

التنبؤ بالتلوث البيئي باستعمال نماذج
بوكس - جينكنز لمحطة الوزيرية
في مدينة بغداد

الاستاذ المساعد الدكتور سعد احمد النعيمي
كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد

المدرس المساعد سيف سعد احمد
كلية التراث الجامعة

مستخلص البحث

تعد مشكلة التلوث البيئي من المشاكل المهمة والخطيرة التي تواجه الانسان في الوقت الراهن لما لها من أثر مباشر على صحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى ، فقد لوحظ في السنوات الأخيرة حدوث زيادة بمعدلات التلوث البيئي ، مما اثر بشكل كبير على صحة الانسان ، وادى الى ظهور العديد من الأمراض ، مثل الأمراض السرطانية والالتهابات الرئوية والتسمم وتشوه المواليد ، وغيرها ، كما أن تأثيره لم يقتصر على الانسان فحسب بل تعدى تأثيره الى الحيوان والنبات أيضاً.

ونظراً لأهمية الموضوع وخطورته وتأثيره المباشر على حياة الإنسان ، تم عمل هذا البحث لغرض التنبؤ بمقدار التلوث بأربعة من أهم العوامل المؤثرة على تلوث البيئة ، وهي كل من غاز أول أكسيد الكربون (CO) ، وغاز ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) ، وغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) ، والجسيمات العالقة أو الجسيمات الدقيقة كما يسميها البعض (TSP) ، وذلك باستعمال اسلوب بوكس - جنكنز ، حيث يعتبر هذا الاسلوب من أهم وأكثر الاساليب الاحصائية المستخدمة لأغراض التنبؤ لما يتميز به من مرونة ودقة في مجال التطبيق.

قبل أن يتم بناء انموذج بوكس - جنكنز والتنبؤ بمعدلات التلوث لكل عامل من العوامل الأربعة السابقة الذكر أعلاه ، كان لابد لنا من التطرق إلى الجانب النظري ، والذي من خلاله تعرفنا على اسلوب بوكس - جنكنز في تحليل السلاسل الزمنية ، كما تعرفنا على نماذج بوكس - جنكنز ، ومراحل بناء نماذج بوكس - جنكنز .

ثم تم التطرق إلى الجانب التطبيقي وفيه تم بناء افضل انموذج تنبؤ لكل عامل من العوامل الأربعة السابقة الذكر أعلاه ، مستعينين بالبرنامج الاحصائي (GRETL) .

توصل الباحث بأن هناك زيادة في الغالب بمعدلات التلوث بالنسبة للعامل الأول وهو غاز أول أكسيد الكربون (CO) ، وكذلك بالنسبة للعامل الثالث وهو غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) ، أما بالنسبة للعامل الثاني وهو غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) ، والعامل الرابع وهو الجسيمات العالقة (TSP) ، تم الاستنتاج بأن هناك انخفاضاً في الغالب بمعدلات التلوث بالنسبة لهذين العاملين.

Abstract

The environmental pollution is considered one of the important and serious problems that facing the human in the current time, because of its direct impact on the human health and other organisms.

It has been observed in recent years, there is an increasing in environmental pollution rates, which impacted heavily on human health, and led to the emergence of many diseases, such as cancer, pneumonia, poisoning, birth defects, and other diseases.

The environmental pollution impact, did not limited to humans, but also exceeded to animals and plants.

Due to the importance of the topic and its gravity and because of its direct impact on human life, this research have been worked, for the purpose to predicting in the pollution of the four of most important factors that affecting on the environmental pollution, which they are, Carbon Monoxide Gas (CO), Sulfur Dioxide Gas (SO₂), Dioxide Nitrogen Gas (NO₂), Outstanding Particles (TSP), by using Box - Jenkins

style, which is one of the most important and more statistical methods used for prediction, because of its flexibility and its accuracy in the application field.

Before constructing Box – Jenkins model, and prediction to pollution rates per each factor of the above-mentioned four factors, we must identify the theoretical side, which, through on, we identified, Box – Jenkins style in time series analysis, Box – Jenkins models, and the stages of building Box – Jenkins models.

1-1 المقدمة

يعتبر التلوث البيئي من المشاكل المهمة والخطيرة التي تواجه الانسان في الوقت الراهن لما له من أثر مباشر على صحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى ، وقد لوحظ في السنوات الأخيرة حدوث زيادة بمعدلات التلوث البيئي وذلك بسبب عدة عوامل منها ما هو مرتبط بعوامل طبيعية ومناخية كالتصحر والتعرية وانجراف التربة والفيضانات والزلازل والغبار والعواصف الرعدية وغيرها ، ومنها ما هو مرتبط بعوامل غير طبيعية نتيجة للنشاط البشري ، حيث أدت زيادة الكثافة السكانية وتطور الصناعة والزراعة الى زيادة العوامل المؤثرة على تلوث البيئة ، مثل الاستخدام المفرط للأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية والفطرية والمخلفات الصناعية والزراعية والنفايات والقمامة المنزلية والضجيج ومياه الصرف الصحي وغيرها. كل ذلك أدى الى زيادة التلوث البيئي وبالتالي اثر بشكل كبير على صحة الانسان وأدى الى ظهور العديد من الأمراض ، مثل الأمراض السرطانية والالتهابات الرئوية والتسمم وتشوه المواليد ، كما أن تأثيره لم يقتصر على الانسان فحسب بل تعدى تأثيره الى الحيوان والنبات أيضاً.

1-2 مشكلة البحث

نظراً للظروف البيئية السيئة التي يعيشها العراق في السنوات الأخيرة ، وبسبب تعرضه لبعض العوامل الطبيعية والمناخية ، بالإضافة الى تعرضه الى عوامل أخرى نتيجة للنشاط البشري ، وما خلفته الحروب في السنوات الأخيرة ، كل ذلك أثر بشكل كبير على البيئة ، وأدى الى زيادة التلوث البيئي في العراق بشكل عام ، ومدينة بغداد بشكل خاص ، مما جعل من المهم ضرورة التعرف على أهم العوامل التي تؤثر على البيئة ، والتي تسهم في زيادة التلوث البيئي ، ومحاولة معالجتها أو تقليل تأثيرها للوصول الى بيئة نظيفة ، حيث أن الحفاظ على البيئة ليس فقط يحافظ على صحة الانسان ، وإنما يعتبر من أبرز عوامل تطور الدول ورفقها.

1-3 هدف البحث

يهدف البحث الى التنبؤ بمقدار التلوث بأربعة من أهم العوامل المؤثرة على تلوث البيئة وهي كل من ، غاز أول أكسيد الكربون (CO) ، وغاز ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) ، وغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) ، والجسيمات الدقيقة (TSP) ، من خلال بناء انموذج بوكس – جنكنز لكل عامل من العوامل الأربعة السابقة الذكر أعلاه في مدينة بغداد .

1-4 أسلوب بوكس - جينكنز في تحليل السلاسل الزمنية

هو الأسلوب الذي استخدمه كل من العالمين Gwilyn Jenkins & George Box في تحليل السلاسل الزمنية في سبعينيات القرن الماضي ، ويعتمد هذا الأسلوب على استخراج التغيرات المتوقعة للبيانات المشاهدة للسلسلة الزمنية ، حيث تمر هذه البيانات بسلسلة من العمليات الدقيقة والمتتالية والتي تؤدي في نهايتها إلى بقاء بعض العناصر المميزة للسلسلة الزمنية مما يساعدنا في الحصول على انموذج رياضي موثوق به يستخدم في التنبؤ بقيم هذه السلسلة في المستقبل.

نماذج بوكس - جينكنز

تتكون نماذج بوكس - جينكنز من أربعة نماذج رئيسية وهي:

1. انموذج الانحدار الذاتي (Auto Regressive Model)

يكون الانموذج ذاتي الانحدار ومن الرتبة P ويرمز له اختصاراً $AR(p)$ إذا أخذ الشكل الرياضي التالي:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن:

a_t : يمثل سلسلة الأخطاء العشوائية والذي يدعى التشويش الأبيض (White Noise) ويمثل متغيراً عشوائياً مستقلاً يتبع التوزيع الطبيعي بوسط حسابي يساوي صفر وتباين ثابت مقداره σ_a^2 والتباين المشترك له يساوي صفر. X_t : تمثل قيمة السلسلة الزمنية في الزمن t . X_{t-1} : تمثل قيمة السلسلة الزمنية في الزمن $t-1$.

ϕ_i : تمثل معاملات الانموذج ، حيث ان $i = 1, \dots, p$

يتميز هذا الانموذج بأن دالة الارتباط الذاتي له هي دالة أسية تنازلية ، وأن دالة الارتباط الذاتي الجزئي له تتقطع عند الصفر بعد الفترة P والتي تحدد رتبة الانموذج. وهذه الخاصية مهمة جداً في تحديد نوع الانموذج ورتبته.

2. انموذج الأوساط المتحركة (Moving Average Model)

يكون الانموذج انموذج أوساط متحركة ومن الرتبة q ويرمز له اختصاراً $MA(q)$ إذا أخذ الشكل الرياضي التالي:

$$X_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن: X_t : تمثل قيمة السلسلة الزمنية في الزمن t . a_t : يمثل الخطأ العشوائي عند الزمن t .

a_{t-1} : يمثل الخطأ العشوائي عند الزمن $t-1$ ، وهكذا. θ_i : تمثل معاملات الانموذج ، حيث ان $i = 1, \dots, q$

يتميز هذا الانموذج بأن دالة الارتباط الذاتي الجزئي له هي دالة أسية تنازلية تشبه دالة الارتباط الذاتي لانموذج الانحدار الذاتي ، وأن دالة الارتباط الذاتي له تتقطع عند الصفر بعد الفترة q والتي تحدد رتبة الانموذج.

3. الانموذج المختلط (Auto Regressive - Moving Average Model)

ويسمى أيضاً بالانموذج ذاتي الانحدار ذو الأوساط المتحركة وذلك لأنه يجمع بين خصائص النوعين السابقين ويرمز له اختصاراً $ARMA(p,q)$ حيث أن (p,q) هي رتبة الانموذج ، وأن الشكل الرياضي له هو:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \dots \dots \dots (3)$$

حيث أن: X_t : تمثل قيمة السلسلة الزمنية في الزمن t . X_{t-1} : تمثل قيمة السلسلة الزمنية في الزمن $t-1$.
 $\emptyset_i$: تمثل معلمات انموذج الانحدار الذاتي ، حيث ان $i = 1, \dots, p$
 a_t : يمثل الخطأ العشوائي عند الزمن t . a_{t-1} : يمثل الخطأ العشوائي عند الزمن $t-1$ ، وهكذا.
 θ_i : تمثل معلمات انموذج الأوساط المتحركة ، حيث ان $i = 1, \dots, q$
 يتميز هذا الانموذج بأن دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي والخاصتان به هما دوال أسية تنازلية.
ملاحظة: من الجدير بالذكر بأننا لا نستطيع استعمال أي من النماذج الثلاثة السابقة الذكر أعلاه إلا إذا كانت السلسلة الزمنية مستقرة.

4. الانموذج ذاتي الانحدار المندمج ذو الأوساط المتحركة

(Auto Regressive – Integrated Moving Average Model)

ويسمى أيضاً بانموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية ، ويستخدم هذا الانموذج في حالة كون السلسلة الزمنية غير مستقرة ، ويتم في هذه الحالة تحويل البيانات من أجل الوصول إلى حالة الاستقرار وهو ما يوفره لنا هذا النوع من النماذج ، ويرمز لهذا الانموذج اختصاراً بالرمز $ARIMA(p,d,q)$ حيث أن (p,d,q) هي رتبة الانموذج ، وأن d يمثل رتبة عامل الفروق والتي تستخدم لجعل السلسلة الزمنية مستقرة ، حيث أن:

$$(1 - B) X_t = X_t - X_{t-1} = \nabla X_t \dots \dots \dots (4)$$

$$(1 - B)^2 X_t = (X_t - X_{t-1}) - (X_{t-1} - X_{t-2}) = \nabla^2 X_t \dots \dots \dots (5)$$

$$\dots \dots \dots = \dots \dots \dots$$

$$(1 - B)^d X_t = \nabla^d X_t \dots \dots \dots (6)$$

حيث أن:

$$d \geq 1$$

$$p, q = 0, 1, 2, \dots$$

اذ نلاحظ في حالة وجود النمط الموسمي في السلسلة الزمنية ولاسيما السلاسل الزمنية الشهرية والربع سنوية فإنه يتم اللجوء إلى استعمال النماذج الموسمية ، ومن أبرز هذه النماذج ، انموذج الانحدار الذاتي الموسمي ، وانموذج المتوسطات المتحركة الموسمية ، والانموذج الموسمي المختلط وهو يجمع بين انموذج الانحدار الذاتي الموسمي وانموذج المتوسطات المتحركة الموسمية ، كما أن هناك انموذج آخر يعد من أهم وأبرز النماذج الموسمية وهو الانموذج المضاعف (Multiplication Model) ويكتب هذا الانموذج اختصاراً:

$$ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$$

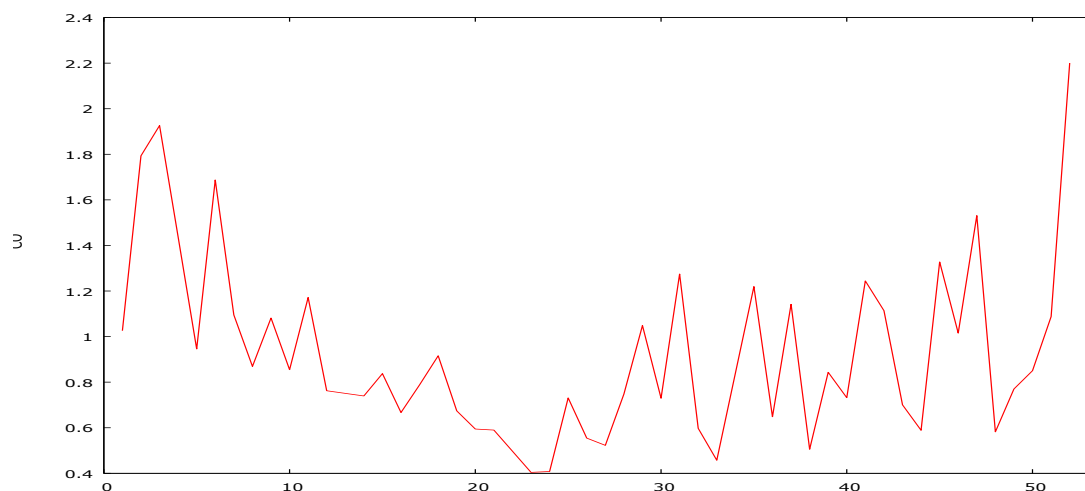
حيث تأخذ S قيمة 12 عندما تكون الموسمية شهرية.

وتأخذ S القيمة 4 عندما تكون الموسمية فصلية.

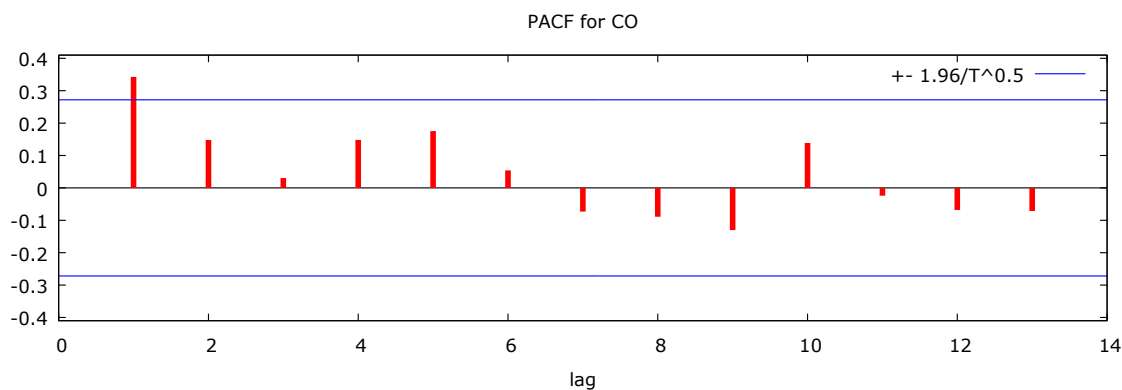
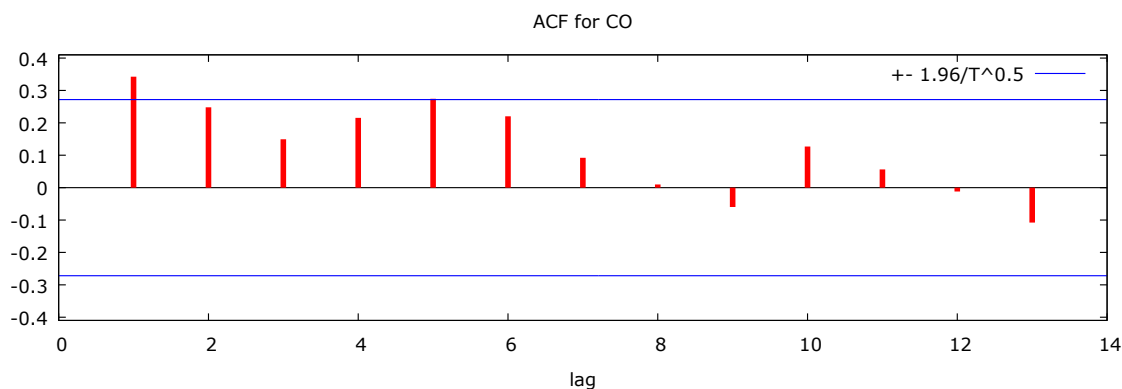
1-2 الفصل الثاني بناء انموذج بوكس جينكنز للعامل الأول (CO)

1. فحص الاستقرار

الشكل رقم (1) يبين الرسم البياني لمعدلات التلوث بغاز (CO)



الشكل رقم (2) يبين معاملات دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لمعدلات التلوث بغاز (CO)



جدول (1) يبين نتائج اختبار ديكي - فيلر للعامل الأول (CO)

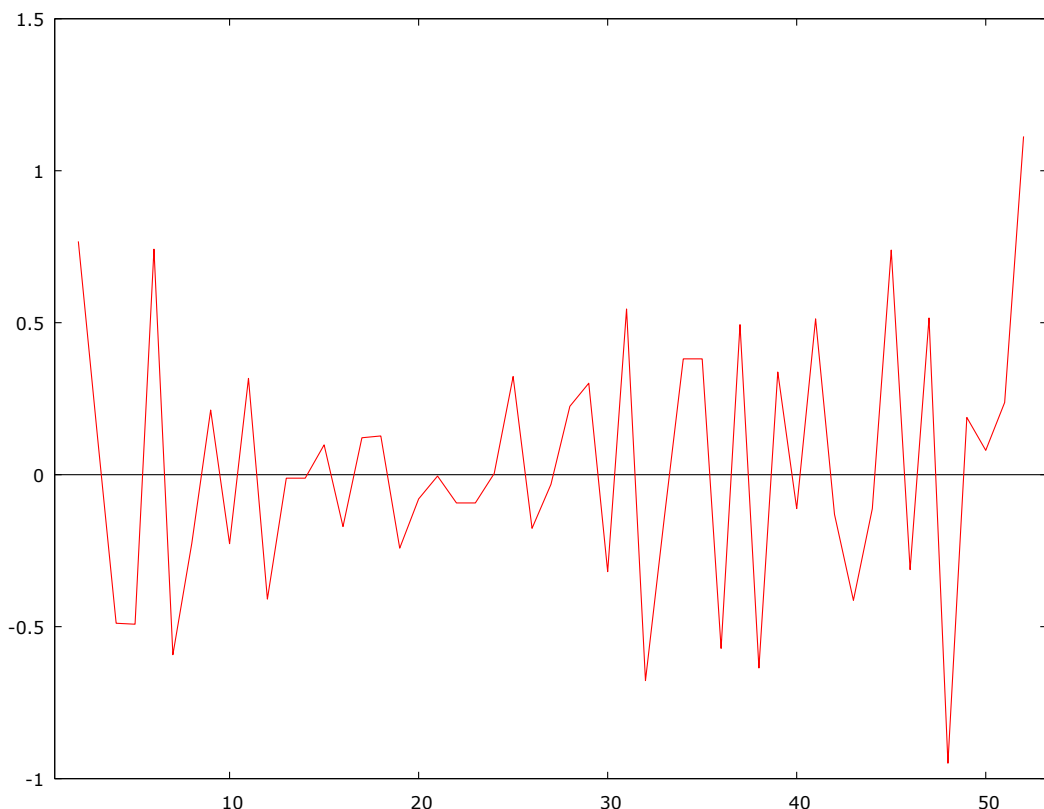
<i>Test</i>	<i>Test Statistic</i>	<i>Table Statistic</i>	<i>P-value</i>
<i>(Augmented Dickey – Fuller)</i>	1.17543	1.943	0.9389

من خلال الرسم البياني أعلاه وسلوك الدلتا الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي ، نلاحظ وجود عدم استقرارية للسلسلة الزمنية ، وهذا ما يؤكد لنا اختبار ديكي - فيلر ، حيث نلاحظ بأن القيمة المطلقة لاحتواء الاختبار هي اقل من القيمة الجدولية الخاصة باختبار ديكي - فيلر عند مستوى معنوية 0.05 مما يدعونا إلى قبول فرضية العدم أي إن السلسلة الزمنية غير مستقرة.

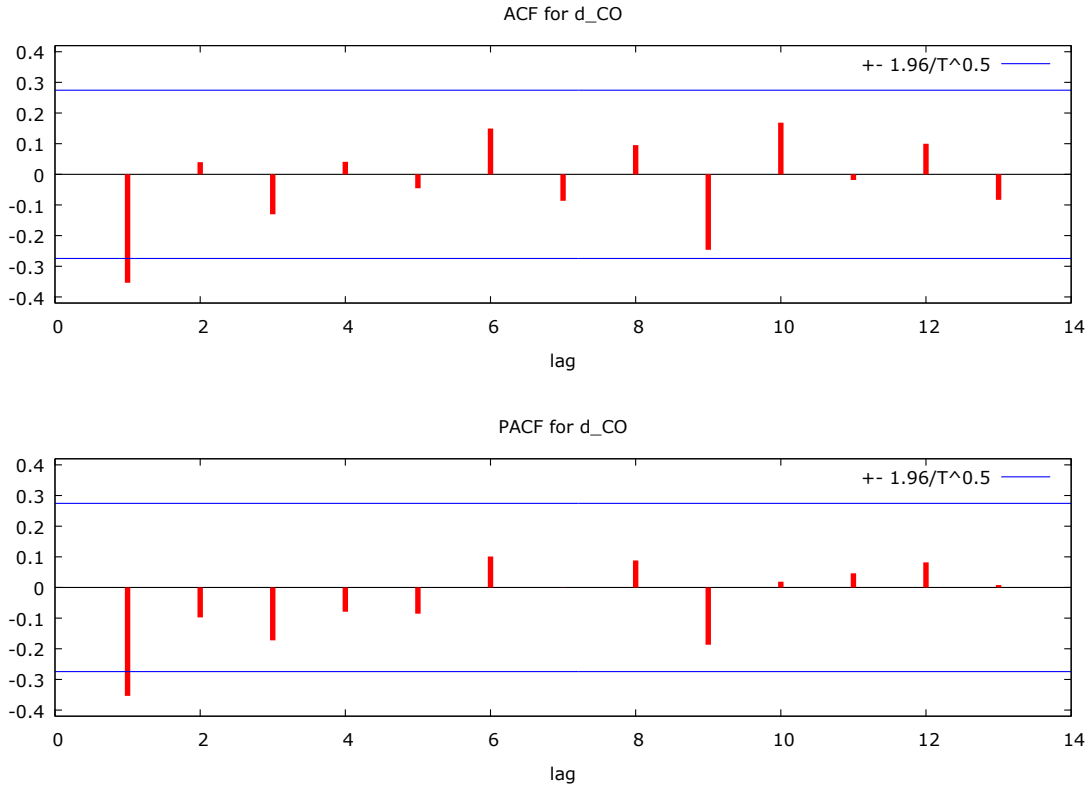
2. تحقيق الاستقرار

لكي يتم تحديد الانموذج الملائم للتنبؤ بقيمة السلسلة الزمنية فإنه يجب أن تكون السلسلة الزمنية مستقرة في المتوسط والتباين ، وبعد أخذ الفرق الأول لقيم السلسلة الزمنية نلاحظ أنه تم تحقيق الاستقرار في السلسلة الزمنية وكما هو مبين أدناه:

الشكل (3) يبين الرسم البياني لمعدلات التلوث بغاز (CO) بعد أخذ الفرق الأول



الشكل (4) يبين معاملات دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لمعدلات التلوث بغاز (CO) بعد أخذ الفرق الأول



جدول (2) يبين نتائج اختبار ديكي - فيلر للعامل الأول (CO) بعد أخذ الفرق الأول

Test	Test Statistic	Table Statistic	P-value
(Augmented Dickey – Fuller)	-2.02196	1.943	0.0414

من خلال الرسم البياني أعلاه وسلوك دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي ، نلاحظ بأنه قد تم تحقيق الاستقرار في السلسلة الزمنية بعد أخذ الفرق الأول ، وهذا ما يؤكد لنا اختبار ديكي - فيلر ، حيث نلاحظ بأن القيمة المطلقة لاختبار هي أكبر من القيمة الجدولية الخاصة باختبار ديكي - فيلر عند مستوى معنوية 0.05 مما يدعونا إلى رفض فرضية العدم وقبول الفرضية البديلة أي إن السلسلة الزمنية مستقرة.

3. تشخيص الانموذج الملائم وتحديد رتبته

بعد أخذ الفرق الأول لقيم السلسلة الزمنية والخاصة بالعامل الأول (CO) وتحقيق الاستقرار في السلسلة الزمنية ، فإننا نقوم بعد ذلك بتشخيص الانموذج الملائم وتحديد رتبته.

نلاحظ بأنه من الصعوبة تشخيص الانموذج الملائم لبيانات السلسلة الزمنية بالاعتماد على سلوك معاملات دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الزمنية بعد أخذ الفرق الأول ، وذلك لفشل هاتين الدالتين في تشخيص الانموذج الملائم ، وكذلك نلاحظ بأنه من الصعوبة تحديد رتبة الانموذج الملائم وذلك بسبب ظهور اكثر من نموذج قد يلائم بيانات السلسلة الزمنية ، لذلك فإنه في مثل هكذا حالات يتم اللجوء إلى استعمال معايير احصائية عديدة في تشخيص الانموذج الملائم وتحديد رتبته دون الاعتماد على دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي ، وقد تم استعمال معيارين احصائين لذلك الغرض وهما:

أ. معيار معلومة أكايكي (Akaike) (Akaike Information Criterion) ويكتب اختصاراً (AIC).

ب. معيار حنان - كوين (Hannan-Quinn Criterion) ويكتب اختصاراً (H-Q).

تم توفيق عدد من النماذج ومن ثم تم اعتماد ثلاثة نماذج (تكون فيها تقديرات المعلمات معنوية) للمقارنة بينها على أساس هذين المعيارين ، وكما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (3) يبين النماذج ذات تقديرات معنوية للمعلمات

Model (p,d,q)	H-Q	AIC
ARIMA (0,1,1)	46.14792	44.67151
ARIMA (1,1,0)	45.22751	44.49940
ARIMA (2,1,2)	44.37507	40.78630

وبالاعتماد على هذين المعيارين وباختيار أقل قيم لهما تم التوصل إلى أن الانموذج الأكثر ملائمة لتمثيل السلسلة الزمنية أعلاه هو ARIMA (2,1,2).

جدول (4) يبين معنوية المعلمات للانموذج ARIMA (2,1,2)

Parameters	Coefficient	Std. Error	Z	p-value	
phi_1	0.647497	0.219707	2.9471	0.00321	***
phi_2	-0.462102	0.120152	-3.8460	0.00012	***
Theta_1	-1.40364	0.171357	-8.1913	0.00001	***
Theta_2	0.76945	0.129323	5.9498	0.00001	***

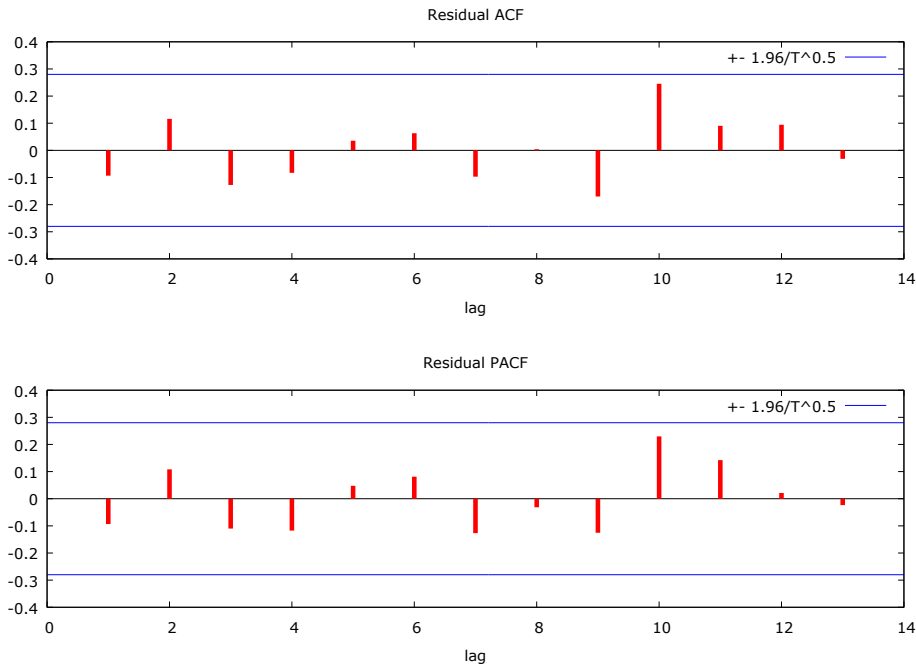
والنموذج سوف يأخذ الشكل التالي:

$$(1 - 0.647497B + 0.462102B^2) (1 - B)X_t = (1 + 1.40364B - 0.76945B^2)a_t$$

4. فحص ملائمة الانموذج

إن معاملات دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة البواقي الناتجة عن استعمال الانموذج ووقوعها ضمن حدود الثقة باحتمال 95% ، وقيمة Q_{L-B} المحسوبة يؤكدان مصداقية الانموذج لتمثيل السلسلة الزمنية أعلاه، وبالتالي ملائمة الانموذج للتنبؤ وكما هو مبين أدناه:

الشكل (5) يبين معاملات دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة البواقي
لانموذج (2,1,2) ARIMA



Ljung-Box Q = 10.1627

With p-value = $P(\text{Chi-square}(9) = 16.92 > 10.1627) = 0.3375$

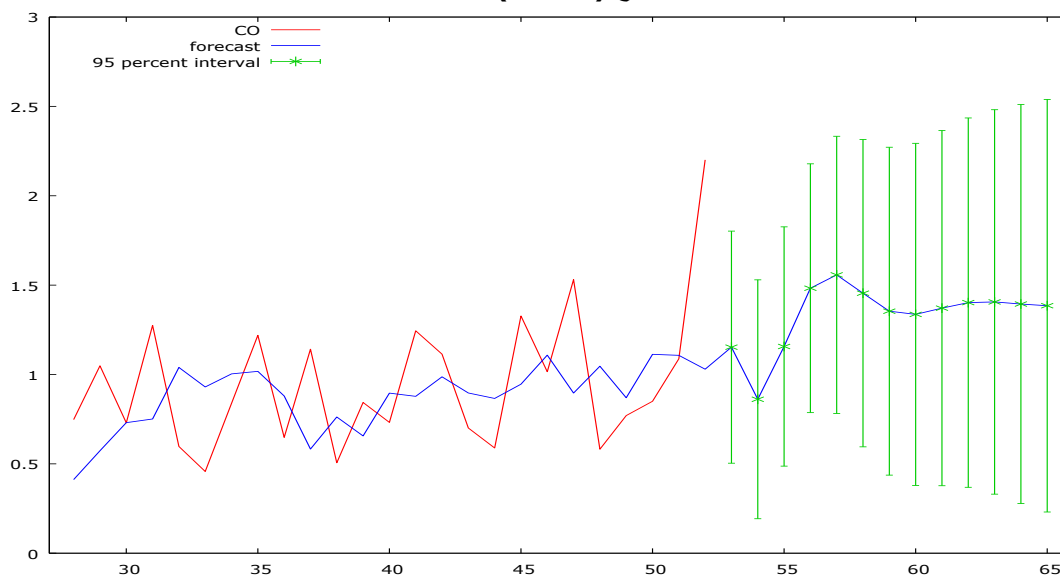
5. التنبؤ المستقبلي

بعد تشخيص الانموذج الرياضي الملائم لمعدلات التلوث بغاز (CO) ، فإنه يمكن التنبؤ المستقبلي لمعدلات التلوث بهذا الغاز ، حيث تم التنبؤ بمعدلات التلوث بهذا الغاز للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من سنة 2013م وكما هو مبين في الجدول التالي:

**جدول (5) يبين القيم التنبؤية لمعدلات التلوث بغاز (CO) وحدودها الدنيا والعليا
لانموذج (2,1,2) ARIMA**

NO	Weeks 2013	الحد الأدنى للتنبؤ	القيمة التنبؤية	الحد الأعلى للتنبؤ
1	53	0.503585	1.15288	1.80218
2	54	0.192944	0.861267	1.52959
3	55	0.487112	1.15663	1.82615
4	56	0.786607	1.48263	2.17866
5	57	0.781621	1.55723	2.33284
6	58	0.595029	1.45489	2.31475
7	59	0.436771	1.35415	2.27153
8	60	0.379073	1.33621	2.29335
9	61	0.377589	1.37115	2.36471
10	62	0.368721	1.40206	2.43540
11	63	0.330421	1.40593	2.48144
12	64	0.277749	1.39415	2.51056
13	65	0.230379	1.38474	2.53910

**الشكل (3-6) يبين الرسم البياني للقيم التنبؤية لمعدلات التلوث بغاز (CO) بعد استعمال
الانموذج (2,1,2) ARIMA**



2-2 الاستنتاجات

1. عند رسم السلسلة الزمنية للعامل الأول وهو غاز أول أكسيد الكربون (CO) ، وحساب معاملات دالتلي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) ، وإجراء اختبار ديكي - فيلر الموسع (Augmented Dickey - Fuller) ، لاحظنا وجود تذبذب في البيانات وعدم استقرارية في السلسلة الزمنية.

2. استقرت بيانات السلسلة الزمنية للعامل الأول وهو غاز أول أكسيد الكربون (CO) بعد أخذ الفرق الأول ، حيث لاحظنا من خلال الرسم البياني ، وحساب معاملات دالتلي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) ، وإجراء اختبار ديكي - فيلر الموسع (Augmented Dickey - Fuller) أن السلسلة الزمنية قد حققت الاستقرار.

3. تم تشخيص الانموذج ARIMA (2,1,2) كأفضل انموذج تنبؤ لبيانات السلسلة الزمنية للعامل الأول وهو غاز أول أكسيد الكربون (CO) ، وذلك بالاعتماد على معياري أكيكي (AIC) وحنان - كوين (H-Q) ، حيث لاحظنا بأن الانموذج المذكور يمتلك أقل قيم بالنسبة لهذين المعيارين ، وأن الانموذج أخذ الشكل التالي:

$$(1 - 0.647497B + 0.462102B^2) (1 - B)X_t = (1 + 1.40364B - 0.76945B^2)a_t$$

4. تم التأكد من ملائمة الانموذج ARIMA (2,1,2) وذلك من خلال فحص معاملات دالتلي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) لسلسلة البواقي الناتجة عن استعمال الانموذج المذكور ووقوعها ضمن حدود الثقة باحتمال 95% ، وهذا ما أكدته لنا اختبار Q_L-B والذي لاحظنا من خلاله بأن معاملات دالة الارتباط الذاتي للأخطاء المقدره تتوزع توزيعاً عشوائياً ، أي أن الانموذج المشخص ملائم.

5. تم التنبؤ بمعدلات التلوث للعامل الأول وهو غاز أول أكسيد الكربون (CO) للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من عام 2013م وبعد مقارنتها مع معدلات التلوث بهذا الغاز للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من عام 2012م لاحظنا وجود زيادة في الغالب بمعدلات التلوث بهذا الغاز .

6. لاحظنا بأن الزيادة في معدلات التلوث بغاز أول أكسيد الكربون (CO) لا تشكل خطراً كبيراً على البيئة وذلك لأن الحد الأعلى المسموح للتلوث بهذا الغاز وحسب محددات التلوث التي وضعتها وزارة البيئة هو 10 (ppm) ، وعلى ضوء ذلك يمكن تصنيفه ضمن القسم الأول من أقسام التلوث البيئي وهو التلوث المقبول الذي لا ترافقه أية مشكلات أو أخطار ملموسة بالنسبة للكائنات الحية.

7. عند رسم السلسلة الزمنية للعامل الثاني وهو غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) ، وحساب معاملات دالتلي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) ، وإجراء اختبار ديكي - فيلر الموسع (Augmented Dickey - Fuller) ، لاحظنا وجود تذبذب في البيانات وعدم استقرارية في السلسلة الزمنية.

8. استقرت بيانات السلسلة الزمنية للعامل الثاني وهو غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) بعد أخذ الفرق الأول والوغازتم الطبيعي ، حيث لاحظنا من خلال الرسم البياني ، وحساب معاملات دالتلي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) ، وإجراء اختبار ديكي - فيلر الموسع (Augmented Dickey - Fuller) أن السلسلة الزمنية قد حققت الاستقرار.

9. تم تشخيص الانموذج $ARIMA(1,1,0)$ كأفضل انموذج تنبؤ لبيانات السلسلة الزمنية للعامل الثاني وهو غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وذلك بالاعتماد على معياري أكيكي (AIC) وحنان - كوين (H-Q)، حيث لاحظنا بأن الانموذج المذكور يمتلك أقل قيم بالنسبة لهذين المعيارين، وأن الانموذج أخذ الشكل التالي:

$$(1 + 0.421031B)(1 - B)X_t = a_t$$

10. تم التأكد من ملائمة الانموذج $ARIMA(1,1,0)$ وذلك من خلال فحص معاملات دالتي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) لسلسلة البواقي الناتجة عن استعمال الانموذج المذكور ووقوعها ضمن حدود الثقة باحتمال 95%، وهذا ما أكدته لنا اختبار Q_{L-B} والذي لاحظنا من خلاله بأن معاملات دالة الارتباط الذاتي للأخطاء المقدره تتوزع توزيعاً عشوائياً، أي أن الانموذج المشخص ملائم.

11. تم التنبؤ بمعدلات التلوث للعامل الثاني وهو غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من عام 2013م وبعد مقارنتها مع معدلات التلوث بهذا الغاز للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من عام 2012م لاحظنا وجود انخفاض في الغالب بمعدلات التلوث بهذا الغاز.

12. لاحظنا بأن معدلات التلوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) التي تم التنبؤ بها لا تشكل خطراً كبيراً على البيئة وذلك لأن الحد الأعلى المسموح للتلوث بهذا الغاز وحسب محددات التلوث التي وضعتها وزارة البيئة هو 0.04 (ppm)، وعلى ضوء ذلك يمكن تصنيفه ضمن القسم الأول من أقسام التلوث البيئي وهو التلوث المقبول الذي لا ترافقه أية مشكلات أو أخطار ملموسة بالنسبة للكائنات الحية.

13. عند رسم السلسلة الزمنية للعامل الثالث وهو غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، وحساب معاملات دالتي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF)، وإجراء اختبار ديكي - فيلر الموسع (Augmented Dickey - Fuller)، لاحظنا وجود تذبذب في البيانات وعدم استقرارية في السلسلة الزمنية.

14. استقرت بيانات السلسلة الزمنية للعامل الثالث وهو غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) بعد أخذ الفرق الأول، حيث لاحظنا من خلال الرسم البياني، وحساب معاملات دالتي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF)، وإجراء اختبار ديكي - فيلر الموسع (Augmented Dickey - Fuller) أن السلسلة الزمنية قد حققت الاستقرارية.

15. تم تشخيص الانموذج $ARIMA(0,1,1)$ كأفضل انموذج تنبؤ لبيانات السلسلة الزمنية للعامل الثالث وهو غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، وذلك بالاعتماد على معياري أكيكي (AIC) وحنان - كوين (H-Q)، حيث لاحظنا بأن الانموذج المذكور يمتلك أقل قيم بالنسبة لهذين المعيارين، وأن الانموذج أخذ الشكل التالي:

$$(1 - B)X_t = (1 + 0.482746B)a_t$$

16. تم التأكد من ملائمة الانموذج $ARIMA(0,1,1)$ وذلك من خلال فحص معاملات دالتي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) لسلسلة البواقي الناتجة عن استعمال الانموذج المذكور ووقوعها

- ضمن حدود الثقة باحتمال 95% ، وهذا ما أكدته لنا اختبار Q_L-B والذي لاحظنا من خلاله بأن معاملات دالة الارتباط الذاتي للأخطاء المقدرة تتوزع توزيعاً عشوائياً ، أي أن الانموذج المشخص ملائم.
17. تم التنبؤ بمعدلات التلوث للعامل الثالث وهو غاز ثاني أوكسيد النيتروجين (NO_2) للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من عام 2013م وبعد مقارنتها مع معدلات التلوث بهذا الغاز للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من عام 2012م لاحظنا وجود زيادة في الغالب بمعدلات التلوث بهذا الغاز.
18. لاحظنا بأن الزيادة في معدلات التلوث بغاز ثاني أوكسيد النيتروجين (NO_2) لا تشكل خطراً كبيراً على البيئة وذلك لأن الحد الأعلى المسموح للتلوث بهذا الغاز وحسب محددات التلوث التي وضعتها وزارة البيئة هو 0.05 (ppm) ، وعلى ضوء ذلك يمكن تصنيفه ضمن القسم الأول من أقسام التلوث البيئي وهو التلوث المقبول الذي لا تراقبه أية مشكلات أو أخطار ملموسة بالنسبة للكائنات الحية ، ولكن يجدر الإشارة بأن معدلات التلوث بهذا الغاز هي في الحد الأعلى من التلوث المسموح به وإذا لم يتم خفض هذه النسبة فإنه سوف يتحول من التلوث المقبول إلى التلوث الخطر في المستقبل.
19. عند رسم السلسلة الزمنية للعامل الرابع وهو الجسيمات العالقة (TSP) ، وحساب معاملات دالتى الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) ، وإجراء اختبار ديكي - فيلر الموسع (Augmented Dickey - Fuller) ، لاحظنا وجود تذبذب في البيانات وعدم استقرارية في السلسلة الزمنية.
20. استقرت بيانات السلسلة الزمنية للعامل الرابع وهو الجسيمات العالقة (TSP) بعد أخذ الفرق الأول واللوغارتم الطبيعي ، حيث لاحظنا من خلال الرسم البياني ، وحساب معاملات دالتى الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) ، وإجراء اختبار ديكي - فيلر الموسع (Augmented Dickey - Fuller) أن السلسلة الزمنية قد حققت الاستقرار.
21. تم تشخيص الانموذج $ARIMA(0,1,1)$ كأفضل انموذج تنبؤ لبيانات السلسلة الزمنية للعامل الرابع وهو الجسيمات العالقة (TSP) ، وذلك بالاعتماد على معياري أكيكي (AIC) وحنان - كوين (H-Q) ، حيث لاحظنا بأن الانموذج المذكور يمتلك أقل قيم بالنسبة لهذين المعيارين ، وأن الانموذج أخذ الشكل التالي:
- $$(1 - B)X_t = (1 + 0.709975B)a_t$$
22. تم التأكد من ملائمة الانموذج $ARIMA(0,1,1)$ وذلك من خلال فحص معاملات دالتى الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) لسلسلة البواقي الناتجة عن استعمال الانموذج المذكور ووقوعها ضمن حدود الثقة باحتمال 95% ، وهذا ما أكدته لنا اختبار Q_L-B والذي لاحظنا من خلاله بأن معاملات دالة الارتباط الذاتي للأخطاء المقدرة تتوزع توزيعاً عشوائياً ، أي أن الانموذج المشخص ملائم.
23. تم التنبؤ بمعدلات التلوث بالعامل الرابع وهو الجسيمات العالقة (TSP) للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من عام 2013م وبعد مقارنتها مع معدلات التلوث بهذا العامل للأسابيع الثلاثة عشر الأولى من عام 2012م لاحظنا وجود انخفاض في الغالب بمعدلات التلوث بهذا العامل.
24. لاحظنا بأن معدلات التلوث بالجسيمات العالقة (TSP) التي تم التنبؤ بها لا تشكل خطراً كبيراً على البيئة وذلك لأن الحد الأعلى المسموح للتلوث بهذا العامل وحسب محددات التلوث التي وضعتها وزارة البيئة هو 350

مايكروغرام / م³ ، وعلى ضوء ذلك يمكن تصنيفه ضمن القسم الأول من أقسام التلوث البيئي وهو التلوث المقبول الذي لا ترافقه أية مشكلات أو أخطار ملموسة بالنسبة للكائنات الحية.

2-3 التوصيات

على ضوء ما تم التوصل إليه من استنتاجات نوصي بما يلي:

1. اعتماد سلسلة زمنية أكثر طولاً ، حيث نقترح على المعنيين بالأمر في وزارة البيئة تزويدنا ببيانات أكثر مما تم تزويدنا به ، وذلك للاستفادة منها مستقبلاً بالتحليل والتنبؤ والتوصل إلى نتائج أكثر دقة.
2. قياس معدلات التلوث بالعوامل الأربعة والتي تم تحليلها أعلاه بشكل منتظم ويفضل أن يتم قياس هذه المعدلات بشكل يومي وبدون انقطاع حتى لا نضطر إلى أخذ المعدلات الأسبوعية وذلك للاستفادة منها بالتحليل مستقبلاً ولكي تعطينا نتائج أكثر دقة.
3. توفير بيانات عن العوامل المؤثرة على تلوث البيئة الأخرى وخاصة العوامل المؤثرة على تلوث التربة والمياه مع وضع محددات التلوث المسموح به لكل عامل حتى يتم ادراجها مستقبلاً بالتحليل والتنبؤ.
4. اتخاذ الاجراءات اللازمة والضرورية للحد من الزيادة بالتلوث بغاز اول أوكسيد الكربون (CO) وغاز ثاني أوكسيد النيتروجين (NO₂) حيث لاحظنا زيادة في معدلات التلوث بهذين العاملين وذلك لكي لا يتحول التلوث بهذين العاملين في المستقبل من التلوث المقبول إلى التلوث الخطر.
5. سن قوانين جديدة تعمل على حماية البيئة وتقلل من مخاطر التلوث البيئي مثل حظر التدخين في الاماكن العامة والدوائر والمؤسسات الحكومية وذلك لأن التدخين يعمل على اطلاق العديد من الجسيمات الدقيقة في الهواء (TSP) ، هذا بالإضافة الى القوانين التي تعمل على استبدال الوقود المستخدم في محطات توليد الطاقة الكهربائية والمعامل والمصانع ومصافي النفط والذي يعتبر من الأسباب الرئيسية لانبعاث غاز ثاني أوكسيد الكبريت (SO₂) وغاز أول أوكسيد الكربون (CO) وغاز ثاني أوكسيد النيتروجين (NO₂) بوقود آخر صديق للبيئة.
6. نقل محطات توليد الطاقة الكهربائية ومصافي النفط إلى خارج المدن لكي نعمل على خلق بيئة نظيفة وصحية بالنسبة للإنسان والكائنات الحية الأخرى.
7. زيادة الدعايات والاعلانات التي تشجع الناس للحفاظ على البيئة والتي تعمل على توعيتهم بمخاطر التلوث البيئي وذلك للاسهام في بناء مجتمع نظيف ومتحضر يشعر بروح المواطنة من خلال الحفاظ على بيئة بلده والحفاظ على حق الآخرين بأن يعيشوا في بيئة نظيفة خالية من التلوث.
8. وضع العقوبات الرادعة بحق الاشخاص والمؤسسات وكل من يعمل على الاسهام في تلوث البيئة وذلك للحد من مشكلة التلوث البيئي.

المصادر

1. السلطاني ، حلا مثنى محمد فتحي ، (2013م) ، التنبؤ بانتاج محصولي الشلب والقطن في العراق باستخدام السلاسل الزمنية ، بحث دبلوم عالي في الاحصاء التطبيقي ، كلية الإدارة والاقتصاد ، جامعة بغداد.
2. الشواورة ، علي سالم ، (2012م) ، المدخل إلى علم البيئة ، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة ، الطبعة الأولى ، عمان ، الأردن.
3. الصراف ، نزار مصطفى ، وشومان ، عبد اللطيف حسن ، (2013م) ، السلاسل الزمنية والأرقام القياسية ، دار الدكتور للعلوم الإدارية والاقتصادية ، بغداد ، العراق.
4. فاندل ، والتر ، (1992م) ، السلاسل الزمنية من الوجهة التطبيقية ونماذج بوكس - جينكنز ، تعريب ومراجعة الدكتور عبد المرضي حامد عزام ، والدكتور أحمد حسين هارون ، دار المريخ للنشر ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.
5. الكرعوي ، علي نعيم ناصر عباس ، (2014م) ، أثر التلوث البيئي على المستوى الصحي في العراق ، بحث دبلوم عالي في الاحصاء التطبيقي ، كلية الإدارة والاقتصاد ، جامعة بغداد.
6. النجار ، صباح مجيد ، وجواد ، مها كامل ، (2013م) ، الإدارة البيئية ، مكتبة السيسبان ، رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد 1809 ، بغداد ، العراق.
7. Box, G.E.P & Jenkins, G.M. (1976), "Time Series Analysis, Forecasting and Control", 2nd Ed, Holden – Day, San Francisco, USA.
8. Chatfield, C. (1980), "The Analysis of Time Series: An Introduction", Bath University, 2nd Ed, UK.

ملحق يبين المعدلات الاسبوعية لتلوث الهواء بالعوامل الاربعة المذكورة في الجدول ادناه لسنة 2012

Weeks	CO	SO2	NO2	TSP
1	1.02575	0.030000	0.03325	371.50000
2	1.79325	0.061000	0.05325	382.00000
3	1.92620	0.055600	0.05420	222.00000
4	1.43750	0.068750	0.05125	331.00000
5	0.94560	0.049000	0.03460	364.00000
6	1.68750	0.057750	0.05225	538.00000
7	1.09520	0.049200	0.03820	565.50000
8	0.86900	0.036000	0.03680	593.00000
9	1.08167	0.041333	0.03767	493.25000
10	0.85460	0.030200	0.03320	393.50000
11	1.17160	0.040600	0.03600	734.50000
12	0.76225	0.023500	0.03050	254.00000
13	0.75083	0.029250	0.03005	384.50000
14	0.73940	0.035000	0.02960	515.00000
15	0.83760	0.026000	0.03380	817.00000
16	0.66680	0.023000	0.02880	4611.50000
17	0.78820	0.026000	0.03200	399.00000
18	0.91575	0.025750	0.04250	1139.00000
19	0.67400	0.016500	0.03425	382.00000
20	0.59425	0.018000	0.02725	2386.00000
21	0.58980	0.011200	0.02760	3532.66667
22	0.49690	0.012000	0.02500	2325.33333
23	0.40400	0.012800	0.02240	1118.00000
24	0.40800	0.015750	0.02475	448.00000
25	0.73100	0.050600	0.04440	1285.33333
26	0.55450	0.024667	0.03467	962.50000
27	0.52267	0.041667	0.03783	613.66667
28	0.74767	0.036000	0.04850	919.00000
29	1.04860	0.057400	0.06000	718.50000
30	0.72950	0.056750	0.05475	518.00000
31	1.27475	0.051000	0.06125	710.50000
32	0.59725	0.039500	0.04075	903.00000
33	0.45725	0.036750	0.03675	453.50000
34	0.83833	0.044075	0.04778	467.75000
35	1.21940	0.051400	0.05880	482.00000
36	0.64800	0.032250	0.03500	533.00000
37	1.14160	0.036400	0.04840	661.50000
38	0.50560	0.029000	0.02940	434.00000
39	0.84340	0.036400	0.05000	403.00000
40	0.73180	0.047200	0.04800	490.00000
41	1.24440	0.057600	0.05360	894.00000
42	1.11375	0.026750	0.03650	481.00000
43	0.70040	0.016400	0.03700	419.00000
44	0.58867	0.038667	0.03300	271.00000
45	1.32760	0.024200	0.04240	671.00000
46	1.01525	0.030500	0.03300	309.50000
47	1.53080	0.013400	0.03940	171.00000
48	0.58175	0.021250	0.02825	216.00000
49	0.77000	0.019000	0.03200	282.75000

50	0.85020	0.025600	0.03700	349.50000
51	1.08780	0.045400	0.04360	562.00000
52	2.20067	0.025000	0.06133	290.00000