

العنوان:	التكهن بواسطة نماذج الانحدار الحركي مع التطبيق
المؤلف الرئيسي:	المعماري، نوال محمود حمود
مؤلفين آخرين:	إلياس، حسن محمد(مشرف)
التاريخ الميلادي:	2004
موقع:	الموصل
الصفحات:	1 - 97
رقم MD:	552842
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة الموصل
الكلية:	كلية علوم الحاسبات والرياضيات
الدولة:	العراق
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الانحدار الحركي، التكهن، النماذج الرياضية، الاحصاء
رابط:	<a href="http://search.mandumah.com/Record/552842">http://search.mandumah.com/Record/552842</a>

التكهن بواسطة

نماذج الانحدار الحركي مع التطبيق

رسالة مقدمة

إلى

مجلس كلية علوم الحاسبات والرياضيات

جامعة الموصل

وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الإحصاء

من قبل

نوال محمود حمود المعماري

بإشراف

الأستاذ المساعد الدكتور

حسن محمد الياس

## إقرار لجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة المناقشة بأننا قد أطلعنا على هذه الرسالة الموسومة :  
( التكهّن بواسطة نماذج الانحدار الحركي مع التطبيق ) وناقشنا الطالبة : نوال محمود حمود  
المعماري في محتواها وفيما له علاقة بها بتاريخ ١١ / ٧ / ٢٠٠٤ فوجدنا إنها جديرة بالقبول  
لنيل شهادة ماجستير في علوم الإحصاء .

د. عبد الغفور جاسم سالم

أستاذ مساعد / عضواً

٢٠٠٤ / /

د. باسل يونس ذنون

أستاذ / رئيس اللجنة

٢٠٠٤ / /

د. حسن محمد ألياس

أستاذ مساعد / عضواً ومشرفاً

٢٠٠٤ / /

د. ميسون مال الله عزيز

مدرس / عضواً

٢٠٠٤ / /

## قرار مجلس الكلية

( اجتمع مجلس كلية علوم الحاسبات والرياضيات بجلسته )  
المنعقدة في / / ٢٠٠٤ وقرر الآتي :

عميد الكلية

الأستاذ الدكتور

علي عزيز علي

٢٠٠٤ / /

مقرر مجلس الكلية

الأستاذ المساعد

د. ظافر رمضان مطر

٢٠٠٤ / /





## شكر وتقدير

الحمد لله والشكر على نعمه التي لا يحصي عددها أحد ومنها ما وفقني على إتمام هذا البحث فله الحمد والشكر أولاً وأخيراً والصلاة والسلام على رسوله الكريم محمد (صلى الله عليه وسلم)

يسعدني أن أتقدم بخالص شكري وامتناني لأستاذي المشرف الدكتور حسن محمد الياس رئيس قسم الإحصاء لتفضله بالإشراف العلمي على رسالتي ولما أبداه من توجيهات علمية وبناءة طوال فترة إعداد هذه الرسالة. وأتقدم بالشكر والتقدير للأستاذ الدكتور باسل يونس ذنون /عميد الكلية لدعمه وتشجيعه لجميع طلبة الدراسات العليا.

وكذلك أتقدم بالشكر للدكتور ظافر رمضان /معاون العميد ومنتسبي وحدة الدراسات العليا لتسهيلهم الإجراءات الإدارية الخاصة بالرسالة. وأتقدم ببالغ الشكر والتقدير للسادة رئيس وأعضاء لجنة المناقشة لتفضلهم بقبول مناقشة رسالتي.

وكذلك أتقدم بالشكر لجميع منتسبي قسم الإحصاء من تدريسيين وموظفين. كما أشكر زملائي وزميلاتي طلبة الدراسات العليا في القسم وأخص بالذكر الأخ زيد طارق لما أبداه لي من مساعدة أثناء عملي في مختبر الحاسبة.

ومن واجب العرفان بالجميل أقدم جزيل شكري للأخ المهندس أنور حازم في كلية الهندسة/قسم هندسة الري. وأتقدم بالشكر أيضاً لجميع منتسبي كلية الإدارة والاقتصاد في جامعة الموصل وكذلك العاملين في المكتبة المركزية ومكتبة الكلية.

وأسأل الله العلي القدير أن يجزي الجميع خير الجزاء وأن أكون قد وفقت في إعداد هذه الرسالة والله من وراء القصد وهو يهدي السبيل.

ومن الله التوفيق

الباحثة

## المحتويات

الصفحة	الموضوع
<b>الفصل الأول : المقدمة</b>	
١	(١-١) تمهيد
٢	(١-٢) الاستعراض المرجعي
٦	(١-٣) السلسلة الزمنية
٦	(١-٤) الاستقرارية
٨	(١-٥) دالة الارتباط الذاتي
٩	(١-٦) دالة الارتباط الذاتي الجزئي
١٠	(١-٧) الارتباط المتقاطع
١٢	(١-٨) دالة التحويل
١٧	(١-٩) الانحدار الحركي
٢٤	(١-١٠) نماذج السلاسل الزمنية
٢٩	(١-١١) بناء نماذج السلاسل الزمنية
٣٢	(١-١٢) الهدف
<b>الفصل الثاني : بناء نماذج الانحدار الحركي</b>	
٣٣	(٢-١) المقدمة
٣٣	(٢-٢) تهيئة سلسلتي المدخلات والمخرجات
٣٤	(٢-٣) تنقية سلسلتي المدخلات والمخرجات
٣٦	(٢-٤) التشخيص
٤٠	(٢-٥) التقدير
٤٢	(٢-٦) التحقق من دقة ملائمة النموذج
٤٥	(٢-٧) التكهن
٤٩	<b>الفصل الثالث : الجانب التطبيقي</b>
٦٩	<b>الفصل الرابع : الاستنتاجات</b>
٧٠	المصادر
٧٤	الملاحق



## قائمة المصطلحات

Spurious Regression	الانحدار المزيف
Parsimonious	اقتصادي ( شحيح )
Stationarity	الاستقرارية
Auto Correlation	الارتباط الذاتي
Serial Correlation	الارتباط المتسلسل
Time Series	سلسلة زمنية
White Noise	ضوضاء أبيض
Backward shift	عامل الازاحة الخلفي
Partial Auto Correlation	الارتباط الذاتي الجزئي
Auto Regressive	الانحدار الذاتي
Cross Correlation	الارتباط المتقاطع
Transfer Function	دالة التحويل
Stochastic Disturbance	الاضطراب العشوائي
Forecasting	التكهن
Feed Back	تغذية عكسية
Input	المدخلات
Out put	المخرجات
Lag	الازاحة
Linear Distributed Lags	توزيع الازاحات الخطي
Dead Time	الزمن الميت
Impulse Response	الاستجابة المحفزة
Rational Distributed Lags	توزيع الازاحات النسبية
Exponential Decay	الهبوط الاسي
Dynamic Regression	الانحدار الحركي
Dynamic System	نظام حركي
Seasonal	موسمية
Moving Average	الايواساط المتحركة

Integral	متكاملة
Identification	التشخيص
Estimation	التقدير
Diagnostic Check	اختبار صحة النموذج
Proxy	التفويض
Invertibility	الانعكاسية
Differences	الفروق
Initial	الأولية
Residuals	البواقي
Free Form	الشكل الحر
Impulse Response Function	دالة الاستجابة المحفزة
Stationarity Weakly	ضعيفة الاستقرارية
Strictly Stationarity	مستقرة بقوة

الفصل الأول

المقدمة العامة والهدف والاستعراض  
المرجعي

## الفصل الأول

### المقدمة Introduction

#### (1-1) تمهيد:

في إطار التطور الحديث في المجالات جميعها فقد تزايدت الحاجة إلى التخطيط والتكهن الدقيق للمستقبل وان التكهن الدقيق هو أساس للتخطيط الفعال الذي يمثل أساس عملية التنمية وخاصة الاقتصادية، حيث إن للاستخدام الأمثل للموارد الاقتصادية أثراً كبيراً وامتيازاً للإسهام في عملية التقدم العلمي، فمثلاً إن الأمطار عنصر مهم من عناصر الموارد المائية لاعتماد الزراعة عليه وتغذية الأنهار والبحيرات والتغذية الجوفية، لهذا من الضروري تكثيف الدراسة حول الأمطار التي تشكل عنصراً أساسياً من عناصر الموارد المائية.

ان استخدام موضوع السلاسل الزمنية في وصف الظاهرة لمعرفة طبيعة التغيرات التي تطرأ عليها في الفترات الزمنية وبما كانت وما ستكون عليه من المواضيع المستخدمة في تحليل وتفسير الكثير من الظواهر. حيث ان قيمة الظاهرة تتأثر بتغير العناصر المكونة لها من الاتجاه العام والتغيرات الموسمية والتغيرات الدورية وكذلك التغيرات العشوائية، وان تحليل السلاسل الزمنية هو دراسة هذه العناصر لتحديد أثر كل منها على قيم الظاهرة.

ويعتمد التحليل على إعداد النماذج الاحتمالية الفرضية للتعبير عن البيانات، وان النماذج التي يتم التعبير عنها يتم اختيارها بالاعتماد على الدراسة والفحص الدقيق للخصائص الأساسية للسلسلة، وان التحليل يمكن ان يتضمن متغيرات تفسيرية بالنسبة للنماذج المقترحة. وان استخدام نموذج الانحدار الخطي في هذه الحالة غير صحيح بسبب وجود الارتباط الذاتي أو ما يسمى بالارتباط المتسلسل في الأخطاء الذي يشير إلى أن هذا النموذج غير ملائم فعند صياغة نموذج انحدار مع أخطاء ARIMA فان هناك مشكلتين في تطبيق المربعات الصغرى لتقدير المعلمات بسبب أنها لا تحسب الزمن في البيانات وكذلك فان الأخطاء المعيارية عندما يكون هناك ارتباط ذاتي في الأخطاء فإنها تبدو صغيرة إذ أن بعض المتغيرات التفسيرية تكون معنوية في حين إنها ليست كذلك وهذا ما يسمى بالانحدار المزيف

(Spurious Regression). [١٩]

وقد قسمت هذه الدراسة إلى أربعة فصول بحيث تضمن الفصل الأول المقدمة والهدف مع بعض الدراسات السابقة للانحدار الحركي والسلاسل الزمنية. مع بعض التعاريف والمصطلحات التي تم الاعتماد عليها واستخدمت في الدراسة. ومفهوم الانحدار الحركي مع بعض النماذج الخاصة. ونماذج السلاسل الزمنية ومراحل بناء نماذج السلاسل الزمنية من تشخيص وتقدير وفحص ثم التكهّن. أما الفصل الثاني فقد تضمن مراحل بناء نماذج الانحدار الحركي كما لنماذج بوكس-جنكز من تشخيص وتقدير وفحص ثم التكهّن. أما الفصل الثالث فقد خصص للجانب التطبيقي حيث تم تطبيق الانحدار الحركي على بيانات واقعية متمثلة بسلسلة معدلات الأمطار الشهرية لمحطة الموصل وسلسلة معدلات الرطوبة النسبية الشهرية المقابلة لها لمحطة الموصل وقد استخدم البرنامج الجاهز Minitab في تقدير معاملات نموذج ARIMA أما معاملات الانحدار الحركي فقد قدرت باستخدام البرنامج الجاهز (SAS). أما الفصل الرابع فقد تضمن أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها.

## (1-2) الاستعراض المرجعي:

إن طرق تحليل السلاسل الزمنية من أكثر الطرق الإحصائية استخداماً في عدة مجالات منها الاقتصادية والأنواء الجوية وبعض من المجالات الأخرى التي يجب تحليل لظواهره لفترة معينة من الزمن. وتعدّ نماذج الانحدار الحركي ومكونه دالة التحويل حالة خاصة من نماذج السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات (Multiple Time Series) التي درست منذ وقت طويل ففي عام 1957م قام Quenouille بدراسة السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات ولكنه استنتج وجود صعوبة في عملية التطبيق [3]. إلا أن Box and Jenkins في عام 1970 قاما بوضع أسس جديدة للسلاسل الزمنية ووضعوا قواعد نمذجتها بواسطة أسلوب ARIMA ذات المتغير الواحد وذات المتغيرات المتعددة وقاما كذلك بتطبيق نموذج دالة التحويل للسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات [12]. وفي عام 1973م قام كل من Tee and Wu [25] ببناء نموذج دالة التحويل على صناعة الورق وكان النموذج المقترح هو:

$$Y_t = 1.0991(X_{t-1} - \bar{X}) + \frac{1}{(1-0.8511B)} a_t$$

وفي عام 1976م قام كلٌّ من Box and Jenkins [12] باستخدام العمليات العشوائية الثنائية وتطبيق أسلوب دالة التحويل على بيانات مستمرة لنسب الغاز الطبيعي وان سلسلة المدخلات تمثل معدل الغاز الطبيعي وسلسلة المخرجات تمثل نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون وتوصلا إلى النموذج الآتي:

$$Y_t = \frac{-(0.53 + 0.37B + 0.51B^2)}{(1 - 0.57B)} X_{t-3} + \frac{1}{(1 - 1.53B + 0.63B^2)} a_t$$

وفي عام 1977م نشر كلٌّ من Haugh and Box [15] بحثاً عن تشخيص نماذج الانحدار الحركي أو ما يسمى بنماذج توزيع الإزاحات لسلسلتين زمنيتين وتمت عملية التشخيص على مرحلتين.

وفي عام 1982م قامت الباحثة (عبد العزيز) [7] بتطبيق نماذج بوكس-جنكنز للسلاسل الزمنية للتنبؤ بالأمطار.

وفي العام نفسه قام كل من Dowling and Pack [3] بدراسة نماذج دالة التحويل لوصف العلاقة بين درجة الحرارة الداخلية كسلسلة مخرجات ودرجة الحرارة الخارجية كسلسلة مدخلات لغرفة تجريبية تحت البحث وان النموذج الذي تم التوصل إليه يمكن استخدامه في السيطرة على زيادة كفاءة التدفئة والتبريد.

وكذلك في العام نفسه قامت الباحثة النقاش [10] بدراسة تحليل السلاسل الزمنية للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية لمدينة بغداد باستخدام نموذجين الأول نموذج دالة التحويل العشوائي والنموذج الثاني هو النموذج الموسمي غير المستقر الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة (SARIMA) وقد توصلت الباحثة من خلال مقارنة الأسلوبين بأنه لا يوجد فرق بينهما.

وفي عام 1983م قام Pankratz [23] بدراسة التكهّن لنماذج بوكس-جنكنز الأحادية المتغير وبين القواعد العملية لبناء نماذج ARIMA ومواصفات النموذج الجيد من حيث الاستقرار والعجز الاقتصادي وغيرها من المواصفات وبين بشكل تفصيلي مراحل بناء النموذج من تشخيص وتقدير وفحص ثم تنبؤ.

وفي العام نفسه قام Makridakis وآخرون [20] بدراسة نموذج دالة التحويل للبيانات الشهرية حيث تمثل  $Y_t$  المبيعات الشهرية و  $X_t$  النفقات الإعلانية وتوصلا إلى النموذج الآتي:  $\gamma$

$$Y_t = \frac{(1.3 + 0.59B - 0.79B^2)}{(1 - 1.21B + 0.71B^2)} X_{t-2} + \frac{(1 - 0.86B)}{(1 - 1.16B + 0.59B^2)} a_t$$

وفي عام 1989م قام الباحث العبيدي [8] بتحليل ونمذجة السلاسل الزمنية لدرجات الحرارة والأمطار في محطة الموصل باستخدام أسلوب ARIMA ذات المتغيرات المتعددة Multivariate إذ استخدم الأمطار السنوية لإيجاد الحرارة السنوية وتوصل إلى النموذج الآتي:

$$Y_t = 20.709 - 0.003R_t + 0.001R_{t-1} + a_t$$

وفي عام 1991م قام Pankratz [24] بدراسة التكهن مع نماذج الانحدار الحركي وأوجد طريقة تشخيص النموذج بصيغة العجز الاقتصادي (Parsimonious) من تقدير دالة التحويل الخطية لغرض استخدامه في المرحلة الرابعة للتنبؤ وقام أيضاً بدراسة القيم الشاذة (Outlier) والتغذية العكسية (Feed back) وطرائق معالجتها.

وفي عام 1995م قدم Hameed وآخرون [16] بحثاً لدراسة دالة التحويل والضوضاء للتبخر نتح (Evapotranspiration) حيث إن هذه الدالة لها القابلية على ربط سلاسل زمنية متعددة وكان الهدف من الدراسة تطوير النموذج الحركي بين مصادر التبخر. وفي عام 1998م قام Makridakis وآخرون [19] بدراسة وتوضيح أشكال نماذج الانحدار الحركي وكذلك الانحدار مع أخطاء ARIMA.

وفي العام نفسه قام الباحث الزيدي [3] بدراسة التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية لمدينة بغداد باستخدام أسلوب دالة التحويل وقد استخدم ثلاث سلاسل زمنية حيث تمثل السلسلة الأولى الاستهلاك اليومي للطاقة الكهربائية كسلسلة مخرجات أولى مع سلسلة درجات الحرارة العظمى اليومية كسلسلة مدخلات وسلسلة أحمال الذروة اليومية كسلسلة مخرجات ثانية وتوصل إلى نموذج دالة التحويل لسلسلة الاستهلاك اليومي للطاقة  $Y_{1t}$  وسلسلة درجات الحرارة العظمى  $X_t$

$$Y_{1t} = \frac{0.2383213}{(1-0.6006728B)} X_t + \frac{1}{(1+0.1335289B)((1-0.3205312B^7))} a_{1t}$$

وكان التقدير النهائي لنموذج دالة التحويل لسلسلة أحمال الذروة اليومية  $Y_{2t}$  وسلسلة درجات الحرارة  $X_t$  كان:

$$Y_{2t} = \frac{0.21296}{(1-0.50443B)} X_t + \frac{1}{(1+0.32622B)} a_{2t}$$

وفي عام 2001م قدم Nogales وآخرون [22] بحثاً عن التكهّن بأسعار الطاقة الكهربائية باستخدام نموذج الانحدار الحركي ودالة التحويل في إطار عمل أسواق الكهرباء التنافسية معتمدين على أسواق في مناطق إسبانيا وكاليفورنيا.

وفي عام 2003م قام الباحث الشخلي [5] بدراسة تصميم نظام رياضي حركي لا خطي باستخدام الشبكات العصبية (NARMAX) لأغراض تحليلية وتنبؤية لنشاط المبيعات في شركة كهرباء بغداد.

### (1-3) السلسلة الزمنية: Time Series

هي مجموعة البيانات (المشاهدات) التي تأخذها ظاهرة معينة خلال فترة زمنية غالباً ما تكون متساوية ومتتالية. فإذا كانت قيم الظاهرة مقاسة بفترات زمنية متقطعة (Discrete) (يوم، شهر، سنة، . . .) تسمى عندئذٍ بالسلسلة الزمنية المتقطعة. وإذا كانت مقاسة بفترات زمنية مستمرة (Continuous) تسمى عندئذٍ بالسلسلة الزمنية المستمرة. وان أكثر السلاسل الزمنية لها صفة التصادفية (Stochastic) بمعنى ان القيم المستقبلية لها لا يمكن التكهّن بها بشكل مؤكد حيث تأخذ توزيعاً احتمالياً باستخدام نموذج عشوائي يحتوي على الخطأ العشوائي [3]. وتتكون من متغيرين احدهما توضيحي وهو متغير الزمن والآخر متغير الاستجابة وهو قيمة الظاهرة المدروسة ويمكن التعبير رياضياً عن هذه العلاقة بـ  $Y = f(t)$ . أما إذا كانت هناك عوامل ومتغيرات أخرى إلى جانب الزمن تؤثر على الظاهرة  $Y$  تستخدم العلاقة الرياضية الآتية  $Y = f(t, X_1, X_2, \dots, X_n)$ .

### (1-4) الاستقرارية: Stationarity

الاستقرارية للسلسلة الزمنية تعني ان المحور الوهمي لتذبذب المشاهدات تكون موازية للمحور الزمني مما يعني ان البيانات متذبذبة حول وسط حسابي ثابت وبشكل مستقل عن الزمن وكذلك التباين يكون ثابتاً عبر الزمن [19]. وتتحقق استقرارية السلسلة الزمنية ( $X_t$ ) عندما ينعدم الاتجاه العام فيها ومن شروطها ما يأتي:

$$1- \text{ ثبات الوسط الحسابي، أي ان } E(X_t) = \mu_t = \mu \text{ لكل قيم } t.$$

$$2- \text{ ثبات قيمة التباين، أي ان } \sigma^2_t = \sigma^2 \text{ لكل قيم } t.$$

$$3- \text{ امتلاك السلسلتين } (X_t) \text{ و } (X_{t+s}) \text{ على ارتباط وتباين معتمد على الازاحة } s \text{ فقط.}$$

وبتحقق هذه الشروط مجتمعة تدعى السلسلة الزمنية بتامة الاستقرارية، أما إذا تحقق الشرطان الأول والثاني فتسمى بضعيفة الاستقرارية (Stationarity Weakly) أو إنها مستقرة من الدرجة الثانية. وعند عدم تحقق الشروط السابقة تكون السلسلة غير مستقرة (Non-Stationarity) [3] [6].

وان الشرط الأكثر أهمية للاستقرارية هو احتمالية التوزيع التراكمي لكل المتغيرات العشوائية التي تكون مستقلة عبر الزمن وان مثل هذه الحالة تسمى بالاستقرارية القوية (Strictly Stationarity) أو يقال للسلسلة الزمنية  $[X_t, t \in T]$   $T = (0, \pm 1, \dots)$  بأنها مستقرة بقوة إذا كان التوزيع المشترك Joint distribution للمتغيرات  $X_{t1}, \dots, X_{tn}$  مكافئاً للتوزيع

المشترك للمتغيرات  $X_{t_1+k}, \dots, X_{t_n+k}$  وان شرط الاستقرارية بقوة صعب التحقيق لذا فإننا نعرف السلسلة الزمنية بأنها مستقرة من الرتبة  $m$  m-order stationary إذا كان لأي  $t_1, \dots, t_n$  ولأي  $k$  فأن جميع العزوم حول نقطة الاصل من الرتبة  $m$  للمتغيرات  $X_{t_1}, \dots, X_{t_n}$  مساوية لنفس العزوم من الرتبة  $m$  للمتغيرات  $X_{t_1+k}, \dots, X_{t_n+k}$  أي ان :

$$E[\{X_{t_1}\}^{m_1} \dots \{X_{t_n}\}^{m_n}] = E[\{X_{t_1+k}\}^{m_1} \dots \{X_{t_n+k}\}^{m_n}]$$

لجميع النقاط المختارة  $t_1, \dots, t_n$  ولأي ثابت  $k$  ولأي ثوابت صحيحة موجبة  $m_1, \dots, m_n$  لتحقيق القيد  $m_1 + \dots + m_n \leq m$  وبالنسبة للأغراض العملية فان الفرضية لحالة الاستقرارية هي ثبات الوسط والتباين ودالة الارتباط الذاتي خلال الزمن وهي فرضية ملائمة [16] [8]. ويمكن الكشف الدقيق عن الاستقرارية من خلال ما يأتي:

أولاً: رسم السلسلة الزمنية مع الزمن.

I- إذا رسمت السلسلة الزمنية ولم يكن هناك أي تغيير في المتوسط خلال الزمن فإننا نقول بأن السلسلة مستقرة بالمتوسط.

II- أما إذا كانت السلسلة الزمنية المرسومة لا تظهر أي تغيير في التباين خلال الزمن فإننا نقول بأن السلسلة مستقرة بالتباين [19].

ثانياً: من خلال دراسة دالة الارتباط الذاتي -يتم توضيحها لاحقاً- التي تمكن لنا الكشف عن م الاستقرارية في الوسط الحسابي حيث إن تقدير قيمة دالة الارتباط الذاتي لسلسلة وسطها الحسابي مستقر إذ يهبط بسرعة إلى الصفر وبالعكس فانه يهبط بعد عدة إزاحات من الزمن [23].

ويعالج تأثير عدم الاستقرارية قبل البدء بعملية بناء النماذج للسلاسل الزمنية. ويتم تحويل السلسلة إلى مستقرة في المتوسط من خلال اخذ عدد من الفروقات إذ إن الفرق الأول يكون بالشكل الآتي:

$$\begin{aligned} \nabla X_t &= (1-B)X_t \\ &= X_t - BX_t \\ &= X_t - X_{t-1} \end{aligned}$$

والفرق الثاني  $\nabla^2 X_t = (1-B)^2 X_t$  ، وهكذا إلى  $d$  من الفروق  $\nabla^d X_t = (1-B)^d X_t$  حيث أن  $B$  هو عامل الازاحة الخلفي (Backward Shift) لذلك فان سلسلة الفروق تملك

(n-1) من القيم في حالة أخذ الفرق الأول لأنه من غير الممكن حساب الفرق للمشاهدة الأولى، و (n-2) من القيم في حالة أخذ الفرق الثاني [19].  
 أما إذا كانت السلسلة الزمنية غير مستقرة في التباين فيمكن تحويلها إلى مستقرة باستخدام التحويل اللوغاريتمي أو الجذر التربيعي [3].

## (1-5) دالة الارتباط الذاتي: (ACF) The Auto Correlation Function

[١٩] [٢١] [١]

إن الاحصائية الأساسية في تحليل السلاسل الزمنية هي معامل الارتباط الذاتي ويسمى أيضا "بالارتباط المتسلسل (Serial Correlation)، ومصطلح الارتباط الذاتي يمكن توضيحه على أساس كونه يمثل الارتباط بين المشاهدات المتسلسلة للمتغير نفسه خلال فترة زمنية، ومضمون مفهوم الارتباط الذاتي هو كون المتغير العشوائي الذي يحدث خلال فترة معينة يرتبط بالمتغير العشوائي الذي يسبقه أو يليه أي ارتباط السلسلة نفسها مع نفسها أو تزحيفها بمقدار [1, 2, 3, ...] فترة. وان دالة الارتباط الذاتي وسيلة لمعرفة خصائص السلاسل الزمنية والصيغة العامة لحساب الارتباط الذاتي لسلسلة مستقرة هي:

$$\rho_Y(k) = \frac{E(Y_t - \mu_Y)(Y_{t+k} - \mu_Y)}{E(Y_t - \mu_Y)^2}$$

$$= \frac{\gamma_Y(k)}{\sigma_Y^2} \quad (1.1)$$

حيث إن:

$\rho_Y(k)$ : يمثل الارتباط الذاتي لقيم Y بازاحة مقدارها k.

$\gamma_Y(k)$ : التباين المشترك الذاتي Auto Covariance بازاحة مقدارها k.

$\sigma_Y^2$ : التباين لقيم Y.

وان قيم معاملات الارتباط لقيم التزحيف كافة يسمى بدالة الارتباط الذاتي. وان معاملات الارتباط الذاتي لبيانات الضوضاء الأبيض (White Noise) لها توزيع معاينة والذي يكون توزيع طبيعي بوسط حسابي قدره صفر وخطأ معياري (قياسي)  $1/\sqrt{n}$ .  
 حيث أن n تمثل عدد مشاهدات السلسلة. وتكون دالة الارتباط الذاتي متماثلة حول (k=0) أي أن:

$$\rho_Y(k) = \rho_Y(-k)$$

## (1-6) دالة الارتباط الذاتي الجزئي:

### The Partial Auto Correlation Function (PACF)

يستخدم لقياس درجة الارتباط بين  $Y_t$  و  $Y_{t-k}$  عندما يكون تأثير القيم الأخرى ثابتة أي قيم الازاحة لـ  $Y$  . ويحسب بانحدار  $Y_t$  مع  $(Y_{t-1}, \dots, Y_{t-p})$  أي أن:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t \quad (1.2)$$

وتسمى المعادلة (1.2) بالانحدار الذاتي (AR) Auto Regressive (AR) ومن الرتبة  $p$ .  
وان قيمة الارتباط الذاتي الجزئي  $\phi_{kk}$  هي القيمة المقدرة لـ  $\rho_k$  في الانحدار المتعدد [19].

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + a_t \quad (1.3)$$

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + a_t$$

:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_k Y_{t-k} + a_t$$

وبضرب المعادلة (1.3) في  $Y_{t-1}$  وتعرف بطريقة (Yule-Walker) وبأخذ التوقع للطرفين:

$$\begin{aligned} Y_t Y_{t-1} &= \phi_1 Y_{t-1} Y_{t-1} + Y_{t-1} a_t \\ E(Y_t Y_{t-1}) &= \phi_1 E(Y_{t-1} Y_{t-1}) + E(Y_{t-1} a_t) \\ \Rightarrow \gamma_1 &= \phi_1 \gamma_0 \end{aligned} \quad (1.4)$$

لأن

$$E(Y_t Y_{t-1}) = \gamma_1, E(Y_{t-1} Y_{t-1}) = \gamma_0, E(Y_{t-1} a_t) = 0$$

وبقسمة المعادلة (1.4) على  $\gamma_0$  نحصل على

$$\rho_1 = \phi_1$$

:

$$\rho_k = \gamma_k / \gamma_0$$

فان:

$$\hat{\phi}_1 = \hat{\rho}_1 = r_1 \quad (1.5)$$

أي أن الارتباط الذاتي الجزئي الأول مساوٍ للارتباط الذاتي الأول وبتغيير عدد الحدود سوف يعطي ارتباطاً جزئياً لقيم مختلفة لـ  $k$  [21].  
والصيغة العامة لحساب معامل الارتباط الذاتي الجزئي هي [23]:-

$$\hat{\rho}_{kk} = \frac{\hat{r}_k \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j} \hat{r}_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j} \hat{r}_j} \quad k=2,3,\dots \quad (1.6)$$

حيث ان:  $r_k$  القيمة المقدرة لـ  $\rho_k$

$$\hat{\phi}_{kj} = \hat{\phi}_{k-1,j} - \hat{\phi}_{kk} \hat{\phi}_{k-1,k-j}, \quad k=3,4,\dots$$

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

وتأتي أهمية الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي في مرحلة التشخيص لنموذج ARIMA وتفصيل ذلك في المبحث الثاني من هذا الفصل.

### (1-7) الارتباط المتقاطع: Cross Correlation

عندما تكون السلسلتان  $X_t$  و  $Y_t$  مستقرتين في التباين فانه لا يزال هناك عدد من العلاقات المحتملة بين السلسلتين [15]. وان دالة الارتباط المتقاطع تقيس العلاقة بين القيم الحالية للسلسلة  $Y_t$  وبين القيم الماضية والحالية للسلسلة  $X_t$ ، ولتلك الدالة أهمية كبيرة في قياس القوة والاتجاه بين أي متغيرين عشوائيين وان قيمة تلك الدالة تتراوح بين (-1,1). [24]. [3]

وتعرف دالة الارتباط المتقاطع للسلسلتين الزمنية  $X_t$  و  $Y_t$  على النحو الآتي:

$$\rho_{XY}(k) = \frac{E[(X_t - \mu_X)(Y_{t+k} - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y} \quad k = 0, \pm 1, \dots \text{ and } 1 \leq t \leq n$$

$$= \frac{\gamma_{XY}(k)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (1.7)$$

حيث  $\gamma_{XY}(k)$  التباين المشترك المتقاطع بين  $X_t$  و  $Y_t$  عند الازاحة (k) وتتراوح قيمته بين  $(-\infty, \infty)$ .

ويقدر معامل التباين المشترك المتقاطع عند الازاحة (k) على النحو الآتي: [٢٤]

$$\hat{\gamma}_{XY}(k) = \begin{cases} n^{-1} \sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(Y_{t+k} - \bar{Y}), & k = 0, 1, 2, \dots \\ n^{-1} \sum_{t=1}^{n+k} (Y_t - \bar{Y})(X_{t-k} - \bar{X}), & k = 0, -1, -2, \dots \end{cases} \quad (1.8)$$

أما تقدير دالة الارتباط المتقاطع فيكون بالشكل الآتي:

$$\hat{\rho}_{XY}(k) = \frac{\hat{\gamma}_{XY}(k)}{s_X s_Y} \quad k = 0 \pm 1, \dots$$

$$s_X = \sqrt{\hat{\gamma}_{XX}(0)} \quad s_Y = \sqrt{\hat{\gamma}_{YY}(0)} \quad (1.9)$$

ونلاحظ أن دالة التباين المشترك المتقاطع  $\gamma_{XY}(k)$  هي تعميم لدالة التباين المشترك الذاتي [٣]

$$\gamma_{XX}(k) = \gamma_X(k)$$

وكذلك دالة الارتباط المتقاطع  $\rho_{XY}(k)$  هي تعميم لدالة الارتباط الذاتي

$$\rho_{XX}(k) = \rho_X(k)$$

وان قيمة دالة التباين المشترك المتقاطع غير متماثلة أي ان

$$\gamma_{XY}(k) \neq \gamma_{YX}(k)$$

لكن

$$\begin{aligned} \gamma_{XY}(k) &= E(X_t - \mu_X)(Y_{t+k} - \mu_Y) \\ &= E(Y_{t+k} - \mu_Y)(X_t - \mu_X) \\ &= \gamma_{YX}(-k) \end{aligned}$$

وان تحليل السلسلتين الزمنيتين  $(X_t)$  و  $(Y_t)$  باستخدام دالة الارتباط المتقاطع يكون:

1- أن نموذج دالة التحويل السببي Causal يكون موجوداً بين السلسلتين  $X_t$  و  $Y_t$  عندما

$$\rho_{XY}(k) = 0 \quad \text{for } k > 0 \quad \text{or} \quad \rho_{XY}(k) = 0 \quad \text{for } k < 0.$$

وذلك لأن فكرة العلاقة السببية أو ما يسمى بالتأثير الارتباطي بين المتغيرات المختلفة: إن المخرجات تعتمد على المدخلات الحالية والماضية فقط ولأن نماذج دالة التحويل التي تجمع بين بعض مواصفات نماذج ARIMA ذات المتغير الواحد في السلاسل الزمنية وبعض مواصفات نماذج الانحدار المتعدد أي أنها تجمع بين أسلوب السلاسل الزمنية وأسلوب السببية وان هذه الصفة تعطيها الأهمية الكبيرة والبارزة في عملية التحليل الدقيق لمختلف الظواهر [2][3].

2- إن السلسلة ( $X_t$ ) تكون مسببة للسلسلة ( $Y_t$ ) ويشار لها بـ  $X_t \rightarrow Y_t$  إذا كان [٣]

$$\begin{aligned} \rho_{XY}(k) &\neq 0 && \text{for some } k > 0 \text{ and} \\ \rho_{XY}(k) &= 0 && \text{for all } k < 0. \end{aligned}$$

3- إن السلسلة ( $Y_t$ ) تكون مسببة للسلسلة ( $X_t$ ) ويشار لها بـ  $Y_t \rightarrow X_t$  إذا كان [٣]

$$\begin{aligned} \rho_{XY}(k) &\neq 0 && \text{for some } k < 0 \text{ and} \\ \rho_{XY}(k) &= 0 && \text{for all } k > 0. \end{aligned}$$

4- إن السلسلتين  $X_t$  و  $Y_t$  لهما علاقة تغذية عكسية (Feed Back) ويشار إليها بـ  $Y_t \leftrightarrow X_t$  إذا كان [٣]

$$\rho_{XY}(k) \neq 0 \quad \text{for some } k < 0 \text{ as well as for some } k > 0.$$

5- إن السلسلتين الزميتين  $X_t$  و  $Y_t$  يقال بأن لهما علاقات متزامنة فقط إذا كان [٣]

$$\begin{aligned} \rho_{XY}(k) &\neq 0 && \text{for } k = 0 \\ \rho_{XY}(k) &= 0 && \text{for all } k \neq 0. \end{aligned}$$

### (1-8) دالة التحويل: Transfer Function

هي دالة رياضية تعبر عن العلاقة بين المدخلات  $X_t$  (Input) والمخرجات  $Y_t$  (output) فإذا كانت  $Y_t$  تعتمد على  $X_t$  تكتب بالشكل الآتي:

$$Y_t = f(X_t) \quad (1.10)$$

حيث إن  $f(\cdot)$  تسمى دالة التحويل أي إن تأثير التغير في  $X_t$  يتحول إلى  $Y_t$  بطريقة ما محددة بواسطة الدالة  $f(\cdot)$  والتي يمكن التعبير عنها بأنها توصف العلاقة بين المدخلات والمخرجات. وإن المعادلة (1.10) هي بسيطة جداً بصيغتها الحالية فإذا كانت  $X_t$  معروفة وكانت الدالة  $f(\cdot)$  معرفة فإن قيم  $Y_t$  يمكن تنبؤها بدون خطأ من المعادلة (1.10). وتوجد عوامل أخرى تؤثر بشكل عام على  $Y_t$ . بجانب التغيير في المدخلات فإنه تحتجز تلك العوامل مع حد الاضطراب العشوائي ( $N_t$  Stochastic Disturbance) والذي يكون مرتبطاً.

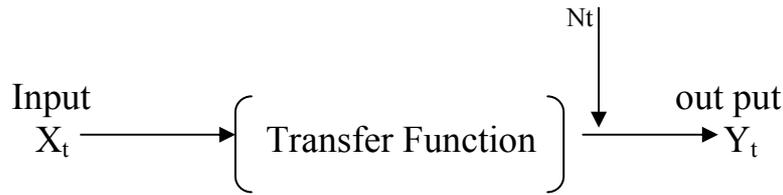
وإن العلاقة بين المدخلات والمخرجات قد يكون لها الحد الثابت ( $c$ ) وبهذا يأخذ النموذج الشكل الآتي:

$$Y_t = g(x_t) + N_t \quad (1.11)$$

حيث  $g(x_t) = c + f(X_t)$

ويعد هذا النموذج نموذج انحدار وتبقى  $f(X_t)$  دالة التحويل او مكون الانحدار [24] التي توضح التغيرات التي تطرأ على المتغيرات المستقلة لتصبح متغيرات تنبؤية، أو التنبؤ بالمتغيرات المعتمدة عند تشغيل النظام الحركي وهي جزء من النظام والشكل رقم (1.1) وضح هيكل النظام الحركي [5].

الشكل رقم (1.1) هيكل النظام الحركي



### (1-8-1) توزيع الازاحات الخطي: Linear Distributed Lags

وتكتب دالة التحويل  $f(X_t)$  كتركيب خطي من القيم الحالية والسابقة لـ  $X_t$

$$Y_t = v_0 X_t + v_1 X_{t-1} + v_2 X_{t-2} + \dots \quad (1.12)$$

أي ان دالة التحويل سوف توزع تأثير سلسلة المدخلات على عدة فترات وان دالة التحويل قد لا تكون خطية إلا أننا نستخدم الافتراض الخطي لأنه:

1. تبسط التحليل الاحصائي بصورة كبيرة.
  2. على الرغم من البساطة فان النماذج الخطية أثبتت أنها مفيدة في توسيع أنواع الحالات.
  3. النموذج الخطي هو غالباً ما يكون كخطوة أولى مقارب للنموذج الأصلي.
- حيث إن  $v_0$  هو الوزن الذي يوضح كيف يستجيب  $Y_t$  للتغير في  $X_t$  ... وهكذا يمكن أن تكون الاستجابة لتوزيع الازاحات طولها لانهاضي وان الأوزان ( $v$ ) يمكن ان تكون موجبة أو سالبة [24].

### (1-8-2) الزمن الميت: Dead Time

قد لا تتأثر  $Y_t$  مباشرة بالتغير في  $X_t$  حيث إن البعض من الأوزان الأولية قد تكون صفر، فان عدد الأوزان ( $v$ ) التي تساوي صفر البدء مع ( $v_0$ ) تسمى الزمن الميت ويرمز له بـ ( $b$ ) فإذا فرضنا [24]

$$v_0 = v_1 = v_2 = 0$$

$$v_3 \neq 0$$

فان

$$b=3$$

لذلك تعد

أي ان  $b$  تمثل معلمة التأخير الزمني المتمثلة بوقت الازاحة الفعلية المنقضي قبل أن تبدأ  $(X_t)$  بالتأثير في  $(Y_t)$  [3].

### (1-8-3) دالة الاستجابة المحفزة (النبضية):

#### Impulse Response Function

عند إعادة كتابة دالة التحويل لتوزيع الازاحات الخطية باستخدام عامل الازاحة الخلفية

ومن خلال تعريف  $v(B)$  فإن

$$v(B) = v_0 + v_1 B + v_2 B^2 + \dots \quad (1.13)$$

حيث إن  $B$  تمثل عامل الازاحة الخلفية

$$B^k X_t = X_{t-k}$$

وبتعويض المعادلة (1.13) في (1.12) ينتج

$$Y_t = v(B) X_t \quad (1.14)$$

والمعادلة (1.14) تبين بأنه توجد علاقة توزيع إزاحات خطية بين التغيرات في  $(X_t)$  والتغيرات في  $(Y_t)$  وان الأوزان المفردة في  $v(B)$  ،  $(v_0, v_1, v_2, \dots)$ ، تسمى أوزان الاستجابة المحفزة وان المجموعة الكاملة من الأوزان  $v$  تسمى بدالة الاستجابة المحفزة [24]. وهي دالة تظهر السلوك الحركي للنظام وتظهر أي تغير يحدث في تشغيل النظام وتوضح مدى التأثير عند تحفيز النظام في الزمن  $(t)$  وتظهر التأثيرات في الزمن  $(t+n)$  مع العلم انه لا يوجد تحفيز آخر في النظام ودالة الاستجابة المحفزة هي مقياس لاستجابة المخرجات عند إجراء تغيرات للمدخلات [5].

### (1-8-4) الهبوط الأسي للأوزان $v$ : Exponential $v$ -Weight Decay [24]

تم تطوير هذه الحالة من قبل العالم Koyck عام 1954 وتسمى النتيجة نموذج Koyck وتقتض بأن  $\delta_1$  ثابت ويقدر بـ  $0 < \delta_1 < 1$  وبوصف أن الزمن الميت صفر  $(b=0)$  وبافتراض أن الأوزان  $(v)$  من  $v(B)$  مرتبطة مع بعضها كالاتي:

$$v_1 = \delta_1 v_0$$