العنوان:	دراسة مقارنة بين طرائق بوكس و جينكنز و طريقة التنقية المعدلة في التكهن
المؤلف الرئيسي:	الطائي، فارس غانم أحمد إبراهيم
مؤلفين آخرين:	السبعاوي، أحمد محمود محمد، الناصر، عبدالمجيد حمزة(مشرف)
التاريخ الميلادي:	2003
موقع:	الموصل، العراق
الصفحات:	1 - 130
رقم MD:	553031
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة دكتوراه
الجامعة:	جامعة الموصل
الكلية:	كلية علوم الحاسبات والرياضيات
الدولة:	العراق
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الإحصاء، الحاسبات الإلكترونية، التحليل الإحصائي، الرياضيات
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/553031

دراسة مقارنة بين طرائق بوكس و جينكنز وطريقة التنقية المعدلة في التكهن

أطروحة مقدمة

إلى

مجلس كلية علوم الحاسبات والرياضيات في جامعة الموصل
وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الدكتوراه فلسفة في
الإحصاء

من قبل

فارس غانم احمد إبراهيم الطائي

بأشراف

الأستاذ الدكتور
عبد المجيد حمزة الناصر

الأستاذ المساعد الدكتور
احمد محمود السبعاوي

شعبان ١٤٢٤ **تشرين الأول ٢٠٠٣**

بسم الله الرحمن الرحيم

وَمَنْ يَتَّقِ اللهَ يَجْعَلْ لَهُ مَخْرَجًا (٢) وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لاَ يَحْتَسِبُ وَمَنْ يَتَوَكَّلْ عَلَى اللهِ فَهُوَ حَسْبُهُ اِنَّ اللهَ بَالِغُ اَمْرِهِ قَدْ جَعَلَ اللهُ لِكُلِّ شَئٍ قَدْرًا (٣)

صَدَقَ اللهُ العَظِيم

سورة الطلاق (الآيات ٢-٣)

شكر وثناء

الحمد لله رب العالمين، مستحقُّ الحمد، حمداً كثيراً طيّباً طاهراً مباركاً ملءَ السَموَاتِ والأرضِ وما بينَهُما، كما يَنبَغي لجلالِ وَجهِهِ وعظيمِ سُلطانهِ، والصلاةُ والسلامُ على سيِّدِنا وقائدِنا مُحَمَّدٌ (صلى اللهُ عليهِ وسلّم) خاتمَ النبيين والمُرسَلين وعلى آلِـهِ وأصحابه الطيِّبين الطاهرين ومَن تَبِعَهُم بإِحسانٍ إلى يومِ الدّين.

لا يسعني وأنا انهي عملي هذا إلاّ أن أتقدم بعظيم شكري وامتناني إلى أُستاذَيَّ المشرفين الفاضِلَين الأستاذ الدكتور عبد المجيد حمزة الناصر والأستاذ المساعد الدكتور احمد محمود السبعاوي الّذينِ حفّيانِ برعايتهما العلمية الأصيلة، إذ كانت لتوجيهاتهما القيمة وملاحظاتهما السديدة أثر عميق في إنجاز هذه الأطروحة وتذليل الكثير من الصعوبات التي واجهتني، وفّقَهما الله وجزاهما عني خير الجزاء.

وأتوجه بوافر شكري وامتناني لكافة أساتذتي الأجلاّء الذين درَسوني خلال فترة الكورسات وأخص بالذكر منهم الأستاذ الدكتور باسل يونس ذنون عميد كلية علوم الحاسبات والرياضيات والأستاذ المساعد الدكتور حسن محمد الياس رئيس قسم الإحصاء لما قدموه لي من علم وعون كريمين.

وأتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان للتشجيع المتواصل الذي أبداه كل من الأخ العزيز والكريم الدكتور ظافر رمضان مطر والأستاذ صفاء يونس الصفاوي والأستاذ الدكتور وسام مهدي عباس السعيد.

والى كل من أعان بنصح، واسهم بجهد اقدم عظيم امتناني وطيب دعائي، وأخص بالذكر السيد رائد عبد القادر والأخت الزميلة ريم علي الجراح والآنسة إنصاف والسيدة غادة والسيدة ذكاء والسيدة ليلى والدكتورة رافعة.

وعرفاناً بالجميل أتقدم بوافر شكري وعظيم امتناني إلى كافة منتسبي مركز الحاسبة الإلكترونية في جامعة الموصل وأخص بالذكر الدكتور خليل السيف والسيد فراس احمد، والى كافة منتسبي كلية علوم الحاسبات والرياضيات وأخص بالذكر السيد فاضل عباس مسجل الدراسات العليا وأساتذة قسم الإحصاء لما أبدوه في تقديم التسهيلات. واقدم شكري أيضاً للأستاذ الدكتور علي حسين محمد التمر العكيدي لتقييمه الأطروحة لغوياً.

والشكر كل الشكر إلى والدي الكريمين (أطال الله في عمريهما وحفظهما من كل مكروه) الذين أبقى مديوناً لإحسانهما طوال حياتي، والى اخوتي وأخواتي لدعمهم ومساندتهم لي، والى زوجتي وأطفالي هبة ورافع وسورية ومحمد الذين تحملوا معي وصبروا كثيراً، فكان لهم فضل بعد فضل الله سبحانه وتعالى فلهم مني جزيل الشكر وفائق التقدير وعظيم الامتنان.

فارس

المستخلص

تتعامل هذه الأطروحة مع موضوع التكهن من خلال المقارنة بين طرائق بوكس وجينكنز وطريقة التنقية المعدلة، وذلك من خلال استخدام برنامج حاسوبي كتب لهذا الغرض يتعامل مع النماذج المختلطة ولكافة قيم معلمات النموذج ولمختلف حجوم العينات. وقد تمحورت هذه الأطروحة حول ثلاثة محاور رئيسة تمثلت بما يلي:

أولاً: المقارنة بين طرائق (Box & Jenkins) وطريقة التنقية المعدلة (Adaptive Filtering) للتكهن بالقيم المستقبلية للنموذج المختلط ARMA (Mixed Autoregressive Moving Average) من الرتب الدنيا وباستخدام المحاكاة ولثلاث عينات ذات حجم صغير، ومتوسط، وكبير.

ثانياً: اعتماد معيار (AIC) (Akaike's Information Criterion) لتحديد رتبة النموذج في الجانب التطبيقي من هذه الأطروحة.

ثالثاً: كتابة برنامج حاسوبي وباستخدام النظام الجاهز (Minitab) ومن خلال (Macros) لإنجاز المقارنات المذكورة أعلاه، وطبق البرنامج المصمم باتجاهين:

الأول: باستخدام المحاكاة. **الثاني:** استخدام بيانات حقيقية تمثل أعداد الإصابات السرطانية لسلسلتين زمنيتين لإحدى عشر سنة أحدها سرطان الثدي والأخرى سرطان الرئة.

ونتطرق في نهاية المطاف لأهم الاستنتاجات والتوصيات التي خرجنا بها من الدراسة، منها: (*) هناك فروقات معنوية بين طريقتي التكهن المعتمدة. (*) أفضلية التكهن بطريقة التنقية المعدلة على طرائق بوكس وجينكنز. (*) يعاب على طريقة التنقية المعدلة الاستخدام في المديات البعيدة. (*) يوصي الباحث بتعميم طريقة التنقية المعدلة لتشمل نماذج السلاسل الزمنية الموسمية، وكذلك تشمل سلاسل زمنية متعددة المتغيرات. (*) يوصي الباحث بتعميم البرنامج الحاسوبي المكتوب ليصبح نظام خبرة (Expert system).

قائمة المحتويات

قائمة الجداول

تكملة قائمة الجداول

قائمة الأشكال

تكملة قائمة الأشكال

الفصل الأول

المقــدمــة

Introduction

١.١ : تمهيد.

٢.١ : وصف مشكلة البحث.

٣.١ : هدف البحث.

٤.١ : الاستعراض المرجعي.

٥.١ : منهجية البحث.

المقدمة

1.1 تمهيد:

إن موضوع التكهن باستخدام نماذج السلاسل الزمنية والتي هي حالة خاصة من النمـــاذج التصادفية، هو عبارة عن طريقـــة التكهن التـــي تســـتخدم مجموعـــة (Set) من البيانات أو المشاهدات السابقة (Historical Values) لبناء النموذج التصادفي ومن ثم التكهن. هذه القيم السابقة، كثيراً ما يشار إليها بوصفها سلسلة زمنية "Time Series"، ذات مديات متساوية وفق الزمن والتي من الممكن أن تمثل أي شئ كمبيعات شهرية تمثل مقدار الاستهلاك اليومي. إن التكهن لسلسلة زمنية تفترض أن السلسلة الزمنية هي تشكيلة (Combination) من قيم نمطية (Pattern) وبعض الأخطاء العشوائية، والهدف هو فصل وعزل القيـــم الفعليـــة من الأخطاء العشوائية من خلال معرفة وفهم اتجاه النمط (Pattern's Trend)، هل هي تصـــاعدية فـــي تصاعد أو تنازل، مع الموسمية (Seasonality)، حيث التغير يتسبب العوامـــل الموســـمية، مثلاً: التموج أو التردد في الاستخدام أو الطلب *(Crystal, 2000)*. إن في صنـــع القـــرار المطلوب تحت اللاتأكديـــة، يســـتخدم من قبل الجميع التكهن من خـــلال التوقعـــات للنتـــائج المطلوبة أو المطلوب إهمالها. حيث هذا الاتجاه يفيد الإداريين لاختيار افضل الأعمـــال مـــن خلال التوقع ومن خلالها نحصل على افضل عمـــل فـــي الإدارة للســـيطرة علـــى عـــــدم التأكدية باســـتخدام أســـاليب الـــتكهن الفعالـــة (Effective Forecasting Techniques). *(Arsham, 2002)*.

إن الاختيـــــار والتزود بعلم المنهج الصحيح بالتكهن، عادة يعد تخطيطاً مهمـــاً وثمـــرة سيطرة على التكهنات في كثير من الشركات والوكالات. فكثيـــراً فـــي العمليـــات التنظيميـــة لمختلف التطبيقات يتم الوثوق والاعتماد على الدقة في التكهن النـــاتج مـــن الســـيطرة علـــى التكهنات إحصائيا لتلك العمليات التطبيقية.

هناك طريقتان رئيسيتان للتكهن: (Two Main Approaches to Forecasting)

إما: التقدير للقيم المستقبلية يعتمد على تحليل العوامل التي يعتقد أن لهـــا تـــأثير علـــى القـــيم المستقبلية (وهي الطريقة التفسيرية أو التعليلية) (Explanatory Method).

أو : إن التكهن يعتمد على التخمين من خلال دراسة السلوك العام لبيانات سابقة مع الزمن (وهي الطريقة الاستقرائية) (Extrapolation Method).

ولتوضيح الفرق بين الطريقتين: إن المتوقع بان الطلب على ثوب نسائي معين قد يزداد عن المستوى المألوف بسبب إعلان جديد وحديث (وهي الطريقة التفسيرية) مفضلاً ذلك على قرب احتفالات أعياد الميلاد (وهي الطريقة الاستقرائية).

فمن الممكن اعتماد أيٍّ من الطريقتين المذكورتين للوصول إلى إبداع جيد في مجال التكهن المفيد، ولكن علينا التذكر أنه حتى في التجارب البسيطة فان الطريقة الأولى هي كثيراً ماتكون اكثر صعوبة في التطبيق عن الطريقة الثانية.

هذا وتضم هذه الأطروحة أربعة فصول. يتضمن الفصل الأول مقدمة عامة عن التكهن وتطبيقاته المختلفة، فضلاً عن مسح لأهم واحدث البحوث ذات العلاقة. ويتناول الفصل الثاني الجانب النظري لبعض طرق التكهن (Forecasting). أمّا الفصلان الثالث والرابع فقد ضما الجانب التطبيقي، فقد تضمن الفصل الثالث الجانب التجريبي من خلال المحاكاة وتطبيق البرنامج الحاسوبي المكتوب على البيانات التجريبية. أما الفصل الرابع فتضمن تطبيق البرنامج الحاسوبي المكتوب والمطبق على البيانات التجريبية في الفصل الثالث على بيانات حقيقية تمثل سلسلتين لأعداد الإصابات السرطانية للثدي والرئة في المنطقة الشمالية للأعوام (١٩٩٠-٢٠٠٠) وأخيرا تضمنت الأطروحة عدداً من الاستنتاجات والتوصيات التي يوصي بها الباحث والتي تمخضت من البحث فعلاً.

2.1 وصف مشكلة البحث:

يُعد موضوع التكهن (Forecasting) وكذلك السيطرة (Control) على القيم المتكهن بها إحصائيا في أي نظام من المواضيع المهمة في عصرنا الحديث. إذ أن السلسلة الزمنية هي عبارة عن سلسلة متعاقبة (Sequence) من المشاهدات. وعادةً الترتيب يكون من خلال الزمن، خصوصاً في الحدود ذات المسافات المتساوية للفترات الزمنية، علماً أن الترتيب قد يكون وفق أي أبعاد أخرى. إن السلسلة الزمنية (Time Series) ممكن أن تحصل في حقول مختلفة: في الزراعة، حيث نهتم ونتابع (نلاحظ) الإنتاج السنوي لغلة معينة مع الأسعار. في التجارة والاقتصاد، حيث يتابع ويشاهد أسعار الأسهم اليومية عند الغلق، نسب الفائدة الأسبوعية، مؤشرات الأسعار الشهرية، الأسعار الفصلية، وكذلك الأرباح السنوية. في مجالات الهندسة، دراسة التردد الصوتي (Sound)، الإشارات الكهربائية. في علم فيزياء

الأرض (Geophysics)، ممكن أن يسجل الاضطرابات الأرضـية، اضـطرابات البحـار (تموجات البحار). وفي الدراسات الطبية فيمكن أن تمثل السلسلة الزمنية بمخطط الدمـاغ ((EEG) Eletroenophologram) وكـذلك تخطيـط القلـب ((EKG) Electrocardiogram). في مجالات الأرصاد الجوي يمكن ملاحظـة ودراسـة سرعة الريح في كل ساعة، درجـات الحـرارة اليومية، ومعدل منسوب الأمطار السـنوية. في العلوم الاجتماعية، ندرس نسب الولادات السنوية، نسب الوفيات، نسب الحوادث، وكـذلك نسب الجرائم. من خلال مجموعة من الأماكن فأن السلسلة الزمنية تشاهد وتـدرس بشـكلها غير النهائي (Endless).

إن معلمات السلسلة الزمنية قد تكون على نوعين إمّا مستمرة (Continous) أو متقطعـة (Discrete)، فالنـوع الأول، مثـلاً: الإشـارات الكـهربائيـة والفـولتيـة (Electric Signal & Voltage)، التي ممكن أن تسجل بشكل مستمر مع الزمن، وهذه هي السلسلة الزمنية المستمرة الزمن. أمّا النوع الثاني، فمثلاً: نسب الفائدة، مقـدار المحاصـيل الزراعية، أو حجم المبيعات التي تؤخذ وتقاس وفق متغيرات زمنية محددة، فتسمى السلسـلة متقطعة الزمن. علماً أن أي سلسلة زمنية مستمرة متساوية الفترات الزمنية يمكن أن تقدم فقط قيم مقاسه عشرياً (Digitized) بوصفها قيماً ذات فترات متقطعة في الحساب.

هناك مواضيع عديدة ومتنوعة في دراسة السلاسل الزمنيـة أحـدها موضـوع الـتكهن (Forecasting). وموضوع التكهن والسيطرة عليه من الجانب الإحصائي يُعد من المواضيع ذات الأهمية في مجال السلاسل الزمنية ومن خلال دراسة متغيرات السلسلة وتحديد هل هـي معتمدة مع بعض أم مترابطة؟، مع تحديد رتبة المشاهدات ***(Wei, 1990)***. فمن هنـا جـاء موضوع الأطروحة من خلال دراسة السلسلة الزمنية من ناحيـة الـتكهن وفـق طرائـق (Box & Jenkines) وكـذلك بطريقـة (Makridakis & Wheelwright) وهـي طريقـة التنقية المعدلة (Adaptive Filtering) ومن ثم السيطرة على التكهن إحصائيا من خلال الربط بين طرائق التكهن المذكورة والبحث عن افضل طريقـة مـن خـلال برنـامج حاسوبي كتب لهذا الغرض.

3.1 هدف البحث:

نظراً لأهمية التكهن بطرائق مختلفة والسيطرة على التكهن بجانبه الإحصائي. فقـد جـاء هدف الأطروحة المتمثل بإجراء مقارنة شاملة ما بين طريقة التنقية المعدلة وطرائق بـوكس

وجينكنز في التكهنات وكتابة برنامج حاسوبي متكامل يتعامل مع النماذج المختلطة ولكافة قيم معلمات النموذج ولمختلف حجوم العينات.

وقد تمحورت الأطروحة حول ثلاثة محاور رئيسة تمثلت بما يلي:

أولاً: المقارنة بين طرائق بوكس وجينكنز (Box & Jenkins) وطريقة التنقية المعدلة (Adaptive Filtering) للتكهن بالقيم المستقبلية للنموذج المختلط ARMA (Mixed Autoregressive Moving Average) من الرتب الدنيا وباستخدام المحاكاة ولثلاث عينات ذات حجم صغير، ومتوسط، وكبير.

ثانياً: اعتماد معيار (AIC) (Akaike's Information Criterion) لتحديد رتبة النموذج في الجانب التطبيقي لأهميته في التكهنات.

ثالثاً: كتابة برنامج حاسوبي باستخدام النظام الجاهز (Minitab) وعن طريق (Macros) للحصول على النتائج بالمحاكاة والتطبيق.

4.1 الاستعراض المرجعي:

إن أهمية التكهن في السلاسل الزمنية في تزايد مستمر لعلاقته الوثيقة بعجلة التطور لمختلف العلوم. فمن الأعمال المبكرة ما قدمه (Bartlett) في عام (١٩٤٦) من مفاهيم وتوضيحات نظرية حول الارتباطات الذاتية في السلاسل الزمنية وحول السلاسل الزمنية المرتبطة ذاتياً ***(Bartlett, 1946)***.

أمّا في مجال التكهن (Forecasting) ففي عام (١٩٧٥) قدم (Cleary) مقارنة وموازنة لكفاءة التكهن بطرائق بوكس وجينكنز (Box & Jenkins) ونماذج دالة التحويل (Transfer Function Models) ***(Cleary, 1975)***. كما أعطيت العديد من البحوث المنشورة في هذا المجال، منها ***(Lurie, 1986)***.

إن التطور الهائل والسريع في مجال الحاسوب أدّى إلى تطورات كبيرة في مجالات نظريات التكهن والسيطرة على التكهنات من الجانب الإحصائي، النظرية والتطبيقية. وقد ظهر العديد من الكتب الحديثة واللغات البرمجية الحديثة التي أعطت إمكانية في برمجة الحاسوب في مجال التكهن والسيطرة على التكهن، والتي تعتمد على الإصدارات الحاسوبية الحديثة مثل: (Matlab).

وقبل الانتهاء من الوصف التاريخي للموضوع وختاماً تجدر الإشارة إلى ما وصف بالنظام الخبير لاختبار الكميات المتكهن بها لبعض الأعمال التجارية ***(Tammy, 1994)***.

ويمكن الإشارة إلى بعض المصادر في مجال التكهن واستخدام دالـــة التحويـــل، منهـــا: *(Bondon, 1995)*، *(Zhang, 1997)*.

لقد حظي موضوع التكهن (Forecasting) والسيطرة (Controlling) على التكهن من الجانب الإحصائي باهتمام كبير من قبل الباحثين وعلى مر الســـنوات. فقـــد وضِّـــفت دالـــة التحويل في المجالات الإحصائية كالتكهن (Forecasting) فضلاً عـــن الاقتصـــاد القياســـي (Econometrics) والاقتصـــــــــاد الإداري (Managerial Economics)، انظـــــــــر *(Pankratz, 1991)* و *(Makridakis et al., 1998)*.

ويمكن الإشارة إلى المصادر التالية في مجال دراسة السلاسل الزمنية من خلال إعطـــاء نظرة عامة (Review) عن السلاسل الزمنية الخطية وغير الخطية والمستقرة وغير المستقرة إضـــافة إلـــى تحـــديد رتب النمـــوذج، وهـــــي: *(الطـــائي، ١٩٩٩)*، *(Kumar, 2000)*، *(Al-Nasir, 2000)*، *(Techernig, 2000)*، *(Yuan, 2000)*، *(Bondon, 2001)* و *(الناصـــر، ٢٠٠١)*.

ولقد حظي موضوع دالة التحويل باهتمام العديد من البـــاحثين. فضـــلاً عمّـــا عرضـــه *(Monim, 2001)* من عملية التكهن لمرحلة واحدة وباســـتخدام نمـــوذج ARIMA(p,d,q) وقد قدم صيغة مهمة في عملية التقدير والمقارنة باستخدام صيغة الكفـــاءة النســـبية لنمـــوذج التكهن المستخدم والمعرّفة كنسبة بين (MSE) للنموذج المقدر والنموذج الحقيقـــي للبيانـــات المدروسة. هـــذا ومن المفيد الإشارة إلى بعض المصادر في مجال التكهن واســـتخدام دالـــة التحويـــــــل (Transfer Function)، منهـــــا: *(Barreto & Marinho, 2000)*، *(Jasiak, 2000)*، *(Bondon, 2001)*، *(Bondon 2002)*، كمـــــا أعطـــــــــى *(Philippa, 2001)* جانباً من دراسة السلاسل الزمنية الموسمية المتكررة النموذجيـــة مـــع السلاسل غير واضحة السلوك الأساسي لها. وان التعديل على الموسمية يتمثل فـــي تقـــدير (Estimating) وكذلك إزالة (Removing) التغيرات المؤثرة على الموسمية من السلاســـل الزمنية في الرتب التي تظهر عدم الموسمية. ومن التطبيقات الحديثـــة مـــا قدمـــه الباحـــث *(الناصر، ٢٠٠٢)* حول إيجاد دالة التوزيع الحدي للسلسلة الزمنية المتولـــدة مـــن النمـــوذج المختلط من الرتبة الأولى ARMA(1,1) وصولاً للتكهنات المثلى. كذلك ما نشر في الشبكة الدوليـــة للمعلومات تحـــت عنـــوان مبـــــادئ وقـــوانيـــــن فـــــي أدبيـــات الـــتكهن (Institute for Forecasting Education – Forecasting Modules) حيـــث عـــرّفَ ووضح: الحدود الأساسية في الـــتكهن للسلاســـل الزمنيـــة (Time Series Forecasting)، التسقيط الزمني (Time Plots)، الاتجاهات (Trends)، الموسمية (Seasonality)، ... إلى آخره من العوامل الخاصة بتحليل السلاسل الزمنية مع التشويش (Noise). إضافة لذلك مـــا

نشر في تشرين الثاني ٢٠٠٢ (November 2002) في (CPA Journal) عن طريق الشبكة الدولية للمعلومات تحت عنوان (Forecasting for Accounting) والمقدمة من قبل عدد من الباحثين ومنهم باحِثَين متقاعِدَين (Two Retired Partners) وهم كل من (Len Tashman و Prof. Ed Blocker) وكل من (George Krull و Stephen Yates) المتقاعدين حيث قدموا أدوات تكهن حديثة اهتم بها كثيرون ***(Len, 2002)***. كما قدم الباحث ***(الناصر، ٢٠٠٢)*** بحثاً تناول فيه السلاسل الزمنية غير المستقرة بسبب كون معامل الانحدار الذاتي ليس ثابتاً فقد يتغير مع الزمن فيدعى بالمعامل العشوائي، فقد تطرق الباحث إلى تنويعة من تلك المعاملات وصمم عدداً من التجارب لمقارنة طرائق التقدير لمعامل الانحدار الذاتي. وأيضاً ما قدمه الباحث ***(Wei, 2002)*** تحت عنوان (The Use of Aggregate Time Series in Testing for Gaussianity).

5.1 منهجية البحث:

بالنظر للأهمية الكبيرة والمتزايدة لموضوع التكهن فقد كان هدفنا منذ البداية أن تتضمن هذه الأطروحة دراسة نظرية عن الموضوع وتطبيقاته. ونظراً لما تحويه المفاهيم الأساسية للموضوع من أهمية بالغة فقد كان من أهداف هذا البحث وإسهاما من قبل الباحث هو كتابة برنامج حاسوبي لغرض التكهن بطريقتين: وهي طريقة التنقية المعدلة وطرائق بوكس وجينكنز فضلاً عن إجراء السيطرة على المتكهنات والمقارنة بأكثر من معيار مقارنة. إن بلوغ أهداف هذه الأطروحة ما كان ليتم لولا التوظيف الواسع للإمكانات الضخمة التي تقدمها التطبيقات الحاسوبية الحديثة ولاسيما البرنامج الجاهز (Minitab) والإمكانيات البرمجية التي يحملها في طياته من خلال (Macros)، فضلاً عن البرنامج الجاهز (Matlab 2000) الذي استخدم في رسم دوائر الوحدة للتحقق من الأستقرارية (Stationarity).

فقد اتسمت منهجية البحث بخطين متوازيين:

الأول: دراسة نظرية لطرائق التكهنات والسيطرة على التكهن من جانبه الإحصائي.

الثاني: دراسة تجريبية على بيانات مولدة عشوائياً بأحجام عينات مختلفة وبتشكيلة من المعلمات للنماذج المدروسة.

الفصل الثاني

دراسة نظرية لبعض طرق التكهن

١.٢ : المقدمة.

٢.٢ : مفهوم دائرة الوحدة والأستقرارية.

٣.٢ : التكهن.

١.٢.٣: التكهن بطرائق بوكس و جينكينز.

٢.٢.٣: التكهن بطريقة التنقية المعدلة.

٤.٢ : معايير جودة التكهن.

دراسة نظرية لبعض طرق التكهن

١.٢ المقدمة:

إن أحد أهم المواضيع في تحليل السلاسل الزمنية هو التكهن (Forecasting) لقيم مستقبلية للظاهرة المدروسة. ومن الملاحظ انه في الكتابات الحديثة للسلاسل الزمنية يكون استخدام مصطلح التكهن (Forecasting) والذي يعني التكهن **(عملياً)** هي اكثر وأوسع استخداماً من مصطلح (Prediction) والذي يعني التنبؤ **(نظرياً)**. علماً أن الكثير من نتائج التكهن (Forecasting Results) قد اشتقت من خلال نظريات التكهن الخطي (Linear Prediction) والمقدمة من قبل العديد من العلماء، منهم العالم السوفيتي (الروسي) ((Kolmogorov (1939-1941) وكذلك العالم الأمريكي ((Wiener (1949) على أثر الحرب العالمية الثانية عندما حاول البريطانيون إيقاف الهجمات الجوية الألمانية من خلال التكهن بموقع الطائرات المتوقع بناءً على متغيرات عديدة منها سرعة الطائرة، سرعة القذائف المضادة، مع تأثيرات عشوائية أخرى (Noise)، إذ من هذا التاريخ كانت بدايات موضوع التكهن، حيث استطاع كل من (Kolmogorov و Wiener) وباتجاهين مختلفين التوصل إلى التكهن المطلوب وسمّيا بالآتي (Kolmogorov Approach) وكذلك (Wiener Approach). فضلاً عن العديد من العلماء غيرهم، ومنهم: ((Kalman (1960)، ((Yaglom (1962) و ((Whittle (1983) وغيرهم.

إن أي عملية تكهن (Forecasting) لأي سلسلة زمنية قد تحوي بعض الأخطاء (Noise)، ولكي تكون عملية التكهن هذه ناجحة وخالية من الأخطاء فينبغي أن تتبع بعملية سيطرة على التكهن والتي يمكن استخدامها في العديد من المجالات منها:

في الجوانب الميكانيكية (Mechanical)، الكهربائية (Electrical)، أو البايولوجية (Biological).

وقد دخل موضوع السيطرة على التكهنات من الجانب الإحصائي في ميادين الحياة كافة، منها: في الدوران الصناعي، الطواحين، منظمات الحرارة، منظمات الطوافات، منظمات الضغط، أدوات ضبط الطارد المركزي (Centrifugal)، في البندول وغيرها من المجالات الصناعية الأخرى.

ولكون نظام السيطرة على التكهنات ينبغي أن يجرى على تكهنات مستقرة (Stationary)، فقد تم التطرق هنا إلى مفهوم دائرة الوحدة (Unit Circle) والتي استخدمت في الفصل الرابع من هذه الأطروحة في تحديد استقرارية (Stationarity) النظام الذي يدرس.

٢.٢ مفهوم دائرة الوحدة والأستقرارية: *(Churchill, 1976)* و *(Kamen, 1987)*

(Unit Circle Concept and Stationarity)

يتم التعامل في العديد من المسائل الفيزيائية والهندسية مع عمليات عشوائية يمكن وصفها على نحو حر الحركة غير ثابت (Loosely)، إن وجود هذه العمليات في حالة توازن إحصائي (Statistical Equilibrium)، بمعنى انه عند اخذ أي مشاهدة (Relization) لمثل هذه العمليات وتقسيمها إلى عدد من الفترات الزمنية، فأن الفقرات المتنوعة (Various Sections) للتحويل تبدو مطابقة تقريباً (Pretty Much). إن هذا السلوك يُعبّر عنه بدقة اكثر بأنه في مثل هذه الحالات "لا تتغير الخصائص الإحصائية للعملية عبر الزمن"، أو بعبارة أخرى "أنها نفسها عند كل النقاط الزمنية". إن العمليات العشوائية التي تمتلك هذه الخاصية تسمى مستقرة (Stationary)، وكل العمليات التي لا تمتلك هذه الخاصية تكون غير مستقرة (Non-Stationary) وتسمى في بعض الأحيان تطورية أو نشوئية (Evolutionary) *(البدراني، ٢٠٠٢)*.

وقد عرّف كل من *(Priestly, 1981)* و *(Wei, 1990)* النظام المستقر بأنه ذلك النظام الذي يكون الإدخال المحدود فيه ينتج دائماً إخراج محدود. ويعد النظام مستقر رياضياً إذا كانت جذور متعدد الحدود لمعادلة النظام في صيغة عامل التخلف (Lag Operator) تقع كلها

خارج دائرة الوحدة (Unit Circle)، أو أن جذور المعادلة المميزة تقع كلها داخل دائرة الوحدة *(البدراني، ٢٠٠٢)*.

ونظراً لأهمية مفهوم دائرة الوحدة وانعكاسه على استقرارية النظام، فقد تم عرض هذا المفهوم من خلال نماذج الانحدار الذاتي (Autoregressive) من الرتبتين الأولى والثانية (AR(1) & AR(2)) لاعتماد أحدها في الجانب التطبيقي من هذه الأطروحة، مبتدأً بالنموذج الخليط للانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة من الدرجة الأولى (ARMA(1,1)) (Mixed Autoregressive Moving Average)، حيث أن نموذج الانحدار الذاتي (AR(1)) ونموذج الأوساط المتحركة (MA(1)) حالات خاصة منه. وقد أشار (Anderson (1976)) إلى أن الشرط الضروري والكافي لتكون العملية مستقرة هو أن تكون جذور متعدد الحدود في صيغة عامل التخلف تقع كلها خارج دائرة الوحدة *(البدراني، ٢٠٠٢)*.

١. النموذج الخليط للانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة من الدرجة الأولى:

إن المعادلة التالية تمثل معادلة نموذج خليط للانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة من الرتبة الأولى (ARMA(1,1)):

$$Z_t = \phi_{1t} Z_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_{1t} \varepsilon_{t-1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (1.2)$$

حيث أن: ϕ_{1t} و θ_{1t} هي معلمتان غير معلومتان (Unknown Parameters).

ε هي الأخطاء (Noise).

إذ يمكن إعادة صياغة النموذج في (١.٢) بالشكل التالي:

$$(1 - \phi_{1t} B) Z_t = (1 - \theta_{1t} B) \varepsilon_t \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (2.2)$$

حيث أن: (B) هو عامل الإزاحة الخلفي (Backward Shift Operator) والذي يعرف رياضياً بالشكل: ($B^m Z_t = Z_{t-m}$) لكل ثابت صحيح موجب مثل (m).

أو:

$$Z_{1t} = \phi^{-1}(B)\ \theta(B)\ \varepsilon_{1t} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (3.2)$$

حيث أن المعادلة (٣.٢) تكون مستقرة إذا كانت [$-1 < \phi_{1t} < 1$] وبالمقابل (Invertible) تكون متبادلة، إذا كانت [$-1 < \theta_{1t} < 1$] ، أي إذا كانت [$\phi^{-1}(B)$] موجودة (Exist)، وعليه فجذور المعادلة الثانوية (Auxiliary equation)،[$\phi(s) = 0$] تقع خارج دائرة الوحدة. وأيضا يمكن صياغة النموذج (١.٢) بالشكل:

$$\theta^{-1}(B)\ \phi(B) Z_{1t} = \varepsilon_{1t} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (4.2)$$

وعليه وبالمقابل (Invertible) فالنموذج مستقر (Stationary) إذا كانت [$\theta^{-1}(B)$] موجودة (٤.٢) حيث أن المعادلة (٣.٢) تكون مستقرة إذا كانت [$\phi^{-1}(B)$] موجودة (Exist)، وهذا يعني أن الجذور للمعادلة الثانوية (Auxiliary equation)،[$\theta(s) = 0$] تقع خارج دائرة الوحدة ***(Wegman, 1998)***.

ويمكن التعرف بصورة اكثر على طريقة احتساب الجذور وكيفية وقوعها خارج أو داخل دائرة الوحدة من خلال النماذج التالية والتي هي حالات خاصة من نماذج [ARMA (p,q)].

٢. نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الأولى (AR(1)):

المعادلة التالية تمثل نموذج انحداراً ذاتياً من الدرجة الأولى:

$$Z_t = \phi_{1t} Z_{t-1} + \varepsilon_t \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (5.2)$$

والتي يمكن إعادة صياغتها بالشكل: $Z_t = \phi_{1t} B Z_t + \varepsilon_t$

وذلك باستخدام عامل الإزاحة الخلفي (B). إذن: $Z_t - \phi_{1t} B Z_t = \varepsilon_t$ أي:

$$(1 - \phi_{1t} B) Z_t = \varepsilon_t \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (6.2)$$

وبضرب طرفي المعادلة (٦.٢) بالعامل (Operator) التالي:

$$(1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^t B^t) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (7.2)$$

نحصل على: ***(Hamilton, 1994) & (Wei, 1990)***

$$(1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^t B^t)(1 - \phi B) Z_t = (1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^t B^t)\, \varepsilon_t \quad \ldots\ldots \quad (8.2)$$

وبفتح عوامل الطرف الأيسر من المعادلة (٨.٢) نحصل على:

$$(1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^t B^t)(1 - \phi B) = (1 - \phi^{t+1} B^{t+1}) \quad \ldots \quad (9.2)$$

بتعويض العلاقة (٩.٢) في المعادلة (٨.٢) نحصل على:

$$(1 - \phi^{t+1} B^{t+1}) Z_t = (1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^t B^t)\, \varepsilon_t \quad \ldots \quad (10.2)$$

$$Z_t - \phi^{t+1} Z_{t-(t+1)} = \varepsilon_t + \phi\, \varepsilon_{t-1} + \phi^2 \varepsilon_{t-2} + \phi^3 \varepsilon_{t-3} + \ldots + \phi^t \varepsilon_{t-t}$$

$$Z_t = \phi^{t+1} Z_{-1} + \varepsilon_t + \phi\, \varepsilon_{t-1} + \phi^2 \varepsilon_{t-2} + \phi^3 \varepsilon_{t-3} + \ldots + \phi^t \varepsilon_0 \quad \ldots \quad (11.2)$$

من العلاقة (٩.٢) نلاحظ طبيعة العامل (٧.٢) عندما تصبح t كبيرة:

$$(1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^t B^t)(1 - \phi B) Z_t = (1 - \phi^{t+1} B^{t+1})\, \varepsilon_t = \varepsilon_t - \phi^{t+1} \varepsilon_{-1}$$

نلاحظ أن: $(1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^t B^t)(1 - \phi B) Z_t$ يختلف عن Z_t (Differs from Z_t) من خلال الحد $\phi^{t+1} \varepsilon_{-1}$ ، وإذا كانت ($|\phi| < 1$) و (Z_{-1}) عـــدد غير محدود (Infinite Number) فأن الباقي ($\phi^{t+1} Z_{-1}$) يصبح صغير جداً ويمكن إهمالــه عندما تصبح (t) كبيرة.

i.e. $(1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^t B^t)(1 - \phi B) Z_t \approx Z_t$ for large t

إن المتسلسلة $\{ Z_t \}_{t=-\infty}^{\infty}$ تكون محددة (Bounded) إذا وجد عدد محدود مثل ($\bar{Z}$) بحيث:

$$| Z_t | < \bar{Z} \qquad \text{for all } t$$

لذلك عندما ($|\phi| < 1$) وبتطبيق العامل مع متسلسلة محدودة، يمكن ملاحظة أن:

$$(1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^j B^j)$$

يمثل تقريب لمعكوس العامل ($1 - \phi B$) وبذلك:

$$(1 - \phi B)^{-1} = \lim_{j \to \infty} (1 + \phi B + \phi^2 B^2 + \phi^3 B^3 + \ldots + \phi^j B^j) \qquad \ldots\ldots \quad (12.2)$$

إن العامل $(1 - \phi B)^{-1}$ يمتلك الخاصية: $(1 - \phi B)^{-1} (1 - \phi B) = 1$

حيث "١ " يرمز لعامل الوحدة (الواحدية) (Identity Operator) ويأخذ [$|\phi| < 1$] وكون المتسلسلات محـــددة أو عمليـــات تصادفيـــه، وعليه فعند قسمة طرفي المعادلة (٦.٢) علـــى ($1 - \phi B$) نحصل على:

$$Z_t = (1 - \phi B)^{-1} \varepsilon_t$$

$$\text{or} \qquad Z_t = \varepsilon_t + \phi\, \varepsilon_{t-1} + \phi^2 \varepsilon_{t-2} + \phi^3 \varepsilon_{t-3} + \ldots \qquad \ldots\ldots. \quad (13.2)$$

يلاحظ بان المعادلة الأخيرة متسقة (Consistent) مع المعادلة (٥.٢)، ولكن بعد إضافة الحد [$\phi^t \varepsilon_0$] إلى المعادلة (١٣.٢) نحصل على:

$$Z_t = \phi^t \varepsilon_0 + \varepsilon_t + \phi\, \varepsilon_{t-1} + \phi^2 \varepsilon_{t-2} + \phi^3 \varepsilon_{t-3} + \ldots \qquad \ldots\ldots. \quad (14.2)$$

وهي سلسلة أخرى متسقة مع المعادلة (٥.٢) لأي ثابت [ε_0] ، وهذا الاتســاق يمكــن ملاحظته من خلال ضرب المعادلة الأخيرة في ($1 - \phi B$):

$$(1 - \phi B) Z_t = (1 - \phi B) \phi^t \varepsilon_0 + (1 - \phi B)(1 - \phi B)^{-1} \varepsilon_t$$

إذن:

$$(1 - \phi B) Z_t = \varepsilon_t$$

وعلى الرغم من أن أي عملية بصيغة (١٤.٢) متسقة مع المعادلة (١٤.٢) فأنه يمكــن ملاحظة انه إذا كان $[\,|\phi| < 1\,]$ فأن: