



جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا

كلية الدراسات العليا



بحث مقدم لنيل درجة الدكتوراه الفلسفة في علوم الاحصاء

**بعنوان :**

**((استخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات لبناء نموذج إحصائي للتنبؤ**

**بحوادث المرور السريع بالسودان (2011 - 2015 م) ))**

Using Multivariate Time Series Analysis in Constructing  
a Statistical Model to Forecast Highways Traffic Accidents  
in Sudan (2011-2015) ))

**إشراف :**

أ.د. عبيد محمود محسن الزوبعي  
د. أمل السر الخضر عبدالرحيم  
المشرف المعاون

**إعداد:**

النذير محمد النور العبيد

1440هـ - 2019م

# الآية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال الله تعالى:

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ  
بِالْقِسْطِ ۗ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ  
مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ ۗ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٢٥﴾

(صدق الله العظيم)

سورة الحديد ( 25 )

## الإهداء

من علمتي الصمود مهما تبدلت الظروف إلى من أرضعتني الحب والحنان إلى رمز الحب وبلسم

الشفاء إلى القلب الناصع بالبياض ، دارالسلام احمد العبيد (والدتي) .

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب، إلى من كلت أنامله ليقدّم لنا لحظة سعادة  
إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم إلى القلب الكبير، محمد النورالعبيد  
(الحكيم ) والدي

إلى من كانوا يضيئون لي الطريق ويساندوني ويتنازلون عن حقوقهم لإرضائي

والعيش في هناء ( إخوتي ) تقديرًا ووفاءً

إلى رفيقة الدرب زوجتي

إلى فلذات كبدي وقرّة عيني ( ليان و أفنان و محمد )

إلى من تحلو بالإخاء وتميزو بالوفاء والعطاء إلى ينابيع

الصدق الصافي إلى من معهم سعدت ، وبرفقتهم في دروب الحياة الحلوة

والحزينة سرت إلى من كانوا معي على طريق النجاح والخير

إلى من عرفت كيف أجدهم وعلموني أن لا أضيعهم ( أصدقائي)

والى أسرة جامعة ابن سينا منارة العلم وقلعة المعرفة

إلى كل من ساهم في إيصالني للمستوى العلمي الذي انا فيه ... اساتذتي.

إلى كل هؤلاء أهدي ثمرة جهدي المتواضع مع الحب والتقدير والعرفان بالجميل لذي بشكل أو

بآخر كان لهم أثرا فيه .

الباحث

## الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، وبعد فإنني أشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لي إنجاز هذا العمل بفضلته، فله الحمد أولاً وآخراً ثم أشكر أولئك الأخيار الذين مدوا لي يد المساعدة، خلال هذه الفترة، وفي مقدمتهم أستاذي المشرف على الرسالة

**البروفيسور/ عبيد محمود محسن الزوبعي**

الذي لم يدخر جهداً في مساعدتي، لما أبداه من حسن رعاية ورعاية ورعاية وروح علمية مخلص، وما قدمه لي من توجيهات ونصائح سديدة وملاحظات قيّمة ومستمرة... فدعائي له بالخير والعافية.

وأتوجه بخالص شكري وتقديري وعظيم امتناني إلى أستاذتي الفاضلة

**الدكتورة/ أمل السر الخضر**

الاستاذ المساعد كلية العلوم قسم الإحصاء (المشرف المعاون) على هذه الرسالة فلها كل الشكر والتقدير.

و الشكر موصول الى ادارة المرور السريع (قسم الإحصاء و المعلومات)

وشكر خاص الى جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا كلية العلوم قسم الإحصاء وأخيراً لا بد من كلمة شكر ومحبة وامتنان إلى كل من شدد من أزمي، وكل من ساندني في عملي وأعطاني القدرة والإصرار في تحقيق هدفي حتى لو كان بكلمة تشجيع واحدة، وممن فاتني ذكر أسمائهم، جزاهم الله خير الجزاء.

**الباحث**

## المستخلص

السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات تعتبر من الأساليب الإحصائية الهامة التي تتناول سلوك الظواهر وتفسيرها عبر حقب زمنية محددة ، وتنشأ العملية المتعددة عند ملاحظة سلسلة زمنية مع أخرى في وقت واحد ، تكمن مشكلة البحث في الحوادث المرورية التي تمثل هاجساً وقلقاً لكافة أفراد المجتمع وكذلك عدم وجود وسيلة علمية تمكن المخطط ومتخذ القرار من متابعة ما تؤول اليه الظاهرة مستقبلاً ، يهدف البحث لبناء نموذج إحصائي للتنبؤ بالحوادث المرورية التي تحدث في الطرق الرئيسية (السريعة) في السودان باستخدام السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات التي تتكون من أربعة مراحل متسلسلة تبدأ بمرحلة التشخيص وتليها مرحلة التقدير ومرحلة فحص مدى ملاءمة النموذج وتأتي المرحلة الأخيرة وهي التنبؤ ، إعتماًداً على البيانات الشهرية للفترة من (2011 الى 2015) ، المأخوذة من إدارة المرور السريع ، متمثلة في الحوادث المرورية (الموت، البسيطة، الأذي الجسيم ، التلف) وذلك باستخدام المنهج الوصفي الإستنتاجي بإستخدام البرامج الإحصائية (Spss , Evies , stata , Minitap)، للتحقق من فرضيات البحث المتمثلة في أن السلاسل الزمنية لحوادث الحركة المرورية غير مستقرة - نماذج بوكس و جنكينز ملائمة لوصف بيانات سلسلة حوادث المرور متعددة المتغيرات ، حيث تم التوصل الي أن السلاسل الزمنية المتعددة المتغيرات للحوادث المرورية بالطرق الرئيسية (السريعة) مستقرة ، وان النموذج VAR (1) هو النموذج الملائم والكفوء لوصف السلاسل الزمنية لحوادث المرور السريع بالسودان ويمكن الإعتقاد عليه في عملية التنبؤ، وعليه نوصي بإستخدام هذا النموذج من قبل الجهات التخطيطية لمعرفة الاتجاهات المستقبلية للظاهرة لان السلاسل الزمنية نظام نمذجة وتنبؤ دقيق وموثوق به، كما نوصي بضرورة الإهتمام بالدراسات العلمية و البحوث الميدانية وتدريب العاملين علي استخدام البرمجيات الحديثة للتنبؤ والتحليلات الإحصائية و وضع برامج تختص بالتنوعية المرورية .

## Abstract

Multivariate time series is an important statistical method that deals with the behavior of phenomena and their interpretation over specific. Periods of time. The multi-process arises when observing a time series with another at the same time, the problem of research is in traffic accidents, which are a concern for all members of society as well as the lack of scientific research. The researcher aims to build a statistical model to predict the traffic accidents that occur in the main highways in Sudan using multivariate time series consisting of four sequential stages. The final stage is the prediction, based on monthly data for the period (2011 to 2015), taken from the Department of Rapid Traffic, represented in traffic accidents (death, minor, serious injury, damage). Using the deductive descriptive methodology using statistical programs( Spss, Evies, Stata Minitab), to verify the research hypotheses that the time series of traffic accidents are unstable - Box and Jenkins models are suitable for describing multivariate traffic accident data series, where it was concluded that The multivariate intention of traffic accidents by main (highway) roads is stable, and the VAR model (1) is the appropriate and efficient model for describing the time series of highway traffic accidents in Sudan and can be used in the forecasting process. Time series is a reliable and accurate modeling and forecasting system. We also recommend the need to pay attention to scientific studies and field research, train workers to use modern software for forecasting and statistical analysis, and develop traffic awareness programs.

## فهرست المحتويات

الترقيم	الموضوع	رقم الصفحة
1	الآية	أ
2	الإهداء	ب
3	الشكر والتقدير	ج
4	المستخلص بالعربي	د
5	المستخلص بالإنجليزي	هـ
6	فهرست المحتويات	و
7	فهرست الجداول	ح
8	فهرست الأشكال	ط
<b>الفصل الأول</b> <b>(المقدمة)</b>		
0-1	تمهيد	2
1-1	مشكلة البحث	2
2-1	أهمية البحث	3
3-1	أهداف البحث	3
4-1	منهجية البحث	3
5-1	فرضيات البحث	4
6-1	حدود البحث	4
7-1	البحوث و الدراسات السابقة	7
8-1	هيكلية البحث	7
<b>الفصل الثاني</b> <b>(السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات)</b>		
0-2	تمهيد	9
1-2	تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات	12

15	إستقرارية السلاسل الزمنية	2-2
32	نماذج السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات	3-2
45	مراحل تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات	4-2
<b>الفصل الثالث</b> <b>(الجانب التطبيقي)</b>		
47	تمهيد	0-3
47	الحادث المروري	1-3
48	اسباب الحوادث المرورية	2-3
48	السلامة المرورية	3-3
49	طرق و اساليب الوقاية من الحوادث المرورية	4-3
49	بيانات البحث	5-3
70	التحليل الإحصائي	6-3
<b>الفصل الرابع</b> <b>(النتائج والتوصيات)</b>		
72	تمهيد	0-4
72	النتائج	1-4
74	التوصيات	2-4
<b>المصادر</b>		
77	المراجع العربية	
78	المراجع الانجليزية	
	الملاحق	

## فهرست الجداول

الترقيم	الموضوع	رقم الصفحة
(1-3)	يوضح وصف الحوادث المرورية	50
(2-3)	يوضح نتائج اختبار ديكي فولر و فيلبس بيرون لإستقرارية الحوادث مجتمعة	59
(3-3)	يوضح نتائج اختبار ديكي فولر و فيلبس بيرون لإستقرارية حوادث الموت	60
(4-3)	يوضح نتائج اختبار ديكي فولروفيلبس بيرون لإستقرارية الحوادث (البسيطة )	61
(5-3)	يوضح نتائج اختبار ديكي فولر و فيلبس بيرون لإستقرارية حوادث الأذي الجسيم المرورية	62
(6-3)	يوضح نتائج اختبار ديكي فولر و فيلبس بيرون لإستقرارية حوادث التلف المرورية	63
(7-3)	النماذج الممكنة للسلاسل الزمنية لحوادث المرور	64
(8-3)	نتائج إختبار (Portmanteau) لفحص دقة النموذج للحوادث المرورية	66
(9-3)	يوضح نتائج اختبار الالتواء	67
(10-3)	يوضح نتائج اختبار التفرطح	68
(11-3)	الحوادث المرورية بالطرق الرئيسية المتنبأ بها	69

## فهرست الأشكال

رقم الصفحة	الموضوع	التقييم
51	سلوك السلاسل الزمنية (الشهرية) للحوادث المرورية مجتمعه	(1-3)
52	سلوك السلسلة الزمنية (الشهرية) لحوادث الموت المرورية	(2-3)
52	سلوك السلسلة الزمنية (الشهرية) للحوادث المرورية البسيطة	(3-3)
53	السلسلة الزمنية (الشهرية) لحوادث الاذي الجسيم المرورية	(4-3)
53	السلسلة الزمنية (الشهرية) لحوادث التلف المرورية	(5-3)
54	معاملات الارتباط الذاتي وحدى الثقة لحوادث الموت المرورية	(6-3)
55	معاملات الاتباط الذاتي الجزئي وحدى الثقة للسلسلة الزمنية لحوادث الموت	(7-3)
55	معاملات الارتباط الذاتي وحدى الثقة لحوادث الجروح (البسيطة)	(8-3)
56	معاملات الاتباط الذاتي الجزئي وحدى الثقة للسلسلة الزمنية لحوادث الجروح	(9-3)
56	معاملات الارتباط الذاتي وحدى الثقة لحوادث الاذي الجسيم	(10-3)
57	معاملات الاتباط الذاتي الجزئي وحدى الثقة لحوادث الاذي الجسيم المرورية	(11-3)
57	معاملات الارتباط الذاتي وحدى الثقة لحوادث التلف المرورية	(12-3)
58	معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدى الثقة لحوادث التلف المرورية	(13-3)
67	معاملات الارتباط الذاتي الجزئي لبواقي النموذج المقدر للحوادث	(14-3)
68	يوضح اختبار السكون (دائرة الوحدة) للنموذج المقدر	(15-3)
70	يوضح الحوادث المرورية المتتباها في الشهور القادمة	(16-3)

# الفصل الأول

## المقدمة

- 0-1 تمهيد
- 1-1 مشكلة البحث
- 2-1 أهمية البحث
- 3-1 أهداف البحث
- 4-1 منهجية البحث
- 5-1 فرضيات البحث
- 6-1 حدود البحث
- 7-1 البحوث و الدراسات السابقة
- 8 -1 هيكلية البحث

## 0-1 تمهيد :

لقد عانت البلاد في هذا العصر من ظاهرة حوادث المرور نتيجة التنمية المتسارعة و تزايد عدد السيارات و ما رافقها من تزايد معدل الوفيات و الإعاقة و ماتسببه من الأضرار النفسية و المعنوية لذلك كان لابد من إستخدام الأساليب و الطرق الإحصائية لإبراز إتجاهات الحوادث المرورية المستقبلية ويعتبر تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات من المواضيع الإحصائية المهمة والمفيدة في تحليل مثل هذه الظواهر .

السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات هي عبارة عن مجموعة من القياسات المأخوذة من عدد من المتغيرات مرتبة وفقاً لزمان حدوثها وفي أغلب الاحيان تكون هذه الفترات منتظمة ، ويتكون تحليل السلاسل الزمنية من مراحل متسلسلة تبدأ بمرحلة التشخيص (Identification) للنموذج والتي تعد المرحلة الأهم وتليها، مرحلة تقدير (Estimation) معالم النموذج ، ومن ثم مرحلة فحص مدى الملاءمة (DiagnosticChecking) للنموذج وتأتي المرحلة الأخيرة وهي التنبؤ (Forecasting). و بحثنا هذا يهدف لبناء نموذج إحصائي للتنبؤ بالحوادث المرورية للطرق السريعة (الرئيسية) في السودان بالإعتماد على السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات .

## 1-1 مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في الحوادث المرورية التي تحدث في السودان والتي تمثل وبشكل كبير هاجسا وقلقا لكافة أفراد المجتمع وأصبحت واحدة من المشكلات التي تستنزف الموارد المادية والطاقات البشرية وتستهدف المجتمعات في أهم مقومات الحياة والذي هو العنصر البشري إضافة ألي ما تكبده من مشاكل إجتماعية ونفسية و خسائر مادية ضخمة . إن عدم وجود وسيلة أو طريقة علمية تزود المخطط و متخذ القرار الي ماتؤول إليه الظاهرة مستقبلا من خلال بناء نموذج إحصائي لحوادث الحركة المرورية في الطرق السريعة (الرئيسية) يمكن بواسطته التنبؤ بالظاهرة و السيطرة على متغيراتها لتحقيق نتائج جيدة في مجال السلامة المرورية.

## 1-2 أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من خلال إيجاد وسيلة يمكن بواسطتها إتخاذ القرار السليم بما يمكن حدوثه في المستقبل باستخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات لبناء نموذج للتنبؤ بالحوادث المرورية بالطرق الرئيسية (السريعة) ، يساعد الجهات من وضع الخطط لتحقيق السلامة المرورية .

## 1-3 أهداف البحث :

بإستخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات يمكن تلخيص اهداف البحث في النقاط التالية :

- 1- لبناء نموذج إحصائي للتنبؤ بالحوادث المرورية التي تحدث في الطرق الرئيسية.
- 2- تقدير معاملات نموذج الحوادث المرورية.
- 3- التحكم بمعلمات النموذج وذلك لوضع الخطط اللازمة للحد من الحوادث المرورية.
- 4- إختبار طبيعة البواقي لنموذج الحوادث المرورية.
- 5- فحص مدي الملاءمة للنموذج المقترح.
- 6- إستخدام النموذج المناسب و الملائم للتنبؤ بالحوادث المرورية بالطرق الرئيسية.

## 1-4 منهجية البحث:

يعتمد البحث على المنهج الإحصائي التحليلي الاستنتاجي من خلال تطبيق النظريات الإحصائية المتقدمة لإيجاد مقدرات المعلمات وبناء النموذج الإحصائي وإستخدام النموذج في عملية التنبؤ، وذلك عن طريق وصف متغيرات البحث عن طريق إستخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بإستخدام البرامج الإحصائية ( Stata, Spss, Evies, Minitap ) ، للوصول الي النموذج الإحصائي المناسب و الكفوء و مدي الملاءمة للنموذج ، و إستخدامه في التنبؤ بالقيم المستقبلية وذلك لمعرفة سلوكها في المستقبل.

## 1-5 فرضيات البحث :

- ولتحقيق الأهداف تم وضع الفرضيات التالية :
- 1- السلاسل الزمنية لحوادث الحركة المرورية في السودان غير مستقرة.

- 2- السلاسل الزمنية لحوادث المرور في تزايد مستمر بمرور الزمن.
- 3- نماذج بوكس \_ جنكينز { VARMA (p,q) ، VAR (p)،VAM (q)} ملائمة لوصف البيانات.
- 4- استخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات يعطي دقة اكبر في عملية التنبؤ.
- 5- النموذج الإحصائي المقترح في تمثيل بيانات البحث كفوء ومن الممكن الاعتماد عليه بالتنبؤ بالقيم المستقبلية.

## 1-6 حدود البحث:

- **الحد الزمني:** يتمثل في الفترة من (2011- 2015 ) على أساس شهري.
- **الحد المكاني:** يتمثل في الطرق الرئيسية (السريعة ) في السودان (طريق الخرطوم - مدني )، (طريق الخرطوم - الابيض ) ، ( طريق الخرطوم - عطبرة ).

## 1-7 البحوث و الدراسات السابقة:

- في العام (1964) قام الباحث (ريتشارد جون) [22] بتقديم بحث بعنوان ( Prediction Of Multivariate Time Series ) على بيانات درجات الحرارة الدنيا ودرجات الحرارة العليا في مدينة نيويورك في الفترة من (مارس 1931- فبراير 1961) بالتطبيق على السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات و توصل إلي أن النموذج الملائم لوصف السلسلتين معا هو نموذج الانحدار الذاتي متعدد المتغيرات من الرتبة الرابعة (4) BVAR.
- في العام (1980) قام الباحث (دمينو كويم هانسس) [21] بتقديم بحث بعنوان ( Bivariate Time Series Analysis Of Relationship Between Advertising And Sales) علي بيانات المبيعات و الاعلان في مدينة بكنهام ، بالتطبيق على السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات وتوصل إلي أن السلاسل الزمنية مستقرة وأن النموذج الملائم لوصف السلسلتين معا هو (1) VAR، وجد أن الإعلان له تأثير علي المبيعات .
- في العام (2002) قام كلاً من (بنجامين سانتير و ريتشارد سميث و توم ويلي) [23] بتقديم بحث بعنوان ( Bivariate Time Series Approach to Anthropogenic Trend Detection in Hemispheric Mean Temperatures ) علي بيانات درجات الحرارة ودرجات الرطوبة في الفترة (يناير 1970- يونيو 2000)، بالتطبيق على السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات واسلوب بيبز، و توصلوا إلي أن السلاسل الزمنية لدرجات الحرارة والرطوبة

غير مستقرة و وان النموذج الملائم للتنبؤ هو  $VAR(4)$ ، و توجد علاقة بين درجات الحرارة والرطوبة .

• فى العام (2005) قام الباحثان (شهيدزيمان كوراشى) [24] بتقديم بحث بعنوان ( Bivariate Time Series Modelling Of Financial Count Data علي بيانات الاوراق المالية و تداول الاسهم بهدف إستخدام نماذج الانحدار الذاتي و المتوسط المتحركة لسلسلة الاوراق المالية ثنائية المتغيرات لتقدير معاملات الاسهم بالتطبيق على السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات و توصلنا إلي وجود علاقة بين متغيرات الدراسة وان السلسلة الزمنية للاسهم غير مستقرة يتحقق الاستقرار بعد اخذ الفرق الثاني .

• فى العام (2006) قام الباحثان ( البريتو أندرونى و ماريا نادية ) [25] بتقديم بحث بعنوان ( A multivariate Arima Model To Forecast Air Transport Demand ) علي بيانات النقل الجوي و والطلب علي الخطوط الجوية، بالتطبيق على منهجية بوكس-جنكيز للسلاسل الزمنية المتعددة توصلنا إلي أن السلاسل الزمنية مستقرة ، وان النموذج الملائم للتنبؤ هو  $VAR(2)$  ، وكذلك العروض المقدمة من قبل الشركة كافية لتلبية الطلب المتوقع للخطوط الجوية .

• فى العام (2006) قام الباحثون (اليزابيث كولينز) و (ستيفانى بالي) و ميني نيتشر ، ومارلين ستولار) [26] بتقديم بحث بعنوان:

( The Proximal Association Between Smoking And Alcohol ) باستخدام بيانات (210) يوماً من البيانات الاسبوعية للمتابعات الزمنية للتبغ الزمني ، تم إستخدام سلسلة زمنية ثنائية المتغير هي المدخنين و متعاطي الكحول بالتطبيق علي السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات لمعرفة العلاقة حيث توصلنا إلي وجود درجة عالية من الارتباط التقاطعي بين التدخين وتعاطي الكحول و أن النموذج المناسب لوصف العلاقة هو  $VARIMA(2, 1, 2)$  .

• فى العام (2010) قام الباحث (أوكافور ايميكال) [27] بتقديم بحث بعنوان (Multivariate Time Series Analysis For Optimum production Forecast) علي بيانات الانتاج و الطلب لمشروب 7UP بالتطبيق على السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات ، توصلنا إلي أن السلاسل الزمنية قيد البحث مستقرة ، وأن النموذج الملائم هو  $VAR(2)$ .

- في العام (2012) قام كلاً من (هيام عبدالمجيد و شيرين تركي) [18] بتقديم بحث بعنوان (مقارنة التنبؤ باستخدام نماذج دالة التحويل ونماذج الأنماط المتماثلة المضطربة مع التطبيق) علي بيانات شهرية لسنة 2010 لمياه نهر دجلة ( الهيدروجين و الاوكسجين و الاملاح )، حيث توصلنا إلي أن أفضل طريقة هي طريقة نماذج دالة التحويل ، معيار MSE الذي أستند إليه لإختيار أفضل نموذج غير جيد .
- في العام (2013) قامت الباحثة (أمل السر الخضر) [3] بتقديم بحث بعنوان (أستخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات لبناء نموذج احصائي لانتاج الكهرباء ومنسوب النيل) علي بيانات إنتاج الكهرباء و منسوب النيل بالتطبيق علي السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات ، حيث توصلت إلي أن السلسلة لمنسوب النيل وأنتاج الكهرباء غير ساكنة يتحقق السكون بعد أخذ الفرق لأول للسلسلة، النموذج الملائم للسلسلة (1) BVAR من الرتبة الأولى ، أستخدام السلسلة الزمنية متعددة المتغيرات يعطي دقة أكبر في التنبؤ .
- في العام (2013) قام الباحث (عبدالله إبراهيم) [16] بتقديم بحث بعنوان (العلاقة السببية بين عرض النقد وسعر الصرف في ليبيا ) علي بيانات سعر الصرف و عرض النقد ، بالتطبيق علي السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات ، توصل إلي أن السلسلة الزمنية غير ساكنة يتحقق السكون بعد أخذ الفرق الاول ، وجود علاقة بين سعر الصرف و عرض النقود .
- في العام (2014) قامت الباحثة (سوزان صالح أحمد) [1] بتقديم بحث بعنوان (نموذج إحصائي للتنبؤ بالمياه الجوفية) ، علي بيانات كمية الامطار و المياه الجوفية بالتطبيق السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات للتنبؤ بكمية المياه الجوفية حيث توصلت إلي أن أفضل نموذج هو (1)VAR وأن الامطار تؤثر علي المياه الجوفية .
- في العام (2014) قام (ادريس يحي محمد) [17] بتقديم بحث بعنوان (استخدام السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات للتنبؤ بكمية الامطار و الرطوبة ودرجات الحرارة) علي بيانات درجات الحرارة و الامطار و الرطوبة في الفترة من (2008 – 2012) بالتطبيق علي السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات وتوصل الي أن السلاسل الزمنية غير ساكنة و يتحقق السكون بعد أخذ الفرق الثاني و أن السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات ذات فترات ابطاء متساوية وأن السلاسل الزمنية المتعددة تعطي دقة أكبر في التنبؤ .

- في العام (2015) قامت الباحثة (أسماء صديق محمد ) [14] بتقديم بحث بعنوان (استخدام السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات للتنبؤ بكمية السكر المنتجة ) علي بيانات كمية السكر المنتجة و كمية مياه الامطار و المساحة المزروعة في الفترة من (1979-2013) بالتطبيق علي السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات وتوصلت الي أن النموذج الملائم هو نموذج الانحدار الذاتي من الرتبة الثانية (2) BVAR و إستخدام السلاسل الزمنية المتعدد يعطي دقة أكبر.
- في العام (2016) قامت الباحثة (هناء طه عطا الله) [10] بتقديم بحث بعنوان (اسلوب إحصائي مقترح لمعالجة بيانات السلاسل الزمنية العنقودية متعددة المتغيرات) علي بيانات الاطفال المصابين بالفشل الكلوي و المصابين بالانيميا في الفترة من (ابريل 2011- يناير 2012) وتوصلت الي أن السلاسل الزمنية غير مستقرة و يتحقق الاستقرار بعد أخذ الفرق الثاني و أن اسلوب السلاسل الزمنية المتعدد يعطي دقة أكبر.

## 1- 8 هيكلية البحث:

يتضمن البحث أربعة فصول ، تضمن الفصل الأول المقدمة ( تمهيد ، مشكلة ، أهمية ، أهداف، حدود البحث ، فرضيات البحث ، منهجية البحث، و اضافة الي استعراض البحوث و الدراسات السابقة)، وخصص الفصل الثاني لإستعراض الإطار النظري للبحث وخصص الفصل الثالث للجانب التطبيقي للبحث ويتضمن التطبيق العملي لما تم توضيحه في الإطار النظري ومناقشة النتائج للبحث وتم التوصل الي مجموعة من الإستنتاجات والتوصيات تضمن الفصل الرابع ابرزها .

## الفصل الثاني

### السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات

0-2 تمهيد

1-2 تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات

2-2 الإستقرارية (Stationary)

3-2 نماذج السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات

4-2 مراحل تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات

## 0-2 تمهيد :

يتضمن هذا الفصل عرض الإطار النظري من خلال توضيح ، تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات ، إستقرارية السلاسل الزمنية (السكون)، نماذج تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات، مراحل تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات.

### 1-2 تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات: { [13] ، [3] ، [20] ، [11] ، [5] ، [2] }

السلسلة الزمنية متعددة المتغيرات هي عبارة عن مجموعة من القياسات المأخوذة من عدد من المتغيرات مرتبة وفقاً لزمان حدوثها، فهي البيانات الإحصائية التي تجمع أو تسجل عن ظاهرة ما لأكثر من متغير لفترات زمنية متتابة محددة ومتساوية ، وقد تكون هذه الظواهر ( اقتصادية - كيميائية - هندسية - طبيعية - بيئية- الخ وتختلف هذه الفترات حسب طبيعة الظاهرة المدروسة، وتكون السلسلة مستقرة Stationary إذا كانت الخصائص الإحصائية لا تتأثر بالزمن أو غير مستقرة Nonstationary إذا كانت الخصائص الإحصائية تتأثر بالزمن، ويتكون تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات من مراحل متسلسلة تبدأ بمرحلة التشخيص Identification للنموذج والتي تعد المرحلة الأهم وتليها مرحلة تقدير Estimation لمعاملات النموذج ، ومن ثم مرحلة فحص مدى الملاءمة Diagnostics Checking للنموذج وتأتي المرحلة الأخيرة وهي مرحلة التكهّن أو التنبؤ Forecasting، و هناك إتجاهين لتحليل السلاسل الزمنية الأول هو أتجاه الزمن (time Domain) والثاني هو اتجاه التكرار (Frequency Domain) ويعتمد على تحليل الطيف (Spectrum Analysis). وهنا سيكون تطبيقنا في هذا البحث على استخدام تحليل السلاسل الزمنية في أتجاه الزمن (time Domain).

### 2-2-2 أهداف السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات: { [3] ، [13] ، [23] ، [20] }

الهدف من عملية تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات ، الحصول على وصف دقيق للملامح الخاصة بالعملية التي تتولد منها السلاسل الزمنية وتفسير وشرح سلوك السلاسل الزمنية ويتم ذلك ببناء نموذج احصائي ملائم للظاهرة المدروسة و التنبؤ بسلوك السلاسل الزمنية في المستقبل بناءً على معلومات الماضي.

### 2-3 خواص استقرارية السلسلة الزمنية متعددة المتغيرات: {[3],[19],[2]}

إذا توفرت في تحليل اي سلسلة زمنية تكون السلسلة المدروسة مستقرة وتتمثل الخواص في :

#### 2-3-1 المتوسط ثابت

$$E(\underline{Z}_t) = \underline{\mu} \quad (1 - 2)$$

لجميع قيم t علما بأن :

$$\underline{\mu} = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k) \quad (2 - 2)$$

#### 2-3-2 مصفوفة التباينات ثابتة لجميع قيم (t)

$$\Sigma_z = \Gamma_{(0)} = E[(Z_t - \underline{\mu})(Z_t - \underline{\mu})'] \quad (3 - 2)$$

#### 2-3-3 التباين بين $Z_{jt}$ و $Z_{it}$

بحيث ان

$$i, j = 1, 2, \dots, k \quad \Gamma = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$y_{ij}(\Gamma) = \text{cov}(Z_{it}, Z_{j,t+\Gamma}) \quad \text{ويعرف كالاتى :}$$

$$E[(Z_{it} - \underline{\mu})(Z_{jt} - \underline{\mu})'] \quad (4 - 2)$$

والذى يشير الى مصفوفة التباين المشترك التقاطعى ويعبر عنه كالاتى :

$$\Gamma_{(l)} = E[(\underline{Z}_t - \underline{\mu})(\underline{Z}_{t+l} - \underline{\mu})'] \quad (5 - 2)$$

$$\begin{bmatrix} \gamma_{11(l)} & \gamma_{12(l)} & \dots & \gamma_{1k(l)} \\ \gamma_{21(l)} & \gamma_{22(l)} & \dots & \gamma_{2k(l)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{k1(l)} & \gamma_{k2(l)} & \dots & \gamma_{kk(l)} \end{bmatrix}$$

k \* k

$$(6 - 2)$$

for  $\log |l| = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

### 2-4 بعض التعريفات: {[14],[6],[22],[19],[3],[2]}

#### 2-4-1 تعريف عملية التشويش الأبيض Vector white noise process

متجه عمليه التشويش الأبيض والذى يعرف على أنه متسلسله من المتجهات العشوائية المستقلة

والذى يرمز لها بالرمز  $(\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_k)$

$$\underline{\mathbf{a}}_t = (\underline{\mathbf{a}}_{1t}, \dots, \underline{\mathbf{a}}_{kt})$$

علما بأن

$$1 - \epsilon(\underline{a}_t) = 0 \quad (7-2)$$

$$2 - \epsilon(\underline{a}_t \underline{a}'_t) = \Sigma \quad (8-2)$$

مما يعنى أنها مصفوفة موجبة التعريف.  $[\Sigma] > 0$ .

$$\frac{\Sigma}{\epsilon[\underline{a}_t \underline{a}'_{t+1}]} \quad (9-2)$$

و التي تمثل مصفوفة التغيرات المستقلة والتي تعرف كالاتى :

$$\begin{aligned} \Gamma_{(1)} &= \epsilon[\underline{a}_t \underline{a}'_{t+1}] \\ &= \begin{bmatrix} \Sigma & ; & \sigma = 0 \\ 0 & ; & \sigma \neq 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

## 2-4-2 تعريف الارتباطات التقاطعية :

تستخدم الإرتباطات التقاطعية بين السلاسل الزمنية  $\underline{Z}_{jt}$  و  $\underline{Z}_{it}$  لقياس قوة و إتجاه العلاقة بين السلاسل الزمنية.

وتعطي بالعلاقة التالية :

$$\rho_{ij} = \text{corr}[Z_{it}, Z_{j,t+1}] \quad (10-2)$$

بحيث ان

$$\hat{\rho}_{ij(k)} = \frac{\Sigma(z_{i,t} - \underline{\mu})(z_{j,t+k} - \underline{\mu})}{\sqrt{\Sigma(z_{i,t} - \underline{\mu})^2 \Sigma(z_{j,t+k} - \underline{\mu})^2}} \quad (11-2)$$

علما بأن

$$\hat{\rho}_{ij(k)} = 0$$

For  $|k| > q$  فإن

$$\text{Var} \hat{\rho}_{ij(k)} \cong \frac{1}{n-k} \left[ 1 + 2 \sum_{s=1}^q \rho_{ii(s)} \rho_{jj(s)} \right] |k| > q \quad (12-2)$$

و ان

$$\text{cov}[\hat{\rho}_{ij(k)}, \hat{\rho}_{ij(k+s)}] \cong \frac{1}{n-k}$$

For large sample (n-k) (13-2)

$$\text{Var}\hat{\rho}_{ij(k)} \cong \frac{1}{n-k}$$

## 2-5 الإستقرارية stationary : { [10], [4], [19], [20], [3], [13] }

ويقصد بالإستقرارية من الناحية الإحصائية بان الوسط الحسابي والتباين للسلسلة الزمنية ثابتين، و عدم تحقق أي من الشرطين السابقين يؤدي إلى عدم إمكانية تحليل السلسلة الزمنية و لذلك يجب معالجته أولاً ومن بين الاساليب المستخدمة في تثبيبت استقرارية السلاسل الزمنية ما يلي:

### 2-5-1 حالة عدم الاستقرارية في الوسط:

تتم معالجة عدم الإستقرار في المتوسط بأخذ الفروق للسلسلة غير المستقرة لتحويلها إلى سلسلة مستقرة فإذا كان لدينا النموذج الآتي:

$$z_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_t \dots \sim N(0, \delta^2) \quad (14-2)$$

$$E(z_t) = \alpha_0 + \alpha_1 t \quad \text{نجد إن المتوسط هو}$$

وهو غير ثابت بالنسبة للزمن، أي أن شرط الإستقرارية الأول غير متحقق في هذه الحالة.

نأخذ الفروق  $\nabla z_t$  و كالتالي:

$$\nabla z_t = z_t - z_{t-1} \quad (15 -2)$$

الآن نجد متوسط السلسلة الجديدة  $w_t$

$$E(w_t) = \alpha_1 = \text{constant} \dots \forall_t$$

أي أن تطبيق الفروق  $\nabla = (1 - B)$  على السلسلة غير المستقرة (أي أخذ الفرق الأول للسلسلة) حولها إلى سلسلة مستقرة.

و كمثال آخر إذا كان لدينا النموذج الآتي:

$$z_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_1 t^2 + \alpha_t \dots \sim N(0, \delta^2), \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 \in (-\infty, \infty)$$

$$E(z_t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_1 t^2 \quad \text{بإيجاد المتوسط}$$

وهو يعتمد على الزمن، أي أن النموذج غير مستقر.  $\nabla^2 z_t$  (أخذ الفرق الثاني) نجد

$$\begin{aligned} (1 - 2B + B^2)z_t &= (1 - 2B + B^2)(\alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_1 t^2 + \alpha_t) \\ &= 2\alpha_1 + E(\alpha_0 + \alpha_{t-1} + \alpha_{t-2}) \end{aligned}$$

وهكذا

$$w_t = \nabla^2 z_t = 2\alpha_1 \quad (16-2)$$

$$E(w_t) = 2\alpha_1 = \text{constant} \dots \forall t$$

أي أن تطبيق  $\nabla^2$  (أي أخذ الفرق الثاني) على السلسلة غير المستقرة حولها إلى مستقرة.

بشكل عام إذا كان النموذج غير المستقر على الشكل

$$z_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_1 t^2 + \alpha_t \dots \sim N(0, \delta^2), \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 \in (-\infty, \infty) \quad (17-2)$$

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

## 2-5-2 في حالة عدم الاستقرار في التباين:

تتم معالجة عدم الاستقرار في التباين بإيجاد التحويلات اللازمة و المناسبة لتحقيق الإستقرارية . فإذا كان لدينا النموذج الآتي:

$$z_t = z_{t-1} + \alpha_1, \alpha_t \dots \sim N(0, \delta^2) \quad (18-2)$$

$$z_t = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_t \quad \text{نجد من التعويض المتكرر}$$

وبأخذ التوقع والتباين

$$E(z_t) = 0 = \text{constant} \dots \forall t \quad (19-2)$$

$$V(z_t) = t\sigma^2$$

ونلاحظ إن التباين يعتمد على الزمن  $t$ .

$$w_t = \nabla z_t = z_t - z_{t-1} = \alpha_t \quad \text{بأخذ الفرق الأول}$$

وبأخذ التوقع والتباين

$$E(w_t) = 0 = \text{constant} \dots \forall_t$$

$$V(w_t) = \sigma^2 = \text{constant} \dots \forall_t$$

إذن الفرق الأول حول السلسلة غير المستقرة في التباين إلى سلسلة مستقرة.

بشكل عام إذا كان التباين دالة في متوسط متغير على الشكل

$$V(z_t) = cf(\mu_t) \quad (20 - 2)$$

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

التحويل

$$y = T(z_t) = \frac{z_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad (21 - 2)$$

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

## 2-6 إختبارات الإستقرارية: {[22],[1],[16],[26],[3],[10]}

اختبار ديكي فوللر و اختبار فيلبس بيرون من بين أهم الأساليب المستعملة للكشف عن الاستقرارية من عدمها في السلسلة الزمنية .

### 2-6-1 Augmented Dickey Fuller Test (ADF): اختبار ديكي فوللر الموسع

تعمل إختبارات ديكي فللر (Dickey Fuller 1979) علي البحث في الاستقرارية أو عدمها للسلسلة الزمنية الذي صيغته الرياضية التالية:

الصيغة الرياضية لإختبار (Dickey Fuller) :

$$\nabla z_t = b_1 z_{t-1} + \sum_{j=1}^k \alpha_k \Delta z_{t-j} + \underline{a}_t \quad (22 - 2)$$

بحيث أن :

$$\nabla Z_t \equiv \text{الفروق للسلسلة الزمنية}$$

$$\underline{a}_t \equiv \text{حد الخطاء العشوائي}$$

$$Z_t \equiv \text{المتغير المراد اختبار له الاستقرارية}$$

ويتم إختبار الفرضية التالية :

$$H_0 = \text{السلسلة الزمنية غير مستقرة}$$

$$H_1 = \text{السلسلة الزمنية مستقرة}$$

وفي حالة رفض فرض عدم (H0) اي ان السلسلة الزمنية مستقرة وفي حالة قبول فرض عدم يدل علي أن السلسلة الزمنية المبحوثة غير مستقرة وهو ما يتطلب اعادة الاختبار مرة أخرى.

## 2-6-2 اختبار فيليبس بيرون : (PP) *The Philips-Perron Test*

إختبار (Philips-Perron 1988) هو إمتداد لإختبار (Dickey Fuller) يأخذ بعين الاعتبار عدم تجانس تباين الاخطاء للبواقي و نجد أن فيليبس و بيرون طورا تعميم طريقة ديكي فللر.

الصيغة الرياضية للإختبار (Philips-Perron) :

$$\Delta Z_t = \phi + (\rho - 1)Z_{t-1} + \gamma\left(t - \frac{T}{2}\right) + \psi\Delta Z_{t-1} + \varepsilon_{3t} \quad (23-2)$$

$\Delta$  : تمثل الفرق الأول

$\phi$  : معلمات النموذج

$Z_t$  : تشير الى المتغير المراد اختبار له الاستقرارية

$\varepsilon_t$  : حد الخطا العشوائي

حساب إحصائية p.p :

$$t^*_{\phi_1} = \sqrt{k} \frac{\Phi_{1-1}}{\sigma_{\phi}} +$$

ويتم إختبار الفرضية التالية :

$$H_0 = \text{السلسلة الزمنية غير مستقرة}$$

$$H_1 = \text{السلسلة الزمنية مستقرة}$$

وفي حالة رفض فرض عدم اي ان السلسلة الزمنية مستقرة وفي حالة قبول فرض عدم يدل علي أن السلسلة الزمنية المبحوثة غير مستقرة وهو ما يتطلب اعادة الاختبار مرة أخرى.

## 7-2 نماذج السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات: {[2],[13],[16],[5],[3],[6]}

تضم نماذج السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بصورة عامة (نماذج الإنحدار الذاتي المتعدد Vector Autoregressive models ، و نماذج المتوسطات المتحركة Vector Moving Average Models ، النماذج المختلطة (نماذج الإنحدار الذاتي - المتوسط المتحرك Vector Autoregressive Moving Average Models) ونستعرض النماذج مع بعض خصائصها:

### 1-7-2 نماذج الإنحدار الذاتي المتعدد (Vector Autoregressive models):

الصيغة كما يلي :

$$\begin{bmatrix} z_{1t} \\ z_{2t} \\ \vdots \\ z_{kt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11}^{(1)} & \phi_{12}^{(1)} & \dots & \phi_{1k}^{(1)} \\ \phi_{21}^{(1)} & \phi_{22}^{(1)} & \dots & \phi_{2k}^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{k1}^{(1)} & \phi_{k2}^{(1)} & \dots & \phi_{kk}^{(1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{1,t-1} \\ z_{2,t-1} \\ \vdots \\ z_{k,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11}^{(P)} & \phi_{12}^{(P)} & \dots & \phi_{1k}^{(P)} \\ \phi_{21}^{(P)} & \phi_{22}^{(P)} & \dots & \phi_{2k}^{(P)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{k1}^{(P)} & \phi_{k2}^{(P)} & \dots & \phi_{kk}^{(P)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{1,t-P} \\ z_{2,t-P} \\ \vdots \\ z_{k,t-P} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{1t} \\ a_{2t} \\ \vdots \\ a_{kt} \end{bmatrix} \quad (24 - 2)$$

وبصيغة المصفوفات :

$$\underline{Z}_t = \underline{\mu} + \phi_1 \underline{Z}_{t-1} + \dots + \phi_P \underline{Z}_{t-P} + \underline{a}_t \quad (25-2)$$

وهو شكل عملية انحدار ذاتي برتبة P كما يعبر عنه كالآتي:

$$\left( \underline{Z}_t - \underline{\mu} \right) - \sum_{j=1}^P \phi_j \left( \underline{Z}_{t-j} - \underline{\mu} \right) \underline{a}_t \quad (26-2)$$

أو

$$\phi_{(B)} (\underline{Z}_t - \underline{\mu}) = \underline{a}_t$$

Where

$$\phi_{(B)} = 1 - \phi_{1B} - \dots - \phi_{pB} B^p$$

كما يمكن صياغته كالاتي:

$$\underline{Z}_t - \sum_{j=1}^p \phi_j \underline{Z}_{t-j} = \delta + \underline{a}_t \quad (27 - 2)$$

Where

$$\phi_{(\beta)} \underline{Z}_t = \delta + \underline{a}_t$$

$$\delta = 1 - (\phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p) \underline{\mu}$$

كما يمكن التعبير عنه بصيغة المصفوفات

أخذين في الإعتبار توليفة الإبطاء (Lag Polynomial) وكالاتي:

$$\phi_{(L)} = 1 - \phi_{1L} - \dots - \phi_{pL} L^p \quad (28 - 2)$$

$$\phi_{(L)} \underline{Z}_t = \underline{a}_t \quad (29 - 2)$$

عليه

$\underline{Z}_{jt}$  : قيم مشاهدات السلسلة  $j=1, 2, \dots, p$

$\phi$  : معاملات النموذج  $j=1, 2, \dots, p$

$\underline{a}_t$  : الخطأ العشوائي

## 1-1-7-2 الخصائص النظرية للنموذج:

### 1- الإستقرارية: (Stationary)

لكي يكون الأنموذج مستقر يشترط ان تكون القيمة المطلقة لجميع الجذور المميزة لمحدد  $\phi_{(B)}$  أصغر من الواحد

$$\Rightarrow |\det\{\phi_{(B)}\} = 0| < 1$$

بحيث ان

$$\underline{Z}_t = \underline{\mu} + \Psi_{(\beta)} \underline{a}_t \quad (30 - 2)$$

Where

$$\Psi_{(\beta)} = \phi_{\beta}^{(-1)} = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \beta^j$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} \|\psi_j\| < \infty ; \psi_0 = 1 \quad (31 - 2)$$

$$\psi_j = 0 \text{ for } j < 0$$

2- التغيرات المشتركة لعملية الإنحدار الذاتي المتعدد (Autocovariance's of vector)

### (Autoregressive Process)

باستخدام علاقة (Yule-Walker) ، لعملية VAR(P).

$$\underline{Z}_t = \sum_{j=1}^P \phi_j \underline{Z}_{t-j} + \underline{a}_t \quad (32 - 2)$$

فإن قيمة الإبطاء  $\underline{z}_{t-1}$  بمعلومية القم السابقة  $\underline{a}_{t-1}$  و  $\underline{a}_{t-1-1}$  يعبر عنها كالأتي وذلك بصيغة MA اللانهائي :

$$\begin{aligned} \underline{z}_{t-1} &= \Psi_{(\beta)} \underline{a}_{t-1} \\ &= \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \underline{a}_{t-1-j} \end{aligned} \quad (33 - 2)$$

وهذا يتبع

$$\begin{aligned} 1/ (\underline{Z}_{t-1}\underline{a}_t) &= \mathbf{0} & \text{for } l > 0 & & (34 - 2) \\ 2/ (\underline{Z}_t - \underline{a}_t) &= \Sigma \end{aligned}$$

نجد أن

$$\begin{aligned} \Gamma_{(l)} &= \epsilon(Z_{T-L}Z_T)' \\ &= \epsilon \left[ Z_{t-1} \sum_{j=1}^P \phi_j Z_{t-j} + \underline{a}_t \right]' \end{aligned} \quad (35 - 2)$$

for  $\Gamma = 1, 2, 3, \dots$

with

$$\Gamma_{(0)} = \sum_{j=1}^P \Gamma_{(-j)} \phi_j' + \Sigma$$

for  $\Gamma = 0, 1, 2, \dots, P$

بحيث يتم ايجاد  $\Gamma_{(l)}$  بمعلومية مصفوفات المعلمات  $\phi_j$  و  $\Sigma$  وعموما لاي رتبة  $P$  المصفوفات  $\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_P)$  و  $\Sigma$  يمكن تحديدها وحسابها من  $\Gamma_{(0)}, \Gamma_{(1)}, \dots, \Gamma_{(P)}$  وذلك بحل نظام مصفوفة معادلات (Yule-walker)

$$\sum_{j=1}^P \Gamma_{(L-P)\phi_j} = \Gamma_{(L)} \quad (36 - 2)$$

for  $L = 1, 2, \dots, P$

وهذه المعلومات يمكن كتابتها في صيغة المصفوفات كالاتى :

$$\Gamma_{P(\phi)} = \Gamma_{(P)}$$

$$\Rightarrow \phi = \Gamma_{(P)}^{-1} \Gamma_{(P)} \quad (37 - 2)$$

where

$$= (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_P)' \quad (38 - 2)$$

$$\Gamma_{(P)} = (\Gamma_{(0)'}, \Gamma_{(1)'}, \dots, \Gamma_{(P)'})$$

حيث

$\Gamma_{(P)}$  : هي مصفوفة  $k_P \times k_P$  وتحسب  $\phi_j$  من المعادلة :

$$\Sigma \Gamma_{(L-j)} \phi_j = \Gamma_{(L)}$$

وتحسب كالاتى :

$$\Sigma = \Gamma_{(0)} - \sum_{j=1}^P \Gamma_{(-j)} \phi_j' \quad (39 - 2)$$

$$= \Gamma_{(0)} - \Gamma_{(P)} \phi'$$

$$\Gamma_{(0)} - \Gamma_{(P)} \phi' \Gamma_{(P)}$$

$$\Sigma = \Gamma_{(0)} - \phi' \Gamma_{(P)} \phi \quad (40 - 2)$$

3- مصفوفات الارتباط الذاتي لنماذج الإنحدار الذاتي المتعدد:

(Autocorrelation Matrices for vector Autoregressive Models)

تأخذ مصفوفات الارتباط الذاتي الصيغة التالية :

$$\rho_1 = \mathbf{v}^{-\frac{1}{2}} \Gamma_{(L)} \mathbf{v}^{-\frac{1}{2}}$$

$$\rho_0 \left[ \mathbf{v}^{-\frac{1}{2}} \phi^{-L} \mathbf{v}^{-\frac{1}{2}} \right] \quad (41 - 2)$$

where

$\rho$  : Autocorrelation

$\mathbf{v}^{-\frac{1}{2}}$ : The  $k \times k$  diagonal matrix

$\phi$ : the vector Autoregressive coefficient

## 2-7-1-2 بالنسبة للنموذج VAR (1) : {20],[1],[3]}

نموذج الانحدار الذاتي المتعدد من الرتبة الأولى ( Vector Autoregressive of order one) ويشار إليه بالرمز VAR(1) :

الصيغة العامة لنموذج الانحدار الذاتي المتعدد من الرتبة الأولى :

$$\underline{Z}_t = \phi \underline{Z}_{t-1} + \underline{a}_t \quad (42-2)$$

$$1- \Gamma(0) = \Gamma(-1)\phi' + \Sigma \quad \text{نجد أن}$$

$$= \Gamma(1)\phi' + \Sigma$$

$$2- \Gamma(1) = \Gamma(0)\phi'$$

With

$$\Gamma(L) = \Gamma(-1)\phi' \quad \text{for } L \geq 1$$

الخصائص النظرية للنموذج :

1- الإستقرارية: (stationary)

لكي يكون النموذج مستقراً يشترط ان يكون.

$$\det\{1 - \phi_{(B)}\} = 0$$

و اذا كان

$$\det \{\lambda I - \phi\} = 0$$

$$\text{with } \lambda = \frac{1}{\beta}$$

عليه فإن شرط السكون لنموذج VAR(1) هو أن جميع القيم المميزة لـ  $\phi$  والتي هي

عبارة عن محدد و يجب أن تكون قيمتها المطلقة أصغر من الواحد.

$$|\det\{\lambda I - \phi\} = 0| < 1$$

ولأي عدد عشوائي  $n > 0$

$$\underline{Z}_t = \phi \underline{Z}_{t-1} + \underline{a}_t$$

نجد أن:

$$\underline{Z}_t = \sum_{j=0}^{t-n} \phi^j \underline{a}_{t-j} + \phi^{t-n+1} \underline{Z}_{t-n-1} \quad (43 - 2)$$

عليه نجد أن القيمة المطلقة لجميع القيم المميزة لـ  $\phi$  أصغر من الواحد، الذي يتقارب من نموذج المتوسطات المتحركة اللانهاية:

اي ان عندما  $n \rightarrow \infty$  نجد أن

$$\underline{Z}_t = \sum_{j=0}^{\infty} \phi^j \underline{a}_{t-j} \quad (44 - 2)$$

With

$$\sum_{j=0}^{\infty} \|\phi^j\| < \infty$$

عليه فإن نموذج VAR(1) يتم ايجاده من :

$$\sum_{j=0}^{\infty} \|\phi^j\| < \infty$$

$$\Psi(\beta) = (1 - \theta)^{-1} = 1 + \sum_{j=1}^q \phi^j \beta^j$$

$$\psi_j = \phi^j \quad ; \quad j > 1$$

بالاضافة الى ذلك فان هيكله عملية VAR(1) ينتج من العلاقة :

$$\underline{Z}_t = \sum_{j=0}^{t-n} \phi^j \underline{a}_{t-j} + \phi^{t-n+1} \underline{Z}_{t-n-1} \quad (45 - 2)$$

$$\underline{Z}_t = (\underline{Z}'_t, \dots, \underline{Z}'_{t-P+1})$$

بحيث أن :

As

$$\underline{Z}_t = \phi \underline{Z}_{t-1} + \underline{a}_t$$

With

$$\underline{a}_t = (\underline{a}'_t, \mathbf{0}, \dots, \mathbf{0})$$

$\phi$  = equal KP companionmatrix

$$\phi = \begin{bmatrix} \phi_1 & \phi_2 & \dots & \dots & \phi_p \\ \mathbf{1} & \mathbf{0} & \dots & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{1} & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

عليه فإن شرط الاستقرار هو أن جميع القيم المميزة للمصفوفة المركبة  $\mathbf{k}_p \times \mathbf{k}_p$  لمصفوفه  $\phi$  القيمة المطلقة لها أقل من الواحد .

2 - التغيرات المشتركة لنموذج الإنحدار الذاتي المتعدد من الرتبة الأولى: { [1], [19], [16] }

$$\underline{Z}_t = \phi \underline{Z}_{t-1} + \underline{a}_t \quad (46-2)$$

عندما P=1

من نموذج VAR(1)

نجد أن لدينا

$$\Gamma_{(0)} = \Gamma_{(-1)} \phi' + \Sigma = \Gamma_{(1)} \phi' + \Sigma$$

$$\Gamma_{(1)} = \Gamma_{(0)} \phi'$$

With

$$\Gamma_{(L)} = \Gamma_{(-1)} \phi' \quad \text{for } L \geq 1$$

ويتبع ذلك :

$$\Gamma_{(0)} = \phi \Gamma_{(0)} \phi' + \Sigma$$

$$\Gamma_{(1)} = \Gamma_{(0)} \phi'$$

And

$$\underline{Z}_t = \phi \underline{Z}_{t-1} + \underline{a}_t \quad (47-2)$$

With

$$\underline{a}_t = (\underline{a}'_t, \mathbf{0}, \dots, \mathbf{0})$$

$$\Gamma_{(L)} = \Gamma_{(0)} \phi' \quad ; L \geq 1$$

### 3- مصفوفة الارتباط الذاتي لنموذج الإنحدار المتعدد من الرتبة الأولى: {3}، {15}، {20}

يمكن التعبير عنها بصيغة Jordan-conical :

$$\Phi' = \rho_j \rho^{-1} \quad (48 - 2)$$

تعرف الارتباطات في هذا النموذج كخليط من النمط الاسي و الجيبي و الذي يسلك سلوك دالة الابطاء حيث:

$\rho$ : مصفوفة غير أحادية (anon singular Matrix)

$z$ : تمثل مصفوفة مثلثية عليا (upper triangular matrix)

لها القيم المميزة  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$  في العنصر القطري (Diagonal element) فإذا كان:

$$\Phi'' = \rho'_j \rho^{-1}$$

فان :

$$\rho(1) = \rho(0) \left\{ v^{-\frac{1}{2}} \rho'_j \rho v^{-\frac{1}{2}} \right\}$$

إعتمادا على طبيعة القيم المميزه ل  $\Phi$  و التي تكون القيمه لها أصغر من الواحد .

### 2-7-2 نماذج المتوسطات المتحركة المتعددة: ( Vector Moving Average )

{3}، {14} (Models)

نموذج الاوساط المتحركة المتعددة يشار إليه بالرمز  $VMA(q)$  ويعبر عنه بالصيغة التالية:

$$\underline{Z}_t = -\theta \underline{a}_{t-1} + \underline{a}_t \quad (49-2)$$

او

$$\underline{Z}_t = \underline{\mu} + \theta(\beta) \underline{a}_t$$

علما بأن :

$$\theta(\beta) = 1 - \theta_1(\beta) - \dots - \theta_q \beta^q$$

المتوسطات المتحركة  $VMA(q)$  تعرف بواسطة الصيغة :

$$\underline{Z}_t = \underline{\mu} + \underline{a}_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \underline{a}_{t-j} \quad (50 - 2)$$

عبارة عن نموذج MA والذي يعبر عنه كالاتي :

$$\begin{aligned} \underline{z}_t &= \underline{\mu} + \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j a_{t-j} \\ &= \underline{\mu} + \Psi_{(\beta)} \underline{a}_t \end{aligned}$$

حيث أن:

$$\begin{aligned} \psi_0 &= 1 \\ \Psi_{(\beta)} &= \theta(\beta) = 1 - \theta_1 \beta - \dots - \theta_q \beta^q \end{aligned}$$

والذي يتجمع تلقائيا .

### 2-7-2-1 الخصائص النظرية للنموذج: {[3],[15]}

شرط الإنعكاس (Inevitability condition):

عملية المتوسطات المتحركة المتعددة عادة مستقرة ونختبر قابليتها للإنعكاس وللتأكد من ذلك يمكن استخدام الخاصية ، ويمكن التعبير عنها بالصيغة التالية :

$$\underline{z}_t = \underline{\mu} + \sum_{j=0}^{\infty} \pi_j (z_{t-j} - \underline{\mu}) + a_t$$

علما بان :

$$\sum_{j=0}^{\infty} |\pi_j| < \infty$$

$$\begin{aligned} d(\beta^*) &= \det\{\theta(\beta^*)\} \\ &= \det\{1 - \theta_1 \beta - \dots - \theta_q \beta^q\} \end{aligned}$$

مع الاخذ في الاعتبار أن :

$$\theta^*(\beta) = \text{Adj}\{\theta(\beta)\}$$

والذي هو عبارة عن منقول (Transpose) المصفوفة عليه وباستخدام العلاقة :

$$\theta(\beta)^{-1} = 1/\det\{\theta(\beta)\} \text{Adj}\{\theta(\beta)\}$$

فإن نموذج VMA(q) ينتج :

$$\begin{aligned} \underline{z}_t &= \underline{\mu} + (1 - \theta_1 \beta - \dots - \theta_q \beta^q) a_t \\ &= \underline{\mu} + a_t - \sum_{j=1}^q \theta_j a_{t-j} \end{aligned}$$

والذى يمكن كتابته بالصيغة :

$$(1/d(\beta)\theta^*(\beta)) (\underline{Z}_t - \underline{\mu}) = \underline{a}_t \quad (51 - 2)$$

كما تحقق  $\underline{Z}_t$  شرط الانعكاس إذا كانت السلسلة الزمنية الغير منتهية  $\underline{Z}_t$  تتجمع أو تلتقى فى نقطة واحدة وهى نموذج VRA اللانهائي .

$$\pi(\beta)(\underline{Z}_t - \underline{\mu}) = \underline{a}_t \quad (52 - 2)$$

$$\pi(\beta) = \theta(\beta)^{-1} = \left[ \frac{1}{d(\beta)} \right] \theta^*(\beta)$$

حيث:

$$\begin{aligned} \pi(\beta) &= \theta(\beta)^{-1} \\ &= 1 - \sum_{j=0}^{\infty} \pi_j \beta^j \end{aligned}$$

فإن نموذج  $VMA(q)$  هو مستقر ، فقط نبحت عن الاستقرار . أي يستخدم للتأكد من شرط الاستقرار و حتى تكون قابلا للانعكاس يجب أن تكون القيمة المطلقة لجميع الجذور المميزة ل  $\theta(\beta)$  أكبر من الواحد:

$$|\det\{\theta(\beta) = 0\}| > 1$$

والذى يسمى شرط الانعكاس (Inevitability condition) يكتب بالصيغة التالية

$$\pi(\beta) (\underline{Z}_t - \underline{\mu}) = (\underline{Z}_t - \underline{\mu}) - \sum_{j=1}^{\infty} \pi_j (\underline{Z}_{t-j} - \underline{\mu}) \quad (53 - 2)$$

علما بأن :

$$\begin{aligned} \pi(\beta) &= 1 - \sum_{j=0}^{\infty} \pi_j \beta^j \\ &= \theta(\beta)^{-1} \end{aligned} \quad (54 - 2)$$

With

$$\sum_{j=1}^{\infty} \|\pi_j\| < \infty$$

مصفوفة المعاملات  $\pi_j$  يتحصل عليها بمساوات المعاملات فى العلاقة :

$$\pi(\beta)\theta(\beta) = 1$$

عندما

$$\begin{aligned} (\beta)\theta(\beta) &= (1 - \theta_1\beta - \dots - \theta_q\beta^q)(1 - \pi_1\beta - \dots - \pi_q\beta^q) \\ &= 1 - ((\pi_1 + \theta_1)\beta - \pi_1 - \theta_1\pi + \theta_2) \dots (\pi_j - \theta_1\pi_j - 1 - \dots - \theta_q\pi_j - q) \end{aligned}$$

بمساواة معاملات المصفوفات بالقوة المختلفة ل  $\beta^j$  فى العلاقة :

$$\pi(\beta)\theta(\beta) = 1 \quad (55 - 2)$$

$$j=1,2,\dots$$

لكل

نتحصل على :

$$\pi_j - \theta_1\pi_j - 1 + \theta_2\pi_j - 2 + \dots + \theta_q\pi_j - q \quad (56 - 2)$$

Where

$$\pi_0 = -1$$

$$\pi_1 = 0$$

For  $j < 0$

2- مصفوفة التغيرات المشترك التقاطعي: (auto-Covariance Matrices)  $\{[2],[15],[110]\}$

لنموذج VMA(q) نتحصل عليه بمعلومية  $\theta_j$  و  $\Sigma$  وكالاتي:

$$\begin{aligned} \Gamma_{(L)} &= \text{cov}(Z_t, Z_{t+L}) \\ &= \epsilon[(a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q})(a_{t+L} - \theta_1 a_{t+L-1} - \dots - \theta_q a_{t+L-q})] \\ &= -\Sigma\theta'_1 + \theta'_1\Sigma\theta_1 + 1 + \dots + \theta_q - \{-\theta_q\} \\ &= \sum_{k=0}^{q-1} \theta_k \Sigma \theta_{k+1} \end{aligned} \quad (57 - 2)$$

With

$$\Gamma_{(0)} = -L$$

$$\Gamma_{(-L)} = \Gamma_{(L)}'$$

بحيث أن

$$\Gamma_{(L)} = 0$$

for  $L > q$

$\Gamma$  : مصفوفة التباين

$q$  : قيم الابطاءات

$\theta$  : معلمة النموذج

$a_t$  : الاخطاء العشوائية

### 3-7-2 النموذج المختلط (الإنحدار الذاتي - المتوسطات المتحركة المتعددة)

Vector Autoregressive-Moving Average Models Mixed {3],[15],[10]}

يشار إليها بالرمز VARMA(p,q) الصيغة العامة للنموذج :

$$(\underline{z}_t - \underline{\mu}) - \sum_{j=1}^p \phi_j (\underline{z}_{t-j} - \underline{\mu}) = \underline{a}_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \underline{a}_{t-j}$$

$$\phi(\beta) (\underline{z}_t - \underline{\mu}) = \theta(\beta) \underline{a}_t \quad (58 - 2)$$

Where

$$\phi(\beta) = 1 - \phi_1 \beta - \phi_2 \beta^2 - \dots - \phi_p \beta^p$$

$$\theta(\beta) = 1 - \theta_1 \beta - \theta_2 \beta^2 - \dots - \theta_q \beta^q$$

at : عبارة عن متجه تشويش أبيض بمتجه متوسطات صفر ومصفوفة تباين  $\Sigma$ .

كما يمكن كتابته وفقا للصيغة التالية:

$$\phi(\beta) \underline{z}_t = \delta + \theta(\beta) \underline{a}_t \quad (59 - 2)$$

Where

$$\delta = (1 - \phi_1 - \dots - \phi_p) \underline{\mu}$$

## 1-3-7-2 الخصائص النظرية للنموذج: {1}, {20}, {4}, {3}, {6}

### 1/الإستقرارية والانعكاس:

شروط الإستقرارية والانعكاس لعملية VARMA(p,q) ، يستخدم للتأكد من شرط الإستقرارية وفي حالة نجد أن القيمة المطلقة لجميع الجذور لمحدد  $\phi(B)$  أكبر من الواحد.  
أي:

$$|\det\{\phi(B)\} = 0| > 1$$

حيث يتقارب نموذج VAR (p) من نموذج VMA(q) اللانهائي ( الانحدار الذاتي و المتوسطات المتحركة ) كالآتي:

$$\underline{Z}_t = \underline{\mu} + \psi(\beta)\underline{a}_t \quad (60 - 2)$$

Where

$$\begin{aligned} \psi(\beta) &= \phi(\beta)^{-1}\theta\beta \\ &= \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j\beta^j \end{aligned}$$

كما هو الحال في نموذج AR(P) نجد أن المعاملات  $\psi_j$  يمكن تحديدها من العلاقة:

$$\phi(\beta)\psi(\beta) = \theta\beta$$

وذلك بمساوات معامل المصفوفات في هذه العلاقة حيث أن :

$$\begin{aligned} \psi_j &= \phi_1\psi_{j-1} + \phi_2\psi_{j-2} + \dots + \phi_P\psi_{j-P} - \theta_j \\ j &= 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (61 - 2)$$

Where

$$\begin{aligned} \psi_0 &= 1, \psi_j = 0 \text{ for } j > 0 \\ \text{and } \theta_j &= 0 \text{ for } j > q \end{aligned}$$

وتحت شرط الانعكاس نجد ان القيم المطلقة لجميع الجذور المميزة اكبر من الواحد.

$$|\det\theta(\beta) = 0| > 1$$

كما أن تتقارب من نموذج VAR(P) اللانهائي و كالآتي :

$$\pi(\beta) = \theta(\beta)^{-1}\phi\beta$$

$$= 1 - \sum_{j=1}^{\infty} \pi_j \beta_j$$

ويمكن تحديد الاوزان  $\pi_j$  بمساوات معاملات المصفوفات فى العلاقة :

$$\theta(\beta)\pi(\beta) = \phi\beta$$

والتي تحقق:

$$\pi_j = \theta_1 \pi_{j-1} + \theta_2 \pi_{j-2} + \dots + \theta_q \pi_{j-q}$$

$$j = 1, 2, \dots$$

Where

$$\pi_0 = -1 \quad , \quad \pi_j = 0 \text{ for } j < 0$$

2/ مصفوفات التغير:

$$\Gamma(L) = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \Sigma \psi_{j-1}$$

والتي تعطى بالصيغة التالية :

$$\delta(Z) = \sum_{j=0}^{\infty} \Gamma(L) Z^j = \psi Z^{-1} \Sigma Z'$$

ولتوضيح العلاقة بين مصفوفات التغير لنموذج VARMA(p,q)

المتعدد ونموذج MA(q) اللانهائي:

نجد أن :

$$\underline{Z}_{t-1} - \underline{\mu} = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \underline{a}_{t-L-i} \quad (62 - 2)$$

$$\epsilon \left\{ \left( \underline{Z}_{t-1} - \underline{\mu} \right) \underline{a}'_{t-j} \right\} = \psi_{j-1} \Sigma$$

وباستعمال العلاقة :

$$\begin{aligned} (\underline{Z}_t - \underline{\mu}) - \sum_{j=1}^{\infty} \phi_1 (\underline{Z}_{t-l} - \underline{\mu}) \\ = \underline{a}_t - \sum_{j=1}^q \phi_j \underline{a}_{t-1} \end{aligned} \quad (63 - 2)$$

نجد أن مصفوفة التغاير :

$$\Gamma(L) = \epsilon\{(Z_{t-l} - \mu)(Z_t - \mu)'\}$$

والتي تحقق العلاقات :

$$\begin{aligned} cov(Z_{t-l}, Z_t) &= \sum_{j=1}^q cov(Z_{t-l}, Z_{t-j})\phi_j' + \\ cov(Z_{t-l}, a_t) &- cov(Z_{t-l}, a_{t-j})\phi_j' \end{aligned} \quad (64 - 2)$$

And hence

$$= \sum_{j=1}^P \Gamma(L - P)\phi_j' - \sum_{j=1}^q \psi_{j-1}\Sigma\theta_j' \quad (65 - 2)$$

$$L = 0, 1, \dots, q$$

وبالتجميع نجد أن :

$$\theta_0 = -1$$

$$\Gamma(L) = \sum_{j=1}^P \Gamma(L - j)\phi_j'$$

for  $L > q$

$$L = q + 1, \dots, q + P$$

تمثل مجموعة من المعادلات الخطية في  $\phi_1, \dots, \phi_P$  والتي يمكن إستخدامها في تحديد و إيجاد  $\phi_1$  من  $\Gamma(L)$  وهو نظام المعادلات الخطية .

$$\Gamma(L) = \sum_{j=1}^P \Gamma(L - j)\phi_j'; \text{ for } 1 > q + 1 \dots q + P \quad (66 - 2)$$

عليه فان معامل المصفوفات  $\phi_j$  وفقا ل  $\Gamma(L)$

على شرط إستخدام مصفوفة ملائمة  $kp \times kp$  .

$$\Gamma(l - j); \quad l = q + 1, \dots, q + P$$

$$j = 1, 2 \dots p$$

وهنا الحل الوحيد ل  $\emptyset_j$  يتطلب :

$$\text{rank}[\emptyset_p, \theta_q] = k$$

## 2-8 مراحل تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات: { [11], [27], [8], [3] }

تمر عملية تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بمراحل هي التشخيص (Identification) ، التقدير (Estimation) ، الفحص والتدقيق (Diagnostic Checking) التنبؤ (Forecasting) .

### 2-8-1 مرحلة التشخيص (Identification) :

تعد مرحلة التشخيص المرحلة الأهم لتحليل السلاسل الزمنية وتتمثل بمعرفة نوع النموذج وتحديد الرتبة من خلال تطبيق معايير الرتبة للنموذج .

#### 2-8-1-1 إختيار النموذج: { [8] }

من خلال سلوك ACF و PACF نحدد النموذج بشكل أولي فإذا كان النموذج

VAR(p) أو VMA(q) أو VARMA (p, q) و لبعض الحالات لايمكن تحديد النموذج بشكل دقيق من خلال رسم (ACF) و (PACF) وفي هذه الحالة نأخذ كل الترتيب الممكنة للنموذج من خلال اعطاء (p, q) على ترتيب القيم ( 0, 1, 2 ) للسلسلة الزمنية المستقرة

فيكون لدينا 8 نماذج:

$$\text{VARMA } (p, q): (1, 0)/(2, 0)/(0, 1)/(0, 2)/(1, 1)/(1, 2)/(2, 1)/(2, 2)$$

وفي حالة كون السلسلة غير مستقرة نأخذ الفروق (d) وعدد الفروق المطلوبة ( d=0,1,2 ) لتحويل السلسلة الزمنية غير المستقرة الي سلسلة مستقرة .

حيث تمثل p رتبة الإنحدار الذاتي و d عدد الفروق (التكامل) و q تمثل رتبة المتوسط المتحرك ، وفي كل مرة نختبر واحد من النماذج ، من خلال تطبيق الترتيب للنماذج الممكنة (8) كلها

وتطبيق معايير اختيار الرتبة للنماذج و إيجاد قيم R MSE يتم إختيار النموذج الصحيح والكفوء و الاحسن بين النماذج ويعتمد لأغراض التنبؤ.

## 2-8-1-2 إختيار رتبة النموذج :Model Order Selection Criteria

هنالك عدة معايير لإختيار رتبة النموذج منها:

1/ معيار التقدير الاعظمى Maximum likelihood criterion:

ويعبر عنه بالصيغة التالية :

$$M_m = -(N - M_{K-1}) \log[\det(sm)/\det(sm - 1)] \quad (67 - 2)$$

Where

N: حجم العينة

Sm-1 : عبارة عن مصفوفة مجموع مربعات الاخطاء.

2/ معيار اكاىكى للمعلومات (A kaikes information criterion):

و يعطى بالصيغة التالية: AIC ويرمز له بالرمز

$$AIC_r = [[-2 \log(\text{Maximized likelihood}) + 2r]/T]$$

$$\underline{\Omega} \log(|\hat{\Sigma}|) + 2r/T + \text{constant} \quad (68-2)$$

علما بأن :

r: عدد المعلمات.

Constant: الثابت

$\Sigma$ : مصفوفة التغاير للبواقي.

$\hat{\Sigma}$ : مصفوفة التغاير للبواقي المقدرة.

3/ معيار شوارتز (Schwartz Bayesian criterion) :

ويرمز له بالرمز SBC وصيغته كالاتى :

$$BIC_r = \log|\hat{\Sigma}_r| + r \log(T)/T \quad (69 - 2)$$

4/ معيار (Hanna and Quinn) :

ويرمز له بالرمز HQ وصيغته كالاتي:

$$HQ = \log|\hat{\Sigma}_r| + 2r \log(\log(T)/T) \quad (70 - 2)$$

5/معيار خطأ التنبؤ النهائي (Final prediction error criterion):

ويرمز له بالرمز FPE وصيغته كالاتي:

$$FPE_m = \det[1 + (mk/T) \hat{\Sigma}_m] \quad (71 - 2)$$

علماً بأن :

$$\hat{\Sigma}_m = (T/(T - mK)) \hat{\Sigma}_m$$

ويتم اختيار النموذج اعتماداً على تلك المعايير ، وذلك باختيار النموذج الذي يقابل اقل قيمة للمعايير .

## 2-8-2 مرحلة التقدير Estimation : {[16],[3],[4],[20],[1],[22]}

هنالك طرق كثيرة لتقدير معاملات وبناء نماذج السلاسل الزمنية المتعدده منها طريقة المربعات

الصغرى الاعتيادية (Least squares method):

الصيغة العامة:

$$\begin{aligned} Z_t &= \mu + \phi_1 (Z_{t-1} - \mu) \\ \text{أو} \\ Z_t &= \delta + \phi_1 Z_{t-1} + a_t \\ \text{for } t &= 2, 3, \dots, T \\ \text{letting} \\ \underline{Z} &= [Z_2, Z_3, \dots, Z_T] \\ \underline{X} &= [1_N, (Z_1, Z_2, \dots, Z_{T-1})] \end{aligned} \quad (72-2)$$

علماً بأن :

$$\underline{a}_t = [a_2, a_3, \dots, a_T]$$

متجه تشويش أبيض

حيث نجد أن

$$\underline{Z} = \underline{X}\underline{B} + \underline{a} \quad (73-2)$$

$$\underline{B} = (\delta, \phi_1)$$

والتي تمثل صيغة النموذج الخطي المتعدد ، بمتجه مشاهدات يساوي

$n = t-1$

$$B_* = \phi_1$$

فإن مقدار المربعات الصغرى لكل من:

$$S_1 = \sum_{t=2}^T \hat{a}_t \hat{a}_t'$$

علما بأن

With 
$$\hat{a}_t = (\underline{Z}_t - \bar{Z}_{(0)}) - \phi_1 (\underline{Z}_{t-1} - \bar{Z}_{(1)}) \quad (74-2)$$

وان 
$$\Gamma(0) = E[(\underline{Z}_{t-1} - \mu)(\underline{Z}_{t-1} - \mu)']$$

$$n(\phi, (n)^{-1} \sum \phi \Gamma(0))$$

يمكن أن يمثل مقدر متسق عندما:

$$n(\hat{X}' \hat{X})^{-1} = (n^{-1} \hat{X}' \hat{X})^{-1} = (n)^{-1} \sum_2^t (z_{t-1} - \bar{z}_1)(z_{t-1} - \bar{z}_1)'$$

$$n \rightarrow \infty \quad (75-2)$$

$$(\hat{X}' \hat{X})^{-1} = n^{-1} (\Gamma_{(0)})^{-1} \quad \text{نجد أن}$$

وعندما (n) تكون كبيرة، فإننا نرى أن تقدير المربعات الصغرى لـ (ϕ) في نموذج VAR(1):

$$\rho(\Sigma) = \rho \Sigma \rho$$

With

$$\rho = \text{Diag} \left[ \sigma_{11}^{-2}, \dots, \sigma_{kk}^{-2} \right] \quad (76-2)$$

$$\text{Corr}(\hat{\phi}) = \rho(\Sigma) \otimes \rho (\hat{X}' \hat{X})^{-1}$$

والذي يشير إلى مصفوفة الارتباط بدلالة  $\Sigma$ .

نموذج الإنحدار الذاتي المتعدد من الرتبة m يمكن التعبير عنه كالآتي:

$$\underline{Z}_t - \mu = \sum_{j=1}^m \phi_j (\underline{Z}_{t-j} - \mu) + \underline{a}_t$$

$$= \phi_{(m)} \bar{X}_t + \underline{a}_t \quad (77-2)$$

علماً بأن:

$$\bar{X}_t = [(Z_{t-1} - \mu), \dots, (Z_{t-m} - \mu)]$$

and

$$\phi'_{(m)} = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_m)$$

$$\underline{Z}_t = \delta + \sum_{j=1}^m \phi_j \underline{Z}_{t-j} + \underline{a}_t$$

كما يمكن التعبير عن النموذج كالاتي:

$$= \underline{B}' \underline{X}_t + \underline{a}_t$$

(78-2)

$$\underline{X}_t = [1, \underline{Z}_{t-1}, \dots, \underline{Z}_{t-m}]'$$

علماً بأن:

and

$$\underline{B}' = (\delta, \phi_1, \dots, \phi_m)$$

بحيث ان

$$\underline{Z} = [Z_{m+1}, Z_{m+1}, \dots, Z_T]'$$

$$\underline{a}_t = [a_{m+1}, \dots, a_t]$$

$$\underline{Z} = \underline{X} \underline{B} + \underline{a}_t$$

اذا كان لدينا النموذج

تمثل الصيغة العامة للنموذج الخطي المتعدد بمتجه مشاهدات يساوي

$$n=t-m$$

عليه يمكن توضيح طريقة LSE في التقدير AR(m) كالاتي:

$$\hat{\delta} = \bar{Z}_{(m)} - \sum_{i=1}^m \hat{\phi}_i \bar{Z}_{(i)}$$

where

$$\hat{\underline{X}}' \bar{\underline{X}} = \sum_{t=m+1}^T \bar{Z}_{t,m} \bar{Z}_{t,m}' \quad (79-2)$$

$$S_m = \sum_{t=m+1}^T \hat{\underline{a}}_t \hat{\underline{a}}_t'$$

علماً بأن:

With

$$\hat{\underline{a}}_t = (Z_t - Z_{(0)}) - \hat{\phi}'_{(m)} \bar{\underline{Z}}_{t,m}$$

$$\begin{aligned} \bar{X}' \hat{Z} &= \sum_{t=m+1}^T \bar{Z}_{t,m}' (Z_t - \bar{Z}_{(0)}) \\ Z &= [(Z_{m+1} - \bar{Z}_{(0)}), \dots, (Z_T - \bar{Z}_{(0)})]' \end{aligned} \quad (80-2)$$

$$\hat{\phi}_{(m)} = (\hat{X}' \bar{X})^{-1} \bar{X}' \hat{Z}$$

$$\hat{\phi} = \text{Vec}(\hat{\phi}_{(m)})$$

وإذا عرفنا

$$n(0, \Sigma \varphi \Gamma(m))^{-1}$$

(81-2)

$$\Gamma(m) = E(\hat{\chi}_t \hat{\chi}_t')$$

بحيث أن:

as  $n \rightarrow \infty$

$$t=m+1, \dots, T$$

وعندما

$$\bar{Z}_i = n^{-1} \sum_{t=m+1}^T Z_{t-i}$$

ومقدار  $\Sigma$  هو

$$\hat{\Sigma} = (n - (km+1))^{-1} sm$$

فإن:

$$D \rightarrow n(0, \Sigma \varphi \Gamma(m))$$

(82-2)

$n \rightarrow \infty$  بحيث أن

### 3-8-2 الفحص والتدقيق (Diagnostic Chocking):

{[16],[20],[13],[2]}

في هذه المرحلة يتم اختبار النموذج لمعرفة مدى الملاءمة لتمثيل بيانات الظاهرة المدروسة واستخدامه للحصول على تنبؤات مستقبلية حيث يوجد العديد من الاختبارات التي يمكن استخدامها لهذا الغرض ومن هذه الاختبارات :

#### 1-3-8-2 اختبار بوكس - بيرس (box-pierce) : {[2],[3],[20],[14]}

ويرمز لهذا الاختبار بالرمز (Q) حيث اعتمد على مساواة الارتباط الذاتي للبواقي المقدره بالصفر هذا يعني اختبار فرضية العدم اعتمادا علي الارتباطات الذاتية للبواقي المقدره وفق الصيغة الآتية:

$$Q = n \sum_{k=1}^L r_k^2(a) \sim \chi^2_{((l-m),\alpha)} \quad (83 - 2)$$

حيث ان

L: عدد الإزاحات ، m: عدد المعلمات المقدره

فإذا كانت قيمة Q أصغر من  $\chi^2$  الجدولية تقبل فرضية العدم ويستنتج ان الارتباطات الذاتية للاخطاء المقدره غير معنوية مما يشير الي ان مقدرات البواقي للارتباطات المقدره عشوائية وتتوزع بشكل مستقل مما يؤكد ان النموذج جيد وملئم .

#### 2-3-8-2 إختبار بوكس - ليونك (BOX-Liung) : {[3],[18],[22],[14]}

ويرمز لهذا الإختبار ب(Q) ، وتستخدم إحصائية Q لفحص وتدقيق ملاءمة النموذج، وتستخدم لاختبار ان مقدرات إرتباطات البواقي معنوية ام لا وذلك اعتمادا على مصفوفات التغاير الذاتي لمقدرات البواقي للارتباطات المقدره ، حيث يتم اختبار الفرضية:

$$H_0 = \gamma_1 = \dots = \gamma_K = 0$$

اي انها تمثل تشويش ابيض ام لا.

$$\gamma_K = \gamma_{ij(k)}$$

علما بان

$$\gamma_{ij(k)} = E(\hat{a}_{j, i-k}, \hat{a}_{j,t})$$

$$\hat{\gamma}_{ij(k)} = \frac{1}{T-K} \sum_{t=k}^T \hat{a}_{t-k} \hat{a}_{t,i} \quad (84 - 2)$$

علما بان العناصر القطرية تنتج التغيرات الذاتى العادى  $\gamma_K$  حيث يتم استخدامه فى حساب احصائية Q وكالاتى:

$$Qh = T \sum_{k=1}^h \text{tr}(\hat{\gamma}'_k \hat{\gamma}_0^{-1} \hat{\gamma}'_k \hat{\gamma}_0^{-1}) \quad (85 - 2)$$

وتسمى الإحصائية Q بإحصائية Ljung-box و هي تتوزع توزيع  $\chi^2_{((l-m),\alpha)}$  ، عليه فإذا كانت قيمة Q أقل من قيمة  $\chi^2_{((l-m),\alpha)}$  فإن هذا يعني كفاءة و ملاءمة النموذج للبيانات المقدره.

#### 4-8-2 التنبؤ Forecasting : { [13], [16], [17], [20], [4], [3] }

بعد أن يتم تشخيص النموذج وتقدير معلماته وفحصه وتدقيقه ، يتم إستخدامه فى التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة ، حيث يتم معرفة سلوك الظاهرة المدروسة فى المستقبل اعتمادا على قيم سابقة و سوف ندرس التنبؤ بإستخدام طريقة مربع الخطأ الأدنى.

#### التنبؤات ذات متوسط مربع الخطأ الأدنى: Minimum Mean Square Error

#### Forecasts

توجد بعض المقاييس لإختبار دقة التنبؤ ومنها :

#### متوسط القيم المطلقة للخطأ : Mean Absolute Error ( MAE )

وصيغته الرياضية هي:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{a}_t|}{n} \quad (86 - 2)$$

متوسط القيم المطلقة النسبية للخطأ : (Mean Absolute Percentage Error MAPE)

وصيغته الرياضية هي:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{\hat{a}_t}{Z_t} \right]}{n} * 100 \quad (87 - 2)$$

وكلما قلت قيمة المقياس زاد دقة التنبؤ.

مصنوفة مجموع مربعات الخطأ المقدرة ل  $Z$  هي:

$$E((\underline{Z} - \hat{\underline{Z}})(\underline{Z} - \hat{\underline{Z}})') \quad (88 - 2)$$

ويتصغير مجموع مربعات الخطأ MSE ، للمقدر  $\underline{Z}$  :

$$\Rightarrow (b' \underline{Z} - b' \hat{\underline{Z}})^2 = b' \epsilon [(\underline{Z} - \hat{\underline{Z}})] b \quad (89 - 2)$$

بمتجه الثوابت  $1 \times k$  الغير صفري ، عليه فان مجموع مربعات الخطأ الاصغر يعطى بالصيغة التالية:

$$\hat{\underline{Z}} = \epsilon(\underline{Z}|X)$$

عليه فان التوزيع الشرطي ل  $\underline{Z}$  بمعلومية  $X$  ، للخطأ  $a$  يعطى بالصيغة التالية :

$$\underline{a} = \underline{Z} - \hat{\underline{Z}} = \underline{Z} - \epsilon(\underline{Z}|X) \quad (90 - 2)$$

كما يجب التعبير عنه كدالة خطية :

$$\hat{\underline{Z}} = \underline{a} + \beta X$$

عليه فان MSE هو

$$\hat{\underline{Z}}^* = \mu \underline{Z} + \Sigma_{zx} \Sigma_{xx}^{-1} (\bar{X} - \mu x)$$

بخطا مقدر هو :

$$\underline{a}^* = \underline{Z} - \hat{\underline{Z}}^*$$

ومتوسط صفري ، ومصنوفة متوسط مربع الخطأ المقدر

$$cov(\underline{a}_t^*) = cov(\underline{Z} - \hat{\underline{Z}}^*) \quad (91 - 2)$$

$$= \Sigma_{zz} - \Sigma_{zx} \Sigma_{xx} \Sigma_{xz}$$

Where

$$\mu_z = \epsilon(\underline{Z})$$

$$\mu_x = \epsilon(x)$$

$$\Sigma_{zz} = cov(\underline{Z})$$

$$\Sigma_{zx} = cov(\underline{Z}, X)$$

$$\Sigma_{xx} = COV(X)$$

وفقا لذلك فاذا كان الخطا المقدر لافضل المقدرات الخطية مستقلا عن  $X$  اى :

$$\epsilon(\underline{a}^* | X) = 0$$

فان  $\hat{Z}^*$  لديها اصغر متوسط مربع خطأ مقدر اى :

$$\hat{Z}^* = \hat{Z} - \epsilon(Z|X)$$

والذى يعبر عنه بالصيغة التالية :

$$\underline{a} = \underline{a}^* = Z - \hat{Z}$$

والذى له مصفوفة تغايرات يعبر عنها كالاتى :

$$cov(\underline{a}^*) = \Sigma_{ZZ} - \Sigma_{ZX} \Sigma_{XX}^{-1} \Sigma_{XZ} \quad (92 - 2)$$

التنبؤ بنماذج الانحدار الذاتى والمتوسطات المتحركة المتجهه:

$$\phi(\beta) \underline{Z}_t = \theta(\beta) \underline{a}_t$$

نفترض ان سلسلة التشويش الابيض  $\underline{a}$  هى عبارة عن متجهات عشوائية مستقلة وطبيعية وفى حالة السكون ، فان نموذج الانحدار الذاتى والمتوسطات المتحركة المتجهة لها صيغة MA اللانهائى :

$$\underline{Z}_t = \psi(\beta) \underline{a}_t$$

علما بان

$$\psi(\beta) = \psi(\beta)^{-1} \theta(\beta) = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \underline{a}_{t+l-j} \quad (93 - 2)$$

والقيم المستقبلية لهذه العملية عند الزمن  $t+L$  يمكن توضيحها كالاتى :

$$\underline{Z}_{t+L} = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \underline{a}_{t+l-j}$$

وعليه فان :

$$\underline{a}_{t-L+h} \quad , \quad h > 0$$

مستقلة عن القيم المستقبلية والماضية ...  $Z_t, Z_{t-1}, \dots$  عليه :

$$\epsilon(\underline{a}_{t+L} | X_t, \underline{Z}_{t-1}, \dots) = 0 \quad \text{for } h > 0$$

اذن ومن النتيجة السابقة نجد ان مصفوفة مجموع مربعات الخطا المقدر ل  $Z_{t-L}$  تعتمد على  $\underline{Z}_t, \underline{Z}_{t-1}$

والتى يعبر عنها كالاتى :

$$\begin{aligned}\hat{Z}_t(L) &= \epsilon(Z_{t+L}[Z_t, Z_{t-1}, \dots]) \\ &= \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \underline{a}_{t-j}\end{aligned}\quad (94 - 2)$$

والصيغة المقدرة  $\hat{Z}_t(L)$  يمكن توضيحها أو شرحها كدالة خطية من القيم السابقة و المقدرة  $Z_{t,s}$  وتحت شرط الانعكاس نجد أن  $a_{t+l-j}$  يمكن كتابتها كدالة خطية من  $Z_{t,s}$  ، باستخدام صيغة نماذج الانحدار الذاتي اللانهائي لهذه العملية ان فن :

$$\begin{aligned}\underline{a}_t(L) &= Z_{t+L} - \hat{Z}_t(L) \\ &= \sum_{j=0}^{L-1} \psi_j \underline{a}_{t+l}\end{aligned}$$

بمتوسط صفري ومصفوفة تغاير

$$\begin{aligned}\Sigma_{(l)} &= cov(\underline{a}_t(L))' \\ &= \epsilon[(\underline{a}_t(L))\underline{a}_t(L)]\end{aligned}\quad (95 - 2)$$

$$= \sum_{j=0}^{l-1} \psi_j \Sigma \psi_j \quad ; \quad \psi_0 = 1$$

وفي التطبيق عند  $L=1$  نجد أن :

$$\begin{aligned}\underline{a}_t(1) &= Z_t + 1 - Z_t(1) \\ &= a_t + 1\end{aligned}$$

ومصفوفة التغاير للخطا  $\Sigma$  ، عليه فان سلسلة التشويش الابيض  $\underline{a}_t$  يمكن التعبير عنها كمفردات للتنبؤ بخطوة واحدة ويتبع الصيغة التالية :

$$\underline{a}_t(L) = \sum_{j=0}^{L-1} \psi_j \underline{a}_{t+l-j}$$

والاخطاء المقدرة

$$= \underline{a}_t(L + i), \underline{a}_t(L)$$

عبر فترات زمنية مختلفة تعتمد على تنبؤات متشابهه وكالاتى :

$$\begin{aligned} \text{cov}(\mathbf{a}_t(L), \mathbf{a}_t(L+i)) &= \epsilon[\mathbf{a}_t(L)\mathbf{a}_t(L+i)'] \\ &= \sum_{j=0}^{L-1} \psi_j \Sigma \psi_{j+i}' \quad ; \text{for } i \geq 1 \end{aligned}$$

ومع ملاحظة انه فى نماذج VARMA(p,q) واذا افترضنا ان الاخطاء  $\mathbf{a}_t$  غير مستقلة عليه فان التنبؤ

$$\hat{\mathbf{Z}}_t(L) = \sum_{j=1}^{\infty} \psi_j \mathbf{a}_{t+L-j} \quad (96-2)$$

يعطى افضل مجموع مربعات خطأ MSE للمقدر  $\mathbf{Z}_{t+L}$  ولكنه ليس الافضل ، ما لم يتحقق الشرط التالى :

$$\begin{aligned} \epsilon(\mathbf{a}_{t+L} | \mathbf{Z}_t \mathbf{Z}_{t-1} \dots) \\ \Sigma(L) = \sum_{j=0}^{L-1} \psi_j \Sigma \psi_j' \quad , \quad \psi_0 = \mathbf{1} \end{aligned}$$

والتي يمكن حسابها ، اعتمادا على استخدام عملية المتوسطات المتحركة المنتهية والتي تكون فيها حالة الاستقرارية كالاتى :

$$\Sigma(L) = \text{cov}(\mathbf{a}_t(L))$$

$$\Gamma(0) = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \Sigma \psi_j' \quad (97-2)$$

والتي تتقارب من  $L \rightarrow \infty$

ايضا  $\Sigma(L)$  عند فترة زمنية كبيره (L) تتقارب من مصفوفة التباين ، وفى حالة السلسلة الزمنية الساكنة فإن :

$$\Sigma(L) = \text{cov}(\mathbf{a}_t(L))$$

تتزايد بدون حدود بتزايد L وتحت شرط التوزيع الطبيعى للخطأ  $\mathbf{a}_t$  فان التنبؤ بعدد L خطوة للخطأ:

$$\mathbf{Z}_{t(L)} - \hat{\mathbf{Z}}_{t(L)} = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \mathbf{a}_{t+L-j}$$

يتوزع ايضا توزيع طبيعى متعدد أى أن :  $\sim N(\mathbf{0}, \Sigma(L))$

حيث  $\Sigma(L)$  تعطى كالآتي :

$$\Sigma(L) = \sum_{j=0}^{L-1} \psi_j \Sigma \psi_j'$$

ويتبع هذا أن العناصر القطرية (تباين الخطأ المقدر)  $\Sigma(L), \sigma_{ij(L)}$  تستخدم معا عند نقطة التنبؤات وهذه الصيغة يتم حسابها أي  $\Sigma(L)$  بكتابة نماذج المتوسطات المتحركة اللانهائية بمعلومية التشويش الابيض للاخطاء القياسية ، وعندما

$$\Sigma = cov(\underline{a}_t)$$

والتي هي موجبة التعريف ، فانه توجد مصفوفة مثلثية دنيا لها عناصر قطرية موجبة أي أن :

$$\Sigma = \psi_0^* \psi_0'^*$$

So that

$$\psi_0^{*-1} \psi_0'^{-1}$$

عليه فان صيغة MA اللانهائية يمكن كتابتها كالآتي :

$$\underline{Z}_t = \mu + \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j^* a_{t-j} \quad (98 - 2)$$

where

$$\psi_j^* = \psi_j \psi_j^*$$

and

$$\underline{a}_t = \psi_0^{*-1} \varepsilon_t$$

with

$$cov(\underline{a}_t) = 1$$

and

$$\varepsilon_t = \Sigma(L)$$

$$\sum_{j=0}^{t-L} \psi_j^* \psi_j'^*$$

وفي هذه الصيغة فان عناصر المصفوفة  $\psi_0^*$  في بعض الاحيان تتبع مصفوفات الحد الثابت والتي تشير الى تاثير مكونات عملية الاخطاء القياسية على مكونات العملية  $\underline{Z}_t$  عند ابطاءات مختلفة بالاضافة الى ذلك فان اختبار العناصر القطرية في العلاقة :

$$\Sigma(L) = \sum_{j=0}^{L-1} \psi_j \Sigma \psi_j'$$

يمكن التعبير عنه كجزء من تنبؤ الخطأ عند خطوة L ، كمصفوفة مركبة من تباينات الأخطاء المركبة  $\sigma_{ij}(L)$  ولكل مركبة سلسلة زمنية  $Z_{it}$  بعد عنصر قطري .

ول  $\psi_j^* \psi_j^{*'}$  والتنهى عبارة عن مجموع المربعات للعناصر فى الصف رقم  $i$  ل  $\psi_j^*$

ومن الامثلة على دالة التنبؤ نماذج VARMA(1,1) والتي يمكن توضيحها كالاتى:

$$(1 - \phi\beta)(\underline{z}_t - \mu) = (1 - \theta\beta)\underline{a}_t \quad (99 - 2)$$

$$\hat{Z}_t(L) = \mu + \phi(\hat{Z}_t(L-1) - \mu)$$

$$= \mu + \phi^{L-1}(\hat{y}_t(L) - \mu)$$

for  $L > 1$

$$\text{since } \psi_{j0} = \phi^{j-1}(\phi - \theta) \quad ; \quad j \geq 1$$

ولدينا

$$\Sigma_{(L)} = cov(\underline{a}_t(L))$$

$$\Rightarrow \Sigma_{(L)} = \Sigma + \sum_{j=1}^L \phi^{j-1}(\phi - \theta)\Sigma(\phi - \theta')\phi^{j-1} \quad (100 - 2)$$

## الفصل الثالث

### الجانب التطبيقي

تمهيد	0-3
الحادث المروري	1-3
اسباب الحوادث المرورية	2 -3
السلامة المرورية	3-3
طرق واساليب الوقاية من الحوادث المرورية	4-3
بيانات البحث	5-3
التحليل الإحصائي	6-3

### 3-0 تمهيد:

يتضمن هذا الفصل التطبيق العملي لما تم توضيحه في الإطار النظري للبحث الذي تم على بيانات أخذت من سجلات إدارة المرور السريع في السودان.

### 3-1 الحادث المروري:

هو حدث إعتراضي يحدث بدون تخطيط مسبق من قبل سيارة (مركبة) واحدة أو أكثر مع سيارة (مركبات) أخرى أو مشاة أو حيوانات أو أجسام علي الطريق العام أو الخاص عادة ما ينتج عنها الحادث المروري فهو نتيجة تلاقي أسباب عديدة بعضها مرتبط بالانسان (خبرته في القيادة ، سلوكه ، وغيرها ) وأخرى بالسيارة أو الطرقات ( المنحنيات ، القصور في تصميم الطريق ، عدم وجود الإنارة، المرتفعات والمنحدرات ولا يمكن عزل هذه العناصر عن بعضها .

من خلال التعريف السابق لابد من توافر العناصر الآتية في تعريف الحادث المروري:

1- الخطأ: هو الفعل الصادر من الشخص بدون قصد ويتحقق هذا الفعل بسبب الإهمال وعدم مراعاة القوانين والتعليمات وعدم الاحتياط.

2- المركبة: وهي كل ما أعد للسير على الطريق مثل السيارة والجرارات والمقطورات ينجم بسببها ضرر نتيجة لوجود خطأ.

3- الطريق العام: بسبب استخدام المركبة للطريق وظروف الطريق المحيطة بها ووجود خطأ أدى الى أن ينجم عن ذلك ضررا.

4- الخسائر المادية والبشرية: وهي الخسائر بالوفيات والإصابات والتلفيات في الممتلكات العامة والخاصة.

أما تعريف الحادث المروري من الوجهة الاقتصادية فهو ذلك الحادث غير العمدي الذي نتج عن استخدام المركبة على الطريق العام، وينتج عنه خسائر في الأرواح والممتلكات تؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في الاقتصاد الوطني .

انواع الخسائر:

1. الوفيات 2. الجرحى

ويمكن ايضا تصنيف الحوادث المرورية من حيث نتائجها الى ما يلي:

- 1- **الحوادث البسيطة:** هذه الحوادث لا تؤدي الى حدوث إصابات بشرية ولا ينتج عنها أضرار عادية بليغة أو متوسطة، الا انها غالبا ما تؤدي الى هدر الوقت وحدث بعض الالام وتعطيل الإجراءات.
- 2- **الحوادث التلف :** وهي الحوادث التي لها أثر اقتصادي فهي تسبب خسائر مادية بالأموال العامة والخاصة وتتمثل بالأضرار التي تحدث للمركبات وما تصطمم به.
- 3- **الحوادث الجسيمة:** يتسبب هذا النوع من الحوادث في إصابات خطيرة متمثلة في تعرض الآلاف من البشر كل عام الى القتل وقد تسبب لبض الأفراد بالعاهات المستديمة التي تمنعهم من أداء دورهم الطبيعي وهذا النوع هو أخطر انواع الحوادث لأنها لها أثر في الجانب الاقتصادي والاجتماعي والنفسي.
- 4- **حوادث الموت:** يتسبب هذا النوع من الحوادث فقد ارواح بشرية والها اثر في الجانب الاجتماعي و النفسي.

### 2-3 أسباب الحوادث المرورية:

يتكون الحادث المروري من ثلاثة عناصر رئيسية وهي:

- 1- السائق
- 2- الطريق والظروف المحيطة
- 3- السيارة.

جميع مسببات الحوادث سواء كانت أخطاء بشرية تسبب فيها السائق، أو أخطاء هندسية كان السبب فيها الطريق، أو أخطاء ميكانيكية كان السبب فيها السيارة.

### 3-3 السلامة المرورية :

**تعريف السلامة المرورية:** ان السلامة المرورية بمفهومها الواسع تعرف بأنها مجموعة من النظم والبرامج والخطط واللوائح المرورية والإجراءات الوقائية للحد من حوادث الطرق أو حتى التقليل من خطورتها عند حدوثها وذلك ضمانا لسلامة الأنسان وممتلكاته وحفاظا على أمن البلاد ومقوماته البشرية والاقتصادية.

### 4-3 طرق واساليب الوقاية من الحوادث المرورية:

ان المفهوم العلمي للوقاية من الحوادث هو بالأساس ضمن المفهوم العلمي للوقاية من الجريمة (الوقاية من تعاطي الكحول والمخدرات) وعليه فان الأساليب الوقائية من الحوادث نجدها دائما لها علاقة بخصوصيات المجتمعات.

في ظل كل الحقائق المتمثلة والتي تعتبر من اهم المسببات التي تؤدي الى وقوع حوادث مرورية وما تشير اليه الإحصائيات كذلك من ارتفاع نسب الحوادث عبر السنوات وهل يمكن وضع برامج للوقاية او التقليل من حوادث المرور بشكل عام وتشير الى ان تجربة العديد من الدول في مجال الوقاية من حوادث المرور وقدرتها على تخفيض نسبة الوفيات والإصابات البليغة وهذا ما يشجعنا على تبني برنامج موسع للوقاية من حوادث المرور ويقوم على تكاتف جهود المهتمين من مختلف التخصصات وذلك نسبة لارتفاع الحوادث المرورية للبحث في الحلول التي تساهم مساهمة فعالة في الحد من الزيادة المستمرة في حوادث المرور الأمر الذي يتطلب دراسة الجوانب النفسية والاجتماعية والاقتصادية والقانونية ووضع الحلول التي تتناسب هذه المسببات لمحاولة التخفيف من آثارها أو الغائها كليا أن أمكن.

أن برنامج الحد من حوادث المرور يحتاج الى تعاون مختلف القطاعات وعلى كل المستويات.

### 3- 5 بيانات البحث:

تم أخذ بيانات البحث من الإدارة العامة للمرور السريع في السودان ممثلة في الحوادث المرورية التي تحدث في الطرق الرئيسية والسريعة وهي (الخرطوم - مدني ) ، (الخرطوم - الأبيض ) ،

(الخرطوم - عطبرة ) التي تربط جميع مناطق السودان خلال الفترة من (2015-2011 ) علي أساس شهري ، أخذت البيانات من إدارة المرور السريع في السودان قسم الإحصاء والمعلومات كما موضح في الملحق التي تمثل الحوادث المرورية بالطرق السريعة (الرئيسية) في السودان .

وهي تتكون من أربعة سلاسل زمنية طول كل منها ( 60 ) مشاهدة و تتمثل متغيرات البحث في:

[ Z<sub>1</sub> ] : السلسلة الزمنية لحوادث الموت المرورية .

[ Z<sub>2</sub> ] : السلسلة الزمنية للحوادث البسيطة المرورية .

[ Z<sub>3</sub> ] : السلسلة الزمنية لحوادث الاذي الجسيم المرورية .

[ Z<sub>4</sub> ] : السلسلة الزمنية لحوادث التلف المرورية.

### 3-6 التحليل الإحصائي:

#### 1-3-6 الإحصاءات الوصفية:

تم استخدام البيانات الموضحة في الملحق والتي تمثل السلاسل الزمنية للحوادث المرورية. جدول رقم (1-3) يوضح وصف الحوادث المرورية بالطرق (الرئيسية) في السودان .

نوع الحوادث	طول السلسلة	المتوسط	الانحراف المعياري	أقل قيمة	أكبر قيمة
حوادث الموت	60	119.60	36.274	27	165
الحوادث البسيطة	60	308.78	121.816	18	464
حوادث الأذى الجسيم	60	485.65	192.275	28	683
حوادث التلف	60	2413.60	1021.585	10	3517

المصدر: إعداد الباحث باستخدام spss

يتبين من الجدول رقم (1-3) أن طول السلسلة (60) للفترة من (2011 الي 2015) علي اساس شهري بلغ متوسط حوادث الموت (119.60) حالة وتشنت قيم هذه السلسلة عن متوسطها بانحراف معياري (36.274) واكبر قيمة لحوادث الموت (165) حالة وأقل قيمة (27)، وكذلك متوسط الحوادث البسيطة (308.816) وتشنت قيم هذه السلسلة عن متوسطها بانحراف معياري (121.816) واكبر قيمة للحوادث البسيطة (464) وأقل قيمة (18)، وكذلك بلغ متوسط حوادث الاذى الجسيم (485.65) وتشنت قيم هذه السلسلة عن متوسطها بانحراف معياري (192.275) واكبر قيمة لحوادث الاذى الجسيم (683) حالة وأقل قيمة (28)، و بلغ متوسط حوادث التلف (2413.60) حالة وتشنت قيم هذه السلسلة عن متوسطها بانحراف معياري (1021.585) واكبر قيمة لحوادث التلف (3517) حالة وأقل قيمة (10) .

## 2-3-6 التحليل الإحصائي للسلاسل الزمنية:

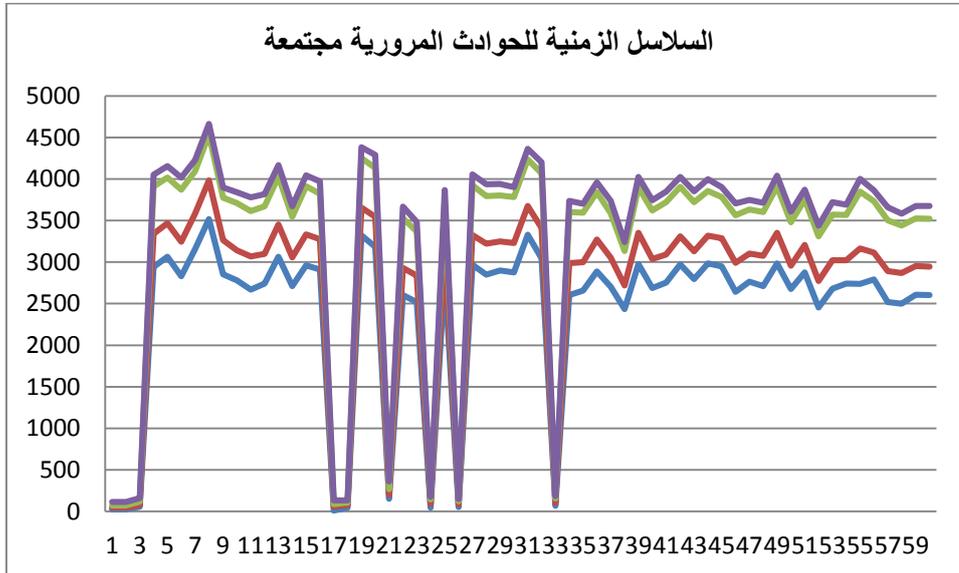
الخطوة الأولى في التحليل الإحصائي وكما لاحظنا في عرض الإطار النظري للبحث لابد من اختبار السكون (الاستقرارية) للسلاسل الزمنية قيد البحث ويتم ذلك من خلال رسم السلاسل و كذلك إختبار (ديكي فلر و فيليبس بيرون).

### 1-2-3-6 رسم السلاسل الزمنية:

تم رسم السلاسل الزمنية للحوادث المرورية الموضحة في بيانات البحث .

الشكل (1-3) يوضح السلوك النظري للسلاسل الزمنية للحوادث المرورية مجتمعة و كذلك الأشكال (2-3)، (3-3)، (4-3)، (5-3) توضح السلوك النظري لكل سلسلة زمنية للحوادث المرورية بالطرق الرئيسية ( السريعة ) .

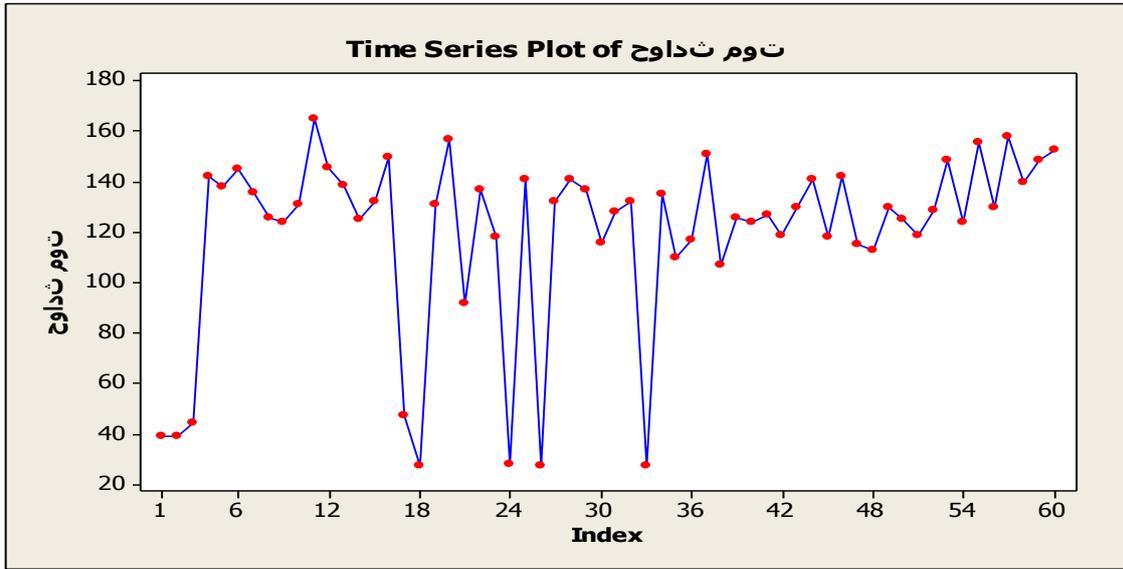
الشكل (1-3) يوضح سلوك السلاسل الزمنية (الشهرية) للحوادث المرورية (  $Z_4 Z_3 Z_2 Z_1$  ) خلال الفترة (2011-2015).



المصدر : إعداد الباحث باستخدام برنامج Excel

يتبين من الشكل رقم (1-3) الذي يوضح سلوك السلاسل الزمنية للحوادث المرورية التي تحدث بالطرق الرئيسية أن السلاسل الزمنية مستقرة .

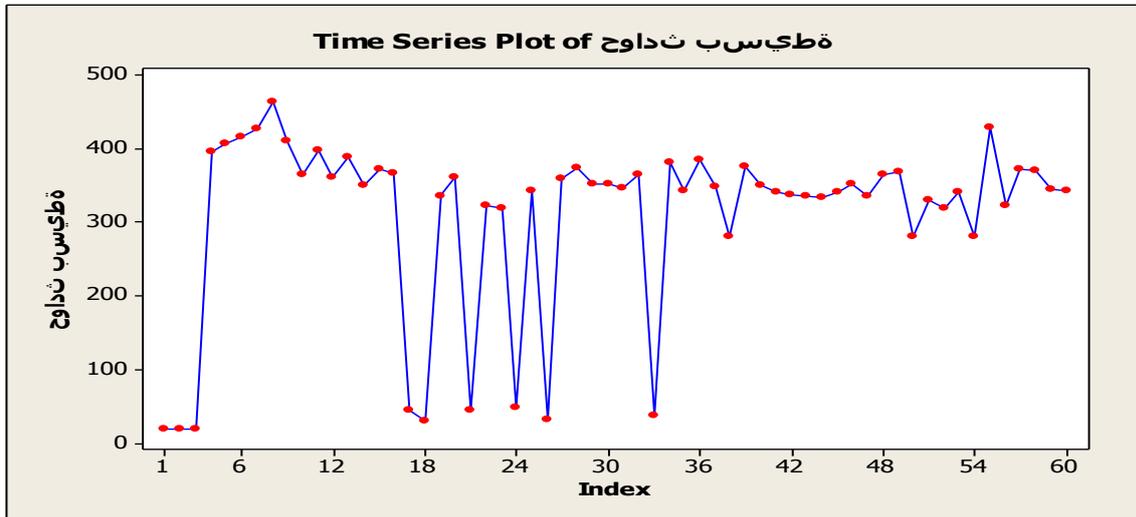
الشكل (2-3) يوضح سلوك السلسلة الزمنية (الشهرية) لحوادث الموت ( $Z_1$ ) خلال الفترة (2011-2015)



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (2-3) الذي يوضح سلوك السلاسل الزمنية لحوادث الموت المرورية التي تحدث بالطرق الرئيسية عدم وجود إتجاه عام و كذلك تتأرجح بين الزيادة و النقصان بمعدل بسيط ونجد ان السلسلة مستقرة وذلك لثبات الوسط و التباين .

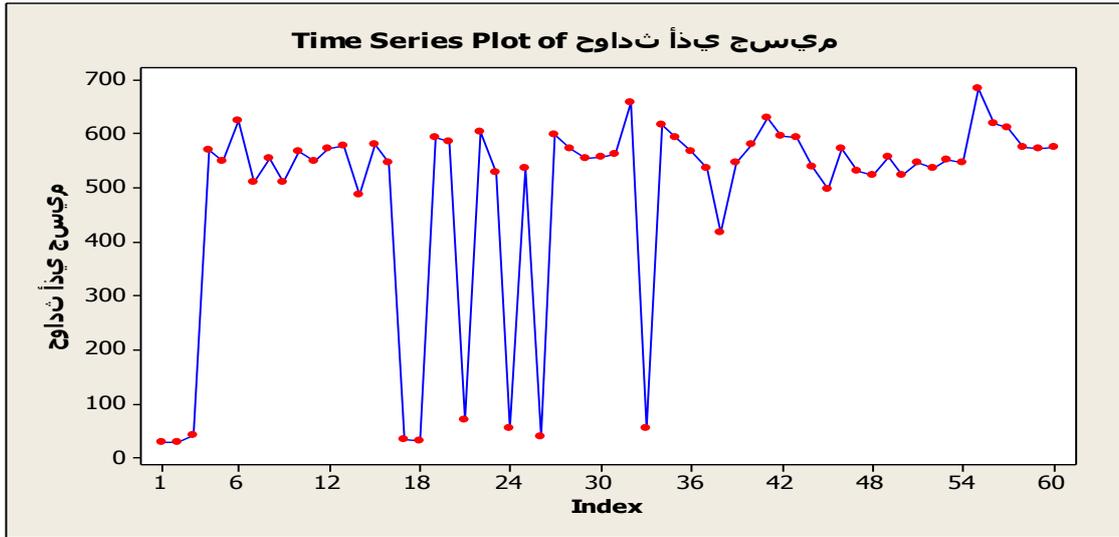
الشكل (3-3) يوضح سلوك السلسلة الزمنية (الشهرية) للحوادث البسيطة ( $Z_2$ ) خلال الفترة (2011-2015).



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (3-3) الذي يوضح سلوك السلاسل الزمنية للحوادث المرورية البسيطة التي تحدث بالطرق الرئيسية عدم وجود إتجاه عام و كذلك تتأرجح بين الزيادة و النقصان بمعدل بسيط ونجد ان السلسلة مستقرة وذلك لثبات الوسط و التباين .

الشكل (4-3) يوضح سلوك السلسلة الزمنية (الشهرية) لحوادث الأذى الجسيم ( $Z_3$ ) خلال الفترة (2011-2015)



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (3-4) الذي يوضح سلوك السلاسل الزمنية للحوادث الأذى الجسيم المرورية التي تحدث بالطرق الرئيسية عدم وجود إتجاه عام و كذلك تتأرجح بين الزيادة و النقصان بمعدل بسيط ونجد ان السلسلة مستقرة وذلك لثبات الوسط و التباين .

الشكل (5-3) يوضح سلوك السلسلة الزمنية (الشهرية) لحوادث التلف ( $Z_4$ ) خلال الفترة (2011-2015)



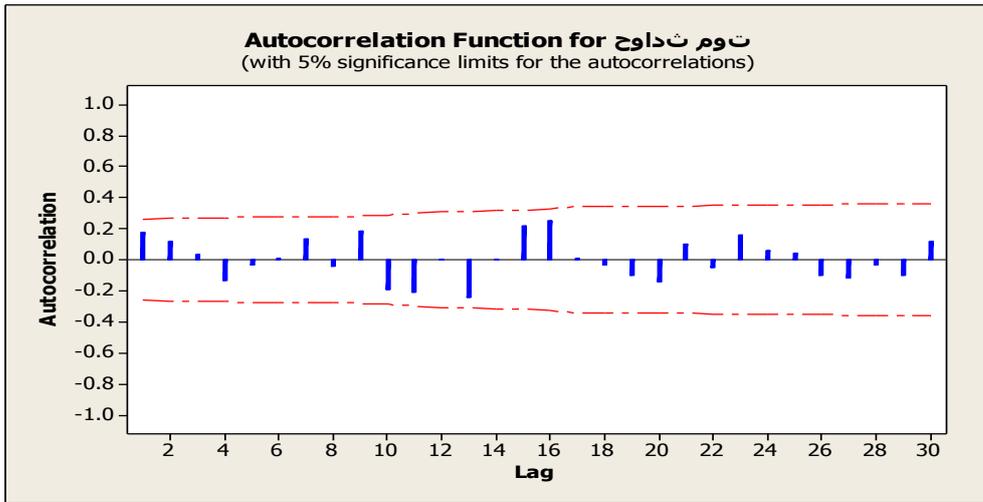
المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab.

يتبين من الشكل رقم (3-5) الذي يوضح سلوك السلاسل الزمنية لحوادث التلف المرورية التي تحدث بالطرق الرئيسية عدم وجود إتجاه عام و كذلك تتأرجح بين الزيادة و النقصان بمعدل بسيط ونجد ان السلسلة مستقرة وذلك لثبات الوسط و التباين .

**مناقشة النتائج :** يتبين من خلال الرسم البياني بالرقم (3-1) الذي يوضح سلوك السلاسل الزمنية للحوادث المرورية ( الموت ، الاذي الجسيم ، البسيطة ، التلف ) وكذلك الشكل رقم (3-2) حوادث الموت ، الشكل رقم (3-3) الحوادث البسيطة ، الشكل رقم (3-4) حوادث الاذي الجسيم ، الشكل رقم (3-5) حوادث التلف التي تحدث بالطرق يتبين عدم وجود اتجاه عام للسلاسل وهذا يؤكد بأن السلاسل مستقرة.

**رسم معاملات الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF):**

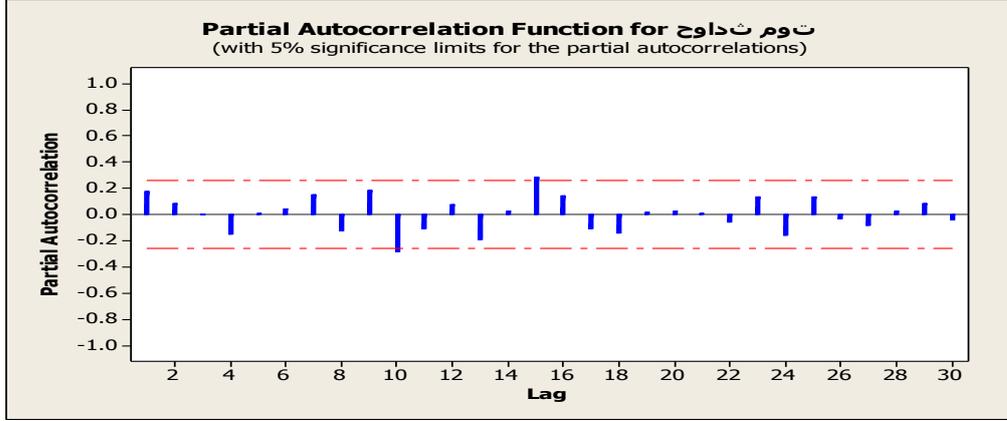
بالتطبيق علي بيانات البحث الموضحة في الملحق ، تم إيجاد دالة الارتباط الذاتي (ACF) و الارتباط الذاتي الجزئي ( PACF ) للسلاسل الزمنية للحوادث المرورية والاشكال أدناه توضح سلوك دالة الارتباط الذاتي و الارتباط الذاتي الجزئي وحدي الثقة لكل سلسلة الزمنية للحوادث المرورية. الشكل (3-6) يوضح معاملات الارتباط الذاتي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية لحوادث الموت في الطرق السريعة في السودان  $Z_1$  .



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (3-6) أن قيم معاملات الارتباط الذاتي لحوادث الموت المرورية تدخل ضمن حدود الثقة مما يؤكد أن كل القيم تقع داخل نطاق الحد الأعلى و الأدنى لحدود الثقة لجميع قيم الإبطاءات (30) .

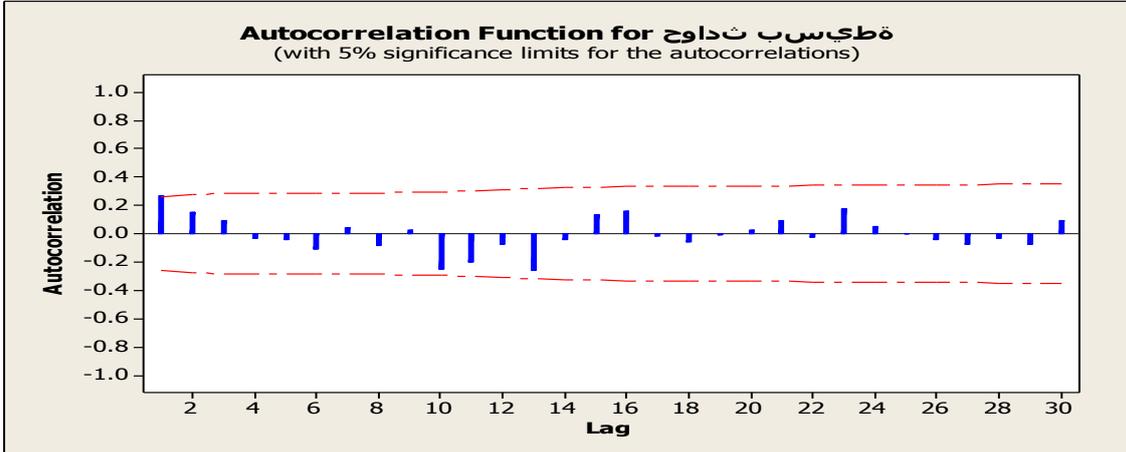
الشكل (7-3) يوضح معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدى الثقة لحوادث الموت المرورية في الطرق السريعة  $Z_1$ .



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (7-3) أن قيم معاملات الإرتباط الذاتي الجزئي لحوادث الموت تدخل ضمن حدود الثقة مما يؤكد أن كل القيم تقع داخل نطاق الحد الأعلى و الأدنى لحدود الثقة لجميع قيم الإبطاءات (30).

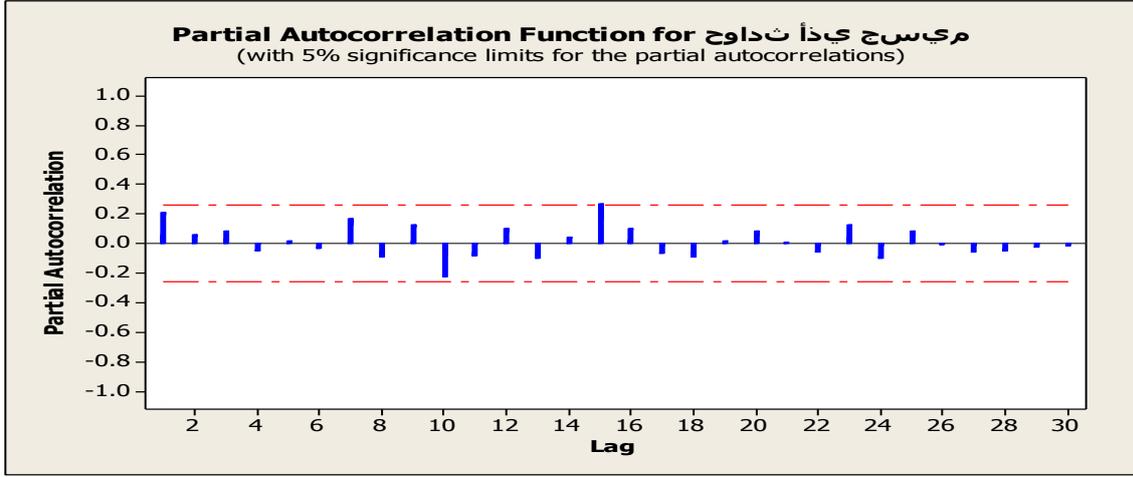
الشكل (8-3) يوضح معاملات الارتباط الذاتي وحدى الثقة للسلسلة الزمنية لحوادث الجروح (البسيطة) المرورية في الطرق السريعة في السودان  $Z_2$



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (8-3) أن قيم معاملات الإرتباط الذاتي لحوادث الجروح تدخل ضمن حدود الثقة مما يؤكد أن كل القيم تقع داخل نطاق الحد الأعلى و الأدنى لحدود الثقة لجميع قيم الإبطاءات (30).

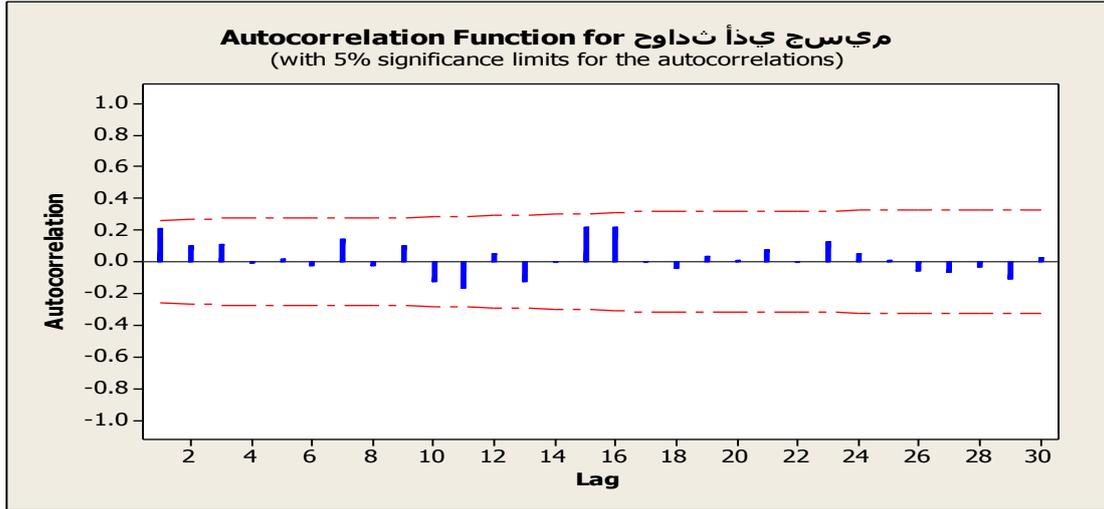
الشكل (9-3) يوضح معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدى الثقة لحوادث الجروح (البيسطة) .



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (9-3) أن قيم معاملات الإرتباط الذاتي الجزئي لحوادث الجروح (البيسطة) تدخل ضمن حدود الثقة مما يؤكد أن كل القيم تقع داخل نطاق الحد الأعلى و الأدنى لحدود الثقة لجميع قيم الإبطاءات (30) .

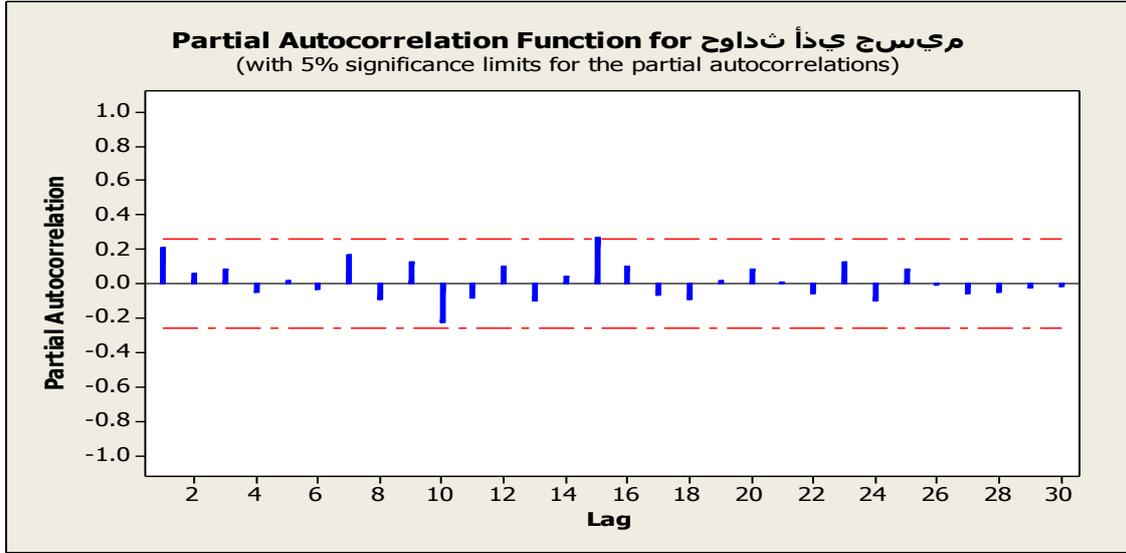
الشكل (10-3) معاملات الاتباط الذاتي وحدى الثقة للسلسلة الزمنية لحوادث الاذي الجسيم المرورية في الطرق السريعة في السودان Z3



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (10-3) أن قيم معاملات الإرتباط الذاتي لحوادث الأذي الجسيم تدخل ضمن حدود الثقة مما يؤكد أن كل القيم تقع داخل نطاق الحد الأعلى و الأدنى لحدود الثقة لجميع قيم الإبطاءات (30) .

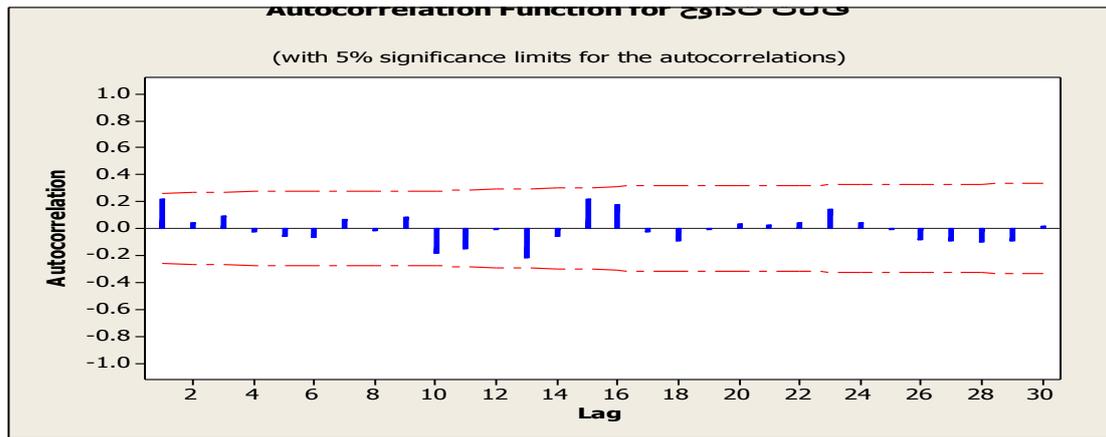
الشكل (11-3) معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدى الثقة لحوادث الأذى الجسيم في الطرق الرئيسية



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (11-3) أن قيم معاملات الارتباط الذاتي الجزئي لحوادث الأذى الجسيم تدخل ضمن حدود الثقة مما يؤكد أن كل القيم تقع داخل نطاق الحد الأعلى و الأدنى لحدود الثقة لجميع قيم الإبطاءات (30) .

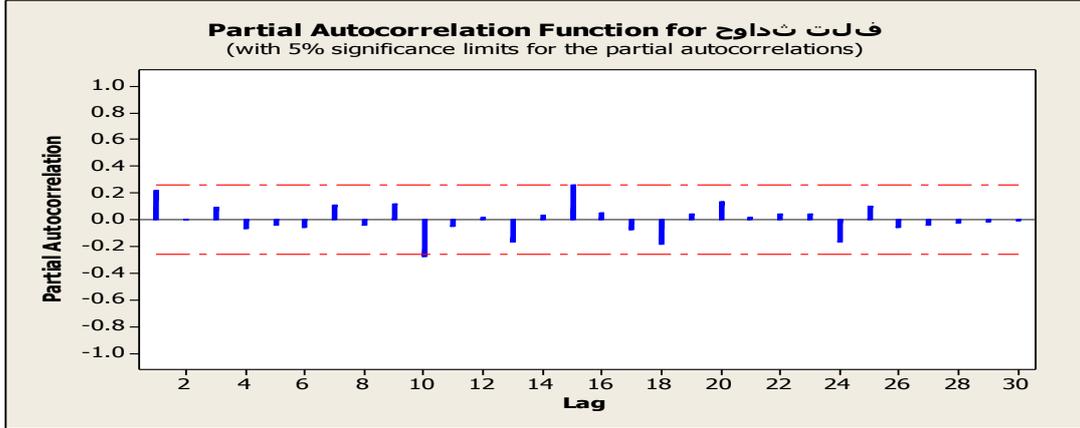
الشكل (12-3) يوضح معاملات الارتباط الذاتي وحدى الثقة للسلسلة الزمنية لحوادث التلف المرورية في الطرق السريعة في السودان Z4



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (12-3) أن قيم معاملات الارتباط الذاتي لحوادث التلف تدخل ضمن حدود الثقة مما يؤكد أن كل القيم تقع داخل نطاق الحد الأعلى و الأدنى لحدود الثقة لجميع قيم الإبطاءات (30)

الشكل (3-13) معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدى الثقة لحوادث التلف المرورية .



المصدر : إعداد الباحث بإستخدام برنامج Minitab

يتبين من الشكل رقم (3-13) أن قيم معاملات الإرتباط الذاتي الجزئي لحوادث التلف تدخل ضمن حدود الثقة مما يؤكد أن كل القيم تقع داخل نطاق الحد الأعلى و الأدنى لحدود الثقة لجميع قيم الإبطاءات (30) .

**مناقشة النتائج :** يتبين من خلال الرسم البياني بالرقم (3-1) الذي يوضح سلوك السلاسل الزمنية لحوادث المرورية مجتمعة ( الموت ، الاذي الجسيم ، البسيطة ، التلف ) وكذلك الشكل رقم (3-2) حوادث الموت ، الشكل رقم (3-3) الحوادث البسيطة ، الشكل رقم (3-4) حوادث الاذي الجسيم ، الشكل رقم (3-5) حوادث التلف عدم وجود أثر للإتجاه العام ومن خلال سلوك دالة الارتباط الذاتي (ACF) و الإرتباط الذاتي الجزئي (PACF) أن جميع القيم تقع داخل نطاق الحد الأدنى و الأعلى للسلاسل وهذا يؤكد أن السلاسل الزمنية للحوادث المرورية مستقرة مما يشير لعدم تحقق الفرضية الاولى التي تنص علي ان السلاسل الزمنية للحوادث المرورية غير مستقرة ، و للتأكد أكثر نطبق إختبار(ديكي فلر و فيلبس بيرون) للإستقرارية .

## 2-3-2-6 التحليل في اطار الاستقرارية (السكون):

يتم تحليل البيانات وفقاً لمراحل منهجية بوكس - جنكيز للسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات الخطوة الاولى هي التاكيد من أن السلسلة الزمنية مستقرة أو انها غير مستقرة من خلال استخدام إختبار(ديكي فلر و فيلبس بيرون) للإستقرارية .

## 1-2-3-6 إختبار الأستقرارية (السكون) للحوادث المرورية مجتمعه:

تم استخدام بيانات الحوادث المرورية الموضحة في الملحق وبالرجوع الى الاطار النظري للبحث لدراسة الاستقرارية (السكون) تم ايجاد النتائج الموضحة في الجدول رقم (2-3) .

جدول رقم (2-3) يوضح نتائج أختبار ديكي فوللر و فيليبس بيرون لإستقرارية الحوادث المرورية مجتمعه.

المقياس (الإختبار)	مستوي المعنوية عند %10	مستوي المعنوية %5	مستوي المعنوية %1	قيمة الاختبار
إختبار ديكي فللر ADF Test Statistic	-2.022	-3.0142	-1.8457	-5.973989
إختبار فيليبس بيرون PP Test Statistic	-2.4128	-2.6144	-2.924	-5.2591

المصدر : إعداد الباحث من برنامج Eviews

يتبين من الجدول رقم(2-3) أن القيم المطلقة لإختبار (ADFF&PP) أكبر من القيم الحرجة عند مستويات الدلالة المختلفة ، عليه نرفض فرضية العدم التي تنص على أن السلاسل غير مستقرة ونتقبل الفرض البديل مما يدل على أن السلسلة الزمنية للحوادث المرورية مجتمعة التي تحدث بالطرق السريعة (الرئيسية) في السودان (مستقرة ) مما يشير لعدم تحقق الفرضية الاولي ، و يمكن اختبار كل سلسلة للحوادث .

## 2-2-3-6 إختبار الأستقرارية (السكون) لحوادث الموت:

تم استخدام بيانات حوادث الموت الموضحة في الملحق وبالرجوع الى الاطار النظري للبحث لدراسة الاستقرارية (السكون) تم ايجاد النتائج الموضحة في الجدول رقم (3-3) الذي يوضح نتائج أختبار ديكي فوللر و فيليبس بيرون لإستقرارية لحوادث الموت المرورية

جدول رقم (3-3) يوضح نتائج اختبار ديكي فوللر و فيليبس بيرون لإستقرارية حوادث الموت المرورية

المقياس الإحصائي (الإختبار)	مستوي المعنوية عند 10%	مستوي المعنوية 5%	مستوي المعنوية 1%	قيمة الاختبار
إختبار ديكي فللر ADF Test Statistic	-2.5932	-2.9118	-3.5457	-4.973989
إختبار فيليبس بيرون PP Test Statistic	-2.5928	-2.9118	-3.5437	-6.509195

المصدر : إعداد الباحث من برنامج Eviews

يتبين من الجدول رقم(3-3) أن القيم المطلقة لإختبار (ADFT&PP) أكبر من القيم الحرجة عند مستويات الدلالة المختلفة ، عليه نرفض فرضية العدم التي تنص على أن السلسلة غير مستقرة ونتقبل الفرض البديل مما يدل على أن السلسلة الزمنية لحوادث الموت المرورية التي تحدث بالطرق السريعة (الرئيسية) في السودان (مستقرة).

### 3-2-2-3 إختبار الاستقرارية (السكون) للحوادث البسيطة:

تم استخدام بيانات حوادث الجروح (البسيطة) الموضحة في الملحق وبالرجوع الي الإطار النظري للبحث لدراسة الاستقرارية (السكون) تم ايجاد النتائج الموضحة في الجدول رقم (3-4) الذي يوضح نتائج اختبار ديكي فوللر وفيلبس بيرون لإستقرارية حوادث الجروح (البسيطة):

جدول رقم (3-4) يوضح نتائج اختبار ديكي فوللر وفيلبس بيرون لإستقرارية حوادث الجروح (البسيطة) .

المقياس الإحصائي (الإختبار)	مستوي المعنوية عند %10	مستوي المعنوية عند %5	مستوي المعنوية %1	قيمة الاختبار
إختبار ديكي فللر ADF Test Statistic	-2.8932	-1.9118	-3.5457	-4.869
إختبار فيلبس بيرون PP Test Statistic	-2.9928	-2.9108	-3.5437	5.99406

المصدر : إعداد الباحث من برنامج Eviews

يتبين من الجدول رقم(3-4) أن القيم المطلقة لإختبار (ADFT&PP) أكبر من القيم الحرجة عند مستويات الدلالة المختلفة ، عليه نرفض فرضية عدم التنص على أن السلسلة غير مستقرة ونقبل الفرض البديل مما يدل على ان السلسلة الزمنية لحوادث الجروح (البسيطة) المرورية التي تحدث بالطرق السريعة (الرئيسة) في السودان ( مستقرة ).

#### 4-2-2-3-6 اختبار الاستقرارية (السكون) لحوادث الاذي الجسيم:

تم استخدام بيانات حوادث الاذي الجسيم الموضحة في الملحق وبالرجوع الى الإطار النظري للبحث لدراسة الاستقرارية (السكون) تم ايجاد النتائج الموضحة في الجدول رقم (3-5) الذي يوضح نتائج اختبار ديكي فوللر و فيلبس بيرون لإستقرارية حوادث الأذي الجسيم المرورية

جدول رقم (3-5) يوضح نتائج اختبار ديكي فوللر و فيلبس بيرون لإستقرارية حوادث الأذي الجسيم المرورية

المقياس الإحصائي (الإختبار)	مستوي المعنوية عند 10%	مستوي المعنوية 5%	مستوي المعنوية 1%	قيمة الإختبار
إختبار ديكي فلر ADF Test Statistic	-3.0932	-2.912	-3.546	-5.973
إختبار فيلبس بيرون PP Test Statistic	-3.0928	-2.915	-3.544	6.392

المصدر : إعداد الباحث من برنامج Eviews

يتبين من الجدول رقم (3-5) أن القيم المطلقة لإختبار (ADFt&PP) أكبر من القيم الحرجة عند مستويات الدلالة المختلفة ، عليه نرفض فرض العدم التي تنص على أن السلسلة غير مستقرة ونتقبل الفرض البديل مما يدل على أن السلسلة الزمنية لحوادث الأذي الجسيم المرورية التي تحدث بالطرق السريعة (الرئيسة) في السودان ( مستقرة ) .

### 5-2-3-6 اختبار الاستقرارية (السكون) لحوادث التلف:

تم استخدام بيانات حوادث التلف المرورية المدروسة الموضحة في الملحق وبالرجوع الي الإطار النظري للبحث لدراسة الاستقرارية (السكون ) تم ايجاد النتائج الموضحة في الجدول (3-6)

الذي يوضح نتائج اختبار ديكي فوللر و فيلبس بيرون لإستقرارية حوادث التلف المرورية:

جدول رقم (3-6) يوضح نتائج اختبار ديكي فوللر و فيليبس بيرون لإستقرارية حوادث التلف المرورية

المقياس الإحصائي (الإختبار)	مستوي المعنوية عند 10%	مستوي المعنوية 5%	مستوي المعنوية عند 1%	قيمة الاختبار
إختبار ديكي فللر ADF Test Statistic	-2.911	-2.9311	-3.5414	-5.4278
إختبار فيليبس بيرون PP Test Statistic	-2.919	-2.9171	-3.5391	-6.35448

المصدر : إعداد الباحث من برنامج Eviews

يتبين من الجدول رقم (3-6) أن القيم المطلقة لإختبار (ADF&PP) أكبر من القيم الحرجة عند مستويات الدلالة المختلفة ، عليه نرفض فرض العدم التي تنص على أن السلسلة غير مستقرة ونتقبل الفرض البديل مما يدل على أن السلسلة الزمنية لحوادث التلف المرورية التي تحدث بالطرق السريعة (الرئيسة) في السودان (مستقرة) .

### مراحل تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات:

تمر عملية تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بمراحل هي مرحلة التشخيص (Identification) ثم مرحلة التقدير (Estimation) ثم تليها مرحلة الفحص والتدقيق (Diagnostic Checking) و مرحلة التنبؤ (Forecasting).

### 1- مرحلة التشخيص (Identification):

إن الخطوة الأولى في مرحلة بناء نموذج السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات هي تشخيص النموذج (Identification) وقد تم تطبيق معايير التشخيص ، لمعرفة نوع النموذج وتحديد الرتبة للنموذج المحدد.

## تحديد النموذج:

وبالتطبيق علي بيانات البحث الموضحة في الملحق المتمثلة في الحوادث المرورية المأخوذة للبحث تم أخذ كل الاحتمالات الممكنة وكما مشار إلي ذلك في الجانب النظري للبحث حيث أخذت النماذج VARMA(p,q) ، وتم إيجاد معايير اختيار الرتبة لكل نموذج ، وكذلك إيجاد (RMSE) كما موضح في الجدول رقم (3-7) الذي يوضح ذلك .

جدول رقم (3-7) النماذج الممكنة للسلاسل الزمنية للحوادث المرورية

النموذج	RMSE	MAE	AIC	BIC	HQIC	SBC
VARMA(p,q)						
VARMA (1,0)	36.060	23.243	389.401	7.307	387.572	362.149
VARMA (2,0)	36.304	24.982	391.253	7.385	392.641	362.815
VARMA (0,1)	36.125	25.578	391.673	7.314	391.378	362.801
VARMA (0,2)	36.197	24.980	389.457	7.385	390.945	366.753
VARMA (1,1)	36.362	24.851	390.426	7.386	391.943	362.914
VARMA (1,2)	36.502	24.832	393.392	7.468	393.451	365.432
VARMA (2,1)	36.845	24.813	389.687	7.469	391.318	364.753
VARMA (2,2)	36.975	26.016	392.587	7.963	394.114	365.453

المصدر: إعداد الباحث باستخدام SPSS

يتبين من الجدول رقم (3-7) أن النموذج VARMA (1,0) هو صاحب أقل معايير (AIC=389.401) (BIC=7.307)، (SBC=362.149) (HQIC=387.572)، (RMSE=36.060) (MAE=23.243) عليه فهو النموذج الاحسن والكفاء لتمثيل البيانات .

## 2- مرحلة التقدير: ( Estimation )

بعد تشخيص النموذج للسلاسل الزمنية للحوادث (الموت، البسيطة، الاذي الجسيم ، التلف) المرورية في الطرق السريعة (الرئيسية) تأتي المرحلة الثانية من مراحل بناء نموذج السلاسل الزمنية هي مرحلة تقدير معاملات النموذج (Estimation) وبتطبيق طريقة المربعات الصغرى على بيانات السلاسل الزمنية و بالإعتماد على نتائج البرنامج الجاهز ( SPSS ) وبالرجوع الي الجانب النظري يتم عرض النموذج (1) VAR في شكل مصفوفة كما هو موضح:

$$\begin{bmatrix} z_{1t} \\ z_{2t} \\ z_{3t} \\ z_{4t} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 10.524 \\ 16.683 \\ 20.843 \\ 45.713 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.272 & .99 & .475 & 0.548 \\ 0.98 & .0.762 & 0.557 & 0.274 \\ .0.46 & .0.65 & 0.0076 & 0.1261 \\ 0.55 & 0.35 & 0.135 & 0.645 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_{1t-1} \\ z_{2t-1} \\ z_{3t-1} \\ z_{4t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{1t} \\ a_{2t} \\ a_{3t} \\ a_{4t} \end{pmatrix} \quad \dots \dots \dots (3-1)$$

ويمكن التعبير عن ذلك علي النحو التالي :

$$\underline{z}_{1t} = 10.71 + 0.272z_{1t-1} + 0.99z_{2t-1} + 0.475z_{3t-1} + 0.54z_{4t-1} + a_{1t} \quad \dots (3 - 2)$$

النموذج (3-2) يخص سلسلة حوادث الموت المرورية .

$$\underline{z}_{2t} = 16.68 + 0.89z_{1t-1} + 0.76z_{2t-1} + 0.55z_{3t-1} + 0.27z_{4t-1} + a_{2t} \quad \dots (3 - 3)$$

النموذج (3-3) يخص سلسلة الحوادث المرورية البسيطة .

$$\underline{z}_{3t} = 20.84 + 0.46z_{1t-1} + 0.65z_{2t-1} + 0.007z_{3t-1} + 0.12z_{4t-1} + a_{3t} \quad \dots (3 - 4)$$

النموذج (3-4) يخص سلسلة حوادث الاذي الجسيم المرورية .

$$\underline{z}_{4t} = 45.713 + 0.55z_{1t-1} + 0.35z_{2t-1} + 0.135z_{3t-1} + 0.64z_{4t-1} + a_{4t} \quad \dots (3 - 5)$$

النموذج (3-5) يخص سلسلة حوادث التلف المرورية .

### 3- مرحلة فحص مدي الملاءمة: (Diagnostic checking)

في هذه المرحلة يتم فحص النموذج الذي تم بناءه في شكل مصفوفة لمعرفة مدي ملاءمة النموذج لتمثيل بيانات الظاهرة، عليه يتم اختبار مدي الملاءمة لنموذج الحوادث المرورية وذلك برسم دالة الارتباط الذاتي للأخطاء المقدره **ACF** و دالة الارتباط الذاتي الجزئي **PACF** للأخطاء المقدره كما في الشكل (3-14) و تطبيق إختبار **Portmanteau** على الأخطاء المقدره وكانت النتائج كما في الجدول (3-8).

جدول رقم (3-8) إختبار **Portmanteau** لفحص دقة النموذج لحوادث المرور السريع

Model	Statistics	Portmanteau		
		$\chi^2_{(dF, 0.05)} Table$	DF	Sig.
Accidents-Model_1	11.070	28.87	17	0.543

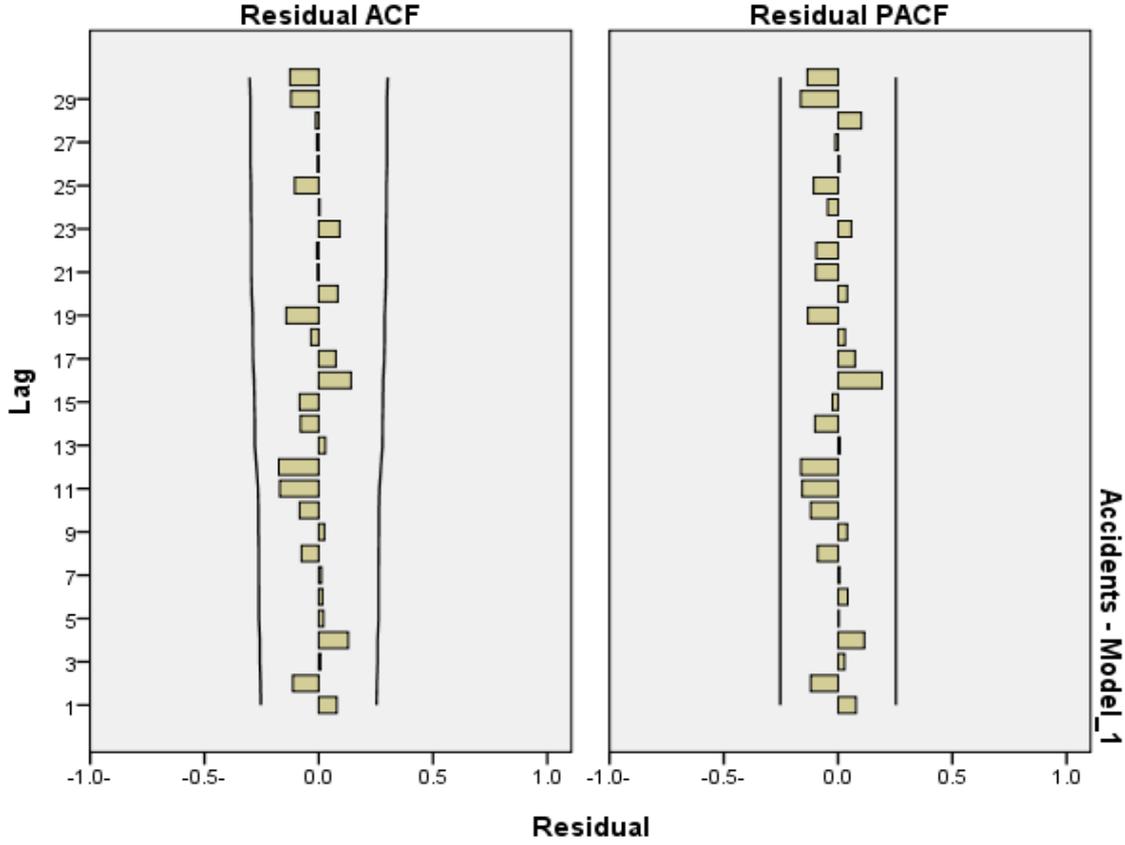
المصدر: إعداد الباحث باستخدام برنامج SPSS

يتبين من الجدول رقم (3-8) وبمقارنة القيمة المحسوبة لإختبار **Portmanteau** بالقيمة

الجدولية نجد ان القيمة المحسوبة أقل من الجدولية  $Q. stat = 11.07 < \chi^2_{(15, 0.05)} = 28.87$

عليه نقبل الفرضية الصفرية التي تنص على عشوائية البواقي إي ان معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للأخطاء المقدره الناتجة من هذا النموذج تقع ضمن حدود الثقة، مما يدل على ان النموذج المقترح نموذج كفاء ويمكن الإعتماد عليه في عملية التنبؤ والاشكال ادناه تؤكد ذلك.

الشكل رقم (3-14) يوضح معاملات الارتباط الذاتي و الارتباط الذاتي الجزئي لبواقي النموذج المقدر.



المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS

إختبار طبيعة البواقي:

الجدول (3-9) و (3-10) توضح التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر

جدول (3-9) يوضح اختبار الالتواء:

Equation	Skewnes	Chi <sup>2</sup>	Df	Prop>Chi <sup>2</sup>
Z1	-1.9821	37.322	1	0.00000
Z2	-.6599	2.403	1	0.121008
Z3	-.70671	0.0655	1	0.82758
Z4	-1.10929	0.113	1	0.73623
All		39.886	4	0.00000

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام Stata

جدول رقم (3-10) اختبار التفرطح:

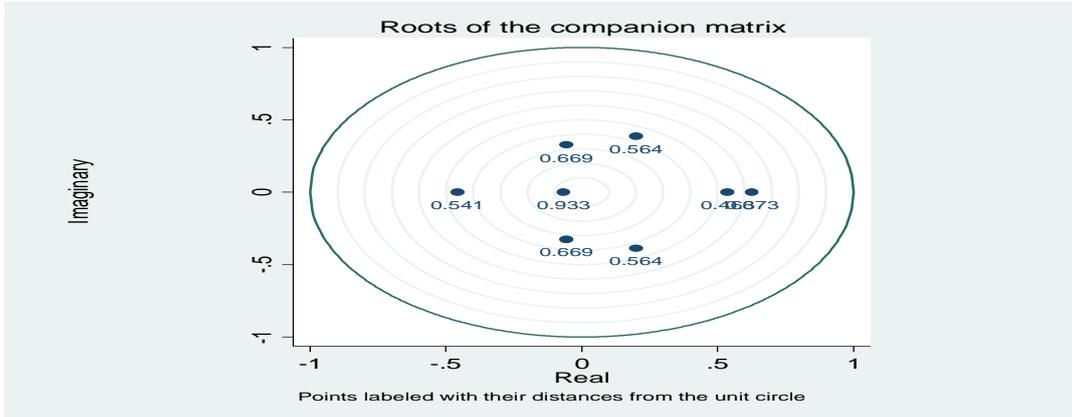
Equation	Kurtosis	Chi <sup>2</sup>	Df	Prop>Chi <sup>2</sup>
Z1	6.534	29.706	1	0.40087
Z2	3.4459	0.369	1	0.49199
Z3	3.1716	0.0227	1	0.79148
Z4	3.3136	0.234	1	0.62888
All		29.826	4	0.0000

المصدر : من إعداد الباحث بإستخدام Stata

يتبين من الجداول رقم (3-9) و (3-10) أن القيمة الإحتمالية (All) لوصف السلاسل الزمنية للحوادث المرورية بالطرق الرئيسية (السريعة) في السودان مجتمعة تساوي (0.0000) وهي أصغر من مستوي المعنوية (0.05) مما يدل علي أن البواقي للنموذج المقدر تتوزع طبيعياً .

### اختبار السكون للنموذج :

وذلك من خلال إستخدام دائرة الوحدة كما في الشكل رقم (3-15) الذي يوضح ذلك :



المصدر : من إعداد الباحث بإستخدام Stata

يتبين من الشكل رقم (3-15) ان القيم المميزة داخل دائرة الوحدة و أصغر من الواحد مما يدل علي أن النموذج المستخدم لوصف البيانات ساكن عليه يمكن أستخدامه في عملية التنبؤ.

#### 4- مرحلة التنبؤ: (Forecasting):

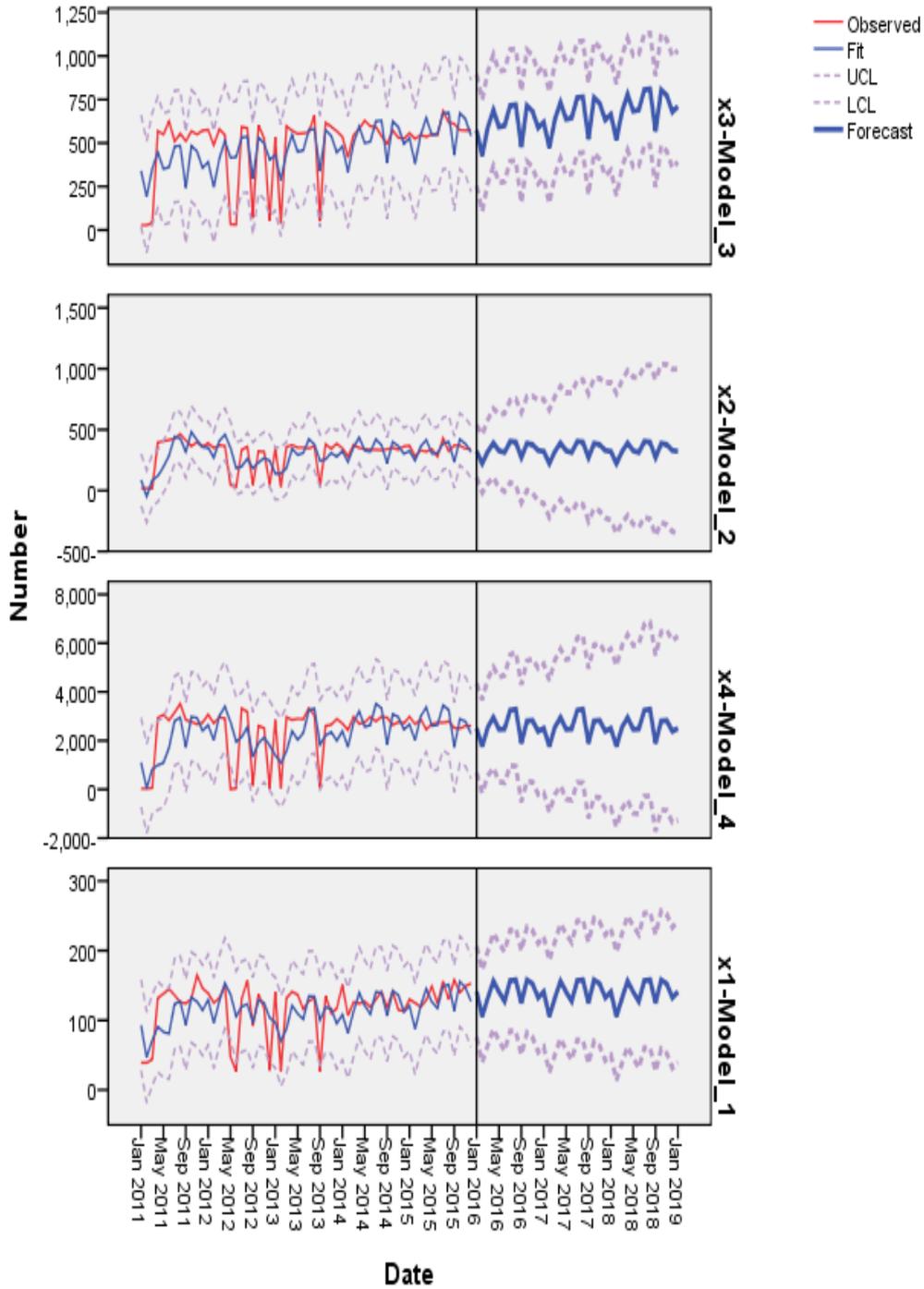
بعد أن تم تشخيص و تقدير النموذج الملائم للحوادث المرورية في السودان و التأكد من كفاءة وملاءمة النموذج ، قمنا باستخدامه في التنبؤ بالقيم المستقبلية وذلك لمعرفة سلوكها في المستقبل اعتماداً علي معادلات التنبؤ الموضحة في الإطار النظري للبحث ، تم التنبؤ بالسلاسل الزمنية للحوادث المرورية بالطرق السريعة (الموت -البسيطة- الاذي الجسيم - التالف ) لفترة (10) أشهر مارس (2019) الي ديسمبر (2019) كما موضحة في الجداول رقم (3-11).

جدول (3-11) يوضح الحوادث المرورية المتنبأ بها في العشرة شهور القادمة

السنة - الشهر	القيم المتنبأ بها لحوادث الموت	القيم المتنبأ بها لحوادث بسيطة	القيم المتنبأ بها لحوادث الاذي الجسيم	القيم المتنبأ بها لحوادث التالف
Mar-2019	126.747	338.099	527.0831	2509.591
Apr-2019	126.7741	338.776	529.021	2509.020
May-2019	128.597	338.599	528.083	2510.891
Jun-2019	128.741	339.476	529.071	2511.024
Jul-2019	126.842	338.739	528.961	2511.521
Aug-2019	127.823	338.021	528.375	2510.453
Sep2019	126.857	338.497	527.889	2509.591
Oct2019	128.761	338.906	529.221	2509.520
Nov2019	126.952	337.991	526.891	2511.581
Dec-2019	128.903	338.021	526.375	2510.453

المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS

الشكل (16-3) يوضح الحوادث المرورية المتنبأ بها في الشهور القادمة.



المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS

يتبين من الشكل رقم (16-3) أن هناك إستقرار نسبي في الحوادث المرورية المتنبأ بها في الشهور القادمة.

## الفصل الرابع

### النتائج و التوصيات

تمهيد 0-4

النتائج 1-4

التوصيات 2 -4

## 4-0 تمهيد:

يضم هذا الفصل أهم النتائج و التوصيات التي تم التوصل إليها من خلال البحث :

## 4-1 النتائج :

وبناءً على نتائج التحليل الإحصائي بالفصل الثالث (التطبيق) وجدنا أن :

1- السلاسل الزمنية للحوادث المرورية في السودان بالطرق السريعة (الرئيسية) في الفترة من 1/يناير 2011 الى 31 ديسمبر 2015 تمثل سلسلة زمنية ساكنة (مستقرة)، مما يشير الى عدم تحقق الفرضية التي تنص علي أن ("السلسلة الزمنية التي تمثل لحوادث الحركة المرورية في السودان خلال الفترة من (2011-2015) تمثل سلسلة زمنية غير مستقرة").

2- قيم الارتباطات الذاتية و الذاتية الجزئية للمتغيرات جميعها تقع داخل حدود الثقة العليا و الدنيا.

3- النموذج الملائم والكفوء لتمثيل بيانات السلاسل الزمنية للحوادث المرورية متعددة المتغيرات من الدرجة (1) VAR هو الأحسن و الكفاء

4- تم اختيار أفضل نموذج اعتماداً علي معايير المفاضلة و تم فحص الملاءمة للنموذج المقترح احصائياً من خلال اختبارات معنوية المعلمات المقدرة، النموذج جيد و كفاء ويمكن الاعتماد عليه.

5- نجد ان معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للأخطاء المقدرة الناتجة من هذا النموذج تقع ضمن حدود الثقة.

6 - وفقاً لهذا النموذج تم التنبؤ بالحوادث المرورية الشهرية لفترة (10) أشهر لسنة (2019) بحيث نجد هناك تقارب بين سلوك السلسلة المقدرة و سلوك السلسلة الفعلية وهذا يدعم كفاءة النموذج في تمثيل بيانات البحث وإمكانية الاعتماد عليه في التنبؤ بالقيم المستقبلية.

7- يوجد إستقرار نسبي في الحوادث المرورية المتتبعاً في الشهور القادمة.

8- استخدام السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات يعطي دقة أكبر في عملية التنبؤ.

9- السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات نظام نمذجة و تنبؤ منظم موثوق به.

## 4-2 التوصيات :

بناءً على نتائج البحث التي تم التوصل إليها من خلال الجانب التطبيقي لدراسة الحالة توصي الدراسة بـلاتي :

### 4-2-1 توصيات عامة:

- 1- يمكن استخدام النموذج الذي تم التوصل إليه من قبل (ادارة المرور السريع فى السودان) لمعرفة الاتجاهات المستقبلية للظاهرة ووضع الخطط اللازمة لها.
- 2- السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات نظام نمذجة و تنبؤ منظم موثوق به توصي الدراسة باستخدامه في دراسات مماثلة.
- 3- أهتمام بالدراسات العلمية والبحوث الميدانية المتصلة بالحوادث المرورية وإستخدام نتائج هذه البحوث والدراسات عند وضع الخطط.
- 4- تدريب العاملين في ادارة الإحصاء و التخطيط علي استخدام البرمجيات الحديثة للتنبؤ و التحليلات الإحصائية على وفق الإساليب الحديثة.
- 5- وضع برامج توعية مرورية متكاملة تسخر لها كافة الوسائل الاعلامية و التربوية في البلاد.
- 6- إدخال مناهج وبرامج دراسية تتعلق بالسلامة المرورية في جميع المراحل الدراسية.
- 7- دراسة هذه الظاهرة وهذا بإدخال كل المتغيرات التي تؤثر في حوادث المرور مثل (المركبات ، حالة الطرقات ، الأحوال الجوية ، أستهلاك الوقود ، ... الخ).
- 8- دراسة تحليلية عن أنواع الحوادث والمشكلات المرورية في السودان.
- 9 - العمل علي ايجاد نظام إدخال معلومات الحوادث عن طريق إدخال نظام المعلومات الجغرافية لتحديد مواقع الحوادث، مما يساهم في توسيع نطاق الحلول المقترحة، إلى جانب توفير البيانات لبعض العوامل مثل عدد الطرق وطول الطريق وعدد الدورات والجسور، ونوع السيارات المشتركة بالحادث، والذي بدوره سيسهم في تطوير نماذج التنبؤ بحوادث الطرق.
- 10- الإهتمام برصد البيانات الإحصائية بواسطة نظام معلومات يمكن الباحثين من الحصول على المعلومة بصورة سهله.

#### 4-2-2 توصيات خاصة:

- 1- دراسة هذه الظاهرة وهذا بإدخال كل المتغيرات التي تؤثر في حوادث المرور مثل (المركبات ، حالة الطرقات ، الأحوال الجوية ، أستهلاك الوقود ، ... الخ).
- 2 - دراسة الابعاد النفسية و الإجتماعية للحوادث المرورية.
- 3 - دراسة أنواع الحوادث و أسبابها ونوع السيارات المسببة لتلك الحوادث.
- 4 - دراسة تحليلية عن أنواع الحوادث والمشكلات المرورية في السودان.

## المراجع

- 1- المراجع العربية
- 2 - لمراجع الانجليزية:

## 1- المراجع العربية:

1. أحمد، سوزان صالح (2014) ، نموذج إحصائي للتنبؤ بالمياه الجوفية (دراسة تطبيقية).
2. البشير، زين العابدين عبدالرحيم (2012) "السلاسل الزمنية فى اتجاهي الزمن والتكرار" دارالجنان \_ السودان الطبعة الاولى.
- 3 . الخضر ، أمل السر ، (2013) ، نماذج بوكس-جينكينز للسلسلة الزمنية متعددة المتغيرات بالتطبيق على انتاج الكهرباء ومنسوب النيل -جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا.
4. المؤتمر العلمي الثاني للرياضيات \_ الاحصاء والمعلوماتية (2009) ، جامعة الموصل.
5. بري،عدنان ماجد (2002) ، طرق التنبؤ الإحصائي "الجزء الأول،جامعة الملك سعود \_ كليةالعلوم.
6. جواد كاظم وسولاف صبري ، (2012) ، التنبؤ بمبيعات البنك المركزي من العملة الأجنبية باستخدام أنموذج دالة التحويل العشوائي ، ورقة علمية - المجلة العراقية.
7. ظافر رمضان و سندس بهجت ، (2012) ، التكهّن للسلاسل الزمنية ذات الأنماط الموسمية المتعددة مع التطبيق، ورقة علمية منشورة - المجلة العراقية للعلوم .
8. عبيد محمود ومحمد سمير،(2012) ، طريقة مقترحة لتحديد النماذج الكفاءة للسلاسل الزمنية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الاساسية - المجلد (29)- العدد الأول .
- 9 . عبد المجيد حمزة و صفاء يونس، (2005) ، مقارنة المقدرات الإعتيادية و الحصينة لنماذج السلاسل الزمنية المختلفة الثنائية من الرتب الدنيا)، ورقة علمية - المجلة العراقية للعلوم الإحصائية .
10. عطالله ، هناء طه ، (2016) ، اسلوب مقترح لمعالجة بيانات السلاسل العنقودية متعددة المتغيرات، مجلة الدراسات التجارية - جامعة بنها ، العدد 41.
11. فاندل والتر (1992) "السلاسل الزمنية من الوجهة التطبيقية ونماذج - بوكس جنكيز" ، تعريب: عبدالرحمن حامدعزام، دارالمريخ للنشر،الرياض،المملكة العربيةالسعودية.
12. كنعان عبد اللطيف و أنسام ، (2012) مقارنة في طرائق تقدير التكامل المشترك مع تطبيق عملي، المجلة العراقية للعلوم الإقتصادية - العدد 8.
13. مطر، ظافر رمضان و خالد، نجلاء (2011) "دراسة مقارنة كفاءة عدد من معايير المعلومات في إختيار نماذج السلاسل الزمنية من الرتب الدنيا"، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، 19 ، ص (65-102).

14. محمد، اسماء صديق (2015) ، أستخدم السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات للتنبؤ بكمية السكر المنتجة، جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا.
15. محمد احمد ،على طالب ، (2011) ، دالة الانتاج للشركة السودانية للسكر ، جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا.
- 16 . نورالدين ،عبدالله إبراهيم، (2013) ، العلاقة السببية بين عرض النقد وسعر الصرف فى ليبيا)، مجلة جامعة الاسكندرية - المجلد 2 العدد 16.
17. هارون ، ادريس يحي ، (2014) م ، استخدام السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات للتنبؤ بكمية الامطار والرطوبة النسبية ودرجات الحرارة فى ولاية القضارف للفترة (2008-2012)، جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا .
18. هيام عبدالمجيد و شيرين تركي ، (2012) ، مقارنة التنبؤ باستخدام نماذج دالة التحويل ونماذج الأنماط المتماثلة المضطربة مع التطبيق، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، العدد 24.
19. هارون ، ادريس ، (2013) ، أثر عرض النقد فى الإنتاج ومستوى الأسعار فى الأردن، المجلة الاردنية - للعلوم الاقتصادية - المجلد 1 العدد 4.

20. A.M.M. Shahiduzzaman Quash. (2005). Bivariate Time Series Modelling OF Financial Count Data. Journals of communications in statistics. Theory and methods.
21. Alberto Andreonik .Maria Nadia postorion . (2006). A Multivariate ARIMA Model To Forecast Air Transport Demand
22. Amisano ,G and C Guanine (1997).Topics in structural VAR Econometrics ,2<sup>nd</sup>, revised and anlage ed .Heidelberg.
23. Bartlett, M.S (1946). On the theoretical Speasification and sampling properties auto correlated time series .Journal of the Royal statistical society (supplement).
24. CCIhueze ,Ec Okafor (2010) Multivariate Time Series Analysis For Optimum Production Forecast.
25. Dominique M. Hansen's (1980). Bivariate Time Series Analysis of Relationship between Advertising and Sales .Journals Applied economics.
26. Engle, R.F (1982) . Autoregressive conditional Haters daticity with estimates of the variance of united kingdom If lotion econometric a 50:987-1008.
27. Granger, C.W.J (1980). Furcating in Business and Economics .New York Academic press.
28. Richard L.Smith,Tom. Lwigley and Benjamin D.santer .(2002) Bivariate time series approach to anthropogenic trend detection in hemispheric mean temperatures. Journals of climate.
29. Richter N.Baliley S,Collinsl ,solar Tiffany albert Andreonik. (2006). The proximal association between smoking and alcohol.
30. Richard Hones (1964). Prediction Of Multivariate Time Series .Journals on line .
31. Hamilton , J.D(1994) . Times series Analysis Princeton ,NJ: Princeton university press.
32. lutke pohl ,H.2005 New Introduction To Multiple Time Series Analysis New York springer .

# الملاحق

البيانات المستخدمة في البحث للفترة من (2011 الي 2015 بالشهور)

الحوادث				سنة
التلف	أذى	جراح	موت	
				2011م
26	28	19	39	يناير
26	28	19	39	فبراير
58	41	18	44	مارس
2943	569	396	132	ابريل
3063	549	406	138	مايو
2831	625	415	145	يونيو
3156	509	427	136	يوليو
3517	554	464	126	أغسطس
2853	511	411	124	سبتمبر
2778	568	364	131	أكتوبر
2669	549	397	165	نوفمبر
2740	572	360	146	ديسمبر
3064	576	389	139	2012 يناير

2709	487	349	125	فبراير
2961	579	372	132	مارس
2909	545	367	150	ابريل
10	33	45	47	مايو
45	31	30	27	يونيو
3321	593	336	131	يوليو
3185	586	360	157	أغسطس
152	70	45	92	سبتمبر
2605	602	323	137	أكتوبر
2520	527	319	118	نوفمبر
44	55	47	28	ديسمبر
2850	535	342	141	2013 يناير
51	38	32	27	فبراير
2968	579	359	132	مارس
2850	571	373	141	ابريل
2898	553	352	137	مايو
2876	556	352	116	يونيو
3328	561	346	128	يوليو

3045	658	365	132	أغسطس
66	54	36	27	سبتمبر
2605	616	381	135	أكتوبر
2656	594	343	110	نوفمبر
2888	568	385	117	ديسمبر
2704	535	347	151	2014 يناير
2436	418	281	107	فبراير
2977	545	375	126	مارس
2689	581	350	124	أبريل
2752	629	340	127	مايو
2973	596	337	119	يونيو
2794	593	335	130	يوليو
2985	539	333	141	أغسطس
2948	496	340	118	سبتمبر
2641	573	351	142	أكتوبر
2766	531	335	115	نوفمبر
2712	524	364	113	ديسمبر
2985	556	368	130	2015

				يناير
2676	524	280	125	فبراير
2877	546	330	119	مارس
2455	535	319	129	ابريل
2680	552	340	149	مايو
2743	545	280	124	يونيو
2736	683	428	156	يوليو
2792	619	323	130	أغسطس
2520	610	371	158	سبتمبر
2498	574	370	140	أكتوبر
2608	527	344	149	نوفمبر
2603	575	342	153	ديسمبر

المصدر: الإدارة العامة للمرور \_ السودان 2015م