جمهورية السودان

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعـــة وادي النيـل

كليـــة الدراســات العليـــا

استخدام السلاسل الزمنية لتقدير انتاج الاسمنت في السودان

في الفترة من (٢٠١٦ - ٢٠٢٥)

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الاحصاء التطبيقي

اعداد الطالب: محمد حسن عثمان علي

اشراف الدكتور: عبد الله محمد محمد زين أحمد

٢٠١٦م – ١٤٣٧هـ

الآية

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى :

﴿وَلِيَعْلَمَ الَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِن رَّبِّكَ فَيُؤْمِنُوا بِهِ فَتُخْبِتَ لَهُ قُلُوبُهُمْ ۗ

وَإِنَّ اللَّهَ لَهَادِ الَّذِينَ آمَنُوا إِلَىٰ صِرَاطٍ مُّسْتَقِيمٍ (٥٤)﴾

(سورة الحج: **آية ٥٤)**

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمَّد وعلى آلة وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، وبعد ..

فإني أشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لي إنجاز هذا العمل بفضله، فله الحمد أولاً وآخراً. ثم أشكر أولئك الأخيار الذين مدوا لي يدَ المساعدة، خلال هذه الفترة، وفي مقدمتهم أستاذي المشرف على الرسالة الدكتور عبد الله محمد محمد زين لتفضله بالإشراف على هذا البحث وعلى ما بذله من متابعة وتوجيهات كان لها الاثر الاكبر في انجاز هذا البحث ، فله من الله الأجر ومني كل تقدير حفظه الله ومتّعه بالصحة والعافية ونفع بعلومه.

ويطيب لي ان اتوجه بالشكر لكل من ساعدني في انجاز هذا البحث واخص بالذكر جامعة وادي النيل كلية الدراسات العليا.

والشكر موصول للدكتور محمد بكري، وللأخ الصديق الأستاذ بكري علي بكري.

وأتقدم بجزيل الشكر للمركز القومي للإحصاء – السودان ومصانع الاسمنت على تسهيلهم لي بيانات هذا البحث.

المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى توضيح العوامل المؤثرة في الطلب علي الاسمنت والمؤشرات الدالة عليه و التقديرات المحتملة لحجم الطلب، و إلى بيان أن الطلب علي الإسمنت متزايد وضرورة وضع التدابير اللازمة لزيادة عدد المصانع وتفعيل عمل المصانع الحالية، وتحليل إنتاج الاسمنت في الماضي والحاضر والتنبؤ به في المستقبل.

وبعد تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS توصلت الدراسة الي انه لم تتحقق فرضية البحث المتضمنة في كون السلسلة الزمنية لإنتاج الإسمنت مستقرة، ولقد تم استخدام طريقة بوكس – جنكيز للتنبؤ بإنتاج الإسمنت، وتبين النماذج المبنية على منهجية (بوكس – جنكيز) Box–Jenkins بالمقارنة مع غيرها من النماذج المبنية على الأساليب التقليدية الأخرى وغيرها أفضلية نماذج منهجية (بوكس – جنكيز) في حالة السلاسل الزمنية غير المستقرة، ونجد أن إنتاجية الاسمنت تزيد بمعدل كبير حيث بلغت في السنة الأولى والأخيرة (7069.02 و 19229.49) على التوالي، وتبين أن النموذج الأفضل من بين النماذج التي تم تصميمها للتنبؤ بإنتاج الإسمنت في السودان هو نموذج ARIMA (1,1,0) لذا يمكن استخدامه لأي فترة زمنية قادمة.

وقد أوصت الدراسة بالعديد من التوصيات أهمها: لا بد من إنشاء قواعد بيانات لإنتاج الاسمنت على أجهزة الحاسب، ويتم تحديثها وتطويرها باستمرار، تشجيع الصناعة المحلية بكافة مستوياتها وجلب المستثمرين الأجانب لدفع عجلة الاقتصاد الوطني، تذليل الصعاب التي تواجه الاستثمار في البلاد وتقديم المساعدات حتى تتم التنمية والتقدم والازدهار.

Abstract

This study aims to clarify the factors influencing the demand for cement and it's indications and the expected estimations of the demand's size, and a statement that the demand for cement is growing and the need for

measures to increase the number of factories and activate the work of existing plants, and the analysis of cement production in the past and the present and predict the future.

After analyzing the data using SPSS Program the study hypothesis involved did not materialize in the fact that the time series for cement production is stable, and has been using the method of Box - Genghis to predict the production of cement, and the methods built up (Box - Genghis) show the preference compared with other traditional methods in the case ustability of time-series, and we find that the cement production increase at a great rate in the first and last year (7069.02 and 19229.49) consequence, and have found that the best among the models that are designed to predict the production of cement in Sudan is the model of (ARIMA 1,1,0) so it can be used for any coming period of time to come.

The study recommended a number of recommendations, the most important: it is necessary to create databases for the production of cement on computers, and it must be updated and developing continuously. Encouraging the local industry at all levels and bring in foreign investors to boost the national economy, overcome the difficulties which faced the investment in the country and provide assistance tile the development and progress and prosperity.

قائمة المحتويات

المحتوى	رقم الصفحة
الآية	أ

الإهداء	ب
الشكر والتقدير	ت
المستخلص	ث
Abstract	ج
قائمة المحتويات	ح
قائمة الجداول	د
قائمة الأشكال	هـ
الفصل الأول : الإطار المنهجي للبحث	
المقدمة	١
مشكلة البحث	٢
أهمية البحث	٢
أهداف البحث	٢
فرضيات البحث	٣
منهجية البحث	٣
حدود البحث	٣
مصادر البيانات	٤
الدراسات السابقة	٤
هيكل البحث	٦
الفصل الثاني : الاسمنت في السودان	

مقدمة تعريفية عامة عن الاسمنت	٧
مكونات الاسمنت	٨
أنواع الاسمنت	٩
استخدامات الاسمنت	١١
مبادئ أساسية في صناعة الاسمنت	١١
طرق صناعة الاسمنت	١١
مصانع الاسمنت العاملة	١٣
حجم الاستهلاك المحلي	١٥
بيانات انتاج الاسمنت	١٦
الفصل الثالث: السلاسل الزمنية ومنهجية بوكس – جنكنز	
مفهوم وأساسيات السلاسل الزمنية	١٨
أنواع السلاسل الزمنية	١٩
مركبات السلسلة الزمنية	١٩
تحليل السلسلة الزمنية إلى مكوناتها الرئيسية	٢٣
اهداف تحليل السلاسل الزمنية	٢٤
نماذج السلسلة الزمنية	٢٤
تقدير مركبات السلسلة الزمنية	٢٥
اسلوب بوكس – جنكنز في تحليل السلاسل الزمنية	٣٢
السكون	٣٢

طرق ازالة عدم الاستقرار	٣٣
الحكم على سكون او استقرار السلسلة	٣٤
اختبار استقرار السلسلة	٣٤
النماذج المستخدمة في منهجية بوكس – جنكنز	٣٨
خطوات تحليل بوكس – جنكنز في بناء النماذج الخطية للسلاسل الزمنية	٣٩
تصميم وبناء نظام التنبؤ الاحصائي	٤٠
الفصل الرابع : تحليل البيانات	
وصف بيانات الدراسة	٤٩
تحليل نماذج بوكس جنكينز	٤٩
مرحلة فحص استقرار السلسلة	٥٠
مرحلة التعرف	٥١
مرحلة التقدير	٥٥
مرحلة الفحص والتدقيق	٥٦
مرحلة التنبؤ	٥٦
الفصل الخامس : النتائج والتوصيات	
النتائج	٥٨
التوصيات	٥٩
المراجع	٦٠
الملاحق	٦٢

قائمة الجداول

الجدول	رقم الصفحة
جداول (٢-٩) توضح بيانات إنتاج الاسمنت في السودان بالألف طن متري من (١٩٩٦ - ٢٠١٥)	١٧
جدول (١) الكميه المنتجه من الاسمنت	٥٤
جدول (٢) نتائج اختبار Dickey – Fuller	٥٤
جدول (٣) معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الزمنية لإنتاج الاسمنت	٥١
جدول (٤) معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الفرق الأول لإنتاج الاسمنت	٥٣
جدول (٥) نتائج تقدير النموذج ARIMA(1,1,0) لسلسة إنتاج الاسمنت	٥٥
جدول (٦) نتائج اختبار Q ومقاييس المقارنة للنموذج ARIMA(1,1,0) لإنتاج الاسمنت	٥٦
جدول (٧) إنتاج الاسمنت المتنبأ به للفترة (٢٠١٦-٢٠٢٥) باستخدام النموذج ARIMA(1,1,0)	٥٧

قائمة الأشكال

الشكل	رقم الصفحة
الشكل (١) يوضح نموذج لسلسلة زمنية ذات اتجاه عام موجب	٢٠
الشكل (٢) يوضح نموذج لسلسلة زمنية ذات اتجاه عام سالب	٢١
الشكل (٣) يوضح نموذج لسلسلة زمنية تمثل التغيرات الموسمية	٢١
الشكل (٤) يوضح نموذج لسلسلة زمنية تمثل التغيرات الدورية	٢٢
الشكل (٥) إنتاج الاسمنت في السودان (طن متري)	٤٩
الشكل (٦) دالة الارتباط الذاتي وحدي الثقة لإنتاج الاسمنت	٥٢
الشكل (٧) دالة الارتباط الذاتي الجزئي وحدي الثقة لإنتاج الاسمنت	٥٢
الشكل (٨) دالة الارتباط الذاتي لسلسلة الفرق الأول لإنتاج الاسمنت	٥٤
الشكل (٩) دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الفرق الأول لإنتاج الاسمنت	٥٤
الشكل (١٠) الإنتاجية الفعلية والمقدرة والمتنبأ بها من الاسمنت للفترة من (٢٠١٦-٢٠٢٥) باستخدام النموذج ARIMA(1,1,0)	٥٧

الفصل الاول

الإطار المنهجي

١-١ المقدمة:

تعتبر صناعة الإسمنت من الصناعات الأساسية وتستمد هذه الصفة لكونها صناعة مولدة لصناعات أخرى شأنها في ذلك شأن الصناعات البتروكيميائية وصناعة الصلب، وفى هذه الصناعات الثلاثة غالباً ما يحول المنتج الي خامة او مدخل لصناعات أخرى.

كما أنها تساعد على انتشار العمران الحضري، وصناعة الإسمنت من الصناعات الأولى التي نالت قصب السبق في خارطة الصناعة السودانية ارتباطاً بقيام أول مشروع إنمائي في مجال الطاقة والري بالسودان حيث أنشيء مصنع أسمنت مكوار خصيصاً لتوفير احتياجات بناء خزان سنار. ثم جاء بعد ذلك قيام مصنع أسمنت عطبرة عام ١٩٤٧م بطاقة إنتاجه بلغت (٤٠٠) ألف طن ثم مصنع أسمنت ربك عام ١٩٦٤م بطاقة إنتاجية (١٠٠) ألف طن، وكانت الطاقة الإنتاجية للمصنعين لا تلبي احتياجات البلاد لذا كان الاعتماد شبه كامل على الاستيراد والذي أصبح يغطي حوالي (٨٥%) من احتياجات البلاد (وزارة الصناعة ،٢٠٠٩، ص٢٣).

وفي ظل تنامي الطلب على سلعة الإسمنت كان لابد من تنفيذ برامج للتأهيل والتحديث في مصنع عطبرة تبعه قرار الخصخصة الكامل للمصنع، وكذلك خصخصة اسهم الحكومة في مصنع اسمنت ربك والتي تتجاوز الـ٨٠% من اسهم المصنع لإتاحة الفرصة للقطاع الخاص لتنفيذ مشروعات التوسع والتحديث. وفي منتصف أكتوبر من العام٢٠٠٨م بدأت الاستثمارات الجديدة تدخل دائرة الإنتاج وكان أولها شركة السلام للإسمنت بإنتاج (١٦) ألف طن كإنتاج تجريبي للربع الأخير من عام ٢٠٠٨م من بعدها قفز الإنتاج إلى أكثر من الضعف، وبنهاية عام ٢٠١٠م اكتملت جميع المصانع التي كانت تحت التشييد ودخلت دائرة الإنتاج وبدأ الإنتاج يتصاعد تدريجياً بالرغم من توقف مصنع

عطبرة القديم في يناير من العام ٢٠١٠م لتهالك آلياته وعدم كفاءة تشغيله وبالمقابل دخل مصنع عطبرة الجديد في فبراير من نفس العام. وفي مايو دخل مصنع بربر وأعقبه مصنع التكامل في أغسطس وآخر مصنع كان مصنع الشمال للإسمنت في منتصف ديسمبر، كما ان مصنع النيل للإسمنت (ربك) اكتمل إعادة تأهيله بطاقة قصوى (١٠٠٠) طن في اليوم (صحيفة النيل الالكترونية، ٢٠١٤، ص١).

وبذا نلاحظ ان هناك نمو واضح في هذا القطاع من الصناعة لذا كان لابد من وجود أسلوب تحليلي يبين لنا اتجاه هذا القطاع من الإنتاج ويعد أسلوب تحليل السلاسل الزمنية Time Series Analysis من الأساليب الإحصائية الجديرة بالاهتمام، والتي تطورت كثيراً، وأصبح بالإمكان استخدامها لغرض التوقع لمستقبل العرض والطلب على إنتاج الاسمنت. ويعتمد أسلوب تحليل السلاسل الزمنية على تتبع الظاهرة (أو المتغير) على مدى زمني معين (عدة سنوات مثلاً)، ثم يتوقع للمستقبل بناءً على القيم المختلفة التي ظهرت في السلسلة الزمنية وعلى نمط النمو في القيم، وبهذا فهو يتفوّق على الأسلوب التقليدي، إذ إن الأسلوب التقليدي يحسب فرق القيمة بين زمنين اثنين فقط من السلسلة الزمنية ويبني التوقع المستقبلي على أساسهما، بدون مراعاة للنمط العام للسلسلة أو للارتفاع والانخفاض الذي يحدث لقيم السلسلة الزمنية المتصلة.

١-٢ مشكلة البحث:

تبرز مشكلة البحث في الزيادة المضطردة لاستهلاك الاسمنت في السودان بمرور الزمن لذلك لابد من معرفة العوامل والمتغيرات الاقتصادية التي تؤثر في استهلاك الاسمنت والتنبؤ بها وايجاد توقعات للطلب على انتاجه وذلك بالاعتماد على المتغيرات التي تؤثر عليه.

١-٣ أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في استخدام اسلوب السلاسل الزمنية متمثلاً في طريقة بوكس – جنكنز في التنبؤ المستقبلي بالاستهلاك السنوي للإسمنت للسنوات القادمة ومعرفة الطلب العام الذي يقود الى التعرف علي الاستهلاك السنوي منه ووضع التدابير واتخاذ القرارات المناسبة.

١-٤ أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

١/ توضيح العوامل المؤثرة في الطلب علي الاسمنت والمؤشرات الدالة عليه و التقديرات المحتملة لحجم الطلب.

٢/ بيان أن الطلب علي الإسمنت متزايد وضرورة وضع التدابير اللازمة لزيادة عدد المصانع وتفعيل عمل المصانع الحالية.

٣/ تحليل انتاج الاسمنت في الماضي والحاضر والتنبؤ به في المستقبل.

٤/ تقديم مرجعية إحصائية عن انتاج الاسمنت في السودان.

١-٥ فرضيات البحث:

هنالك عدة فرضيات ينبني عليها هذا البحث أهمها:

١/ هنالك زيادة في انتاج الاسمنت مع مرور الزمن.

٢/ هنالك علاقة عكسية بين الكمية المطلوبة من الاسمنت وسعرها وهنالك علاقة طردية بين الكمية المطلوبة من الاسمنت و عدد السكان.

١-٦ منهجية البحث:

المنهج المتبع في هذا البحث هو المنهج الوصفي التحليلي حيث يقوم الباحث بوصف البيانات الفعلية التي تحصل عليها ومن ثم يقوم بتحليل هذه البيانات بهدف التنبؤ بإنتاجية الاسمنت في المستقبل باستخدام برنامج الـ SPSS.

١-٧ حدود البحث:

الحدود المكانية: مصانع الإسمنت بجمهورية السودان.

الحدود الزمانية : انتاج الاسمنت في الفترة الزمنية من عام ١٩٩٦م حتى عام ٢٠١٥م .

١-٨ مصادر البيانات:

تم الحصول على البيانات الاحصائية لإنتاج الاسمنت من الجهاز المركزي للإحصاء بالسودان والتقارير السنوية للبنك المركزي ومصانع الاسمنت في الفترة من عام ١٩٩٦م وحتى ٢٠١٥م .

١-٩ الدراسات السابقة:

من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة يتم استعراض هذه الدراسات علي النحو التالي :

١/ دراسة تحت عنوان : تقدير دالة الطلب علي الاسمنت في السودان ٢٠٠٨ -١٩٩٠. وهي دراسة ماجستير قدمها محمدين ابكر زكريا (مارس ٢٠١٢).

هدفت الدراسة الي بيان أن مستوي الطلب يشجع علي زيادة الإنتاج وإنشاء مصانع جديدة في البلاد، وأن النمو العمراني المتزايد في البلد، أدي الي تغيرات كبيرة في السعر والاتجاه الي الاستيراد من الخارج.

وتكمن أهمية الدراسة في اظهار العوامل التي توثر علي الطلب علي الاسمنت في السودان وتوضح كذلك شكل العلاقة بين الطلب علي الاسمنت في السودان وهذه العوامل.

استخدم الباحث المنهج الاستنباطي إضافة الي منهج البحث القياسي الذي يعتمد علي الطرق الرياضية والاحصائية والقياسية لتقدير نموذج الطلب علي الاسمنت بالسودان.

خلصت الدراسة إلي النتائج التالية أن القوة التفسيرية للنموذج المقترح بلغت ٨٨% حسب معامل التحديد المعدل مما يدل علي جودة توفيق النموذج، وأن مستوي الطلب يشجع علي زيادة الإنتاج وإنشاء مصانع جديدة لارتفاع نسبة استيراد الإسمنت في البلاد .

وكانت توصيات النموذج تتمثل في ضرورة الاهتمام بتوفير البيانات حتي يمكن بناء نموذج وفقاً للنظرية الاقتصادية، وايضاً نسبة للاتجاه التصاعدي لأسعار الإسمنت مما يؤكد أن الطلب علي الإسمنت متزايد ولابد من وضع التدابير اللازمة لزيادة عدد المصانع وتفعيل عمل المصانع الحالية.

٢/ دراسة بعنوان: صناعة الاسمنت بالسودان. قامت بها وزارة الصناعة – الخرطوم (٢٠٠٩).

الهدف من هذه الدراسة هو تقديم استراتيجية لمواجهة الارتفاع في الأسعار وتحقيق المستهدف للتصدير.

وتكمن أهمية هذه الدراسة في شرحها لاهم معوقات هذه الصناعة وبيان الوسائل اللازمة للمزيد من تدفق رؤوس الأموال من المصادر الداخلية والخارجية للاستثمار في صناعة الاسمنت ووضع رؤي مستقبلية وواعدة لا نتاج وفير واضافة حقيقية لمساهمة الصناعة الوطنية في الاقتصاد القومي.

واستخدم في هذه الدراسة المنهج الوصفي لوصف الظاهرة ومنهج الاقتصاد القياسي لتقدير النموذج.

ويهدف النموذج في الاقتصاد القياسي الي تبسيط الواقع الاقتصادي من خلال بناء نموذج لا يحتوي علي جميع تفاصيل الظاهرة الاقتصادية المراد دراستها بل يتضمن العلاقات الأساسية بها ليستخدم كأداة في عملية التنبؤ وتقييم السياسات الاقتصادية القائمة او المقترحة ثم استخدامها في عملية تحليل الهياكل الاقتصادية.

توصلت هذه الدراسة الى عدة نتائج وتوصيات أهمها العمل على التوسع في قاعدة التعليم الفني وتشجيع القطاع الخاص في الدخول فى هذا المجال " إقامة معهد فنى لصناعة الاسمنت بولاية نهر النيل"، وضع استراتيجية مشتركة بين اتحاد أصحاب العمل والدولة تعمل على حل المشكلات التي تواجه القطاع الصناعي في الكهرباء و التمويل... الخ على أن تكون هذه الاستراتيجية من الواقعية والوضوح مما يسهل تطبيقها، وقف منح التراخيص في مجال صناعة الإسمنت وذلك حفاظاً على موارد البلاد للأجيال القادمة، تفعيل المادة "16" من قانون تشجيع الاستثمار بمنح مصانع الاسمنت ميزات إضافية.

١-١٠ هيكل البحث:

يحتوى هذا البحث على خمسة فصول يتناول الفصل الأول: الاطار المنهجي، ويشمل كل من المقدمة، مشكلة البحث، أهمية البحث، أهداف البحث، فروض البحث، منهجية البحث، حدود البحث، مصادر البيانات، الدراسات السابقة، هيكل البحث والفصل الثاني: الإسمنت في السودان، ويشمل مقدمة تعريفية عامة عن الاسمنت، مكونات الاسمنت، أنواع الاسمنت، استخدامات الاسمنت، مبادئ أساسية في صناعة الاسمنت، طرق صناعة الاسمنت، مصانع الاسمنت العاملة، حجم الاستهلاك المحلي، بيانات انتاج الاسمنت والفصل الثالث: السلاسل الزمنية ويحتوي هذا الفصل علي: مفهوم السلسلة الزمنية، أنواع السلاسل الزمنية، مركبات السلسلة الزمنية، تحليل السلسلة الزمنية إلى مكوناتها الرئيسية، اهداف تحليل السلاسل الزمنية، نماذج السلسلة الزمنية، تقدير مركبات السلسلة الزمنية، أسلوب بوكس- جنكنز في تحليل السلاسل الزمنية، السكون، طرق إزالة عدم الاستقرار، الحكم علي سكون أو استقرار السلسلة، اختبار استقرار السلسلة، النماذج المستخدمة في منهجية بوكس وجنكيز، خطوات تحليل أسلوب بوكس- جنكنز في بناء النماذج الخطية للسلاسل الزمنية، تصميم وبناء نظام التنبؤ الإحصائي والفصل الرابع: تحليل البيانات، ويشمل وصف البيانات، تحليل نماذج بوكس- جنكيز، مرحلة التقدير، مرحلة الفحص والتدقيق، مرحلة التنبؤ والفصل الخامس: النتائج والتوصيات، ثم المراجع والمصادر وأخيراً الملاحق.

الفصل الثاني

الإسمنت في السودان

الفصل الثاني

الإسمنت في السودان

٢-١ مقدمة تعريفية عامة عن الاسمنت:

الإسمنت هو مادة ناعمة ، رمادية اللون تمتلك خواص تماسكيه و تلاصقيه بوجود الماء مما يجعلها قادرة على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض و تماسكها مع حديد التسليح. ويتكون الإسمنت من ثلاث مواد خام أساسية هي كربونات الكالسيوم الموجودة في الحجر الكلسي، والسيليكا الموجودة في الطين والرمل، والألومنيا (أكسيد الألمنيوم) (زايد، ١٩٩٩م، ص١٢٥).

والإسمنت المعروف والشائع الاستخدام في البناء هو الاسمنت البورتلاندى الذي اكتشفه جوزيفٌ اسبيدٌن البناء الإنجليزي في أوائل القرن التاسع عشر. ويرٌجع اسم بورتلاند إلى تشابه صلادة الإسمنت البورتلاندى مع بعض أحجار البناء الموجودة في جزيرة بورتلاند بإنجلترا لذلك أطلق على هذا النوع من الأسمنت بالإسمنت البورتلاندى (امام وامين،٢٠٠٧، ص٧) .

وأهم استخدام للإسمنت هو الملاط والخرسانة حيث يربط المواد الاصطناعية أو الطبيعية لتشكل مواد بناء قوية مقاومة للتأثيرات البيئية العادية. ويجب عدم الخلط بين الخرسانة والإسمنت، فالإسمنت يشير إلى المسحوق الجاف المستخدم في ربط المواد الكلية للخرسانة.

وتعتبر صناعة الاسمنت من الصناعات الاستراتيجية، وهي مع ذلك صناعة بسيطة مقارنة بالصناعات الكبرى وتعتمد على توفر المواد الخام اللازمة لذلك.

أما الأهمية العظمى للإسمنت فتكمن في كونه، المرتكز الأساسي لصناعة البناء والتشييد على النمط الحديث، خاصة و أن صناعة البناء والتشييد لا تنحصر في الوحدات السكنية والتجارية والبنايات متعددة الطوابق، وانما تتسع لتشمل البنيات التحتية كالسدود والموانئ والطرق وغيرها من البنيات.

ويعتبر الإسمنت من أهم مقومات النمو العمراني في القطر بل ربما نذهب أكثر من ذلك وننظر له كمؤشر هام من مؤشرات التحضر وهو بذلك يعتبر مادة استراتيجية هامة يجب أن تكون لها أسبقية عالية في مشاريع الصناعة المحلية ليصل إنتاجه إلى حد الاكتفاء الذاتي من زاوية أُخرى تكتسب صناعة الإسمنت قيمة اقتصادية ، اجتماعية عظيمة من مقدرتها الفائقة في تجفيف منابع البطالة فبجانب استيعابها المباشر للعمالة فهي تفتح أبواب الاستخدام واسعة من خلال إنعاش صناعة البناء والتشييد. ونجد أن صناعة الاسمنت قادرة من خلال مفعول الأثر المضاعف على تحريك وانعاش معظم القطاعات الاقتصادية وبالطبع فلن يحدث ذلك إلا إذا اتسمت تلك القطاعات الاقتصادية بالمرونة التي تجعل استجابتها ممكنة وتفاعلها تلقائياً.

٢-٢ مكونات الاسمنت :

يتكون الإسمنت من ثلاثة مواد خام أساسية هي كربونات الكالسيوم الموجودة في الحجر الكلسي، والسيليكا الموجودة في الطين والرمل، والألومنيا (أكسيد الألمنيوم). (امام و امين، ٢٠٠٧، ص١٣) .

ويمكن إنتاج عشرات الأنواع من الاسمنت ليستعمل كل نوع منها لعمل معين، ويتم تغيير أنواع الاسمنت بإحدى الطرق التالية:

١/ تغيير نسب خلط المواد الأولية و درجة طحنها و نعومتها.

٢/ تغيير درجة نقاوة المواد الخام.

٣/ زيادة درجة نعومة الطحن.

٤/ إضافة مواد كيماوية أثناء الطحن، ككلوريد الكالسيوم لزيادة التصلب، و إضافة مواد لعمل فقاعات.

٥/ إضافة البوزلانا و خبث الحديد.

٢-٣ أنواع الإسمنت:

١- الإسمنت البورتلندي العادي : هو الأكثر شيوعا وانتشار، حيث يستخدم في كافة الإنشاءات التي لا تتعرض لأملاح السلفات في التربة أو المياه الأرضية، تصل نعومته إلى ٢٢٥٠ سم٢/غم. يصنع من خلط مواد تحتوي على كربونات الكلسيوم مثل الطباشير او الحجر الجير ومواد محتوية علي السيليكا والالومينا واكسيد الحديد مثل الطين والطمي، وهذا النوع من الإسمنت ملائم لأغلب أنواع الأعمال حيث أن له درجة تصلب معتدلة (متوسطة)، وتصل مقاومة الضغط لهذا الأسمنت إلى قيم عالية بعد ٢٨ يوم، ثم تزداد بمعدل طفيف بعد ذلك (امام وامين،٢٠٠٧، ص٢٩).

٢- الاسمنت البورتلاندي سريع التصلب أو مبكر القوة Type II: هذا النوع ناعم جداً وتصل نعومته الي ٤٥٠٠-٥٠٠٠ سم٢/غم و يعطي المقاومة اللازمة خلال مدة قليلة، حيث ان قوة التحمل التي يعطيها هذا النوع خلال ثلاثة أيام تساوي تقريبا قوة التحمل التي يعطيها الاسمنت البورتلاندي العادي خلال أسبوع إلا أن قوة الاثنين تتساوى بعد ٢٨ يوم، و كذلك تكون نسبة سيليكات ثلاثي الكالسيوم لهذا النوع أعلى من نسبتها في الاسمنت البورتلاندي العادي.

٣- الاسمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة أو اسمنت الخزانات Type IV: يتم تغير نسب المواد الأولية بحيث تكون الحرارة المتولدة وسرعة تولدها أقل منها في الاسمنت البورتلاندي العادي، كما ان نسبة سيليكات ثلاثي الكالسيوم والومينات ثلاثي الكالسيوم أقل من نسبتها في الاسمنت البورتلاندي العادي بينما تزيد نسبة سيليكات ثنائي الكالسيوم عنها في الاسمنت العادي. ويستعمل في المنشآت الضخمة كالسدود والجدران الإستنادية و الخزانات حيث أن الحرارة القليلة

المتولدة أثناء عملية التفاعل لا تسبب تمدد كبيرا في الكتل الخرسانية الذي يؤدي إلى تكسر الخرسانة وإحداث شقوق فيها (امام وامين،٢٠٠٧، ص٣١) .

تكون مقاومة الخرسانة المصنوعة من هذا النوع نصف مقاومة الخرسانة المصنوعة من الاسمنت العادي بعمر ٧ أيام وثلثيها بعمر ٢٨ يوم و مساوية لها بعمر ثلاث اشهر ولذلك يشترط ان لا تقل نعومته عن ٣٢٠٠ سم٢ /غم. كما ينصح باستخدامه في الأماكن التي تتعرض للكبريتات مثل منشآت الصرف كونه يقاوم الكبريتات.

٤- الاسمنت المقاوم للأملاح (مقاوم لمياه البحر و الكبريتاتType V):

هذا النوع مشابه للإسمنت العادي و صلابتهما متشابهة، إلا أن نسبة سيليكات ثلاثي الكالسيوم تنخفض فيه، يقاوم المياه المالحة و الكبريتية التي تتفاعل مع سيليكات ثلاثي الكالسيوم فيزداد حجم كمية الاسمنت إلى حدود ٢٢% و هذا يؤدي إلى تشقق و تفتت الخرسانة و لذلك يستخدم اسمنت مقاوم للكبريتات لا يزيد نسبة الألومينات عن ٣,٥ – ٥% و يكن الحد الأدنى للنعومة ٢٥٠٠ سم٢ /غم (امام وامين،٢٠٠٧،ص٣٠).

٥- الاسمنت البورتلاندي سريع التجمد:

التجمد يعني التفاعل بين الاسمنت و الماء و بالتالي التماسك و إطلاق الحرارة و وضع الخرسانة بمكانها بسرعة قبل انتهاء زمن الشك setting الابتدائي، أما الاسمنت مبكر القوة (سريع التصلب) فهو الذي يكتسب قوته خلال الأيام الأولى و هو ليس سريع الشك، يستعمل هذا النوع لصب الخرسانة تحت الماء.

٦- الاسمنت الملون:

له كافة خصائص الاسمنت العادي و لكنه يتميز بلونه و اشهرها الاسمنت الأبيض، الذي يصنع من الاسمنت الخالي من مركبات الحديد (الطين الأبيض) و من حجر الكلس (والحجر الجيري

النقي و الرمل الذي تكون فيه نسبة مكونات المنغنيز ومكونات الحديد قليلة جداً (نصف بالمئة) لان مركبات الحديد تؤثر على درجة بياض الاسمنت.

تحتاج صناعة الاسمنت الأبيض إلى حرارة أعلى من الحرارة اللازمة لصناعة الاسمنت العادي، و لذلك ترتفع كلفة هذا النوع من الاسمنت إلى ضعف كلفت الاسمنت العادي.

٢-٤ استخدامات الاسمنت:

- **الصناعات التقليدية:** يستعمل في الأبنية و المنشآت و السدود و رصف الطرق و الجدران الاستنادية و الجسور و الكباري والمستودعات، و مواسير المجاري و الأعمدة الإسمنتية الكهربائية وغيرها.

- **الصناعات الحديثة:** الأسبستوس و القطع الجاهزة و الخرسانة الخفيفة و صناعة القوارب، وأعمال الحقن في السدود، وفي تثبيت التراب لعمل أساس للطرق ومدارج المطارات

٢-٥ مبادئ أساسية في صناعة الاسمنت:

يحتوي الاسمنت على مادتين أساسيتين هما الكلس والطين هذا الأخير تضاف إليه مواد أساسية هي السليس، والألمين وأكسيد الحديد.

مادتي الكلس والطين تسحقان في آلات السحق وتمزجان مع بعضهما البعض بنسب يحددها المخبر ويطحنان في آلات الطحن ثم نمررهما عبر الفرن الذي تبلغ درجة حرارته حوالي ١٤٣٠°م. فنحصل حينئذ على مادة الكلنكر.نضيف لهذه المادة مواد أخرى. وندخلها في آلة الطحن من بعدها نحصل على مادة الاسمنت التي توضع بأكياس ثم تعبأ.

الاسمنت يتكون كمواد خام من مادتين أساسيتين هما الحجر الجيري (أحمد وطه ١٩٩٨م، ص٧٨) lime stone والطفلة clay ومادتين اضافيتين يضافا حسب ظرف وطبيعة كل مصنع وهما الـsand،

iron ore الحديد والرمل ويسمى الحديد والرمل corrective materials أي مواد لتصحيح النسب المراد الوصول إليها فأحيانا تأتى الطفلة والحجر بهما نسبه عالية من الرمل فلا تحتاج لإضافة رمل.

يتم إضافة هذه المواد الخام بنسب معينه وتدخل طاحونه ضخمه لتطحن حتى تصل إلى درجة نعومه عالية وتسمى هذه الطاحونة بطاحونة الخام raw mill ولا يحدث بالطاحونة أي تفاعلات كيميائية ولكن فقط طحن المواد الخام وفائدة هذا الطحن زيادة مساحة سطح الحبيبات تجهيزاً لدخولها التفاعلات الكيميائية حتى تتعرض كل الجزيئات للتفاعلات. تكون النسب في المواد الخام تقريبا في حدود ٧٥% من الحجر و٢٠% من الطفلة و٣% من الرمل و٢% من الحديد وتختلف هذه النسب تبعا للنتائج والتحاليل. بعد خروج المادة الخام من الطاحونة تدخل صومعه للتخزين ثم تبدا أول مراحل التفاعلات الكيميائية في مبنى ضخم يسمى البرج حيث يتم تسخين المادة الخام تمهيدها لدخولها الفرن وذلك عند درجة حراره ٨٥٠ درجه مئوية وبذلك تكون الاكاسيد الأربعة جاهزة للتفاعل في الفرن وبداخل الفرن تتحد الاكاسيد الأربعة مكونا ما يسمى اطوار الكلينكر وهكذا وتصل درجات الحرارة إلى ١٤٥٠ درجه عند نهاية الفرن منطقة الحريق عند الشعلة. بعد الفرن تدخل المادة المنتجة وتسمى الكلنكر إلى المبرد بعد المبرد يخرج الكلينكر وهو المنتج الأولى في صناعه الاسمنت. يضاف بعد ذلك الجبس الخام وتركيبة كبريتات الكالسيوم إلى الكلينكر ويدخلا معا طاحونه تسمى طاحونة اسمنت cement mill ويكون المنتج النهائي هو الاسمنت .

٢-٦ طرق صناعة الاسمنت:

تتم صناعة الإسمنت بثلاث طرق، حيث يتم بعدها إيجاد المركب الكيميائي الأفضل والأمثل للإسمنت، وهذه الطرق هي:

طريقة رطبة :

وهي اقدم طريقة استخدمت في صناعة الاسمنت ويعيبها انها تستهلك قدر كبير من الطاقة . يتم اختيار المواد الخام وتمزج بالماء لتعطي ناتج معلق ،ويتشكل الكلنكر عند (١٤٨٠)°م ، وتعتمد هذه الطريقة على تكسير وخلط المواد، وطحنها، وتسخينها ثم وضعها في المبرد، وبعدها يتم الطحن النهائي وتعبئتها بالأكياس (امام و امين، ٢٠٠٧، ص١٠) .

طريقة جافة :

بدأت هذه الطريقة بالانتشار، لتحلّ محل الطريقة الرطبة بشكلٍ تدريجي، وذلك لما تتميز به من توفيرٍ للطاقة حيث تستهلك حوالي ٦٠% من الطاقة المستهلكة في الطريقة الرطبة، ولدقتها في عمليّة التحكم وخلط للمواد الخام دون الحاجة لإضافة الماء، وتعتمد هذه الطريقة على تكسير للمواد الخام وخلطها ومن ثم طحنها ومن ثم يتم وضعها بالفرن، يليها الطحن النهائي وتعبئتها (امام و امين، ٢٠٠٧، ص١٠) .

طريقة شبه جافة:

هي حالة خاصة من العمليّة الجافة، يستخدم بها الفرن المزود بعمود، ويتم تشكيل المواد الخام المطحونة في العمليّة الجافة على شكل حبيبات، يتم إضافة المياه إليها بنسبة ١٣% (امام و امين، ٢٠٠٧، ص١١) .

٢-٧ مصانع الاسمنت العاملة:

١/ مصنع اسمنت عطبرة:

شركة اسمنت عطبرة اعرق شركة اسمنت في السودان، أنشئ مصنع اسمنت عطبرة عام ١٩٤٧ كقطاع خاص تحت مسمى (اسمنت بورتلاند عطبرة) وذلك بشركة مساهمة برؤوس أموال اغلبها أجنبية. وفى عام ١٩٧٠ تم تأميم المصنع وسمى باسم مؤسسة ماسبيو للإسمنت وأضيف إلى مؤسسات القطاع الصناعي، ثم صدر قرار جمهوري عام ١٩٨٣ بتحويل مؤسسة ماسبيو للإسمنت

إلى شركة خاصة (شركة ماسبيو للإسمنت) لتعمل تحت قانون الشركات لسنة ١٩٢٥،وفى عام ١٩٨٥ صدر قرار بتحويل اسم الشركة إلى شركة اسمنت عطبرة المحدودة، وفى أواخر العام ٢٠٠٢ تم البيع للشركة السودانية الإفريقية للتنمية والاستثمار ولذا تمت أيلولة الشركة للشيخ سليمان الراجحي والذي قام بمعالجة الانبعاثات وزيادة إنتاجية المصنع وبناء مصنع جديد بطاقة إنتاجية ٥٧٠٠ طن يوميا من الاسمنت ويعد اكبر الخطوط في السودان وإفريقيا لإنتاج الاسمنت (عبد الرحيم، ٢٠١٤، ص٣٥).

٢/ شركة النيل للإسمنت (ربـك):

أنشيء المصنع منذ العام ١٩٦٤م، بطاقه انتاجية ١٠٠طن/اليوم وتعرض المصنع خلال مسيرته للكثير من التعثرات ولكن في العام ٢٠١٠ اكتملت اعاده تأهيل المصنع بطاقه قصوي ١٠٠٠ طن في اليوم (عبد الرحيم،٢٠١٤،ص٣٥).

٣/ مصنع السلام العالمي لإنتاج الاسمنت:

يقع المصنع بمحلية الدامر وتبلغ مساحته ٢ كلم مربع ، برأس مال حوالي ٢٧٥مليون دولار وبدأ الإنتاج منذ عام ٢٠٠٨ بطاقة إنتاجية ٢٠٠٠ طن في اليوم ، تم قيام المصنع بمساهمة عدد من السودانيين ومجموعة من الأشقاء العرب(سعوديين –كويتيين) (عبد الرحيم،٢٠١٤،ص٣٦).

٤/ مصنع الشمال للإسمنت:

يقع المصنع بمحلية الدامر بمساحة تقدر بحوالي ١,٢٣ كلم مربع وطاقته التصميمية ٤٢٠٠ طن/اليوم ، ويبلغ رأس المال المستثمر بالمصنع ١٢٠مليون دولار، تم قيام المصنع بشراكه سودانية عراقية (عبد الرحيم،٢٠١٤،ص٣٦).

٥/ مصنع التكامل للإسمنت:

يقع المصنع بمحلية بربر بمساحة تقدر بحوالي ٥ كلم برأس مال بلغ ١٨٢مليون دولار، تم إنشاء المصنع بمساهمة من شركة التكامل والصندوق القومي للمعاشات. ، الطاقة التصميمية للمصنع ٤٥٠٠ طن/اليوم (عبد الرحيم،٢٠١٤،ص٣٧).

٦/ شركة اسمنت بربر:

يقع بمحلية بربر بمساحه قدرها ١,٥ كلم برأس مال قدره ٢١٠ مليون دولار تم انشاء المصنع بمساهمة من محمد الغرير (أماراتي) والصندوق القومي للضمان الاجتماعي، الطاقة التصميمية للمصنع ٥٠٠٠ طن/اليوم (عبد الرحيم،٢٠١٤،ص٣٧).

٧/ مصنع اسلان للإسمنت :

يقع المصنع بمنطقه الباقير جنوب الخرطوم ، ويقوم المصنع بجلب المادة الخام من بربر ثم يقوم بعمليات الطحن والمعالجة والتعبية وتقدر القدرة الإنتاجية للمصنع بحوالي ١٠٠الف طن. والملاحظ هنا أن في الفترة التي سبقت العام ٢٠٠٨ كانت الطاقة الإنتاجية لمصنع اسمنت عطبرة ومصنع اسمنت ربك لا تلبي احتياجات البلاد لذا كان الاعتماد شبه كامل علي الاستيراد والذي اصبح يغطي حوالي ٨٥% من احتياجات البلاد.

ولكن في منتصف اكتوبر من العام ٢٠٠٨ بدأت الاستثمارات الجديدة تدخل دائرة الانتاج وكان في مقدمتها مصنع السلام وفي العام ٢٠١٠ اكتملت جميع المصانع التي كانت تحت التشييد ودخلت دائرة الانتاج وبداء الانتاج يتصاعد وبلغ مجموع انتاج المصانع من العام ٢٠١٠م حوالي ٢,١١٢,٦ الف طن وهو مالم يحقق طيلة العشر سنوات السابقة .

ونجد ان العام ٢٠١٣م شهد اكبر ارتفاع في انتاج الاسمنت بحوالي ٣,٥٣٨,٠ الف طن، وبلغ ناتج العام ٢٠١٤م ٣,٤٧٧,٧ الف طن.

٢-٨ حجم الاستهلاك المحلي:

مقارنه ما بين الانتاج والاستهلاك خلال السنوات الماضية نجد ان الكميات المعروضة في العام ٢٠٠٦م كانت (١,٨٥٨) مليون طن وقفزت الي (٢,٣) في العام ٢٠٠٧ وبسبب وقف الاستيراد من جمهورية مصر العربية انخفضت الكميات الي (٢) مليون طن في العام ٢٠٠٨.

وفي العام ٢٠٠٩ عادت الكميات الي طبيعتها مساوية للتي كانت في العام ٢٠٠٧م، بينما ظل الاسمنت المستورد مهيمن علي السوق المحلي بنسبة ٨٥% و١٥% لصالح الانتاج المحلي.

وفي العام ٢٠٠٩م ارتفع نصيب الانتاج الوطني الي ٢٧% مقابل انخفاض الاستيراد من ٨٥% الي ٧٣% ، وبعد اكتمال دخول المصانع الجديدة دائرة الانتاج بدا الانتاج الوطني في الازدياد مع انخفاض ملحوظ في الكميات المستوردة ،وبنهاية العام ٢٠١٠م كانت الكميات المعروضة للاستهلاك في حدود ٣ مليون طن ويمكن تحديد حجم الاستهلاك في حدود ٣ مليون طن في العام ٢٠١٠، وشهد العام ٢٠١١م ارتفاع في مستوي الاستهلاك الي (٣,٢) مليون طن.

والجدير بالاهتمام هنا أنه منذ النصف الأول من العام ٢٠١٢ لم يتم استيراد أي كمية من الإسمنت كما توضح بيانات الإدارة العامة لشرطة الجمارك واستمر الوضع حتى العام الحالي ٢٠١٥م، ولأول مرة تشهد البلاد صادراً من هذه السلعة خلال عام ٢٠١٢ حيث بلغت كمية الصادر ١٨٩ ألف طن وفي عام ٢٠١٣ بلغت ٣٢٩ ألف طن وهي بداية تشير إلى قدرة هذه السلعة على ولوج سوق التصدير خاصة إلى دول الجوار وتحقق عائدات جيدة للخزينة إذا تم حل المشاكل المتعلقة بالتصدير.

٢-٩ بيانات إنتاج الاسمنت:

البيانات ادناه توضح إنتاج الاسمنت في السودان بالألف طن متري من العام ١٩٩٦-٢٠١٥.

إنتاج الاسمنت خلال الفترة ١٩٩٦ الي ١٩٩٩

البيان	الإنتاج (الف طن)			
	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨	١٩٩٩
الانتاج	٢٨٦	٢٩٠	٢٠٦	٢٤٦

المصدر وزارة الصناعة – التقرير السنوي لبنك السودان ٢٠٠٤م.

إنتاج الاسمنت خلال الفترة ٢٠٠٠ الي ٢٠٠٨

(طن متري)

المصنع	٢٠٠٠	٢٠٠١	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨
اسمنت ربك	٤٠,٣	٥٠,٢	٤٢	٧٢	٦٨,٦٨٠	٩٠,٥٥٤	٨٨	٢٣١,٨	٣٩,١
اسمنت عطبرة	١٠٥,٥	١٣٩,٣	١٦٢,٨	١٩٩,٩	٢٣٧,٢٢١	٢٤٢,٦٥١	١١٤,٢	٩٤,٤	٢٠٧,٤
المجموع	١٤٥,٨	١٨٩,٥	٢٠٤,٨	٢٧١,٩	٣٠٥,٩٠١	٣٣٣,٢٠٥	٢٠٢,٢	٣٢٦,٢	٢٤٦,٥

المصدر مصنع اسمنت عطبرة ومصنع اسمنت ربك – وزارة المالية والاقتصاد الوطني – النشرة الاقتصادية الشهرية.

إنتاج الاسمنت خلال الفترة ٢٠٠٩ – ٢٠١٥م

(طن متري)

البيان	الإنتاج (الف طن)						
	٢٠٠٩	٢٠١٠	٢٠١١	٢٠١٢	٢٠١٣	٢٠١٤	٢٠١٥
عطبرة	٢٠٠,٩	٧٩٩,١	١,٠٥٧,٦	١,١٢٢,٤	١,٣٥,٤	١,١٩٠,١	
الشمال	–	–	٢٦٤,٥	٥٥١,٦	٦٦٦,٨	٩٤٥,٨	
بربر	–	٣٨٥	٥٣٨,٦	٦٠٥,٧	٥٨٠,٨	٥٣١,٩	
التكامل	–	١٢٧	٦٩٥,٨	٦٩٠,٨	٦٤٤	٤٣٨,٤	
السلام	٤١٢,٢	٤١٢,٥	٢٨٠	٢٨٨,٣	٣٢٧,٥	٢٤٢,٦	
اسلان	–	٢١٤	٨٥	٦٨,٧	٨٩,٦	٨١,١	
ربك	٨,٦	١٧٥	٨٠,٨	١٤٩,١	٩٣,٩	٤٧,٨	
المجموع	٦٢١,٧	٢,١١٢,٦	٣,٠٠٢,٣	٣,٤٧٦,٦	٢,٥٣٨	٣,٤٧٧,٧	٥,٨٠٠

المصدر: المصانع المذكورة في الجدول– وزارة المالية والاقتصاد الوطني– التقرير السنوي الرابع والخمسون.

الفصل الثالث

السلاسل الزمنية

السلاسل الزمنية

٣-١ مفهوم السلسلة الزمنية:

السلسلة الزمنية عبارة عن مجموعة من المشاهدات الإحصائية التي تصف الظاهرة مع مرور الزمن، أو هي البيانات الإحصائية التي تجمع أو تشاهد او تسجل لفترات متتالية من الزمن. وقد تكون السلسلة الزمنية بالأرقام المطلقة [وتسمى بالتالي سلسلة قيم مطلقة]، أو قد تكون بالقيم النسبية مثل تلك الجداول التي تبين معدلات الزيادة الطبيعية للسكان في الألف ونحوها، أو قد تكون بالمتوسطات [مثل السلسلة الزمنية التي تبين متوسط إنتاج الكيلو متر مربع من القمح]. ومن امثلة السلاسل الزمنية مرضى العيادات النفسية المترددين شهرياً على احدى المستشفيات، عدد العاطلين سنويا عن العمل، معدلات الانجاب السنوية، قراءة الانتاج الشهري لمدة سنة في شركة للأدوية، المبيعات اليومية في مركز لبيع الكتب لمدة شهر...الخ (النجار وحنفي، ٢٠١٣، ص٣٧٥).

السلسلة الزمنية هي مجموعة مشاهدات اخذت على فترات زمنية متلاحقة ويفضل تساوي الفترات الزمنية التي تؤخذ فيها المشاهدات (فليفل وحمدان، ٢٠٠٦، ص٢٢١).

هي عبارة عن مجموعة من المشاهدات التي تنتج من ظاهرة معينة مرتبة وفق حدوثها الزمني. وقد يكون هذا الزمن سنوات أو شهور أو أيام أو ساعات (صالح، ٢٠٠٩، ص٢٩٩).

وتعتبر السلسلة الزمنية من أهم أساليب التنبؤ حول المستقبل مثل المؤشرات الاقتصادية والمبيعات السنوية للشركات والتعليم وحجم السكان وغيره، ويعد أسلوب السلاسل الزمنية من أهم أساليب التوقع للمستقبل في كثير من المجالات.

والهدف من دراسة السلسلة الزمنية هو دراسة التغيرات التي قد تطرأ علي الظاهرة خلال فترة من الزمن وتحليل أسبابها ونتائجها للتنبؤ بها في المستقبل.

٣-٢ أنواع السلاسل الزمنية: Time Series Type

هنالك نوعان من السلاسل الزمنية وهي:

١/ السلاسل الزمنية المتصلة وغير المتصلة.

أ/ السلسلة الزمنية المتصلة:

وهي التي نقيس فيها قيم ظاهرة متغيرة خلال فترة من الزمن مثل السنة، الشهر، اليوم، الساعة، ومن أمثلتها الزيادة المضطردة في حجم السكان سنوياً.

ب/ السلسلة الزمنية غير المتصلة (المتقطعة):

وهي التي نقيس فيها قيم ظاهرة متغيرة عند لحظة من الزمن ومن أمثلتها عدد السكان في مدينة في اليوم الأول من كل سنة.

٣-٣ مركبات السلسلة الزمنية:

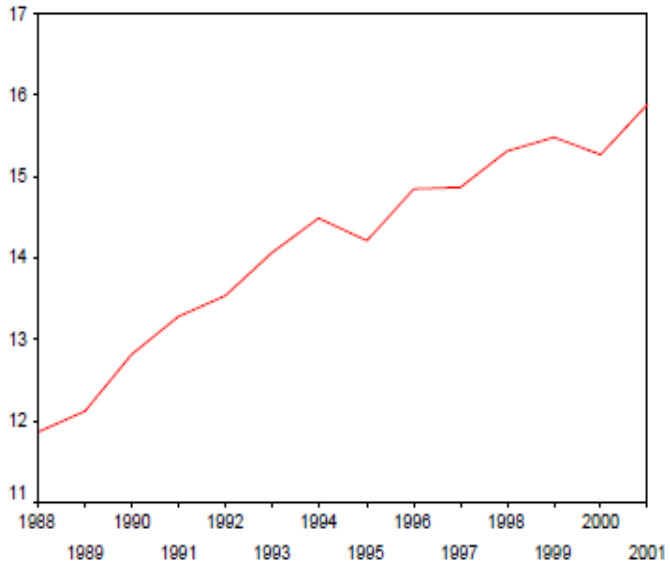
يمكن القول بشكل عام أن التغيرات النى تطرأ علي ظاهرة ما خلال فترة من الزمن هي محصلة عدة عوامل، ولا يمكن أن تعزيها لعامل واحد من هذه العوامل وإنما يكون نتيجة هذه العوامل مجتمعة، وبتحليلنا للسلسلة الزمنية نتعرف علي مقدار هذه التغيرات وإدراك طبيعتها واتجاهها ويصبح في الإمكان القيام بالتقديرات والتنبؤات المستقبلية الضرورية. وهذه العوامل أو العناصر أو مكونات التغير تتمثل في العوامل الأربع الآتية.

١/ مركبة الاتجاه العام : Secular Trend

الاتجاه هو حركة أو سلوك الظاهرة لفترة طويلة نسبياً وهي تسير في نمط ثابت لا يتغير سواء كان تزايدياً مثل الزيادة المضطردة في حجم السكان، أو تناقصياً مثل تناقص الوفيات نتيجة للتقدم الصحي، وبعضها يسير في مستوي ثابت.

وتمثل الاتجاه للسلسلة ويكون التقدير الافضل لها عن طريق معادلة خط انحدار قيمة الظاهرة x على الزمن t.

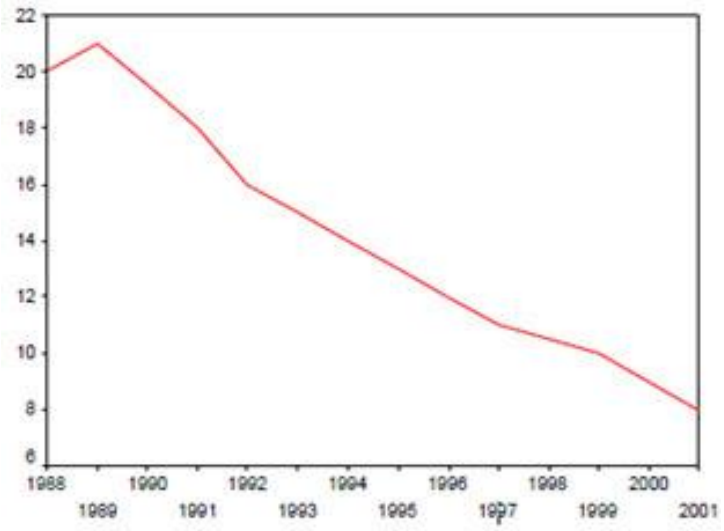
الشكل (١) يوضح نموذج لسلسلة زمنية ذات اتجاه عام موجب



سلسلة زمنية ذات اتجاه عام موجب

المصدر: خالد زهدي خواجة، السلاسل الزمنية، المعهد العربي للتدريب والبحوث الإحصائية، بغداد ٢٠٠٧م، رسالة منشورة.

الشكل (٢) يوضح نموذج لسلسلة زمنية ذات اتجاه عام سالب



سلسلة زمنية ذات اتجاه عام **سالب**

المصدر: خالد زهدي خواجة، السلاسل الزمنية، المعهد العربي للتدريب والبحوث الإحصائية، بغداد ٢٠٠٧م، رسالة منشورة.

٢/ التغيرات الموسمية : Seasonal Variations

وهي التغيرات التي تحدث في شكل نسق متكرر خلال موسم معين. ومن المعلوم أن الموسم هو فترة زمنية اقل من العام. ومن الأمثلة علي التغيرات الموسمية الزيادة المفاجئة لمبيعات المحلات التجارية خلال موسم الأعياد.

الشكل (٣) يوضح نموذج لسلسلة زمنية تمثل التغيرات الموسمية

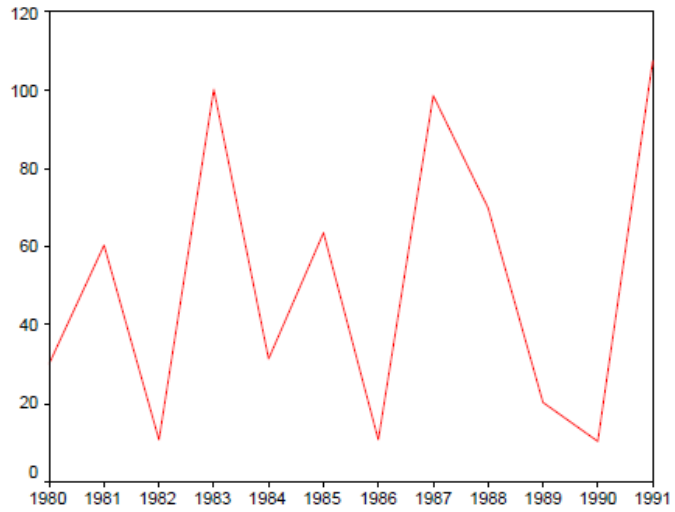
سلسلة زمنية تمثل التغيرات الموسمية

المصدر: خالد زهدي خواجة، السلاسل الزمنية، المعهد العربي للتدريب والبحوث الإحصائية، بغداد ٢٠٠٧م، رسالة منشورة.

٣/ التغيرات الدورية : Cyclical Variations

وهي التي تحدث في فترة زمنية أطول من الموسم مثلا بعد كل أربع سنوات ثم تأخذ فترة من الزمن ثم تتلاشي لفترة أربع سنوات أخري. وقد تكون الدورة طويلة أو قصيرة ومن الأمثلة للتغيرات الدورية الفيضان الذي يحدث للأنهار خلال موسم الخريف، أو الزيادة البطيئة لإنتاج مصنع جديد.

الشكل (٤) يوضح نموذج لسلسلة زمنية تمثل التغيرات الدورية



سلسلة زمنية تمثل التغيرات الدورية

المصدر: خالد زهدي خواجة، السلاسل الزمنية، المعهد العربي للتدريب والبحوث الإحصائية، بغداد ٢٠٠٧م، رسالة منشورة.

٤/ التغيرات العرضية (الغير منتظمة): Irregular Variations

وهي تغيرات غير منتظمة أو عرضية فجائية تحدث نتيجة عوامل الطبيعة وغيرها. وتنشأ هذه التغيرات لعوامل لا يمكن التحكم بها كالزلازل والبراكين والفيضانات وغيرة، وهي لا يمكن التنبؤ بها لعدم انتظامها أو تقديرها.

٣-٤ تحليل السلسلة الزمنية إلى مكوناتها الرئيسية:

ويقصد بتحليل السلسلة الزمنية هو اظهار تأثير أحدى المركبات السابقة بعد الغاء تأثير المركبات الأخرى، ويتطلب تحليل السلسلة الزمنية صياغة نموذج رياضي يمثل السلسلة المعطاة وقد طور العلماء عدة نمازج رياضية تربط بين قيم المشاهدات وقيم المركبات المختلفة للسلسلة الزمنية. وقبل أن نذكر النماذج الرياضية يمكن الإشارة إلي استخدام الرموز التالية في النماذج الرياضية للسلسلة الزمنية وهي:

- الرمز T ليدل علي الاتجاه العام.
- الرمز S ليدل علي التغير الموسمي.
- الرمز C ليدل علي المركبة الدورية.
- الرمز I ليدل علي المركبة العرضية.

٣-٥ اهداف تحليل السلاسل الزمنية:

من أهداف دراسة السلاسل الزمنية هو الحصول علي وصف دقيق للملامح الخاصة للعملية التي تتولد منها السلسلة الزمنية، وانشاء نموذج لتفسير وشرح سلوك السلسلة بدلالة متغيرات اخرى يربط القيم المشاهدة ببعض قواعد سلوك السلسلة، وكذلك التحكم في العملية التي تتولد منها السلسلة الزمنية بفحص ما يمكن حدوثه عند تغيير بعض معالم النموذج، أو التوصل الى سياسات للتدخل عندما تنحرف عملية السلسلة عن الهدف المحدد بأكثر من مقدار معين (والترفاندل، ١٩٩٢، ص٢٦,٢٧).

٣-٦ نماذج السلسلة الزمنية:

من أبرز النماذج الرياضية التي تصف السلسلة الزمنية ما يلي:

١/ نموذج الجمع:

وهو يفرض ان مجموع مركبات السلسلة الزمنية عند أي لحظة (فترة) زمنية يساوي قيمة المشاهدة عند ذلك الزمن . ومعادلة هذا النموذج هي :

$$y_t = T_t + C_t + S_t + R_t$$

حيث y_t يمثل قيمة الظاهرة، T_t يمثل قيمة الاتجاه العام، C_t يمثل قيمة المتغيرات الموسمية، S_t يمثل قيمة التغيرات الدورية، R_t يمثل قيمة التغيرات العشوائية، وجميع تلك الكميات عند اللحظة المدروسة t. ويستخدم هذا النموذج عندما يكون مدى التغيرات الموسمية ثابتا من سنة الى اخرى ومستقلا عن الاتجاه العام (أبو صالح وعوض، ٢٠١٤، ص٤١٧).

وعند استعمال هذا النموذج يجب أن يكون بالإمكان فرض أن جميع المركبات مستقل بعضها عن بعض، بمعنى أن حدوث إحداها لا يؤثر في حدوث المركبات الأخرى.

٢/ نموذج الضرب :

وهو يفرض ان حاصل ضرب مركبات السلسلة عند أي لحظة (فترة) زمنية يساوي قيمة المشاهدة عند ذلك الزمن أي ان :

$$y_t = T_t \times C_t \times S_t \times R_t$$

ودراسة أي سلسلة زمنية وتحليلها يستدعي دراسة أي عنصر من العناصر الاربعة السابقة علي حدة والتي يشار اليها بتفكيك السلسلة إلى عناصرها الأساسية، وقرار اختيار أي من النموذجين السابقين في التخطيط يعتمد على درجة النجاح المتحقق في تطبيق النموذج.

ومن صفات هذا النموذج أنه يستخدم في الحالات التي يمكن أن نفرض فيها أن المركبات الأربع يؤثر بعضها في بعض على الرغم من أن مصادر حدوثها تكون مختلفة. ومن أمثلة السلاسل التي يصلح لها النموذج الضربي سلسلة كميات المبيعات من سلعة معينة، لأنه يبدو أن هناك تأثيراً

واضحاً للمركبات فيما بينها. ومن أمثلة السلاسل التي يصلح لها النموذج الضربي سلسلة كميات المبيعات من سلعة معينة، لأنه يبدو أن هناك تأثيراً واضحاً للمركبات فيما بينها.

٣-٧ تقدير مركبات السلسلة الزمنية:

١/ الاتجاه العام:

الاتجاه العام هو المنحني الذي يظهر في بيانات السلسلة الزمنية في فترة زمنية طويلة نسبيا. ولهذا فان الاتجاه العام للسلسلة الزمنية يوضح نمو السلسلة الزمنية او انكماشها مع الزمن، ويمكن تقدير الاتجاه العام بعدة طرق منها (أبو صالح وعوض، ٢٠١٤، ص٤١٨):

أ/ طريقة الانتشار (التمهيد باليد):

يتم من خلال هذه الطريقة رسم شكل الانتشار للظاهرة موضع الدراسة ، وشكل الانتشار عبارة عن رسم بياني لمتغيرين بحيث يكون الزمن على المحور السيني ، وقيم الظاهرة على المحور الصادي، وعند توصيل نقط شكل الانتشار ببعضها البعض نحصل على الخط البياني للظاهرة عبر الزمن .

وعملية التمهيد باليد عادة لا تكون دقيقة ، وذلك لان التمهيد باليد يتم بطريقة تقديرية تختلف من شخص لآخر وتعتمد على مهارة الشخص في رسم خط يمر بأكبر عدد ممكن من النقاط ويمثل السلسلة افضل تمثيل.

ب/ طريقة المتوسطات المتحركة :

تعتمد هذه الطريقة على اخذ متوسطات متتابعة لمجموعات متتابعة ومتداخلة من البيانات، وهذه الطريقة اكثر دقة في تحديد خط الاتجاه العام من طريقة شكل الانتشار (التمهيد باليد). يتم حساب المتوسط المتحرك من خلال تطبيق قانون الوسط الحسابي بشكل متتابع لعدد المشاهدات

المعطاة لدينا مع الاخذ في الاعتبار طول المجموعة التي يتم تقسيم البيانات إليها، فمثلا اذا كان لدينا مجموعة من المشاهدات واعتبرنا ان طول المجموعة5، اذن يتم ايجاد متوسط المشاهدات ونضع هذا المتوسط (الذي تم الحصول عليه) امام المشاهدة التي في المنتصف، وهكذا حتي نصل الي المتوسط الاخير للبيانات المعطاة . ويكون اسلوب المتوسط المتحرك فعالا عندما تكون بيانات السلسلة الزمنية مستقرة عبر الزمن.

ج/ طريقة متوسط نصف السلسلة:

تعتبر هذه الطريقة أدق من طريقة شكل الانتشار وطريقة المتوسطات المتحركة، ويمكن حسابها بالخطوات وهي أن أعطي المشاهدات ترقيماً تسلسلياً، وبتقسيم السلسلة إلى جزأين متساويين، واذا كانت عدد المشاهدات فردي أهمل القيمة الوسطى، ثم حدد مركز كل جزء (الوسط الحسابي او الوسيط لقيم هذا الجزء)، وبذلك نكون حصلنا على نقطتين ويكون خط الاتجاه هو الخط الواصل بين هاتين النقطتين.

د/ طريقة المربعات الصغرى:

للوصول الى افضل خط يمثل العلاقة بين المتغيرين نتبع طريقة المربعات الصغرى ومنها يمكن حساب افضل خط يربط هذه النقط باقل انحراف ممكن وفي الوقت نفسه يمكن التعبير عنه بمعادلة يحسب منها.

وهذا الخط يطلق عليه خط الانحدار أو خط الاتجاه العام، ويمكن التعبير عن خط الانحدار البسيط بمعادلة من الدرجة الاولى تسمى معادلة الاتجاه العام وهي :

$$Y = a + bx$$

حيث Y القيمة المقدرة (الاتجاهية) للمتغير التابع التي تقع على خط الانحدار.

a هي قيمة المتغير Y عندما تكون قيمة المتغير X تساوي صفر.

b هي ميل الخط المستقيم وهي مقدار التغير في Y الناتج عن تغير X بوحدة واحدة.

ونحصل على قيم a,b كما يلي (خواجة ،٢٠٠٩، ص١١):

$$b = \frac{\sum XY - n\overline{X}\overline{Y}}{\sum X^2 - n\left(\overline{X}\right)^2}$$

$$a = \overline{y} - b\overline{x}$$

٢/ التغيرات الموسمية (الفصلية) :

هناك ثلاثة طرق لتقدير المركبات الموسمية للسلسة الزمنية هي: (ابوصالح و عوض، ٢٠١٤، ص٤٢٤).

١/ طريقة المتوسطات البسيطة .

٢/ طريقة النسبة الى المتوسط المتحرك.

٣/ طريقة النسبة الى الاتجاه العام .

وتتركز أهمية دراسة التغيرات الموسمية في كل من تخليص البيانات من أثر الموسم وفي التنبؤ. ومن الطرق الثلاثة لتقدير المركبة الموسمية (الفصلية). سنكتفي بذكر واحدة منها والتي تسمى النسبة إلى الاتجاه العام وتعتمد هذه الطريقة على حساب الدليل الموسمي .

تعريف الدليل الموسمي:

هو نسبة مئوية توضح أثر الموسم في الظاهرة محل الدراسة فإذا كان الدليل الموسمي لأحد المواسم % 98 يدل على أن هذا الموسم يؤدي إلى نقص قيم الظاهرة بنسبة % 2 وإذا كان الدليل الموسمي % 105 دل ذلك على أن الظاهرة تزيد في هذا الموسم بنسبة % 5.

خطوات حساب الدليل الموسمي:

١. نرسم السلسلة الزمنية ومن خلال الرسم نحدد معادلة الاتجاه العام المناسبة.

٢. نوجد معادلة خط الاتجاه العام باستخدام طريقة المربعات الصغرى مع أخذ قيم X موسمياً.

٣. نكون القيم الاتجاهية بالتعويض عن X في معادلة خط الاتجاه العام

٤. نكون النسب الموسمية لكل موسم = $\frac{y}{\hat{y}}(100)$

٥. نكون متوسط النسب الموسمية لكل موسم عبر السنوات وليكن m_i .

٦. نحسب الدليل الموسمي من المعادلة

الدليل الموسمي = $s_i = \frac{m_i}{\sum m_i} 100m$

حيث: m ≡ عدد المواسم

s_i ≡ الدليل الموسمي لكل موسم.

استخدامات الدليل الموسمي:

١- استبعاد أثر التغيرات الموسمية من القيم:

بفرض أن لديك سلسلة زمنية نموذجها الضربي هو:

$$Y = T \cdot S \cdot C \cdot I$$

القيمة الفعلية مخلصة من أثر الموسم = $\frac{y}{s}(100)$

٢- إضافة أثر الموسم للقيم الاتجاهية (التنبؤ) :

القيمة الاتجاهية مضافاً لها أثر الموسم = القيمة الاتجاهية مضروبة في الدليل الموسمي مقسوم على 100 أي أن:

القيمة الاتجاهية مضافاً لها أثر الموسم = $\frac{\hat{y}\, s}{100}$.

٣/ التغيرات الدورية:

تنتاب السلاسل الزمنية تغيرات قد تتكرر خلال فترات زمنية متوسطة الطول، وتظهر هذه الدورات المتكررة قريبة من شكل منحنى الجيب أو جيب التمام، ولكنها قد تكون بأطوال وسعات مختلفة وقد يحتاج تقدير هذه المركبة إلى ست أو سبع دورات كاملة من البيانات للتأكد من وجود مركبة الدورة. لهذا نحتاج لمراقبة السلسلة لفترة طويلة (ابو صالح و عوض، ٢٠١٤، ص٤٢٩).

تقدير مركبة الدورة:

يعتبر استبعاد أثر التغيرات الدورية من الأهمية في مجال المقارنة بين السلاسل الزمنية. وتوجد طرق كثيرة لتقدير التغيرات الدورية ومن ثم فصلها من السلسلة، سوف نذكر منها هنا طريقة واحدة مبنية على أساس النموذج الضربي وتسمى طريقة البواقي. ولتقدير مركبة الدورة يمكن إتباع الخطوات التالية:

١- احسب مركبة الاتجاه العام باستعمال أحد الأساليب المناسبة.

٢- احسب المركبات الفصلية (الدليل الموسمي).

٣- نستبعد من قيم الظاهرة أثر الاتجاه العام (بقسمة قيمة الظاهرة على القيم الاتجاهية).

٤- نستبعد أثر الموسم (بقسمة ناتج القسمة السابق على الدليل الموسمي).

٥- الباقي هو محصلة التغيرات الدورية والتغيرات العرضية ولفصل التغيرات العرضية نستخدم أسلوب المتوسطات المتحركة لفترة قصيرة.

٤/ التغيرات العرضية :

وليس لهذه التغيرات أي تفسير سوى كونها اخطاء قد تحدث بسبب اخطاء في القياس او تغيرات غير قابلة للتحكم في اسبابها. يصعب عزلها عن بقية المركبات الاخرى المكونة للسلسلة الزمنية، اما اذا قدرت بقية المركبات فانه بالإمكان عزل مركبة الخطأ في حالة النموذج الضربي (ابو صالح و عوض، ٢٠١٤، ص٤٣٠).

وتنشأ هذه التغيرات لعوامل لا يمكن التحكم بها كالزلازل والبراكين والفيضانات والحروب وإفلاس بنك وما شابه ذلك، ومن الواضح بأنه لا يمكن التنبؤ بها لعدم انتظامها من جهة وللفترة الزمنية الصغيرة التي تحدث فيها.

٣-٨ أسلوب بوكس- جنكيز في تحليل السلاسل الزمنية:

يعتمد هذا الأسلوب على استخراج التغيرات المتوقعة للبيانات المشاهدة. وتتجزأ السلسلة الزمنية إلى عدة مكونات أو عناصر تسمى ثلاثة مرشحات خطية وهي مرشح السكون (المتكامل)، مرشح الانحدار الذاتي، ومرشح المتوسطات المتحركة.

٣-٩ السكون:

هنالك شروط للسكون ونلخصها في أن العملية $z_t \ (t = 1,2,...,n)$ عملية ساكنة إذا تحققت الشروط التالية :

(ثبات الوسط الحسابي) $E(z_t) = \mu$

(ثبات التباين) $Var(z_t) = E\left[(z_t - \mu)^2\right] = \sigma^2$

(اعتماد الارتباط الذاتي $t-s$ على فقط) $E\left[(z_t - \mu)(z_s - \mu)\right] l\sigma^2 = p_{t-s}$

أي أن السلسلة الزمنية تكون ساكنة إذا كان الوسط الحسابي والتباين ثابتين خلال الزمن (ولكل منهما قيمة محددة) وكان الارتباط الذاتي بين قيم العملية عند نقطتين زمنيتين t و s يعتمد فقط على الفجوة الزمنية بينهما وليس على t و s (والترفاندل، ١٩٩٢، ص٢٨، ٣٨) .

٣-١٠ طرق إزالة عدم الاستقرار:

١/ تثبيت التباين :

لتحليل أي سلسلة زمنية، يجب أن تكون السلسلة ساكنة، وعلى وجه الخصوص يجب أن يكون التباين ثابتا خلال الزمن. وإذا لم يكن ثابتا فليس من الضروري أن يكون تقدير المعالم بنقطة غير صحيح أو أن تكون التنبؤات غير صحيحة، ولكن استنتاجاتنا ستكون بالتأكيد مشوشة، ويوجد العديد من طرق تحويل البيانات بهدف تثبيت التباين. والفكرة الأساسية هي تحويل البيانات حتى نحصل على شكل أكثر استقامة، وفي نفس الوقت نثبت التباين بالنسبة للسلسلة كلها، وتعتبر التحويلة اللوغاريثمية وتحويلة الجذر التربيعي من أكثر التحويلات استخداما .

٢/ إزالة الاتجاه العام :

استخدم بوكس وجنكيز طريقة تسمى طريقة الفروق ولا يدعي أن هذه الطريقة هي أفضل طريقة لإزالة الاتجاه العام من جميع أنواع السلاسل الزمنية. ولكن التجربة أظهرت طريقة الفروق هي طريقة عظيمة الفائدة لوضع نموذج لاتجاه عام عشوائي في عدد كبير من السلاسل الزمنية التجارية والاقتصادية. وتتكون طريقة الفروض من طرح قيم مشاهدات السلسلة من بعضها البعض في ترتيب زمني محدد. فمثلا تعريف تحويلة الفروق من الرتبة الأولى بأنها الفرق بين قيمتي مشاهدتين متتاليتين، وتتكون فروق الرتبة الثانية بأخذ فروق سلسلة الفروق، وهكذا.

٣/ التغيرات الموسمية:

وكما توجد طرق عديدة لإزالة الاتجاه العام توجد طرق عديدة أيضاً للتعامل مع التغيرات الموسمية، حيث تستخدم طريقة الفروق الموسمية لإزالة العنصر الموسمي (طريقة الفروق عند إزالة الاتجاه العام تسمى طريقة الفروق المتتالية).

فبالنسبة لمشاهدات الربع الأول نجد أن :

$$z_1 - z_{1-4} = y_1 - y_{1-4}$$

وبنفس الأسلوب تأخذ فروق مشاهدات الربع الثاني، والثالث، والرابع. إن الهدف من استخدام الفروق الموسمية ليست إزالة جميع العناصر الموسمية بل التوصل إلى السكون حتى يمكن بناء نموذج لجميع المشاهدات كسلسلة واحدة .

٣-١١ الحكم علي سكون أو استقرار السلسلة :

بعد استخدام التحويلات اللازمة لتحقيق السكون وتثبيت التباين، يجب على الباحث فحص دالة الارتباط الذاتي للتحقق من اقتراب معاملاتها من الصفر بسرعة كافية كلما زاد مقدار الفجوة الزمنية k. فإذا لم يتبين اقتراب هذه المعاملات من الصفر بسرعة كافية، فقد يكون من الضروري استخدام فروق إضافية لتحقيق السكون وبعبارة أخرى إذا اقتربت معاملات الارتباط الذاتي من الصفر ببطء، أي إذا استمرت قيم معاملات الارتباط الذاتي المناظرة لقيم k الكبيرة بعيدة عن الصفر بدرجة واضحة، فان هذا يدل على الحاجة إلى اخذ فروق إضافية لتحقيق سكون السلسلة. وهذا يعني أن وجود قيم كبيرة لمعاملات الارتباط الذاتي المناظرة لقيم k .

٣-١٢ اختبار استقرار السلسلة:

توجد العديد من المعايير التي تستخدم في اختبار استقرار السلسلة منها:

١/ دالة الترابط الذاتي Autocorrelation Function (ACF) وتعرف كالتالي:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

ولها الخواص التالية:

1. $\rho_0 = 1$
2. $\rho_{-k} = \rho_k$
3. $|\rho_k| \leq 1$

دالة الترابط الذاتي للعينة Sample Autocorrelation Function SACF لمسلسلة زمنية مشاهدة $z_1, z_2, \cdots, z_{n-1}, z_n$ ويرمز لها بالرمز $r_k,\ k = 0,1,2,...$ وتعطى بالعلاقة:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}\left(z_t - \overline{z}\right)\left(z_{t+k} - \overline{z}\right)}{\sum_{t=1}^{n}\left(z_t - \overline{z}\right)^2}, \quad k = 0,1,2,...$$

حيث:

$$\overline{z} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} z_t$$

معامل الارتباط الذاتي = p_k

درجة الإبطاء = k

وهي مُقدِّر Estimator لدالة الترابط الذاتي أي $\hat{\rho}_k = r_k,\quad k = 0,1,2,...$ وبما أنها مُقدِّر فهي إذا تتغير عشوائيا من عينة لأخرى ولهذا فإن لها الخواص العينية التالية:

١/ إذا كانت $\rho_k = 0,\quad k > q$ فإن :

$$V\left(r_k\right) \cong \frac{1}{n}\left(1 + 2\sum_{k=1}^{q}\rho_k^2\right), \quad k > q$$

وفي الحالة الخاصة عندما $\rho_k = 0,\quad k > 0$ فإن $V\left(r_k\right) \cong \frac{1}{n},\quad k > 0$

٢/ لقيم n الكبيرة و $\rho_k = 0$ فإن r_k يكون لها تقريبا توزيع طبيعي وبالتالي نستطيع القيام بالاختبار التالي:

$$H_0 : \rho_k = 0$$
$$H_1 : \rho_k \neq 0$$

وذلك باستخدام الإحصائية:

$$\frac{|r_k|}{n^{-\frac{1}{2}}} = \sqrt{n}\,|r_k|$$

وذلك عند مستوى معنوية $\alpha = 0.05$ وترفض H_0 إذا كانت $\sqrt{n}\,|r_k| > 1.96$

٣/ تحت الفرضية $H_0 : \rho_k = 0, \forall k$ فإن $corr(r_k, r_{k-s}) \cong 0, s \neq 0$

٤/ تُقدَّر التباينات لدالة الترابط الذاتي للعينة كالتالي:

$$\hat{V}(r_k) \cong \frac{1}{n}\left(1 + 2\sum_{k=1}^{q} r_k^2\right), \quad k > q$$

٢/ دالة الترابط الذاتي الجزئي: Partial Autocorrelation Function (PACF)

وتعطي مقدار الترابط بين Z_t و Z_{t-k} بعد إزالة تأثير الترابط الناتج من المتغيرات $Z_{t-1}, Z_{t-2}, ..., Z_{t-k+1}$ الواقعة بينهما ويرمز لها عند التخلف k بالرمز ϕ_{kk}

تحسب ϕ_{kk} تكراريا من العلاقات:

$$\phi_{00} = 1, \quad \text{by definition}$$

$$\phi_{11} = \rho_1$$

$$\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j}\,\rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j}\,\rho_j}, \quad k = 2, 3, ...$$

حيث :

$$\phi_{kj} = \phi_{k-1,j} - \phi_{kk}\,\phi_{k-1,k-1}, \quad j = 1, 2, ..., k-1$$

دالة الترابط الذاتي للعينة لمسلسلة زمنية مشاهدة:

$z_1, z_2, \cdots, z_{n-1}, z_n$ ويرمز لها بالرمز r_{kk} ، $k = 0, 1, 2, 3, ...$

وتحسب r_{kk} تكراريا من العلاقات :

$$r_{00} = 1, \quad \text{by definition}$$

$$r_{11} = r_1$$

$$r_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_j}, \quad k = 2,3,...$$

حيث

$$r_{kj} = r_{k-1,j} - r_{kk} r_{k-1,k-1}, \quad j = 1,2,...,k-1$$

وهي أيضاً مقدَّر Estimator لدالة الترابط الذاتي الجزئي للعينة أي $\hat{\phi}_{kk} = r_{kk}, \quad k = 0,1,2,...$

وبما أنها مُقدِّر فهي إذا تتغير عشوائيا من عينة لأخرى ولهذا فإن لها الخواص العينية التالية:

$$V(r_{kk}) \cong \frac{1}{n}, \quad k > 0 \qquad /١$$

٢/ لقيم n الكبيرة فإن r_{kk} يكون لها تقريبا توزيع طبيعي وبالتالي نستطيع القيام بالاختبار التالي:

$$H_0 : \phi_{kk} = 0$$
$$H_1 : \phi_{kk} \neq 0$$

وذلك باستخدام الاحصاءة:

$$\frac{|r_{kk}|}{n^{-\frac{1}{2}}} = \sqrt{n}\,|r_{kk}|$$

وذلك عند مستوى معنوية $\alpha = 0.05$ وترفض H_0 إذا كانت $\sqrt{n}\,|r_{kk}| > 1.96$

٣/ تحت الفرضية $H_0 : \phi_{kk} = 0, \forall k$ فإن $corr(\phi_{kk}, \phi_{k-s,k-s}) \cong 0, s \neq 0$

٤/ تُقدّر التباينات لدالة الترابط الذاتي للعينة كالتالي:

$$\hat{V}(r_{kk}) \cong \frac{1}{n}, \quad k > 0$$

٣/ اختبار ديكي فيلر Dickey–Fuller : اختبار جذر الوحدة:

u_t تتبع الفروض الخاصة بالنموذج الكلاسيكي، وسط صفري، وتباين ثابت والتغاير يساوي الصفر، هذه الخواص تجعل الخطأ العشوائي u_t أن يسمى White Noise إذا كان معامل الانحدار بين Yt وY_{t-1} يساوي الواحد وهذا يسمى بجذر الوحدة. أي تكون غير ساكنة إذا كانت تساوي الواحد فان السلسة الزمنية يقال أنها ذات جذر وحده أو ما يعرف بالمسار العشوائي random walk أي عندما تكون تتبع المسار العشوائي أي أن السلسلة الزمنية غير مستقرة.

ويعبر عن معادلة جذر الوحدة بالتالي:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta \mathbf{Y_t} = (\mathbf{Y_t} - \mathbf{Y_{t-1}}) = (\rho - 1)_1 \mathbf{Y_{t-1t}} + \mathbf{u_t}$$

$$\Delta \mathbf{Y_t} = \delta_1 \mathbf{Y_{t-1t}} + \mathbf{u_t}$$

$$\delta = (\rho - 1)$$

نقوم باختبار احتواء المتغير على جذر الوحدة أي نقوم بأجراء الاختبار التالي:

السلسلة الزمنية غير ساكنة $\mathbf{H_0} : \delta_1 = 0$

السلسلة الزمنية ساكنة $\mathbf{H_A} : \delta_1 < 0$

إذا كانت δ_1 اقل من الصفر نرفض فرضية العدم بعدم استقرار الدالة ونستنتج أن الدالة ساكنة

الاختبار الإحصائي هو t $$\mathbf{t} = \frac{\delta_1 - 0}{\mathbf{Se}(\delta)}$$

إلا أن قيم t لا تتبع جدولt بل هناك جدول خاص يسمى بجدول ديكي فيلر Dickey Fuller (1979) والتي طورت من قبل ما كنون MacKinnon (1991) نقارن القيمة المحسوبة والقيمة الجدلية إذا كانت t المحسوبة أكبر من t الجدولية نرفض فرض العدم أي نرفض وجود جذر الوحدة $(\rho = 1)$ ونقبل الفرض البديل $(\rho \neq 1)$ وبالتالي تكون السلسلة ساكنة أو مستقرة ، إذا كانت t المحسوبة أقل من الجدولية نقبل فرض العدم أي نقبل وجود جذر الوحدة$(\rho = 1)$، وتكون السلسلة غير ساكنة أو غير مستقرة . يجري اختبار ديكي فيلر بإجراء المعادلات الثلاث التالية:

اختبار ديكي فيلر *DF* $\Delta \mathbf{Y_t} = \delta_1 \mathbf{Y_{t-1t}} + \mathbf{u_t}$

اختبار ديكي فيلر*DF* بوجود قاطع $\Delta \mathbf{Y_t} = \delta_0 + \delta_1 \mathbf{Y_{t-1t}} + \mathbf{u_t}$

اختبار ديكي فيلر *DF* مع قاطع ومتجهة زمني *T* . $\Delta \mathbf{Y_t} = \delta_0 + \delta_1 \mathbf{Y_{t-1t}} + \delta_2 \mathbf{T} + \mathbf{u_t}$

إذا كان الخطأ العشوائي يتصف بوجود الارتباط الذاتي فانه يمكن استخدام ديكي فيلر الموسع حيث يتضمن الاختبار متباطئات االفروق:

اختبار ديكي فيلر الموسع *ADF* $\Delta \mathbf{Y_t} = \delta_0 + \delta_1 \mathbf{Y_{t-1t}} + \delta_2 \mathbf{T} + \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{m}} \Delta \mathbf{Y_{t-1}} + \mathbf{u_t}$

حيث تتضمن المعادلة قيم متباطئة للفروق بعدد يمكن الخطأ العشوائي بان يكون مستقل (لا يوجد ارتباط الذاتي).

٣-١٣ النماذج المستخدمة في منهجية بوكس وجنكيز:

ان التنبؤ باستعمال السلاسل الزمنية يتطلب نمذجتها، لهذا الغرض اقترح بوكس وجنكيز مجموعة من النماذج العشوائية المستقرة تسمي بنماذج الانحدار الذاتي Autoregressive (AR) والمتوسطات المتحركة Moving Average (MA) ، اما النماذج المختلطة فهي تشمل النوعين المذكورين والتي تسمي بنماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة (ARMA).

١/ أنموذج الانحدار الذاتي Autoregressive Model (AR).

يعد أنموذج الانحدار الذاتي ذو فائدة تطبيقية هامة في تحليل السلاسل الزمنية واكثرها شيوعا ويشار اليه اختصارا بـ AR ، وابسط نموذج للسلسلة الزمنية هو الانحدار الذاتي من الدرجة الأولى AR(1) . ويفسر هذا النوع من النماذج المتغير التابع الممثل للظاهرة المدروسة بواسطة ماضيه فقط، و الذي يمثل سلوكه في الماضي، و يشار إليه بالرمز AR(P) (حشمان، ٢٠٠٢، ص١٣٠)

$$Y_t = \theta Y_{t-1} + u_t$$

الافتراض خلف نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الأولى ان سلوك السلسلة الزمنية Y_t يحدد غالبا من قبل قيمها للفترة الزمنية السابقة. أي ان ماسوف يحدث في الفترة T يعتمد على ما يحدث في الفترة *t-1* . وكذلك ما سوف يحدث في الفترة T+1 سوف يتحدد بسلوك السلسلة الزمنية في الفترة الحالية.

نماذج الانحدار الذاتي من الدرجة أعلى من الواحد:AR(P)

لتعميم نموذج الانحدار من الدرجة الأولىAR(1) *نستخدم*AR(p) الرقم داخل القوس يمثل درجة عملية الانحدار الذاتي. على سبيل المثال AR(2) سيكون من الدرجة الثانية

$$Y_t = \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + u_t$$

وكذلك AR(p) سيكون انحدار ذاتي من الدرجة P كما يلي:

$$Y_t = \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \cdots \ldots + \theta_p Y_{t-p} + u_t$$

أو باستخدام رمز الجمع:

$$Y_t = \sum_{i=1}^{p} \theta_i Y_{t-i} + u_t$$

واخيرا باستخدام متباطئة المشغل*Lag Operator* والذي يمتلك الخاصية $L^n Y_t = Y_{t-n}$

يمكن كتابة نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة *p* كما يلي

$$L^0 Y_t = \theta_1 L^1 Y_t + \theta_2 L^2 Y_t + \cdots \ldots + \theta_p L^p Y_t + u_t$$

$$Y_t\left(1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \cdots - \theta_p L^p\right) = u_t$$

$$\emptyset(L) Y_t = u_t$$

السكون في نموذج الانحدار الذاتي:

شرط كون *AR(p)* ساكنة هو اذا كان جذر *P* للمعادلة كثيرة الحدود $\emptyset(z) = 0$ يكون اكبر من الواحد في القيمة المطلقة حيث تشير *Z* للمتغير الحقيقي. من الممكن التعبير عنها بالمصطلحات

التالية حل معادلة كثيرة الحدود يجب ان يكون خارج دائرة جذر الوحدة. لا ثبات ذلك باستخدام *AR(1)*

$$(1-\theta z)=0$$

حيث ان الجذر أعلى من الواحد اذا

$$|\gamma|=\left|\frac{1}{\theta}\right|>1$$

اذا $|\theta|<1$

٢/ نماذج المتوسط المتحرك(Moving Average (MA):

إن نماذج الاوساط المتحركة هي عبارة عن ارتباط مشاهدات السلسلة الزمنية الحالية مع خطأ السلسلة نفسها لفترات سابقة ويشار اليه اختصارا بـ MA(p) .

نموذج المتوسط المتحرك في ابسط أشكاله هو من الدرجة الأولى وهو بالشكل التالي:

$$Y_t=u_t+\theta u_{t-1}$$

MA(1) *نموذج المتوسط المتحرك من الدرجة الأولى يتضمن أن* Y_t *تعتمد على* قيمة المتغير العشوائي الحالي ويعتبر *ut* ضجيج ابيض

نموذج المتوسط المتحرك من درجة *(q)*

$$Y_t=u_t+\vartheta_1 u_{t-1}+\vartheta_2 u_{t-2}+\cdots\ldots+\vartheta_q u_{t-q}$$

$$Y_t=u_t+\sum_{j=1}^{q}\vartheta_i u_{t-j}$$

وباستخدام متباطئة المشغل

$$Y_t=\left(1-\vartheta_1 L-\vartheta_2 L^2-\cdots-\vartheta_p L^p\right)u_t$$

$$Y_t=\varphi(L)u_t$$

لأن *MA(q)* تعرف انها متوسط متحرك ثابت ومن ذلك يتبع ان المتوسط المتحرك ساكن مادامت q محدودة.

٣/ الأنموذج المختلط (الانحدار الذاتي – الا وساط المتحركة) (ARMA) :

نماذج الانحدار الذاتي والاوساط المتحركة هي عبارة عن ارتباط قيم السلسلة الزمنية الحالية مع قيم سابقة للسلسلة نفسها وارتباط قيم السلسلة مع خطأ السلسلة نفسها لفترات سابقة

وتشمل هذه النماذج كما يظهر في الكتابة ARMA علي القسم الانحداري نو الدرجة p وقسم المتوسطات المتحركة ذو الدرجة q.

وبجمع نماذج الانحدار الذاتي ونماذج المتوسط المتحرك نتحصل على سلسلة زمنية جديدة تسمى *ARMA(p,q)*

$$Y_t = \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \cdots .. \theta_p Y_{t-p} + u_t + \vartheta_1 u_{t-1} + \vartheta_2 u_{t-2} + \cdots \ldots + \vartheta_q u_{t-q}$$

وتكتب باستخدام صيغة الجمع

$$Y_t = \sum_{i=1}^{p} \theta_i Y_{t-i} + u_t + \sum_{j=1}^{q} \vartheta_i u_{t-j}$$

او باستخدام متباطئة المشغل

$$Y_t\left(1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \cdots - \theta_p L^p\right) = \left(1 - \vartheta_1 L - \vartheta_2 L^2 - \cdots - \vartheta_p L^p\right) u_t$$

شرط السكون يتعامل مع جزء *AR(p)* . بناء على ذلك على كون

$$\emptyset(z) = 0$$

٤/ الأنموذج المختلط المتكامل (Autoregressive Integrated Moving Average)

يسمي هذا النوع من النماذج بالنماذج المتجانسة غير المستقرة أو المختلطة المركبة (*Integrated*) من الدرجة d (حيث d تمثل عدد مرات تطبيق طريقة الفروقات من الدرجة الاولي علي السلسلة الزمنية للحصول علي اخري مستقرة)، ويرمز اليها بـ (ARIMA(p,d,q وهي تختلف عن ARMA(p,q) في ان السلسلة الزمنية المدروسة غير مستقرة، ولإزالة عدم الاستقرار هذا يجب

استعمال طريقة مناسبة لمصدر عدم الاستقرار، فنطبق طريقة الفروقات من الدرجة الاولي إذا كان مصدر عدم الاستقرار هو الاتجاه العام، فيكون *d=1,* ونكتب (حنان،٢٠٠٨،ص٥٦)

$$Y_1 - Y_{t-1} = w_1$$

وإذا كانت Wt الناتجة مستقرة، يكون النموذج هو ARIMA(p,1,q) ، أما إذا كان غير هذا فنطبق الطريقة نفسها للمرة الثانية *:* z= wt − wt−1، ويكتب النموذج ARIMA(p,1,q) .

نماذج ARMA تكون فقط مع سلاسل زمنية *Yt* ساكنة. هذا يعني ان يكون المتوسط والتباين والتغاير ثابت عبر الزمن. ولكن معظم السلاسل الزمنية والمالية تمتلك متجه عبر الزمن وكذلك المتوسط *Yt* خلال سنة واحدة سيختلف عن المتوسط في سنة أخرى. هكذا المتوسط لمعظم السلاسل الزمنية الاقتصادية والمالية غير ثابت عبر الزمن. مما يشير ان السلاسل الزمنية غير ساكنة لتجنب هذه المشكلة وللحصول على سلاسل زمنية ساكنة نحتاج لإزالة المتجه من البيانات الأصلية ويتم ذلك من خلال استخدام الفروق.

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

معظم السلاسل الزمنية عند الفروق الأولى. فاذا كانت ساكنة في الفروق الأولى تسمى متكاملة من الدرجة الأولى I(1) وهذا يكمل المصطلح ARIMA اذا كانت السلسلة الزمنية غير ساكنة في الفروق الأولى يجب أخذ الفروق الثانية.

$$\Delta^2 Y_t = \Delta\Delta Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1}$$

اذا كانت السلسلة الزمنية ساكنة في الفروق الثانية تسمى متكاملة من الدرجة الثانية I(2)

وبصفة عامة اذا كانت السلسلة الزمنية اخذت لها الفروق من الدرجة *d* لتكون ساكنة فانه يقال انها متكاملة من الدرجة d أي I(d) لذا يسمى نموذج ARIMA(p,d,q) حيث تشير p الى عدد *متباطئات المتغير التابع* (AR) و d عدد المرات التي تؤخذ فيها الفروق للحصول على سكون السلسلة الزمنية و *q* عدد متباطئات حد الخطأ.

إذا كانت السلسلة الزمنية الأصلية غير ساكنة فيقال عليها أنها غير متكاملة وإذا كان من المتعين الحصول على فروق السلسلة عدد (d) مرة حتى تصبح ساكنة يقال عندئذ إن السلسلة الأصلية متكاملة من الدرجة (d) .

وبالتالي فان نموذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك المتكامل يتصف بثلاثة رتب، رتبة الانحدار الذاتي ورتبة التكامل ورتبة المتوسط المتحرك، لذا فهو يكتب كما يلي $ARMA(p,d,q)$فإذا كان النموذج $ARIMA(1,1,1)$ فهذا يعني انه يتعين الحصول على الفروق الأولى للسلسلة الأصلية ثم تجرى عليها بعد ذلك تقدير $ARMA$ ذلك لان هذا التقدير الأخير لا يجري الا على سلسلة ساكنة.(عطية ، ٢٠٠٥ ، ص٧٢٨)

٣-١٤ خطوات تحليل أسلوب بوكس- جنكيز في بناء النماذج الخطية للسلاسل الزمنية:

ويتكون من أربعة مراحل أساسية هي:

١/ تعيين النموذج أو تحديد النموذج :

وهذا يتم برسم المتسلسلة الزمنية فيما يسمى Time Plotحيث يكون الاحداثي الأفقي هو الزمن والراسي حجم الظاهرة المشاهدة ومن ثم اختيار نموذج رياضي معتمدين على بعض المقاييس الإحصائية التي تميز نموذج عن آخر وعلى الخبرة المستمدة من الدراسات والأبحاث.

٢/ تطبيق النموذج:

بعد ترشيح نموذج أو أكثر كنموذج مناسب لوصف المتسلسلة المشاهدة نقوم بتقدير معالم هذا النموذج من البيانات المشاهدة باستخدام طرق التقدير الإحصائي الخاصة بالمتسلسلات الزمنية وهذا النموذج المرشح يؤخذ كنموذج أولي قابل للتعديل لاحقاً.

٣/ تشخيص واختبار النموذج :

إجراء اختبارات تفحصيه على أخطاء التطبيق Fitting Errors لمعرفة مدى تطابق المشاهدات مع القيم المحسوبة من النموذج المرشح ومدى صحة فرضيات النموذج. في حالة اجتياز النموذج المرشح لهذه الاختبارات نقوم باعتماده على انه النموذج النهائي ويستخدم لتوليد تنبؤات للقيم المستقبلية وإلا نعود للخطوة الأولى لتعيين نموذج جديد.

٤/ توليد التنبؤات :

يستخدم النموذج النهائي لتوليد تنبؤات عن القيم المستقبلية ومن ثم حساب أخطاء التنبؤ Forecast Errors كلما استجدت قيم جديدة مشاهدة من المتسلسلة الزمنية ومراقبة هذه الأخطاء في ما يسمى بمخططات المراقبة Control Charts والتي توضع للقبول بنسبة خطأ معين إذا تجاوزته أخطاء التنبؤ يعاد النظر في النموذج وتعاد الدورة من جديد بتحديد نموذج مرشح آخر.

٣-١٥ تصميم وبناء نظام التنبؤ الإحصائي:

إن عملية بناء نموذج إحصائي هي عملية تكرارية Iterative تتكون من تحديد النموذج، تقدير النموذج (ونقصد بها تقدير معالم النموذج) واختبار النموذج.

١/ تعيين أو تحديد النموذج :

في مرحلة تحديد النموذج نستخدم البيانات أو المشاهدات السابقة (التاريخ) وأي معلومات أخرى عن الكيفية التي تولدت بها المتسلسلة وذلك لاقتراح مجموعة من النماذج المناسبة. ويتم تعيين أو تحديد النموذج حسب الخطوات العريضة التالية.

أ/ تحويل تثبيت التباين :

بعد رسم المتسلسلة في مخطط زمني Time Plot وإجراء بعض الاختبارات الإحصائية لمعرفة فيما إذا كان التباين ثابت، وفي حالة عدم ثبات التباين أو إذا كان التباين يتغير مع مستوى

المتسلسلة فإننا نطبق التحويل اللوغاريتمي على المتسلسلة ونفحصها من جديد فإذا تم تثبيت التباين وإلا نلجأ إلي تطبيق أحد التحويلات.

ب/ اختيار درجة التفريق d:

إذا كانت المتسلسلة أو تحويلها غير مستقرة في المتوسط فيجب علينا تحديد درجة التفريق d التي تجعل المتسلسلة أو تحويلها مستقرة في المتوسط ونقوم بأخذ التفريق الأول ثم نفحص التالي وهي المخططات الزمنية للمتسلسلة أو تحويلها، ومخططات دالتي الترابط الذاتي العيني والترابط الذاتي الجزئي العيني SACF و SPACF، ثم إجراء تفريق آخر إذا احتاج الأمر وإعادة الخطوات ١ و ٢ السابقتين. المخططات الزمنية للمتسلسلات غير المستقرة تبين تغير في المستوى ودالة ترابط ذاتي عيني متخامدة ببطء كما أن دالة الترابط الذاتي الجزئي العيني تعطي قيمة واحدة قريبة من الواحد الصحيح (بغض النظر عن الإشارة) وبقية القيم قريبة جداً من الصفر.

ملاحظة: درجة التفريق d غالباً ما تكون ٠ أو ١ أو ٢ (بري، ٢٠٠٢، ص٨٣).

ج/ تحديد p و q:

بعد أن نحصل على متسلسلة مستقرة في كل من التباين والمتوسط نقوم بتحديد درجة الانحدار الذاتي p ودرجة المتوسط المتحرك q وذلك بمقارنة أنماط دالتي الترابط الذاتي العيني والترابط الذاتي الجزئي العيني مع الأنماط النظرية لدالتي الترابط الذاتي والترابط الذاتي الجزئي مسترشدين بخواص نماذج $ARMA(p,q)$ (بري ،٢٠٠٢، ص٨٤).

د/ إضافة معلم انجراف:

إذا كانت المتسلسلة تحتاج إلى تفريق فيجب علينا التأكد فيما إذا كان علينا إضافة انجراف معلوم δ إلى النموذج وهذا يتم بمقارنة متوسط العينة $\bar{w}$ للمتسلسلة المفرقة المستقرة مع الخطأ المعياري لهذا المتوسط .

$$s.e(\bar{w}) \cong \left[\frac{c_0}{n}\left(1+2r_1+2r_2+\cdots+2r_K\right)\right]^{1/2}$$

حيث $c_0=\hat{\gamma}_0$ و $r_1,\cdots,r_K$ هي الترابطات الذاتية العينية المعنوية للدرجة. kويكون الاختبار

$$H_0:\delta=0$$
$$H_1:\delta\pm 0$$

ونرفض H_0 عند $\alpha=0.05$ إذا كانت $\left|\frac{\bar{w}}{s.e(\bar{w})}\right|>1.96$.

٢/ تقدير النموذج :

بعد تحديد شكل النموذج لابد من تقدير معالم النموذج δ و $\phi_1,\ldots,\phi_p$ و$\theta_1,\ldots,\theta_q$ وσ^2 وذلك باستخدام البيانات التاريخية المتوفرة لدينا.

لنفترض أن لدينا المتسلسلة الزمنية المشاهدة $z_1,z_2,\ldots,z_{n-1},z_n$ والنموذج المقترح

$$\phi_p(B)\,w_t=\delta+\theta_q(B)a_t\ ,\ a_t\sim N(0,\sigma^2)$$

أو $$\phi_p(B)\,z_t=\delta+\theta_q(B)a_t\ ,\ a_t\sim N(0,\sigma^2)$$

حيث $\phi_p(B)$ و $\theta_q(B)$ لا يوجد بينها جذور مشتركة وجذور المعادلة $\phi_p(B)=0$ تقع جميعها خارج دائرة الوحدة (شرط الاستقرار).

هناك طرق كثيرة لتقدير المعالم سنذكر منها هنا فقط طريقتين تدخل ضمن نطاق هذا المقرر وهما طريقة العزوم وطريقة المربعات الدنيا الشرطية.

أ/ طريقة العزوم :

وتعتمد على مساوات عزوم العينة مثل متوسط العينة $\bar{z}$ والترابطات الذاتية للعينة r_k بالعزوم النظرية مثل المتوسط μ ودالة الترابط الذاتي ρ_k وحل المعادلات الناتجة بالنسبة للمعالم المراد تقديرها.

سوف نستعرض الطريقة للنموذج كالتالي $AR(p)$ وهي يقدر المتوسط μ بالمقدر $\bar{z}$ أي $\hat{\mu} = \bar{z} = \sum_{i=1}^{n} z_i / n$ ، ولتقدير $\phi_1,\ldots,\phi_p$ نستخدم العلاقة:

$$\rho_k = \phi_1\rho_{k-1} + \phi_2\rho_{k-2} + \cdots + \phi_p\rho_{k-p},\ k > 1$$

والتي تنتج من ضرب المعادلة المعرفة لنموذج $AR(p)$ بالحد $z_{t-k} - \mu$ وأخذ التوقع. في المعادلة السابقة بوضع $k = 1,2,\ldots,p$ نحصل على نظام المعادلات المسمى معادلات يول و ووكر Yule–Walker التالي:

$$\begin{aligned}
\rho_1 &= \phi_1 + \phi_2\rho_1 + \cdots + \phi_p\rho_{p-1} \\
\rho_2 &= \phi_1\rho_1 + \phi_2 + \cdots + \phi_p\rho_{p-2} \\
&\vdots \\
\rho_p &= \phi_1\rho_{p-1} + \phi_2\rho_{p-2} + \cdots + \phi_p
\end{aligned}$$

كالتالي: $\hat{\phi}_1,\ldots,\hat{\phi}_p$ نحصل على مقدرات العزوم للمعالم r_kو بالتعويض عن ρ_k بالمقدر بوضع معادلات يول و ووكر على الشكل المصفوفي: (بري ،٢٠٠٢، ص٨٦) .

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r_1 & r_2 & \cdots & r_{p-2} & r_{p-1} \\ r_1 & 1 & r_1 & \cdots & r_{p-3} & r_{p-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{p-1} & r_{p-2} & r_{p-3} & \cdots & r_1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\phi}_1 \\ \hat{\phi}_2 \\ \vdots \\ \hat{\phi}_p \end{pmatrix}$$

وبحل هذه المعادلة للمعالم

$$\begin{pmatrix} \hat{\phi}_1 \\ \hat{\phi}_2 \\ \vdots \\ \hat{\phi}_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r_1 & r_2 & \cdots & r_{p-2} & r_{p-1} \\ r_1 & 1 & r_1 & \cdots & r_{p-3} & r_{p-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{p-1} & r_{p-2} & r_{p-3} & \cdots & r_1 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_p \end{pmatrix}$$

تقدر σ^2 كالتالي

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\gamma}_0\left(1-\hat{\phi}_1 r_1 - \hat{\phi}_2 r_2 - \cdots \hat{\phi}_p r_p\right)$$

حيث

$$\hat{\gamma}_0 = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left(z_t - \bar{z}\right)^2$$

هو تباين العينة.

ب/ طريقة المربعات الدنيا الشرطية :

لنماذج $ARMA(p,q)$ والتي تكتب على الشكل

$$\phi_p(B)(z_t - \mu) = \theta_q(B)a_t, \quad a_t \square N\left(0,\sigma^2\right)$$

حيث $\phi_p(B)$ و $\theta_q(B)$ لا يوجد بينها جذور مشتركة وجذور المعادلة $\theta_q(B)=0$ تقع جميعها خارج دائرة الوحدة (شرط الانقلاب). بإعادة كتابة النموذج السابق للأخطاء a_t كالتالي:

$$a_t = \frac{\phi_p(B)}{\theta_q(B)}(z_t - \mu)$$

الطرف الأيمن يمكن اعتباره كدالة في المعالم $\boldsymbol{\varphi} = \{\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p\}$ و $\boldsymbol{\theta} = \{\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q\}$ و μ و يكتب:

$$a_t(\boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\theta}, \mu) = \frac{\left(1-\phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p\right)}{\left(1-\theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_p B^p\right)}(z_t - \mu)$$

تعتمد طريقة المربعات الدنيا الشرطية و لمشاهدات معطاة $\mathbf{z} = \{z_1, z_2, \ldots, z_n\}$ على تصغير الدالة:

$$\min_{\boldsymbol{\varphi},\boldsymbol{\theta},\mu} S_c(\boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\theta}, \mu) = \sum_{t=p+1}^{n} a_t^2\left(\boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\theta}, \mu | \mathbf{z}\right)$$

وحل المعادلات الطبيعية Normal Equations الناتجة التالية بالنسبة للمقدرات.

$$\left.\frac{\partial}{\partial \boldsymbol{\varphi}} S_c(\boldsymbol{\varphi},\boldsymbol{\theta},\mu)\right|_{\substack{\boldsymbol{\varphi}=\hat{\boldsymbol{\varphi}}\\ \boldsymbol{\theta}=\hat{\boldsymbol{\theta}}\\ \mu=\hat{\mu}}} = \left.\frac{\partial}{\partial \boldsymbol{\varphi}} \sum_{t=p+1}^{n} a_t^2(\boldsymbol{\varphi},\boldsymbol{\theta},\mu|\mathbf{z})\right|_{\substack{\boldsymbol{\varphi}=\hat{\boldsymbol{\varphi}}\\ \boldsymbol{\theta}=\hat{\boldsymbol{\theta}}\\ \mu=\hat{\mu}}} = 0$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial \boldsymbol{\theta}} S_c(\boldsymbol{\varphi},\boldsymbol{\theta},\mu)\right|_{\substack{\boldsymbol{\varphi}=\hat{\boldsymbol{\varphi}}\\ \boldsymbol{\theta}=\hat{\boldsymbol{\theta}}\\ \mu=\hat{\mu}}} = \left.\frac{\partial}{\partial \boldsymbol{\theta}} \sum_{t=p+1}^{n} a_t^2(\boldsymbol{\varphi},\boldsymbol{\theta},\mu|\mathbf{z})\right|_{\substack{\boldsymbol{\varphi}=\hat{\boldsymbol{\varphi}}\\ \boldsymbol{\theta}=\hat{\boldsymbol{\theta}}\\ \mu=\hat{\mu}}} = 0$$

$$\left.\frac{\partial}{\partial \mu} S_c(\boldsymbol{\varphi},\boldsymbol{\theta},\mu)\right|_{\substack{\boldsymbol{\varphi}=\hat{\boldsymbol{\varphi}}\\ \boldsymbol{\theta}=\hat{\boldsymbol{\theta}}\\ \mu=\hat{\mu}}} = \left.\frac{\partial}{\partial \mu} \sum_{t=p+1}^{n} a_t^2(\boldsymbol{\varphi},\boldsymbol{\theta},\mu|\mathbf{z})\right|_{\substack{\boldsymbol{\varphi}=\hat{\boldsymbol{\varphi}}\\ \boldsymbol{\theta}=\hat{\boldsymbol{\theta}}\\ \mu=\hat{\mu}}} = 0$$

هذه المقدرات تسمى شرطية لأننا هنا نشترط أن القيم $a_p = a_{p-1} = \cdots = a_{p+1-q} = 0$ أي مساوية لتوقعها. (لاحظ أن التجميع في المعادلات السابقة يبدأ من القيمة $t = p+1$).

يقدر التباين σ^2 من:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{S_c\left(\hat{\boldsymbol{\varphi}},\hat{\boldsymbol{\theta}},\mu\right)}{n-(p+q+1)}$$

٣/ تشخيص واختبار النموذج:

بعد التعرف على نموذج مبدئي وتقدير معالم هذا النموذج نجري بعض التشخيصات على البواقي أو أخطاء التطبيق لنرى مدى مطابقة النموذج للمتسلسلة المشاهدة، ويفترض أن البواقي هي مقدرات لمتسلسلة الضجة البيضاء a_t والتي نفترض أنها موزعة طبيعيا بمتوسط صفري وتباين σ^2. البواقي تعطى بالعلاقة: (بري، ٢٠٠٢، ص٩٥).

$$e_t = z_t - \hat{z}_t = \hat{a}_t, \quad t = 1,2,...,n$$

أي أن البواقي هي القيم المشاهدة ناقص القيم المطبقة.

يقوم التشخيص والاختبارات على فحص البواقي والنظر في مدى تحقيقها لفرضيات النموذج والتي هي متوسط صفري، والعشوائية، وعدم الترابط، وتكون موزعة توزيع طبيعي (مستقل ومتطابق بمتوسط صفري وتباين σ^2 أي $a_t \sim WN(0,\sigma^2)$) لهذا فإننا نجري تشخيص وهو مجموعة من

الاختبارات علي البواقي لنري فيما إذا كانت تحقق هذه الشروط وفي هذه الحالة نعتبر النموذج المطبق مقبولا أما إذا فشل احد هذه الاختبارات فيجب علينا إعادة النظر واقتراح نموذج آخر:

أ/ اختبار المتوسط:

$$H_0 : E(a_t) = 0$$
$$H_1 : E(a_t) \neq 0$$

وهو اختبار بذيلين ونستخدم فيه الإحصاءة $u = \frac{\overline{e}}{se(\overline{e})}$ والتي لها توزيع طبيعي قياسي فعند مستوى معنوية $\alpha = 0.05$ نعتبر أن $E(a_t) = 0$ إذا كانت $|u| < 1.96$ (هذا علي اعتبار إن حجم العينة اكبر من ٣٠ وحدة).

ب/ اختبار العشوائية:

نختبر عشوائية البواقي بواسطة اختبار الجري Runs test حول المتوسط وحول الصفر وهو أحد الاختبارات اللامعلمية.

ج/ اختبار الترابط أو الاستقلال:

يختبر ترابط أو استقلال البواقي بواسطة اختبار الترابط الذاتي وذلك بحساب ورسم الترابطات الذاتية العينية SACF للبواقي ومقارنتها مع دالة الترابط الذاتي لمتسلسلة الضجة البيضاء.

الاختبار (بري ،٢٠٠٢، ص٩٦) .

$$H_0 : \rho_1 = 0$$
$$H_1 : \rho_1 \neq 0$$

حيث الإحصاءة $u = \frac{r_1}{se(r_1)}$ لها توزيع طبيعي قياسي فعند مستوى معنوية $\alpha = 0.05$ نعتبر أن $\rho_1 = 0$ إذا كانت $|u| < 1.96$.

د/ اختبار طبيعية البواقي:

نختبر في ما إذا كانت البواقي موزعة طبيعياً وذلك بعدة طرق مثل:

اختبار حسن التطابق Goodness of Fit Test ونستخدم الاختبار اللامعلمي كولموجوروف- سميرنوف Kolmogorov-Smirnov Test، ومخطط الاحتمال الطبيعي Normal Probability Plot ، مخطط الربيعات- الربيعات Q-Q Plot .

٤/ بعض المعايير الأخرى لاختيار النموذج المناسب:

أ/ إحصائية كيو لـ لجنق- بوكس Ljung-Box Q statistc وتستخدم لاختبار الفرضية:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \cdots = \rho_K = 0$$

وتعطى بالعلاقة:

$$Q = n(n+2)\sum_{k=1}^{k} \frac{r_k^2}{n-k} \sim \chi^2(K-m)$$

حيث m عدد المعالم المقدرة في النموذج.

ب/ معيار الإعلام الذاتي Automatic Information Criteria وتختصر AIC وتعطى بالعلاقة:

$$AIC(m) = n \ln \sigma_a^2 + 2m$$

حيث m عدد المعالم المقدرة في النموذج ونختار النموذج الذي يعطي $\min_m AIC(m)$ (بري، ٢٠٠٢، ص٩٧).

الفصل الرابع

الدراسة التطبيقية

الفصل الرابع

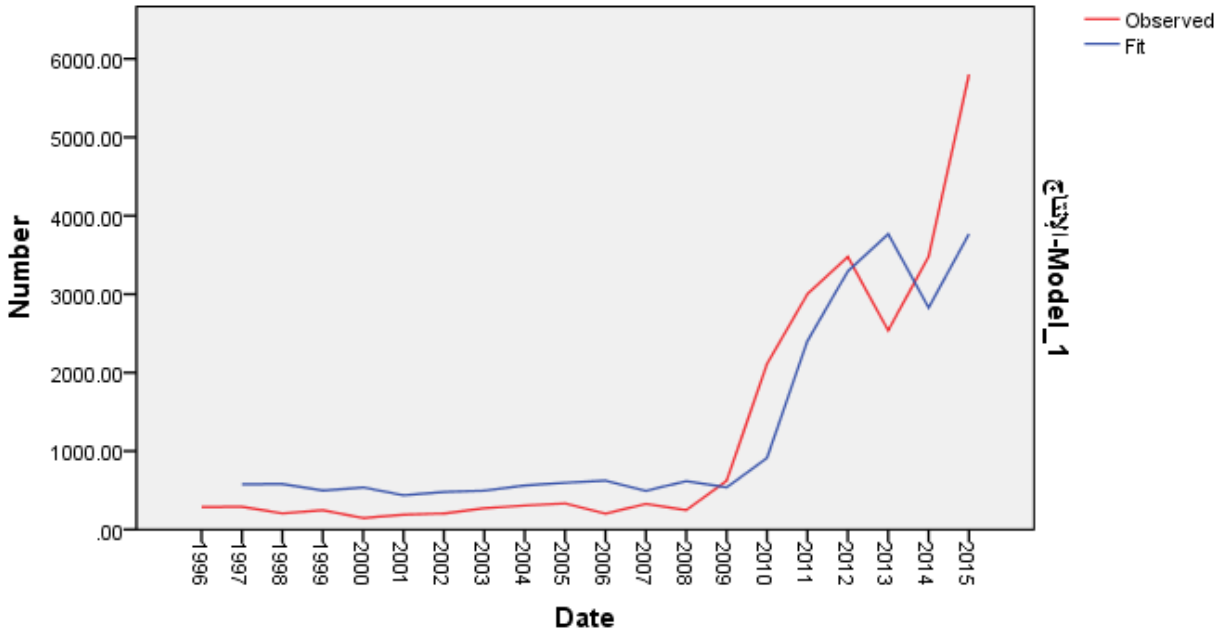
الدراسة التطبيقية

في هذا الفصل تم تحليل بيانات انتاج الاسمنت في السودان (انظر ملحق ٤) بواسطة تحليل السلاسل الزمنية ونماذج بوكس وجنكيز باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS.

٤-١ وصف البيانات:

في هذه المرحلة يتم وصف السلسلة الزمنية من خلال الشكل البياني الذي يوضح إنتاج الأسمنت بالسودان خلال الأعوام (١٩٩٦ – ٢٠١٥) والذي يبين في الشكل التالي:

الشكل (٥) إنتاج الاسمنت في السودان (طن متري)



نلاحظ من الشكل (٥) الذي يمثل انتشار السلسلة الزمنية لإنتاج الاسمنت بالألف طن متري في السودان خلال سنوات الدراسة أن السلسلة غير مستقرة حيث يوجد بها اتجاه عام غير خطي، وتوجد بعض التذبذبات في السلسلة إلا إنها لا تظهر أي تغيرات دورية أو موسمية منتظمة.

ومن الجدول (١) نجد ان متوسط إنتاج الاسمنت قد بلغ في الفترة المذكورة (١٢١٤,١٤٥٣) طن متري، بانحراف معياري (١٦١٤,٠٤٢٨٣) طن متري.

جدول رقم (١)

Statistics

الكميه المنتجه من الاسمنت

N	Valid	20
	Missing	0
Mean		1214.1453
Std. Deviation		1614.04283

المصدر: من إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS.

٤-٢ تحليل نماذج بوكس – جنكيز:

٤-٢-١ مرحلة فحص استقرار السلسلة:

في هذه المرحلة نطبق اختبار(Dickey and fuller) (اختبار جذر الوحدة) على بيانات السلسلة الزمنية لإنتاج الاسمنت وتعطى نتائج اختبار Dickey and fuller بالاتي:

جدول رقم (٢)

الاختبار	النموذج	قيمة t المحسوبة	قيمة t الجدولية
D.F	إنتاج الاسمنت	1.789	2.101

ومن الجدول أعلاه نجد أن قيمة (t) المحسوبة أقل من قيمة (t) الجدولية وهذا يعني ان نقبل فرض العدم أي نقبل وجود جذر الوحدة($\rho = 1$)، وتكون بذلك السلسلة غير ساكنة أو غير مستقرة، ويجب أخذ الفرق الأول حتى نتمكن من جعلها مستقرة إن أمكن.

٤-٢-٢ مرحلة التعرف:

في هذه المرحلة نقوم بدراسة دالتي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) لتحديد مدي سكون السلسلة والتعرف علي النماذج الملائمة كما يتم الاستعانة باختبار Box–Ljung Q للتأكد من سكون السلسلة.

٤-٢-٢-١ مرحلة التعرف على النموذج المناسب:

في هذه المرحلة نقوم بدراسة دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لتحديد مدي سكون السلسلة والتعرف علي النماذج الملائمة لبيانات الدراسة كما يتم الاستعانة باختبار Box–Ljung Q للتأكد من سكون السلسلة.

دالة الارتباط الذاتي:

الجدول(٣) معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الزمنية لإنتاج الاسمنت

Autocorrelations

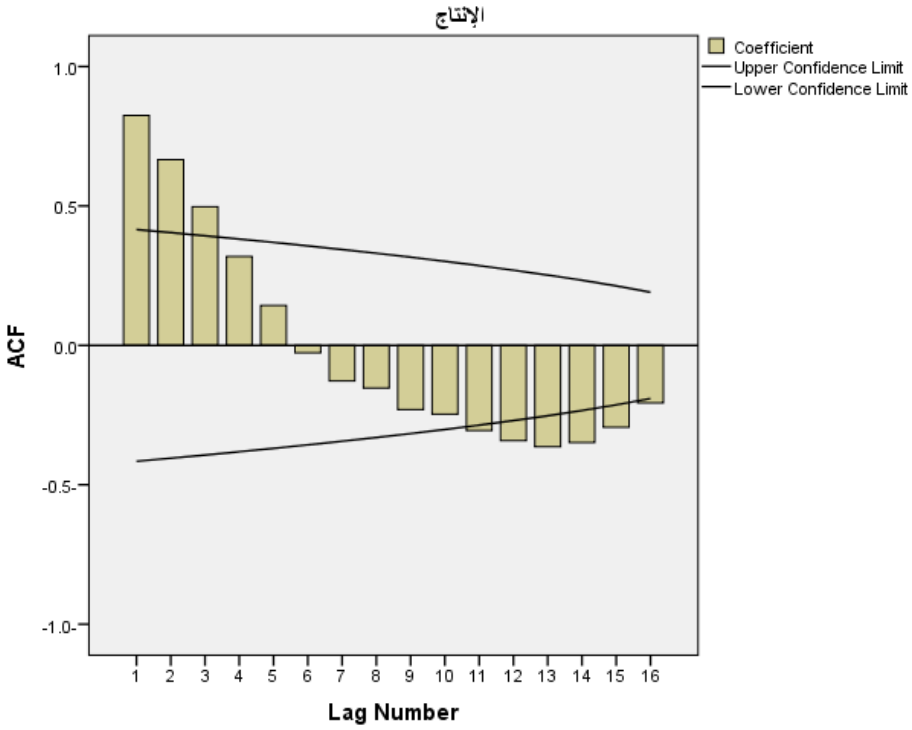
Series: الإنتاج

Lag	Autocorrelation	Std. Error[a]	Box-Ljung Statistic			Partial Autocorrelation	Std. Error
			Value	df	Sig.[b]		
1	.825	.208	15.757	1	.000	.825	.224
2	.666	.202	26.597	2	.000	-.045	.224
3	.497	.197	32.994	3	.000	-.124	.224
4	.319	.191	35.787	4	.000	-.146	.224
5	.143	.185	36.386	5	.000	-.129	.224
6	-.027	.178	36.408	6	.000	-.132	.224
7	-.127	.172	36.957	7	.000	.060	.224
8	-.153	.165	37.812	8	.000	.143	.224
9	-.230	.158	39.932	9	.000	-.242	.224
10	-.246	.151	42.603	10	.000	.033	.224
11	-.305	.143	47.160	11	.000	-.247	.224
12	-.342	.135	53.589	12	.000	-.075	.224

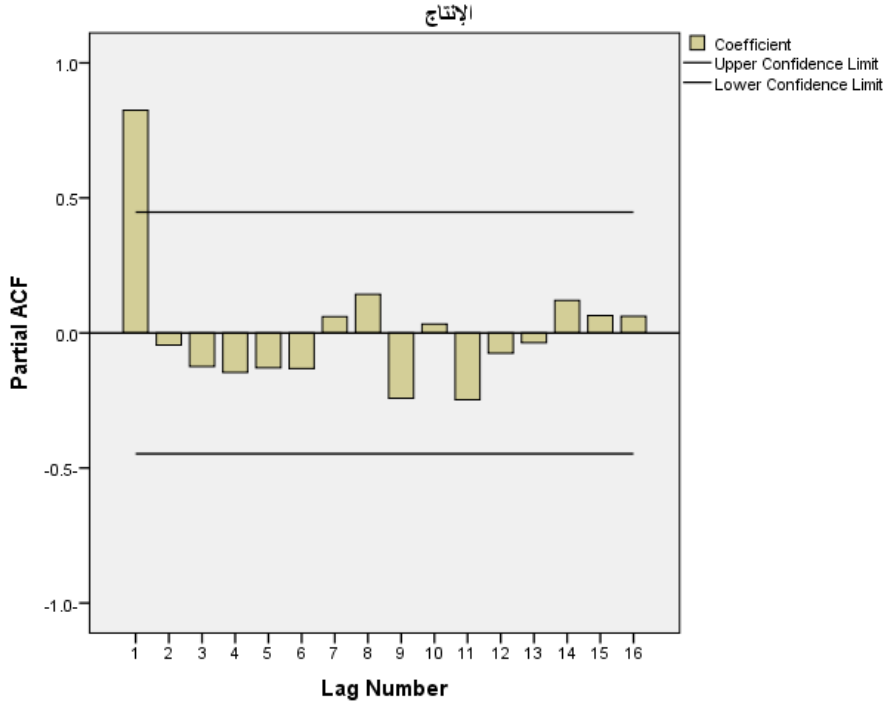
13	-.364	.126	61.903	13	.000	-.036	.224
14	-.348	.117	70.801	14	.000	.120	.224
15	-.294	.107	78.399	15	.000	.064	.224
16	-.206	.095	83.081	16	.000	.062	.224

المصدر: من إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS.

الشكل(٦) دالة الارتباط الذاتي وحدي الثقة لإنتاج الاسمنت



الشكل(٧) دالة الارتباط الذاتي الجزئي وحدي الثقة لإنتاج الاسمنت



المصدر: من إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS.

من خلال جدول(٣) الخاص بمعاملات الارتباطات والاشكال (٦) (٧) الخاصة بـ ACF,PACF والتي تمثل سلسلة انتاج الاسمنت نجد أن: قيم معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي معظمها معنوية، ACF,PACF لا تنحدر نحو الصفر حيث تقع بعض المعاملات خارج حدي الثقة، قيمة اختبار Q والقيمة المعنوية المصاحبة تشير الي معنوية معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي أي عدم مساواتها للصفر، ونستنتج من ذلك عدم استقرار السلسلة الممثلة لإنتاج الاسمنت، ومن أجل تحويل السلسلة الي سلسلة مستقرة تم أخذ الفرق الأول وإعادة حساب ACF وPACF واختبار Q كما في الجدول والأشكال أدناه:

الجدول(٤) معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لسلسة الفرق الأول لإنتاج الاسمنت

Autocorrelations

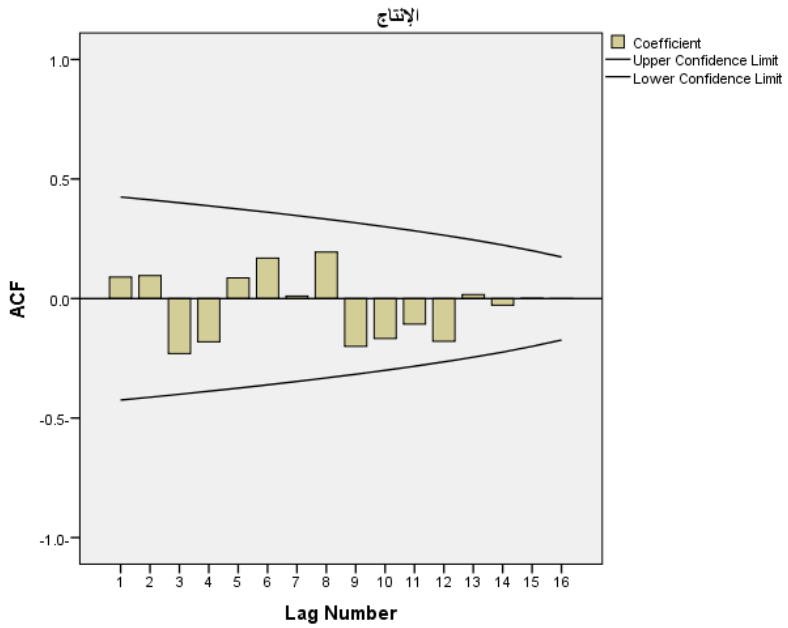
Series: الإنتاج

Lag	Autocorrelatio	Std. Error[a]	Box-Ljung Statistic		

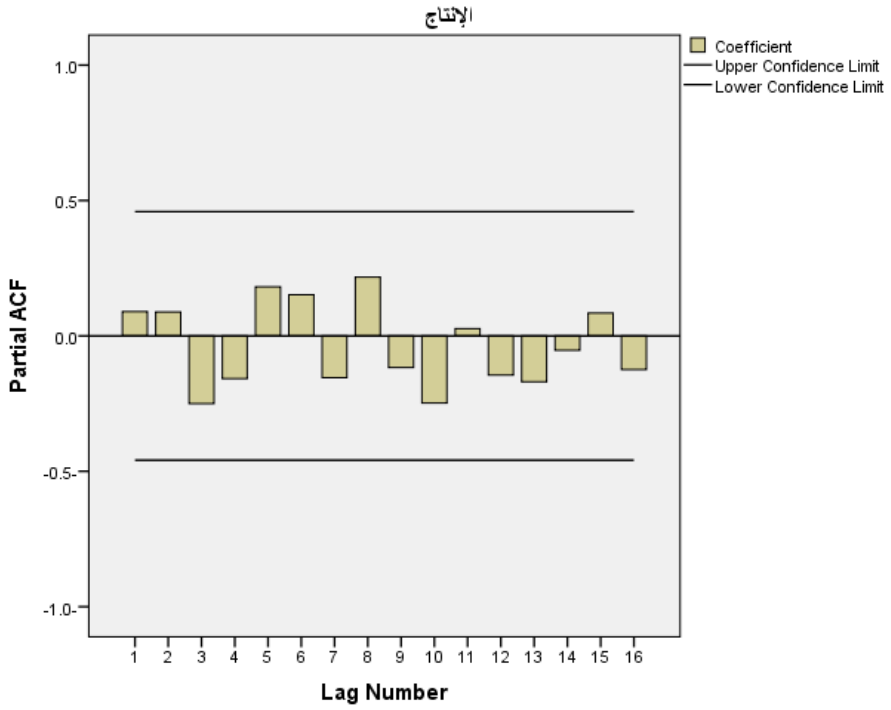
	n		Value	df	Sig.[b]	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.090	.212	.178	1	.673	.090	.229
2	.096	.206	.393	2	.822	.088	.229
3	-.230-	.200	1.715	3	.634	-.250-	.229
4	-.181-	.194	2.587	4	.629	-.157-	.229
5	.086	.187	2.799	5	.731	.181	.229
6	.169	.181	3.677	6	.720	.152	.229
7	.010	.173	3.680	7	.816	-.155-	.229
8	.195	.166	5.053	8	.752	.217	.229
9	-.200-	.158	6.648	9	.674	-.117-	.229
10	-.167-	.150	7.889	10	.640	-.248-	.229
11	-.107-	.142	8.460	11	.672	.027	.229
12	-.179-	.132	10.280	12	.591	-.145-	.229
13	.016	.123	10.298	13	.669	-.170-	.229
14	-.028-	.112	10.360	14	.735	-.053-	.229
15	.000	.100	10.360	15	.797	.084	.229
16	-.001-	.087	10.360	16	.847	-.124-	.229

المصدر: من إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS.

الشكل(٨) دالة الارتباط الذاتي لسلسلة الفرق الأول لإنتاج الاسمنت



الشكل(٩) دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الفرق الأول لإنتاج الاسمنت



المصدر: من إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS.

نلاحظ من خلال الجدول (٤) الممثل لمعاملات الارتباطات والأشكال (٨) و(٩) الخاصة بدالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي والتي تم حسابها بعد أخذ الفرق الاول لسلسلة انتاج الاسمنت، نجد أن المعاملات كلاهما تنحدر نحو الصفر مع تغير في الإشارة، كما أن قيمة اختبار Q والقيمة المعنوية المصاحبة تشير الي عدم معنوية المعاملات، ونستنتج من ذلك استقرار السلسلة بعد أخذ الفرق الاول.

من الشكلين (٨) (٩) يمكننا ترشيح النموذج ARIMA(1,1,0) لتمثيل السلسلة الزمنية لإنتاج الاسمنت.

٤-٣ مرحلة التقدير :

في هذه المرحلة سوف نقوم بتقدير النماذج التي تم ترشيحها في المرحلة السابقة بالنسبة لسلسلة إنتاج الاسمنت.

إنتاج الاسمنت في السودان:

في مرحلة التحديد تم اختيار النموذج(1,1,0)ARIMA كنموذج ملائم لسلسلة انتاج الاسمنت، وتم حساب التقديرات كما في الجدول أدناه :

الجدول(٥) نتائج تقدير النموذج (1,1,0)ARIMA لسلسة إنتاج الاسمنت

ARIMA Model Parameters

			Estimate	SE	t	Sig.
الإنتاج بالطن متري	Constant		-137737.931	67891.399	-2.029	.059
	AR	Lag 1	.193	.316	.613	.549
	Difference		1			
	Numerator	Lag 0	68.818	33.850	2.033	.059

$$Z_t = \delta + a_t$$

$$Z_t = \delta + a_t \ , \ a_t \sim WN(0, \sigma^2)_{(1)}$$

$$= -497.349 + a_t$$

$$Z_t = -137737.931 + a_t$$

وبهذه المعادلة يمكن التنبؤ بأي إنتاجية للأسمنت في أي سنة.

٤-٤ مرحلة الفحص والتدقيق:

في هذه المرحلة نقوم باختبار مدى ملائمة النماذج التي تم تقديرها في المرحلة السابقة وذلك من خلال استخدام بعض الاختبارات الإحصائية مثل اختبار t واختبار Box-Ljung-Q . وللتأكد من دقة النموذج سوف تتم مقارنته مع بعض النماذج الإحصائية الأخرى.

الجدول(٦) نتائج اختبار Q ومقاييس المقارنة للنموذج (1,1,0)ARIMA لإنتاج الاسمنت

Model Statistics

Model	Number of Predictors	Model Fit statistics					Ljung-Box Q(18)		
		R-squared	RMSE	MAE	MaxAPE	MaxAE	Statistics	DF	Sig.
الإنتاج_Model_1-	1	.867	636.413	365.441	198.326	1683.62	13.071	17	.731

المصدر: من إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS.

من خلال نتائج الجدول(٦) والجدول السابق الخاص بنموذج سلسلة إنتاج الاسمنت ARIMA (1,1,0) نلاحظ أن معلمة النموذج المقدر غير معنوية (sig= 0.059) وهي أكبر من ٠,٠٥ أي نقبل فرض العدم أي أن معاملات الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي تساوي الصفر وغير معنوية.

كما نجد أن قيمة اختبار Box–Ljung–Q تساوي ١٣,٠٧١ والقيمة الاحتمالية للاختبار تساوي ٠,٧٣١ وهذه القيمة أكبر من مستوي الدلالة الإحصائية ٠,٠٥ وهذا يقودنا إلي قبول الفرضية الصفرية أي معاملات الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي تساوي الصفر وغير معنوية.

٤-٥ مرحلة التنبؤ:

الآن نقوم بالتنبؤ بمستقبل السلاسل محل الدراسة لفترة زمنية مقدارها عشرة سنوات وذلك باستخدام النماذج المقدرة.

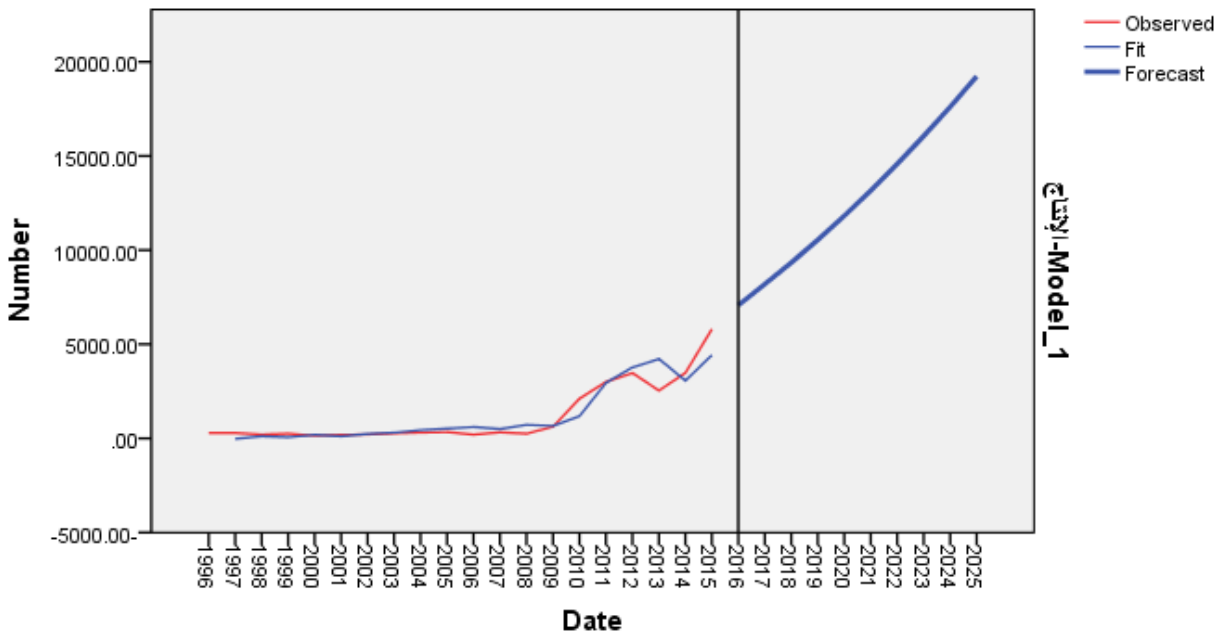
الجدول(٧) إنتاج الاسمنت المتنبأ به للفترة (٢٠١٦-٢٠٢٥) باستخدام النموذج ARIMA(1,1,0)

Forecast

Model		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Model_1-الإنتاج	Forecast	7069.02	8189.80	9337.41	10545.71	11821.26	13165.32	14578.15	16059.78	17610.22	19229.49
	UCL	8417.78	10289.84	12014.39	13700.83	15391.92	17108.13	18860.91	20657.43	22502.55	24399.71
	LCL	5720.26	6089.76	6660.43	7390.59	8250.59	9222.51	10295.38	11462.12	12717.90	14059.26

المصدر: من إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS.

الشكل (١٠) الإنتاجية الفعلية والمقدرة والمتنبأ بها من الاسمنت للفترة من (٢٠١٦-٢٠٢٥) باستخدام النموذج ARIMA(1,1,0)



من الجدول (٧) والشكل (١٠) الذي يبين القيم الحقيقية والقيم المقدرة لصادر الاسمنت حيث نجد أن إنتاجية الاسمنت تزيد بمعدل كبير حيث بلغت في السنة الأولى والأخيرة (7069.02 و 19229.49) على التوالي وهذا يدل على زيادة عدد المصانع في البلاد وبالتالي زيادة الإنتاجية.

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

٥-١ النتائج :-

خرج البحث بالنتائج التالية:-

١/ لم تتحقق فرضية البحث المتضمنة في كون السلسلة الزمنية لإنتاج الإسمنت مستقرة.

٢/ تشكل سلسلة انتاج الاسمنت سياقاً عشوائياً غير مستقر، واظهر اختبار Dickey and Fuller وجود جذر الوحدة، وبعد اخذ مرشح الفروق الأولي اصبحت مستقرة.

٣/ تتميز التنبؤات التي تولدها منهجية Box-Jenkins بدقة عالية في تشخيصها ووصفها لمستقبل الظواهر والمتغيرات الاقتصادية وذلك لصغر تباين أخطاء تنبؤاتها مما يعزز مكانتها واهميتها في اتخاذ القرار.

٤/ نجد أن إنتاجية الاسمنت تزيد بمعدل كبير حيث بلغت في السنة الأولى والأخيرة (7069.02 و 19229.49) على التوالي .

٥/ تبين أن النموذج الأفضل من بين النماذج التي تم تصميمها للتنبؤ بإنتاج الإسمنت في السودان هو نموذج ARIMA (1,1,0) لذا يمكن استخدامه لأي فترة زمنية قادمة.

٦/ ان الطلب المتزايد علي سلعة الاسمنت بالسودان في ظل الطاقة الانتاجية المحدودة والنمو العمراني المتزايد في البلد ، ادي الي تغيرات كبيرة في السعر.

٧/ عدم وجود استقرار في الكميات المعروضة من الاسمنت بسبب تذبذب انتاج المصانع.

٥-٢ التوصيات :-

خرج البحث بالتوصيات التالية:-

١.لابد من إنشاء قواعد بيانات لإنتاج الاسمنت على أجهزة الحاسب، ويتم تحديثها وتطويرها باستمرار. بالإضافة الي وجود مراكز إحصائية ترصد وتسجل البيانات المتعلقة بالإسمنت وترفع التقارير للجهات المختصة للمساعدة في التنمية والاستثمار في هذا المجال.

٢. تشجيع الصناعة المحلية بكافة مستوياتها وجلب المستثمرين الأجانب لدفع عجلة الاقتصاد الوطني.

٣. تذليل الصعاب التي تواجه الاستثمار في البلاد وتقديم المساعدات حتى تتم التنمية والتقدم والازدهار.

٤. يوصي الباحث باعتماد النموذج المقترح في البحث وهو نموذج ARIMA (1,1,0) للحصول علي القيم المستقبلية للاستفادة منها في المستقبل .

المراجع والمصادر:

- القرآن الكريم.

- أبو صالح، محمد صبحي و عوض، عدنان محمد .(٢٠١٤). مقدمة في الإحصاء مبادي وتحليل باستخدام SPSS، ط ٧، عمان: دار المسرة للنشر والتوزيع.

- امام، محمود و امين، محمد، (٢٠٠٧)، خواص المواد واختباراتها، القاهرة: دار الكتب.

– بري، عدنان ماجد عبد الرحمن. (٢٠٠٢). طرق التنبؤ الإحصائي،(ج١)، المملكة العربية السعودية : جامعة الملك سعود.

– بن عوالي، حنان، (٢٠٠٨)، تطبيقات الاساليب الحديثة لتقنيات التنبؤ: دراسة في الاقتصاد وتسيير المؤسسات، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الاقتصاد وعلوم التسيير، جامعة حسيبة بن بوعلي، الجزائر.

– حشمان، مولود. (٢٠٠٢). نماذج و تقنيات التنبؤ قصير المدى. الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.

– خالد زهدي خواجة.(٢٠٠٩). السلاسل الزمنية. بغداد: الناشر المعهد العربي للتدريب والبحوث.

– زايد ، عبدالناصر، (١٩٩٩). الموسوعة الهندسية، سوريا : منشأة المعارف للنشر.

– الديدامونى، حمدي وطه، أحمد صالح محمد، (١٩٩٨)، كيمياء وتكنولوجيا الاسمنت، القاهرة: دار الكتب.

– زكريا، محمدين ابكر، (٢٠١٢)، تقدير دالة الطلب علي الاسمنت في السودان ٢٠٠٨-١٩٩٠: دراسة في الاقتصاد القياسي، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا والبحث العلمي، جامعة السودان، الخرطوم.

– صالح ، محمود محمد سليم، (٢٠٠٩)، مقدمة في الإحصاء لطلاب المجتمع والعلوم الإدارية، الأردن : دار المسيرة للنشر.

– عبد الرحيم، ندى، (٢٠١٤)، صناعة الاسمنت بولاية نهر النيل، [النسخة الالكترونية]، صحيفة اخبار النيل الالكترونية، العدد ١٤.

– عطية، عبد القادر محمد عبد القادر، (٢٠٠٥)، الحديث في الاقتصاد القياسي، الإسكندرية : الدار الجامعية.

- فليفل، كامل و حمدان، فتحي، (٢٠٠٦)، الاحصاء، عمان (الأردن): دار المناهج للنشر والتوزيع.

- النجار، عبد الله و حنفي، اسامة. (٢٠١٣). مبادئ الاحصاء للعلوم الإنسانية. عمان (الأردن): دار أسامة للنشر والتوزيع.

- والترفاندل، (١٩٩٢)، السلاسل الزمنية من الوجهة التطبيقية ونماذج بوكس وجنكيز، (تعريب عبد المرضي حامد عزام)، الرياض : دار المريخ للنشر، (العمل الأصلي نشر في ١٩٧١).

- وزارة الصناعة ، (٢٠٠٩)، تقرير عن صناعة الاسمنت بالسودان، الخرطوم.

الملاحق

البيان	الإنتاج (الف طن)			
	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨	١٩٩٩
الانتاج	٢٨٦	٢٩٠	٢٠٦	٢٤٦

المصدر: وزارة الصناعة – التقرير السنوي لبنك السودان ٢٠٠٤م.

ملحق رقم (٢)

إنتاج الاسمنت خلال الفترة ٢٠٠٠ الي ٢٠٠٨ (طن متري)

المصنع	٢٠٠٠	٢٠٠١	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨
اسمنت ربك	٤٠,٣	٥٠,٢	٤٢	٧٢	٦٨,٦٨٠	٩٠,٥٥٤	٨٨	٢٣١,٨	٣٩,١
اسمنت عطبرة	١٠٥,٥	١٣٩,٣	١٦٢,٨	١٩٩,٩	٢٣٧,٢٢١	٢٤٢,٦٥١	١١٤,٢	٩٤,٤	٢٠٧,٤
المجموع	١٤٥,٨	١٨٩,٥	٢٠٤,٨	٢٧١,٩	٣٠٥,٩٠١	٣٣٣,٢٠٥	٢٠٢,٢	٣٢٦,٢	٢٤٦,٥

المصدر: مصنع اسمنت عطبرة ومصنع اسمنت ربك– وزارة المالية والاقتصاد الوطني– النشرة الاقتصادية الشهرية.

ملحق رقم (٣) .

إنتاج الاسمنت خلال الفترة ٢٠٠٩ – ٢٠١٥م (طن متري)

البيان	الإنتاج (الف طن)						
	٢٠٠٩	٢٠١٠	٢٠١١	٢٠١٢	٢٠١٣	٢٠١٤	٢٠١٥
عطبرة	٢٠٠,٩	٧٩٩,١	١,٠٥٧,٦	١,١٢٢,٤	١,٣٥,٤	١,١٩٠,١	
الشمال	–	–	٢٦٤,٥	٥٥١,٦	٦٦٦,٨	٩٤٥,٨	
بربر	–	٣٨٥	٥٣٨,٦	٦٠٥,٧	٥٨٠,٨	٥٣١,٩	
التكامل	–	١٢٧	٦٩٥,٨	٦٩٠,٨	٦٤٤	٤٣٨,٤	
السلام	٤١٢,٢	٤١٢,٥	٢٨٠	٢٨٨,٣	٣٢٧,٥	٢٤٢,٦	
اسلان	–	٢١٤	٨٥	٦٨,٧	٨٩,٦	٨١,١	
ربك	٨,٦	١٧٥	٨٠,٨	١٤٩,١	٩٣,٩	٤٧,٨	
المجموع	٦٢١,٧	٢,١١٢,٦	٣,٠٠٢,٣	٣,٤٧٦,٦	٢,٥٣٨	٣,٤٧٧,٧	٥,٨٠٠

المصدر: المصانع المذكورة في الجدول– وزارة المالية والاقتصاد الوطني– التقرير السنوي الرابع والخمسون .

ملحق رقم (٤) إنتاج الاسمنت خلال سنوات الدراسة بالطن المتري

الإنتاج	العام
٢٨٦	١٩٩٦
٢٩٠	١٩٩٧
٢٠٦	١٩٩٨
٢٤٦	١٩٩٩
١٤٥,٨	٢٠٠٠
١٨٩,٥	٢٠٠١
٢٠٤,٨	٢٠٠٢
٢٧١,٩	٢٠٠٣
٣٠٥,٩	٢٠٠٤
٣٣٣,٢	٢٠٠٥
٢٠٢,٢	٢٠٠٦
٣٢٦,٢	٢٠٠٧
٢٤٦,٥	٢٠٠٨
٦٢١,٧	٢٠٠٩
٢١١٣	٢٠١٠
٣٠٠٢	٢٠١١
٣٤٧٧	٢٠١٢
٢٥٣٨	٢٠١٣

٢٠١٤	٣٤٧٨
٢٠١٥	٥٨٠٠