استنتج ان التحويل الجذر التربيعي يمثل افضل تحويل رياضي مساهمة في تحسين جودة النموذج الملائم مقارنة مع التحويلات الرياضية الاخرى المستخدمة وباتالي اسخدام النموذج التي تم تحسينه في تنبؤ المستقبلي.
4. استنتج ايضا ان النموذج الملائم قبل اجراء تحويل وبعدها هو نفس النموذج ARIMA(1,1,1) وهذا يدل على ان التحويل الرياضي الملائم للسلسلة الزمنية المستقرة فقط ساهمة في تحسين النموذج بدون حدوث اي تغيير في النموذج الملائم.
5. من خلال ايجاد القيم التنبؤية نجد ان القيم كانت متقاربة مع اختلاف في فترات الثقة وذلك بسبب طبيعة النموذج المستخدم في التنبؤ المستقبلي.

المصادر العربية: Arabic resources

* 1. مولود ، كوردستان ابراهيم و طاهر ، رظز محمدصالح "استخدام التوزيعات الاحتمالية لحساب معدل سرعة الرياح في بعض مناطق محافظة اربيل"/مجلة جامعة كوية/عدد 25 / كانون الاول 2012.
	2. الكاطع ، أحلام حنش،(2007)،"اختبارات التكامل الكسري في نماذج ARIMA"، رسالة ماجستير في الاحصاء، جامعة بغداد، كلية الادارة والاقتصاد.
	3. الخضيري ، محمد قدوري عبد، (1996)،" دراسة مقارنة لطرائق التقدير و التنبؤ لبعض نماذج بوكس و جينكنز الموسمية" ، رسالة ماجستير في الاحصاء، جامعة بغداد ، كلية الادارة والاقتصاد.
	4. الجبوري ، وليد دهان صليبي ، (2010)،"التنبؤ بمستوى التضخم في اسعار المستهلك الشهري في العراق باستخدام السلاسل الزمنية ثنائية المتغيرات"،رسالة ماجستير في الاحصاء، كلية الادارة والاقتصاد،الجامعة المستنصرية.
	5. الطائي،فاضل عباس،(2004)،" تقدير معلمات التمهيد المضاعف مع المحاكات"،مجلة تنمية الرافدين لعلوم الحاسبات والرياضيات، العدد 1.
	6. جميل،رقية عبدالقادر،(2007)،" التنبؤ بانتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية فئي مدينة السليمانية باستخدام نماذج بوكس-جينكنز" رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الادارة والاقتصاد ، جامعة سليمانية.
	7. الصراف، نزار مصطفى، (1981)،" تحليل السلاسل الزمنية باستخدام التقنية الاحصائية للتنبؤات الاقتصادية في العراق"، رسالة ماجستير في الاحصاء، جامعة بغداد،كلية الادارة والاقتصاد.
	8. شعراوي، سمير مصطفى ، (2005)،" مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية"، مطابع جامعة الملك عبد العزيز.

مصادر الاجنبية : Foreign resources

1. Ramachandra, T.V.; Subramanian, D.K. and Joshi, N.V. (1997), “Wind Energy Potential Assessment in UttaraKanada”, District of Karnataka, India, Renewable Energy 10(4), 585-611.
2. Box, G.E.P. and Pierce, D.A., (1970) “Distribution of the Residual Autocorrelation in Autoregressive – integrated moving Average Time Series Models”, JASA, VOL.65, P. (1520-1526).
3. Wei, William W.S., (1990), "Time Series Analysis, Addison" Wesley Publishing Company
4. Box, G.E.P. and Jenkins, G.M.,(1976),”Time Series Analysis Forecasting and control”, Holden day, London.
5. Akaike, H. (1973),"Information theory and extension of the maximum likelihood principle", In: B. N. petrov and F. Csaki, eds, 2nd International Symposium on Information Theory, Academia Kiado, Budapest, pp.267-281.
6. Wegman, E.J., (2000),”Time Series Analysis-Theory, Data Analysis and Computation, Addison-Wesley Publishing Company.
7. Ljung, G. M. and Box, E. P. (1978), "On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models", Biometrika, Vol. 65, No. 2, PP. (297-303).

**Improve the quality of Box-Jenkins models of time series using mathematical transformation with application**

Summary:

This paper studies the time series of the wind velocity variable for the region of Qushtapa / Erbil was studied. Regarding the data, they were taken from the Directorate General of Erbil for 7 years for the period 2010-2016. The data were monthly and the number of values was (84) Comes:

1. To take the time series of the variable wind speed in the region of Qushtapa because the wind speed is appropriate and good and can benefit from wind power and can be placed mechanical turbines for the production of electric power, (مولود و طاهر،2012).
2. To study the time series of the wind speed in terms of stability, and applied Box-Jenkins models to the stable series to reach the best model among the models for predicting the future.
3. The usage of a set of mathematical transformations (Power Transformations) The researcher used the conversion of $Z\_{t}^{α}$where ($α$= 0.5, 0.333, 0.25, -1, -0.333, -0.25, -0.5) Conversions used to improve the quality of the model used in future prediction of the time series.
4. Further, it has been concluded that the conversion of the square root of the stable time series is one of the best mathematical transformations to be used to improve the quality of the model used in the prediction of the time series. The best model is ARIMA (1, 1, 1) Mean Square Error (MSE), the Akaike information criterion AIC, the revised Akaike information criterion (AICc). Additionally, it was also found that the appropriate model for prediction before and after the conversion procedure is as long as it is unchanged and this indicates that the conversion procedure only improved the quality of the model used in future forecasting.