International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 1 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

Received	2025/01/15	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/02/09	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/02/13	تم نشر الورقة العلمية في

استخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بأسعار الاسمنت بمصنع المرقب في الفترة 2021 الى 2023

هناء يوسف محمد العريفي، هناء رجب علي المكرود
قسم الرياضيات، كلية التربية، جامعة الزاوية – ليبيا
h.almakroud@zu.edu.ly, h.alarifi@zu.edu.ly

الملخص:

تناولت الدراسة استخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بأسعار الإسمنت في مصنع المرقب بليبيا، مع التركيز على التنبؤ بأسعار الأسمنت لمدة ثمانية أشهر خلال عام 2024. استندت الدراسة إلى بيانات شهرية تمتد من عام 2021 إلى عام 2023.

أظهرت النتائج أن سلسلة الأسعار كانت مستقرة عند الفرق من الدرجة الثانية، وذلك بعد التحقق من اختبار دوكي فيلر، الذي أكد الحاجة إلى هذا التحويل، بعد تقييم النماذج المقترحة، توصلت الدراسة إلى أن النموذج ARIMA (1, 2, 0) هو الأنسب للتنبؤ بأسعار الأسمنت. وتم استخدام معايير تقييم مثل متوسط مربع الأخطاء (MSE) ومتوسط الأخطاء المطلقة (MAE) للمقارنة بين النماذج.

وحيث ان النتائج تقدم تنبؤات دقيقة بأسعار الأسمنت، مما يمكن إدارة المصنع من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن الإنتاج والتسعير في الفترة المقبلة وتوصي الدراسة باستخدام هذه النتائج في تخطيط الإنتاج ووضع استراتيجيات التسعير. كما يمكن للدراسات المستقبلية أن توسع نطاق البحث لتشمل عوامل اقتصادية إضافية قد تؤثر على أسعار الأسمنت.

الكلمات المفتاحية: ARIMA، الأسعار، التنبؤ، الاسمنت، متوسط مربع الأخطاء، تخطيط الإنتاج

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 1 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ
http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

Using Time Series Models to Predict Cement Prices at Al-Marqab Factory from 2021 to 2023

Hana Yousef ALarifi, Hana Rajab ALmakroud
Mathematics Department, Faculty of Education
University of Zawia - Libya

h.alarifi@zu.edu.ly, h.almakroud@zu.edu.ly

Abstract

The study examined the use of time series models to forecast cement prices at the Al-Marqab Cement Plant in Libya, focusing on predicting cement prices for eight months during the year 2024. The study relied on monthly data spanning from 2021 to 2023.

The results showed that the price series was stable at the second-order difference, as confirmed by the Dickey-Fuller test, which indicated the need for this transformation. After evaluating the proposed models, the study concluded that the ARIMA (1,2,0) model was the most suitable for forecasting cement prices. Evaluation criteria such as Mean Squared Error (MSE) and Mean Absolute Error (MAE) were used to compare the models.

Since the results provide accurate forecasts of cement prices, they enable the plant management to make informed decisions regarding production and pricing in the upcoming period. The study recommends using these findings for production planning and pricing strategies. Additionally, future studies could expand the scope of research to include additional economic factors that may influence cement prices.

Keywords: ARIMA, prices, forecasting, cement, mean square error, production planning.

المقدمة:

تُعد السلاسل الزمنية أداة إحصائية حيوية لتحليل البيانات المسجلة على فترات زمنية متتالية، وتُستخدم على نطاق واسع في مجالات مثل الاقتصاد والصناعة. تعتمد هذه الأدوات على فهم الأنماط والتغيرات في المتغيرات المدروسة مع مرور الوقت، مما يتيح التنبؤ بسلوكها المستقبلي. يعد هذا التنبؤ عنصرًا أساسيًا في اتخاذ القرارات، خاصة في القطاعات التي تتأثر بالتقلبات السوقية والاقتصادية، مثل صناعة الأسمنت.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

في هذا السياق، يبرز دور مصنع أسمنت المرقب في ليبيا، الذي يواجه تحديات كبيرة بسبب تقلبات أسعار الأسمنت، التي تؤثر على هوامش الربح وخطط الإنتاج. هنا يأتي دور تحليل السلاسل الزمنية، الذي يوفر فهمًا دقيقًا للاتجاهات السعرية التاريخية ويتيح التنبؤ بالتغيرات المستقبلية، مما يساعد المصنع في تطوير استراتيجيات فعَّالة لإدارة التكاليف وتحقيق الاستفادة القصوى من الفرص السوقية.

العديد من الدراسات تناولت استخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بأسعار الأسمنت. على سبيل المثال، أجرى Yao et al. (2023) دراسة استخدمت نموذجًا هجينًا يجمع بين ARIMAوتحليل الترددات التجريبية (EEMD) للتنبؤ بتقلبات أسعار الأسمنت في الصين، حيث تفوق النموذج الهجين على النماذج التقليدية من حيث الدقة. وفي دراسة أخرى أجراها Shiha et al. (2020) ، تم استخدام الشبكات العصبية للتنبؤ بأسعار الأسمنت في مصر، مع التركيز على المؤشرات الاقتصادية الكلية، وتم تحقيق دقة عالية في التنبؤات.

في هذه الدراسة، تم استخدام نموذج ARIMA (1, 2, 0) للتنبؤ بأسعار الأسمنت في مصنع المرقب بليبيا، بناءً على بيانات شهرية من 2021 إلى 2023. أظهرت النتائج أن سلسلة الأسعار كانت مستقرة عند الفرق من الدرجة الثانية، كما أكد اختبار دوكي فيلر. تم تحقيق دقة عالية في التنبؤات وفقًا لمعايير MSE و .MAEعلى الرغم من اعتماد الدراسة على نموذج ARIMA التقليدي، إلا أن النتائج كانت دقيقة بما يكفي لتحقيق أهداف البحث. يمكن للدراسات المستقبلية استكشاف النماذج الهجينة مثل–EEMD ARIMAأو الشبكات العصبية لتحسين الدقة، بالإضافة إلى دمج العوامل الخارجية مثل تكاليف المواد الخام وكمية الطلب المحلي.

أولا–مشكلة البحث:

في ظل التطورات الاقتصادية والتكنولوجية المتسارعة، أصبحت القدرة على التنبؤ بالأسعار وخاصة في المجالات الصناعية أحد أهم التحديات التي تواجهها الشركات والمؤسسات. من هنا كانت مشكلة البحث في الحاجة الملحة لفهم كيفية تطبيق نماذج السلاسل الزمنية بشكل فعال في بيئة مصنع اسمنت المرقب، وما إذا كانت هذه النماذج قادرة على توفير توقعات دقيقة لأسعار الأسمنت تساعد الإدارة في اتخاذ قرارات مستنيرة حول الإنتاج والتسعير.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

ثانيا–أهمية البحث:

1) توسيع الفهم النظري والتطبيقي :تساهم الدراسة في تعميق الفهم النظري لتطبيقات نماذج السلاسل الزمنية في التنبؤ بأسعار السلع، مع تقديم نموذج تطبيقي في السياق الليبي، مما يسد الفجوة المعرفية ويدعم الباحثين وصناع القرار.
2) تحسين دقة التنبؤات واتخاذ القرارات :تمكن الدراسة من اختبار وتقييم دقة نماذج السلاسل الزمنية، مما يوفر تنبؤات دقيقة لأسعار الأسمنت تساعد في التخطيط للإنتاج، التسعير، وإدارة المخزون بكفاءة.
3) إدارة المخاطر وتعزيز الاستقرار المالي :تساعد التنبؤات الدقيقة في تطوير استراتيجيات لتخفيف المخاطر المالية الناتجة عن تقلبات الأسعار، مما يعزز استقرار المصنع وقدرته التنافسية.
4) تحليل العوامل المؤثرة وتطوير السياسات :تسهم الدراسة في تحليل العوامل المؤثرة على أسعار الأسمنت، مما يوفر رؤى قيمة لصناع القرار في تطوير سياسات تدعم استقرار السوق وتطوير قطاع البناء.
5) دعم الدراسات المستقبلية وبناء العلاقات التجارية :يمكن استخدام نتائج الدراسة كأساس لأبحاث مستقبلية، كما تعزز ثقة العملاء والشركاء من خلال تقديم أسعار مستقرة وتنافسية.

ثالثا–أهداف البحث:

1–التعرف على كيف يمكن لنماذج السلاسل الزمنية أن تساهم في التنبؤ بأسعار الأسمنت في مصنع المرقب بدقة عالية، وما مدى فعالية هذه النماذج في مواجهة تقلبات السوق.
2– التعرف على العوامل الاقتصادية والإنتاجية التي تؤثر على دقة التنبؤات المستخلصة من السلاسل الزمنية في سياق أسعار الأسمنت، وكيف يمكن تضمين هذه العوامل في النماذج المستخدمة.
3–التعرف على كيف يمكن لاستخدام التنبؤات المستمدة من السلاسل الزمنية أن يساهم في تحسين استراتيجيات التسعير والإنتاج في مصنع اسمنت المرقب وتعزيز استقراره المالي والتشغيلي.

رابعا–تساؤلات الدراسة:

1–كيف يمكن لنماذج السلاسل الزمنية أن تساهم في التنبؤ بأسعار الأسمنت في مصنع المرقب بدقة عالية، وما مدى فعالية هذه النماذج في مواجهة تقلبات السوق؟

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

2- ما هي العوامل الاقتصادية والإنتاجية التي تؤثر على دقة التنبؤات المستخلصة من السلاسل الزمنية في سياق أسعار الأسمنت، وكيف يمكن تضمين هذه العوامل في النماذج المستخدمة؟

3-كيف يمكن لاستخدام التنبؤات المستمدة من السلاسل الزمنية أن يساهم في تحسين استراتيجيات التسعير والإنتاج في مصنع اسمنت المرقب وتعزيز استقراره المالي والتشغيلي؟

خامسا-مفاهيم ومصطلحات البحث:

1- **السلاسل الزمنية:** هي أداة إحصائية تُستخدم لتحليل البيانات عبر الزمن بهدف تحديد الأنماط والتنبؤ بالمستقبل. في قطاع الصناعة، وخاصة في مصانع الأسمنت مثل مصنع اسمنت المرقب، تكتسب السلاسل الزمنية أهمية كبيرة في التنبؤ بأسعار المنتجات. من خلال تحليل الأسعار السابقة، يمكن التنبؤ بالتغيرات المستقبلية، مما يساعد في اتخاذ قرارات أفضل حول الإنتاج والتسعير. هذا التحليل يساهم في تحسين استراتيجيات المصنع ويعزز استقراره المالي في ظل تقلبات السوق.

2- **مصنع اسمنت المرقب:**

يقع غرب مدينة الخمس على الطريق الساحلي بمنطقة المرقب وشرق مدينة طرابلس ويبعد عنها حوالي 117 كم وتبلغ المساحة الكلية للمصنع حوالي 40 هكتار، ويبلغ عدد العامين 295 من العمالة الوطنية و25 عامل من الاجانب. وينتج المصنع اسمنت بورتلاندي حيث تبلغ عد خطوط الانتاج خطي انتاج وهي الخط الاول: الشركة المنفذة شركة polysius الالمانية الطاقة التصميمية 100.000 طن سنويا. بداية الانتاج 1968 م تم تخريده لقدم الآلات وضعف انتاجيته وعدم جدوى اقتصادية من تشغيله.

الخط الثاني: -الشركة المنفذة شركة polysius الالمانية الطاقة التصميمية 300.000طن سنويا بداية التنفيذ 1971م وكانت بداية الانتاج 1974م.

وقد توقف تماما عن الانتاج سنة 1982م بسبب مشاكل فنية ثم اعيد تشغيله سنة 1993 م بعد ان تم اجراء صيانة شاملة له واجراء عمليات تطوير واحلال لحل بعض الاختناقات والمشاكل الفنية مثل حالة المواد الخام والمصفى الكهربائي ومحطة أخذ العينات وجهاز التحليل بالأشعة وبعد اعادة التشغيل تم الاستغناء عن مادة البوكسايت التي كانت يتم استيرادها من الخارج كمادة اساسية لتكوين خلطة المواد الاولية وتم استبدالها بمادة الطين المتوفرة محليا وبذلك اصبحت جميع المواد الخام محلية.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

ماهية السلاسل الزمنية:

السلاسل الزمنية هي مجموعة من البيانات المرتبة وفقًا لتسلسل زمني محدد، تُستخدم لتحليل التغيرات والأنماط التي تطرأ على هذه البيانات عبر فترات زمنية متعاقبة. تتكون السلاسل الزمنية من ملاحظات مسجلة في نقاط زمنية محددة، مثل يومية، أسبوعية، شهرية، أو سنوية. الهدف الرئيسي من تحليلها هو فهم الاتجاهات والأنماط الكامنة في البيانات، والتنبؤ بالقيم المستقبلية بناءً على البيانات التاريخية. تُستخدم السلاسل الزمنية في مجالات متنوعة، مثل الاقتصاد لدراسة مؤشرات الناتج المحلي الإجمالي والتضخم، وفي الطب لتحليل انتشار الأمراض، وفي علم المناخ لدراسة التغيرات المناخية. كما تُستخدم في الهندسة لمراقبة أنظمة التحكم والأداء.

تتميز السلاسل الزمنية بعدة خصائص رئيسية، منها الاتجاه العام (Trend) الذي يشير إلى المسار طويل الأجل للبيانات، والموسمية (Seasonality) التي تعكس التغيرات المنتظمة والمتكررة خلال فترات زمنية محددة، والدورية (Cyclicity) التي تتعلق بالدورات الاقتصادية أو الظواهر المتكررة على مدى فترات أطول، بالإضافة إلى التغيرات العشوائية (Random Variations)التي تمثل التقلبات غير المنتظمة التي يصعب التنبؤ بها. يتطلب تحليل السلاسل الزمنية استخدام نماذج إحصائية متقدمة مثل نماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك(ARMA) ، ونماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك المتكامل(ARIMA) ، والتي تساعد في فهم العلاقات بين القيم الزمنية وتقديم تنبؤات دقيقة.

تكمن أهمية السلاسل الزمنية في قدرتها على تقديم تنبؤات دقيقة بناءً على البيانات التاريخية، وفهم الأنماط الزمنية مثل الاتجاهات العامة والموسمية والدورية، مما يدعم اتخاذ القرارات المستنيرة في مجالات مثل الاقتصاد، الصحة، والأعمال. بالإضافة إلى ذلك، تساعد السلاسل الزمنية في تحسين الكفاءة من خلال تحسين العمليات التجارية وإدارة المخزون، وإدارة المخاطر من خلال التنبؤ بالتقلبات وتطوير استراتيجيات للتخفيف من تأثيرها. بفضل هذه القدرات، تُعد السلاسل الزمنية أداة لا غنى عنها في العديد من المجالات الحيوية. (عبد الرحمن، 2022)

أهمية السلاسل الزمنية:

تعتبر **السلاسل الزمنية** من الأدوات الإحصائية الحيوية التي تلعب دورًا محوريًا في تحليل البيانات المرتبطة بالزمن، مما يتيح فهمًا عميقًا للأنماط والتغيرات التي تطرأ على هذه البيانات عبر فترات زمنية متعاقبة. تكمن أهمية السلاسل الزمنية في قدرتها على

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

تحليل الاتجاهات العامة، التغيرات الموسمية، والدورات الزمنية، مما يوفر رؤى قيمة تساعد في التنبؤ بالقيم المستقبلية واتخاذ قرارات مستنيرة. في المجال الاقتصادي، تُستخدم السلاسل الزمنية لدراسة مؤشرات مثل الناتج المحلي الإجمالي، أسعار الأسهم، ومعدلات التضخم، مما يمكن الاقتصاديين من تطوير استراتيجيات استثمارية أكثر دقة وفعالية. بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم هذه الأدوات في قطاع الأعمال لتحليل المبيعات الموسمية وتخطيط المخزون، مما يسهم في تقليل التكاليف وزيادة الكفاءة التشغيلية.

في المجال الصحي، تُستخدم السلاسل الزمنية لتحليل انتشار الأمراض المزمنة مثل السكري، والتنبؤ بانتشار الأوبئة، مما يدعم تطوير سياسات صحية وقائية. كما تُستخدم في علم المناخ لدراسة التغيرات المناخية طويلة الأجل، مما يساعد في فهم تأثيرات التغيرات البيئية ووضع استراتيجيات للتكيف معها. في مجال الهندسة، تُستخدم السلاسل الزمنية لمراقبة أنظمة التحكم والأداء، مما يعزز كفاءة العمليات الصناعية ويقلل من الأعطال المحتملة. بفضل هذه التطبيقات الواسعة، تُعد السلاسل الزمنية أداة لا غنى عنها في العديد من المجالات، حيث توفر فهمًا شاملاً للظواهر الزمنية وتدعم اتخاذ القرارات القائمة على البيانات (الخليفي، 2023).

أهداف السلاسل الزمنية:

السلاسل الزمنية تتمتع بأهداف متعددة تعكس أهميتها في تحليل البيانات المرتبطة بالزمن. من بين هذه الأهداف:

1. تحليل الأنماط الزمنية :تهدف إلى اكتشاف الاتجاهات العامة، التغيرات الموسمية، والدورات الزمنية في البيانات.
2. التنبؤ بالمستقبل :تُستخدم البيانات التاريخية للتنبؤ بالقيم المستقبلية، وهو أمر مفيد في مجالات مثل الاقتصاد والمناخ.
3. فهم العلاقات بين المتغيرات :تساعد في تحليل التفاعلات بين المتغيرات المختلفة بمرور الوقت.
4. دعم اتخاذ القرار :توفر رؤى قائمة على البيانات لاتخاذ قرارات استراتيجية وإدارة المخاطر.
5. تحسين الأداء :تُستخدم لتحديد نقاط القوة والضعف في العمليات، مما يعزز الكفاءة.
6. إدارة الموارد :تساعد في التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية للموارد، مما يقلل الهدر.
7. تطوير السياسات :تُستخدم التنبؤات في صياغة سياسات استباقية تستجيب للاتجاهات المستقبلية.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

هذه الأهداف تجعل السلاسل الزمنية أداة حيوية في تحليل البيانات الزمنية وتطبيقها في مجالات متنوعة(Mills, 2019) .

الأساليب المعتمدة في التنبؤ بالسلاسل الزمنية:

تتعدد الأساليب المستخدمة في **التنبؤ بالسلاسل الزمنية**، حيث تعتمد على نماذج إحصائية مصممة لتحليل البيانات الزمنية وتوقع القيم المستقبلية. تختلف هذه الأساليب في درجة تعقيدها ومدى ملاءمتها لأنواع البيانات. فيما يلي بعض الأساليب الأكثر شيوعًا:

1. **المتوسطات المتحركة:(Moving Averages)**

تعتمد هذه الطريقة على حساب متوسط عدد محدد من القيم السابقة للتنبؤ بالقيم المستقبلية. يمكن أن تكون المتوسطات بسيطة أو مرجحة، حيث تُعطى أهمية أكبر للقيم الأحدث.

يتم التعبير في نموذج المتوسطات المتحركة عن قيم السلسلة الحالية Zt بدلالة القيم الحالية للأخطاء at ودلالة القيم السابقة للأخطاء $a_{t-q}at$, … , a_{t-2}, a_{-1} وقيم المعالم، وإن الصيغة الرياضية لهذا النموذج من الرتبة (q) والتي يرمز لها بالرمز MA(q) هي:

$$Z_t = \theta_0 + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \ldots - \theta_q a_{t-q}$$

حيث أن

Zt : قيم المشاهدة الحالية.

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$: معلمات نموذج المتوسط المتحرك.

$a_{t-1}, a_{t-2}, \ldots, a_{t-q}$: تمثل الأخطاء العشوائية،

q عدد قيم الأخطاء العشوائية المستخدمة في النموذج [4].

ويمكن كتابة هذا النموذج بدلالة الارتداد الخلفي(B) كما يلي:

$$Zt = \theta_0 + (B)_t$$

$(B)a$: متعدد الحدود في (B)

$(1, \ldots, \theta q)$ معلمات نموذج المتوسطات المتحرك

2. **النماذج الانحدارية الذاتية:(AR – Autoregressive Models)**

تعتمد هذه النماذج على العلاقة بين القيمة الحالية والقيم السابقة في السلسلة الزمنية. ويرمز لدرجة النموذج (p) والذي يمثل بعدد صحيح موجب تعتمد قيم المتغير الحالي على قيمة السابقة ويمكن تمثيل نموذج الانحدار الذاتي بدرجة ابطاء p كما يلي:

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

$y_t = \delta + \theta_1 y_{t-1} + ... + \theta_y y_{t-y} + \varepsilon_t$ ويقرا بنموذج AR(p)

فمثلا نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الاولى AR(1) هو

$$y_i = \partial + \theta_i y_{i-1} + E_i$$

بصفة عامة تكون دالة الارتباط الذاتي الجزئي لنماذج AR ((دالة الارتباط الذاتي تنخفض كلما زادت فترة الابطاء))

3. **نموذج المتوسط المتحرك الذاتي:(MA – Moving Average Models)**

تعتمد هذه النماذج على العلاقة بين القيمة الحالية للسلسلة الزمنية والأخطاء السابقة في التنبؤ. يتم استخدام هذه الأخطاء (أو البقايا) لحساب المتوسط المتحرك الذي يستخدم في التنبؤ بالقيم المستقبلية يمكن التمثيل الظاهرة المدروسة بنموذج اخر غير نموذج الانحدار الذاتي (P) ARهو نموذج الاوساط المتحركة والفرق ما بين هذا النموذج والنموذج السابق بان الاوساط المتحركة تعتمد على حدود الاخطاء في ازمان مختلفة وان النموذج الاوساط المتحركة من الرتبة (q) والذي يرمز AM(q) يمكن ان يمثل بالنموذج الرياضي الاتي:

$$y_t = \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \theta_3\varepsilon_{t-3} - ..... - \theta_q\varepsilon_{t-q} .....(1_2) \quad t \sim N(0, \sigma^2)$$

4. **نموذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك:(ARMA)**

هذا النموذج يجمع بين مزايا النماذج الانحدارية الذاتية ونماذج المتوسطات المتحركة، ويستخدم لتحليل السلاسل الزمنية التي تظهر فيها كل من الأنماط الانحدارية والمتوسط المتحرك.

وفي بعض الاحيان يمكن ان تمثل الظاهرة بنموذج مختلط من الانحدار الذاتي من الرتبة(p) والاوساط المتحركة من الرتبة (q)لنحصل على نماذج التي الذي يسمي النموذج المختلط والذي يرمز له بالرمز ARMA (p,q) يمكن تمثيله بالنموذج الرياضي الاتي:

$$X_t = \phi_1\chi_{t-1} + \phi_2\chi_{t-2} + ... + \phi_p\chi_{p-1} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - ..... - \theta_q\varepsilon_{q-1} .....(1_3)$$

5. **نموذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك المتكامل:(ARIMA)**

تعتبر هذه النماذج من الأساليب الأكثر شيوعاً وفعالية في التنبؤ بالسلاسل الزمنية. يجمع نموذج ARIMA بين النماذج الانحدارية الذاتية ونماذج المتوسطات المتحركة مع تضمين التكامل (الاختلاف) لإزالة الاتجاهات أو التفاوتات الزمنية المستمرة. لنتحصل على نموذج

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

يسمي النموذج المختلط والذي يرمز له بالرمز ARMA(p,q) يمكن تمثيله بالنموذج الرياضي الاتي:

$$Z_t=\phi_0+\phi_1 Z_{t-1}+ \phi_2 Z_{t-2}+ \ldots +\phi_p Z_{t-p}+ a_t - \theta_1 a_{t-1}-\theta_2 a_{t-2} \cdot \ldots -\theta_q a_{t-q}.$$

ويمكن كتابة هذا النموذج بدلالة الارتداد الخلفي. (B)

$$(B)Z_t = \phi_0 + \theta(B)a_t$$

$(B)Z$: متعدد الحدود في (B) لمعلمات نموذج الانحدار الذاتي , ... ,$\phi 1$).

ϕp)

$(B)at$): متعدد حدود في (B) لمعلمات نموذج المتوسطات المتحركة($\theta 1$, ... , θq)

6. **نماذج:Box–Jenkins**

المعروفة أيضاً باسم نماذج ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)، هي مجموعة من الأدوات الإحصائية المستخدمة لتحليل السلاسل الزمنية والتنبؤ بها. تم تطوير هذه النماذج بواسطة جورج بوكس جينكينز في أوائل السبعينيات، وهي تعتبر واحدة من أكثر الأساليب استخداماً وشيوعاً في تحليل السلاسل الزمنية. (صالح 2020)

مراحل التنبؤ:

1. مرحلة التحديد:(Identification)

في هذه المرحلة، يتم تحليل السلسلة الزمنية لتحديد ما إذا كانت مستقرة (Stationary)أم لا. إذا كانت غير مستقرة، يتم تطبيق عملية التفريق (Differencing) لجعلها مستقرة. كما يتم تحديد الرتب المناسبة لمكونات النموذج الانحداري الذاتي (AR) والمتوسط المتحرك (MA) باستخدام أدوات مثل مخطط الارتباط الذاتي (ACF) ومخطط الارتباط الذاتي الجزئي.(PACF)

2.مرحلة التقدير:(Estimation)

بعد تحديد النموذج المناسب قيم (pp, dd, qq)، يتم تقدير معلمات النموذج باستخدام تقنيات إحصائية متقدمة مثل طريقة الاحتمالية القصوى (Maximum Likelihood Estimation – MLE

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

3.مرحلة التحقق:(Diagnostic Checking)

يتم فحص النموذج المقدر للتأكد من ملاءمته للبيانات. يتم تحليل بقايا النموذج (Residuals)للتأكد من أنها عشوائية وليس لها أي أنماط يمكن تحسينها. إذا كانت البقايا غير عشوائية، قد يتطلب الأمر إعادة تحديد النموذج.

4. مرحلة التنبؤ:(Forecasting)

بعد التحقق من ملاءمة النموذج، يتم استخدامه للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية. (علي، 2021)

الجانب العملي

وصف البيانات:

تمثلت البيانات في سلسلة زمنية من 36 مشاهدة للفترة من 2021 الى 2023 وهي بيانات شهرية لمبيعات مصنع اسمنت المرقب وكما موضحة بالجدول (1)

جدول (1) يوضح بيانات سلسلة المبيعات مصنع اسمنت المرقب للفترة 2021 الى 2023

السنوات			الشهر
2023	2022	2021	
3534000.00	1831700.00	1895820.00	1
2667600.00	1097074.80	2096450.50	2
2946900.00	2191650.00	2093600.00	3
1071600.00	2049150.00	2090522.50	4
1265232.00	1675800.00	1333050.00	5
1201150.00	1906275.00	1842850.00	6
1308150.00	2245895.00	1446675.00	7
1345500.00	1345200.00	1872100.00	8
1230150.00	1670100.00	1121357.40	9
1874950.00	1701450.00	1921137.50	10
1553250.00	1867225.00	1287347.50	11
1629112.50	2420315.00	1257100.00	12

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

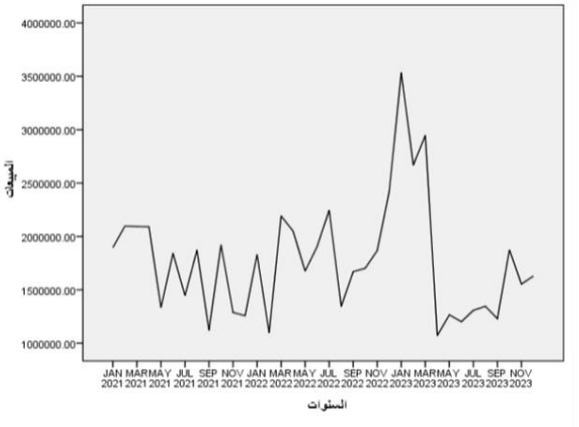
http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

مراحل بناء النموذج:

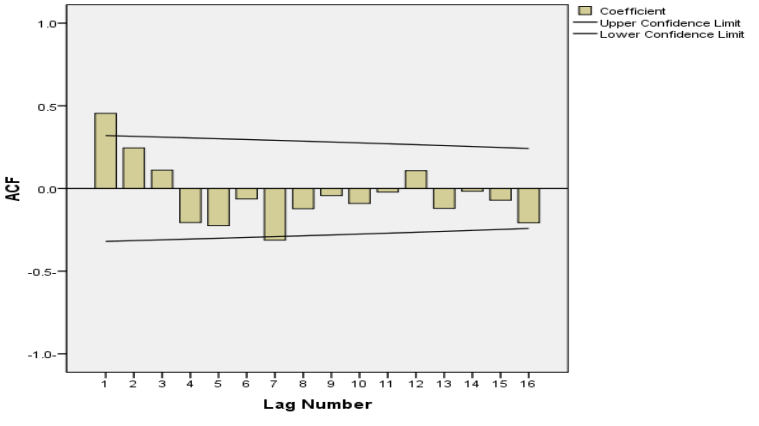
اولا: مرحلة التعرف على النموذج

تعتبر مرحلة التعرف على النموذج مرحلة أساسية وهامة في بناء نموذج السلسلة الزمنية وتتمثل في رسم السلسلة الاصلية للتعرف على الاتجاه العام وفهم التغيرات والتذبذب في المتوسط والتباين من خلال دالتي الارتباط الذاتي والجزئي

من خلال الشكل (1) للسلسلة الاصلية يتضح ان هناك تذبذب في مسار السلسلة عبر الزمن كذلك تظهر معاملات الارتباط الذاتي ان السلسلة غير مستقرة في المتوسط حيث كانت قيم معاملات الارتباط الذاتي تختلف معنويا عن الصفر (sig < 0.05) كما موضح بالشكل (2) لدالة الارتباط الذاتي والشكل (3) لدالة الارتباط الجزئي .



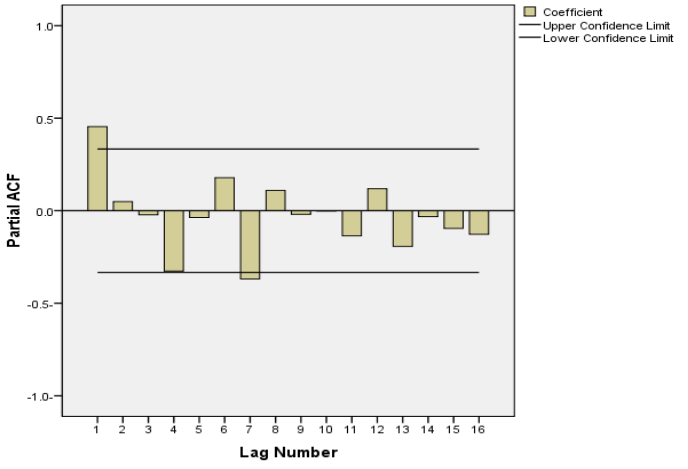
شكل (1) السلسلة الاصلية للبيانات



شكل (2) معاملات دالة الارتباط الذاتي للسلسة الاصلية للبيانات

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753



شكل (3) معاملات دالة الارتباط الجزئي للسلسلة الاصلية للبيانات

بعد الاجراءات الاولية لمعرفة نمط السلسلة عن طريق رسم السلسلة ورسم دالتي الارتباط الذاتي والجزئي والتحقق بشكل نهائي تم باستخدام دوكي فيلر للسكون (DICKEY FULLER) للتحقق من الفرضية التالية:

الفرضية الصفرية: السلسلة الزمنية مستقرة

الفرضية البديلة: السلسلة الزمنية غير مستقرة.

حيث كانت نتائج الاختبار موضحة بالجدول (2)

جدول (2) يوضح نتائج اختبار دوكي فيلر للسكون

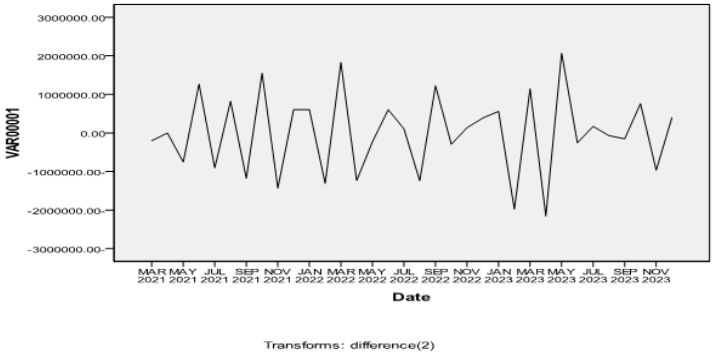
السلسلة الاصلية	احصاءة الاختبار DICKEY FULLER	مستوى المعنوية Significance level (%5)	القرار
المبيعات	2.57	0.029	لا يمكن رفض الفرضية الصفرية

من نتائج الاختبار تبين ان السلسلة غير مستقرة حيث تم قبول الفرض الصفري الذي ينص على أن السلسلة مستقرة، قام الباحثون بأخذ الفروق الاولية من الدرجة الاولى والثانية ورسم السلسلة ودلالة الارتباط الذاتي عند كل فرق من الفروق واجراء اختبار دوكي فيلر لسلسلة الفروق حيث تبين ان السلسلة كانت مستقرة عند الفرق من الدرجة الثانية

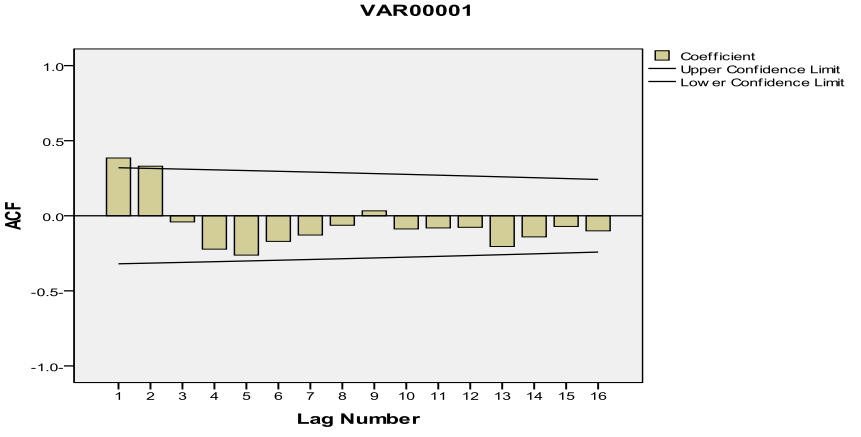
Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

(d=2) كما موضح بالشكل (4) لسلسة الفرق والشكل (5) لدالة الارتباط الذاتي والجدول (3) الذي يوضح نتائج اختبار جذر الوحدة (دوكي فيلر)



شكل (4) سلسلة الفروق من الدرجة الثانية



شكل (5) دالة الارتباط الذاتي لسلسة الفروق من الدرجة الثانية

جدول (3) يوضح نتائج اختبار دوكي فيلر للسكون :

ساسلة الفروق	احصاءة الاختبار DICKEY FULLER	مستوى المعنوية Significance level (%5)	القرار
الدرجة الاولى	3.08	0.042	لا يمكن رفض الفرضية الصفرية
الدرجة الثانية	4.73	0.631	رفض الفرضية الصفرية

من نتائج الجدول يتضح ان السلسلة مستقرة عند الفرق من الدرجة الثانية حيث يتم قبول الفرض الصفري الذي ينص على أن السلسلة مستقرة ورفض الفرض البديل الذي ينص على ان السلسلة غير مستقرة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

المرحلة الثانية: تقدير النماذج

يتم في هذه المرحلة تقدير معالم النماذج المقترحة بحيث تكون قينة الفرق (d=2) وكما موضح بالجدول (4)

جدول (4) يوضح نتائج تقدير معالم النماذج المقترحة

النموذج	التقدير	الخطأ المعياري	مستوى المعنوية
Arima (0,2,1)	θ= 1.06	73.03	0.771
Arima (1,2,0)	θ_1 = 2.78	0.83	0.004
Arima (1,2,1)	θ_1 = 0.46	2.14	0.093
	α_1 =0.52	8.27	0.242

تبين من الجدول السابق عدم معنوية معلمة نموذج الانحدار الذاتي حيث كان مستوى المعنوية أكبر من 0.05 كذلك عدم معنوية معالم النموذج المختلط (انحدار ذاتي ومتوسط متحرك) حيث كانت معلمتي النموذج غير معنوية، بينما كانت معلمة النموذج المتوسط المتحرك معنوية حيث كان مستوى المعنوية أقل من 0.05 (0.004) وهذا يدل على ان نموذج المتوسط المتحرك هو الافضل من بين النماذج المقترحة.

المرحلة الثالثة: فحص وملائمة النموذج

من نتائج اختبار Ljung-Box اتضح معنوية النموذج المعتمد حيث كانت قيمة المعنوية اقل من 0.05 مقارنة بالنماذج الأخرى كما تبين ان للنموذج اقل متوسط مربعات الخطأ (60.43) مما يعني ان النموذج Arima (1,2,0) هو النموذج الملائم للتنبؤ ببيانات السلسلة وكما موضح بالجدول (5).

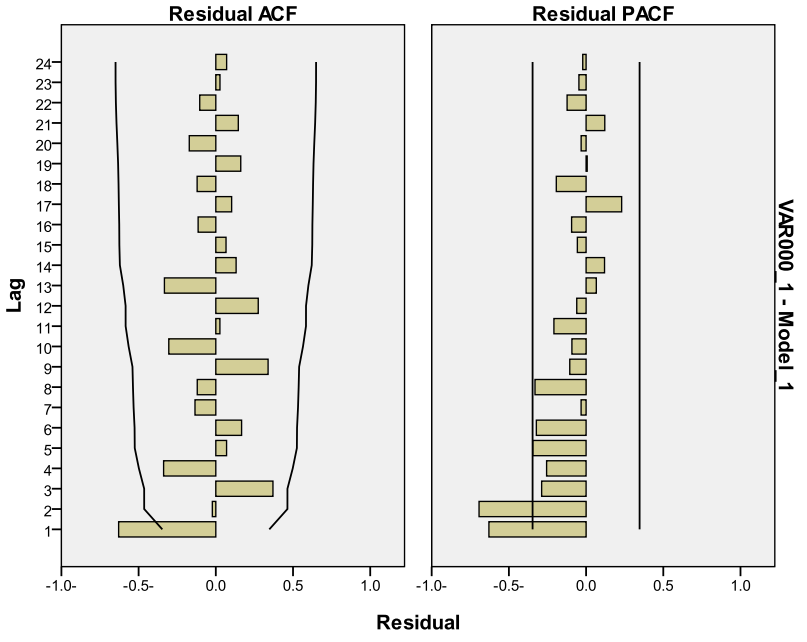
جدول (5) نتائج اختبار Ljung-Box لمدى ملائمة النموذج

Ljung-Box Q(18)		MAE	MSE	R-square	النموذج
Sig	Statistics				
0.016	50.46	60.43	86.26	0.738	Arima (1,2,0)
0.074	61.902	77.04	97.51	0.302	Arima(0,2,1)
0.261	110.15	81.92	113.84	0.297	Arima (1,2,1)

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

كما تم التحقق من بواقي النموذج المعتمد حيث تم رسم دالة الارتباط الذاتي لبواقي النموذج المعتمد وكانت كما مبين بالشكل تقع داخل حدود الثقة بغض النظر عن الفجوة الاولى الثانية التي لا تؤثر على استخدام النموذج للتنبؤ.



شكل (5) يوضح دالة الارتباط الذاتي والجزئي لبواقي النموذج المعتمد

رابعا: مرحلة التنبؤ

النموذج المعتمد ARIMA (1,2,0)

الصيغة الرياضية للنموذج :

$$\Delta^2 Y_t = \theta_1 \epsilon_{t-1} + \epsilon_t$$

بالتالي يكون شكل النموذج بالتعويض في معلمة المنوسط المتحرك كالتالي:

$$\Delta^2 Y_t = 2.78\epsilon_{t-1} + \epsilon_t$$

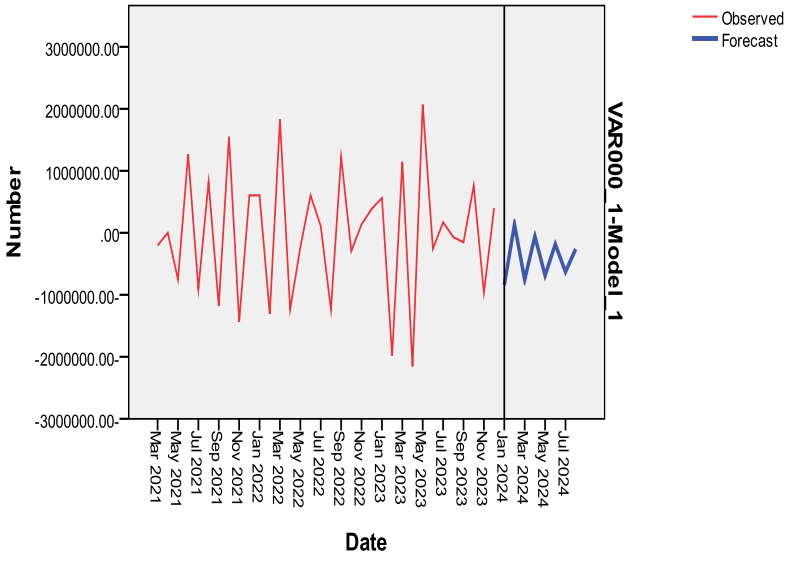
بعد استخدام البرنامج الاحصائي spss.v.24 في التنبؤ بقيم سلسلة المبيعات لعدد ثمان اشهر من سنة 2024 فكانت القيم التنبؤية كما مبينة بالجدول التالي :

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

جدول(6) يوضح القيم التنبؤية باستخدام نموذج المتوسط المتحرك ARIMA (1,2,0) لعدد ثمان اشهر من سنة 2024

الشهر	القيمة التنبؤية
1	840614.35
2	132212.01
3	753429.69
4	56907.43
5	687186.01
6	184811.43
7	629188.01
8	262233.54



شكل (6) يوضح القيم الحقيقية والتنبؤية باستخدام النموذج المعتمد

الاستنتاجات

1. استقرار السلسلة الزمنية: أظهرت نتائج البحث أن سلسلة أسعار الأسمنت كانت مستقرة عند الفرق من الدرجة الثانية، مما يشير إلى أن البيانات تتطلب معالجة معينة لضمان دقة التنبؤات.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

2. اختيار النموذج المناسب: تم التوصل إلى أن نموذج ARIMA (1, 2, 0) هو الأنسب للتنبؤ بأسعار الأسمنت، مما يعكس فعالية هذا النموذج في التعامل مع البيانات الشهرية في السياق المحلي.
3. دقة التنبؤ: أظهرت النتائج أن النموذج المستخدم يوفر تنبؤات دقيقة، حيث تم تقييم أدائه باستخدام معايير موضوعية مثل متوسط مربع الأخطاء (MSE) ومتوسط الأخطاء المطلعة (MAE).
4. تطبيقات عملية: النتائج تعزز قدرة إدارة المصنع على اتخاذ قرارات مستنيرة تتعلق بالإنتاج والتسعير، مما يساعد على تحسين كفاءة عمليات المصنع واستجابته للتغيرات في السوق.
5. أهمية الدراسات المستقبلية: يُوصى بإجراء دراسات مستقبلية لتوسيع نطاق البحث، بما في ذلك تحليل تأثير العوامل الاقتصادية والسياسية على أسعار الأسمنت، مما قد يوفر رؤى إضافية لتحسين استراتيجيات التنبؤ.

الخلاصة:

ركزت هذه الدراسة على تحليل تقلبات أسعار الإسمنت في مصنع المرقب عبر تطبيق نماذج السلاسل الزمنية(ARIMA) ، مستخدمةً بيانات شهرية من يناير 2021 إلى ديسمبر 2023. كشف اختبار ديكي–فولر عن عدم استقرار السلسلة الزمنية، مما استدعى تطبيق تحويل الفرق الثاني لضمان استقرارها إحصائيًا. من بين النماذج المُختبرة، أثبت نموذج ARIMA (1, 2, 0)تفوقًا ملحوظًا بدلالة معايير الدقة MSEوMAE، مما يجعله أداةً موثوقة للتنبؤ بأسعار الإسمنت حتى أغسطس 2024. تُسهِم هذه التنبؤات في تمكين إدارة المصنع من تبني استراتيجيات مُثلى للإنتاج والتسعير، مع تقليل المخاطر المرتبطة بتقلبات السوق. في السياق الأكاديمي، تفتح الدراسة آفاقًا لبحوث مستقبلية تعتمد نماذج هجينة) كدمج التعلم الآلي مع (ARIMA) أو تُدخل متغيرات خارجية كأسعار الطاقة أو العوامل اللوجستية)، خاصةً في البيئات الاقتصادية الهشة كالليبية، حيث تُعد مثل هذه الدراسات نادرة نسبيً

المراجع العربية :

بري، عدنان ماجد عبد الرحمن .(2002) .*طرق التنبؤ الإحصائي* .مطابع الملك سعود، المملكة العربية السعودية، الطبعة الأولى.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/hyhr0753

الجابري، عبد الرحمن محمد مرشد .(2000) .*دراسة لبعض أساليب ترشيح السلاسل الزمنية والتطبيقات* .رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل.

الخليفي، أحمد .(2023) .*السلاسل الزمنية: التطبيقات الحديثة في الاقتصاد والعلوم* .دار المستقبل للنشر، الرياض.

شعراوي، سمير مصطفى .(2005) .*مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية* .مركز النشر العلمي، المملكة العربية السعودية، الطبعة الأولى.

صالح، محمد عبد الفتاح .(2020) .*تحليل السلاسل الزمنية وتطبيقاتها في الاقتصاد والإدارة* . دار اليازوري العلمية.

عبد الرحمن، خالد .(2022) .*السلاسل الزمنية: الأسس والتطبيقات الحديثة* .دار العلم للنشر.

علي، أحمد محمد .(2021) .*السلاسل الزمنية: الأسس والتطبيقات* .دار الفكر العربي.

Arsham, H. (1996). *Time Series Analysis And Forecasting Techniques*. Retrieved from http://obeli.jde.aca.mmu.ac.uk.

Mills, T. C. (2019). *Applied time series analysis: A practical guide to modeling and forecasting*. Academic Press.

Shiha, A., Dorra, E. M., & Nassar, K. (2020). Neural networks model for prediction of construction material prices in Egypt using macroeconomic indicators. *Journal of Construction Engineering and Management, 146*(3), 04020010.

Vinod, H. D. (1999). *Time Series Analysis*. Fordham University, New York, USA: Pronex.

Yao, F., Zeng, H., Liu, T., & Wu, Y. (2023). Research on Cement Price Fluctuation Prediction Based on EEMD-ARIMA. In *Lecture Notes in Operations Research*. Springer.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية