



تقييم نموذج الذكاء الاصطناعي (ARIMA) في
التنبؤ بكمية المطر في مدينتي رفح ومرسى مطروح
بمصر على المدى البعيد (2023-2083)

نشوة محمد إبراهيم مغربي
قسم الجغرافيا - كلية البنات جامعة عين شمس



المستخلص:-

يتناول البحث الدراسة النظرية والتطبيقية لبناء أفضل نموذج يساعد على التنبؤ لكمية المطر في مدينتي رفح ومرسى مطروح بهدف تقييم مصداقية نموذج الذكاء الاصطناعي ARIMA في معرفة التغير في كمية المطر باتباع خطوات ومراحل منهجية بوكس - جنكينز الموسمية (Box-Jenkins(B-J)، وتستخدم النماذج المقترحة بعد اجتيازها معظم المعايير الإحصائية للفحص في التنبؤ بالقيم المستقبلية الفصلية لكميات الأمطار، حتى ستين عامًا قادمة خلال القرن الحادي والعشرين، وتشير تحليلات النماذج المستخدمة في الدراسة إلى التنبؤ بوجود تناقص مستمر في كميات الأمطار المتساقطة وظروف مناخية أكثر جفافاً في السنوات القادمة ما بين أعوام (2064 إلى 2083م) خلال فصل الشتاء، كما تتنبأ النماذج بوجود تقلبات وحدوث أمطار فجائية خلال فصل الربيع في مرسى مطروح، وهو ما حدث بالفعل خلال عام (2024)، ومن المتوقع أن يستمر هذا السيناريو لسنوات قادمة، الأمر الذي يترتب عليه نقص كميات المياه في تلك المناطق، مما يتطلب إيجاد مصادر مياه بديلة؛ لتعويض النقص المتوقع حدوثه في مياه الأمطار، وهو ما يبرز أهمية هذه الدراسة في عمليات التخطيط الهيدرولوجي، والمخاطر البيئية وآثارها السلبية على الغطاء النباتي، والأمن المائي وانعكاساته على الأمن الغذائي الناجمة عنها في المستقبل¹.

الكلمات المفتاحية: التنبؤ، الذكاء الاصطناعي، الاتجاه العام، الأمطار، التغير المناخي، الغطاء النباتي، الأمن المائي.

Abstract:-

The research deals with the theoretical and applied study; to build the best model that helps predict the amount of rain in the cities of Rafah and Marsa Matruh; with the aim of evaluating the credibility of the ARIMA artificial intelligence model, To know the change in rainfall amounts by following the steps and stages of the seasonal Box-Jenkins (B-J) methodology, Proposed models are used after passing most of the statistical criteria for examination in predicting future seasonal values of rainfall amounts, up to the next sixty years during the twenty-first century, Analyzes of the models used in the study indicate the prediction of a continuous decrease in rainfall amounts, and drier climate conditions in the years, Coming between the years (2064 to 2083 AD), during the winter season.

Keywords: prediction, artificial intelligence, general trend, rainfall, climate change, vegetation, water security.

¹ (لمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع إلى (مكي محمد عزيز، 1971، ص 273)

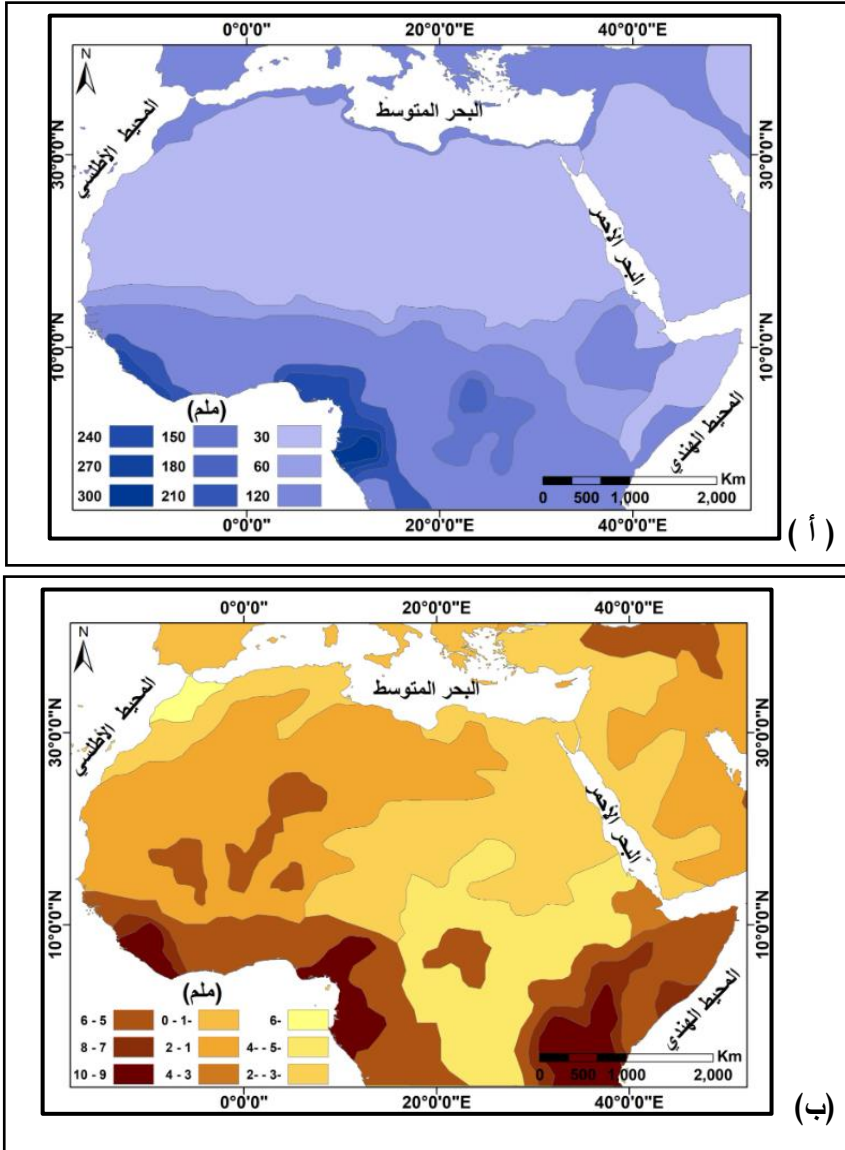
أولاً: المقدمة:

تُعَدُّ توقعات كمية الأمطار بالزيادة أو النقصان من أبرز التحديات التي تواجه العلماء والمتنبئين؛ بسبب طبيعتها غير الخطية، إذ يشير تقرير توقعات (البيئة العالمية الرابع من أجل التنمية GEO4)، برنامج (الأمم المتحدة للبيئة 2007 UNEP)¹ إلى أن تأثير تغيير المناخ على بيئة العالم يسبب سيادة الدفء النسبي وتناقص في كميات وشدة المطر، ومن المرجح أن تؤثر هذه التغيرات في إحداث تغييرات جذرية في التنوع البيولوجي، والنظم البيئية العالمية.

ويؤكد علماء المناخ حول التنبؤ بالتغيرات المستقبلية أن كميات الأمطار ستصبح أكثر عدم انتظاماً، وربما تتسبب في تأخير أو تقصير في موسم النمو للمحاصيل المنزرعة، إذ تعد ندرتها من المشكلات الخطيرة التي تواجه الأراضي الجافة وشبه الجافة؛ نظراً لإكتساحها الحزام الأخضر والخصب، إذ تشكل ندرة الأمطار قلقاً حول الكيفية التي ستصبح عليها التربة، وانخفاض إنتاجية المحاصيل الزراعية وعجز في الأمن المائي والغذائي لكثير من الدول. (النعمة عبد الخالق مصطفى، 2016، ص124) ويتوقع العلماء أن يشهد البحر المتوسط انخفاضاً في كميات الأمطار بنسبة 40% في العقود المقبلة مما يؤثر سلباً على البيئة، اعتماداً على تقرير المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ في تحليل المعايير لكميات المطر المتوقعة في الفترة الزمنية الممتدة خلال (19 عاماً) من 2046-2065 مقارنة بمؤشراتها الفعلية الممتدة من 1986-2005.

¹) تقرير البيئة العالمية الرابع. 4. (GEO4): Global Environment Outlook

• برنامج الأمم المتحدة (2007) (UNEP): United Nations Environment Programme
للبيئة



المصدر: (الأمم المتحدة ، 2015، ص ص8-9)

شكل (1) المعدل السنوي للأمطار الفعلية (CTL) (أ) ⁽¹⁾ من 1986 - 2005 والمتوقعة (SCN) (ب) من 2046-2065 في المنطقة العربية

¹ CTL: Control Rain Data بيانات معدل المطر الفعلية و SCN-CTL Expected قد يشير إلى Scenario-Control Expected سيناريو البيانات المتوقعة

كما أن تقييم أثر المطر يستند إلى التوقعات المستخلصة من تصغير النماذج المناخية الإقليمية، مؤكداً وجود اتجاهٍ مستمرٍ نحو التناقص في الأمطار المتساقطة وظروف مناخية أكثر جفافاً، التي تغطي المنطقة العربية ومنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، إذ يوضح شكل (1) الاتجاه التنازلي للأمطار في المنطقة العربية، والتراجع في معدلات الأمطار في السنوات القادمة حتى عام 2065 م، حيث أكد تقرير المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بوجود احتمالات بنسبة 66% بزيادة المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العالمية ما بين أعوام 2023 و 2027 إلى درجة ونصف درجة مئوية (1.5 م) فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية وأيضاً وجود احتمالات بنسبة 90% أن ظاهرتي النينيو والنينيا تؤثران على نمط المناخ، والتي اتضح تأثيرهما في النصف الأخير من عام 2023، حيث سيتعرض كوكب الأرض للاحتباس الحراري الناجم عن الانبعاثات الدفئية، ولظاهرة النينيو المتقطعة تأثير على الطقس العام وسيادة الدفء من سنة لأخرى؛ مما يترتب عليه انتشار الجفاف على سطح الكرة الأرضية (رئاسة مجلس الوزراء ، 2023)، ويشير تقرير الاتحاد الأوروبي للجفاف والتناقص في المطر، إلى أن دولتي جنوب السودان وأوغندا أكثر المناطق المتضررة من الجفاف، حيث أن عدم سقوط الأمطار في أوقاتها المعروفة سيؤثر على القطاع الزراعي بشكل كبير، وأكد التقرير أن بلدان شرق إفريقيا هي الأكثر عرضة لموجات الجفاف في العالم، وأن الإجهاد المائي والحراري سيؤديان إلى انخفاض حاد في محاصيل الذرة وفول الصويا وزهرة عباد الشمس؛ بسبب الجفاف المستمر، بالمقارنة مع متوسط السنوات الخمسة الماضية، كما انخفضت توقعات الاتحاد الأوروبي للحصاد في الدول الأوروبية بنسبة 16% للذرة، و15% لفول الصويا، و12% لزهور عباد الشمس، هذا بوجه عام، وأكد خبير التغيرات المناخية¹ أن الدول الأوروبية تعيش فترة عصيبة حيث تناقص الأمطار، حيث أن جفاف 2018 كلف أوروبا 5

¹ (التواصل الهاتفني مع د. سمير طنطاوي استشاري المناخ ومندوب بالأمم المتحدة وخبير بوزارة البيئة. 2022/8/10.



مليارات يورو، والموجة الحالية نتيجة الاحترار العالمي سببت جفافاً أشد خطورة؛ مما جعلها تشهد مجموعة أزمات كأزمة الركود الاقتصادي والجفاف البيئي، والتي لم تحدث منذ ما يقرب من 500 عام، بالإضافة إلى انخفاض مناسيب المياه في معظم الأنهار الأوروبية ليصل إلى 30 سم طبقاً لمعهد الهيدرولوجيا الألماني، وينعكس ذلك على الصناعة والزراعة وسلاسل الإمداد، كما أكد على مناشدة السلطات الأوروبية المواطنين بأهمية ترشيد استهلاك الطاقة بسبب الحرب الروسية الأوكرانية، وضرورة ترشيد استهلاك المياه؛ لمحاولة الخروج من أزمة الجفاف التي تهدد أوروبا بأكملها مع ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات المطر، خاصة أن حاويات السفن التي تمر بالأنهار الأوروبية يتم تحميلها بربع طاقتها؛ لأن منسوب المياه لا يسمح باكثر من ذلك .

1- مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في التساؤلات الآتية: ما مدى دقة ومصادقية نموذج الذكاء الاصطناعي المستخدم ARIMA في توقع كميات المطر و مقارنتها بالبيانات الفعلية؟، وما العوامل التي تؤثر على مصادقيته في مختلف الظروف الجوية السائدة في مدينتي رفح ومطروح بمصر؟، وهل التنبؤ بقيمة تصل لستين عاماً قادمة سيكون بدقة عالية تكشف التأثير السلبي والإيجابي للامن المائي في هذه المدن؟، وهل يعد التأثير السلبي من أبرز التحديات التي تواجه البشرية في القرن الحادي والعشرين؟

2- أسباب اختيار الموضوع ومنطقة الدراسة:

أما عن اختيار الموضوع ومنطقة الدراسة تم لعدة أسباب أهمها:

- عدم وجود دراسات تفصيلية لمؤشرات اختلاف الاتجاه العام لكمية المطر كأحد عناصر المناخ حتى عام 2083م، مستخدماً آلية التنبؤ بدقة عالية كنموذج ARIMA بمنهجية بوكس، وجنكيز (Box-Jenkins(B-J)، والتي لم يتم دراستها

في الساحل الشمالي عامة، ومدينتي الدارسة بصفة خاصة بهذه المنهجية من قبل في مثل هذه الموضوعات التطبيقية.

• موضوع ذو أهمية تطبيقية في مجال الجغرافيا المناخية؛ لأنه يستقي من علوم الرياضيات أحد نماذج الذكاء الاصطناعي المهمة التي تعطي نتائج بدقة عالية لم تسبق دراستها من قبل .

• تنمية المهارات البحثية من خلال تطبيق التقنيات والبرامج الحديثة في تحليل أحد عناصر المناخ إحصائياً، والتوقعات المستقبلية للمطر

3- الدراسات السابقة:

(1) - دراسات جغرافية مناخية عالمية:

1 - الدراسات البحثية التي اهتم بها كل من : (Bari et al., 2015) بعنوان Forecasting monthly precipitation in Sylhet city using ARIMA model ببناء نموذج ARIMA الموسمي باستخدام طريقة (Box و Jenkins)؛ للتنبؤ بالأمطار على المدى الطويل، حيث تم استخدام بيانات الأمطار من عام 1980 إلى عام 2010 لمحطة سيلهيت ببنجلاديش، والتحقق منه بأربع خطوات أساسية وهي: التحديد، والتقدير، والتشخيص، والتنبؤ.

2 - اهتم كل من (Hwan et al, 2019) في دراستهم البحثية Evaluation of Rainfall Forecasts with Heavy Rain Types in the High- Resolution Unified Model over South Korea بتقييم توقعات هطول الأمطار في استيعاب البيانات المحلية ونظام التنبؤ (LDAPS)، وهو تكوين عالي الدقة للنموذج الموحد على الطراز الكوري من خلال توضيح حالات الأمطار الغزيرة مع ارتفاعات عالية في قمم السحب، حيث أثبت أن مهارة التنبؤ بهطول الأمطار في الأحداث ذات النوع الدافئ أقل بكثير من مهارة التنبؤ بهطول الأمطار عكس الدراسات التي تظهر تكرار هطول أمطار متوسطة الشدة .



3-اهتم كل من (Zakaria et al, 2012) في دراستهم البحثية

ARIMA Models for weekly rainfall in the semi-arid Sinjar District at Iraq - بتحليل السلاسل الزمنية للبيانات المناخية الأسبوعية في أربع محطات مناخية باستخدام خطوات منهجية بوكس جنكينز.

(2) الدراسات المناخية المحلية والإقليمية ومن بينها ما يلي:

1-دراسة (شحاتة سيد أحمد طلبة ، ١٩٩٠): حيث استهدف في دراسته "المطر في مصر" دراسة في الجغرافية المناخية، دكتوراه غير منشورة ببيان الخصائص العامة لتذبذب المطر في مصر، والتذبذبات الشهرية والسنوية، ثم الاتجاه العام للتغير في كميات المطر المتساقط

2-دراسة (محمد محمد عبد العال إبراهيم، 2012): حيث استهدف في بحثه التغيرات المناخية للأمطار السواحل المصرية دراسة في الجغرافية المناخية، دكتوراه غير منشورة على توضيح التباين الجغرافي والتعرف على التركيز المطري الزمني والمكاني للأمطار في السواحل المصرية خلال الفترة 1951-2006، وذلك من خلال تطبيق مؤشر الموسمية النسبي Seasonality Index Relative، ومؤشر التركيز المطري Precipitation Concentration Index.

3-اهتم (نعمان شحادة، 1990) : في بحثه، فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية ، بتحديد فصلية سقوط الأمطار وتركزها في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية.

4-دراسة (قصي عبد المجيد السامرائي وآخرون، 2008): حيث اهتم في بحثه بأثر الارتفاع في كمية الأمطار الساقطة على شمال العراق، بدراسة التباين المكاني في كمية الأمطار.

5-دراسة (مولود علي بربيش، أسمهان علي المختار، 2020): حيث اهتموا في دراستهم البحثية بتغير كثافة الغطاء النباتي وعلاقتها بكميات الأمطار في منطقة الزاوية خلال الفترة 1990 - 2020، بإظهار التغير المكاني والزمني في أنماط الغطاء النباتي، والذي أظهر استجابة الغطاء النباتي للتقلبات السنوية في الأمطار.

6-دراسة (خالد محمد مذكور علي، 2020): حيث توصلت دراسته (الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر خلال موسم المطر 2019 - 2020) إلى أن المنخفضات الجوية ارتبطت بمجموعة من العوامل تزامنت بشكل يندر تكراره في نشأة المنخفضات خلال موسم المطر في مصر.

7-دراسة (محمد فوزي أحمد عطا، 1992): مناخ الساحل الشمالي في مصر وآثاره الجغرافية، ماجستير غير منشورة، أوضح في دراسته الخصائص المناخية العامة لتوزيع المطر على الساحل الشمالي من رفح حتى السلوم حتى عام 1990.

ونستخلص من هذا أن جميع الدراسات اعتمدت على حساب بعض مقاييس التشتت؛ لإظهار التغير المكاني والزمني في أنماط كميات الأمطار المتساقطة من خلال مؤشرات تركز المطر، ولذا تُعدُّ هذه الدراسة من الدراسات الجغرافية الحديثة والمهمة التي لم تُستخدم من قبل في دراسات الساحل الشمالي لمصر، والتي تطرقت لاستخدام آلية بناء نموذج للتنبؤ ARIMA مع استخدام بيانات مناخية يومية حديثة لنحو عشر محطات مناخية، بالإضافة إلى تطبيق آليات المؤشرات الإحصائية ذات الأهمية للتنبؤ، والتي تم الاعتماد عليها باستخدام برامج الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات المناخية، حيث أصبح التنبؤ المستقبلي محور اهتمام العالم في وقتنا الحالي؛ لمواجهة أية تحديات مناخية تؤثر سلباً على قطاعات البيئة المختلفة

4- تساؤلات الدراسة:

أما عن تساؤلات الدراسة فهي:



- 1) ما مدى دقة نموذج الذكاء الاصطناعي للتنبؤ ARIMA بالاعتماد على منهجية بوكس وجنكيز (B-J) في معرفة حجم التغير في المطر على المحطات المناخية لمنطقة الدراسة بتوفير مؤشرات بناءة لمتخذي القرار؟
- 2) ما تأثير الظروف الجوية المتغيرة خلال الفصول المطيرة والظواهر الجوية غير المستقرة على مصداقية التوقعات التي ينتجها النموذج الذكي ARIMA؟

5- الفرضيات:

- 1) تشير التوقعات العالمية لسنوات قادمة إلى تغير وتباين كمية الأمطار المتساقطة واتخاذها اتجاهًا تنازليًا، وتؤكد تناقص الأمطار نتيجة لتأثرها بعوامل مناخية، وجغرافية لها أثر واضح على البيئة.
- 2) إعطاء نتائج بناءة في التحليل والتنبؤ بالسلسلة الزمنية للمطر باستخدام نموذج ARIMA للتنبؤ المستقبلي.

6- أهداف الدراسة:

- 1) اعداد دراسة إحصائية تحليلية حديثة توضح وجود اختلاف وتغيير في مؤشر الاتجاه العام بالزيادة والنقصان لكمية المطر بمدينة الدراسة.
- 2) تقييم مصداقية نموذج الذكاء الاصطناعي ARIMA للتنبؤ المستقبلي بدقة منهجية بوكس وجنكيز (B-J) من عدمه في توفير مؤشرات دقيقة للمخطط؛ لمعرفة حجم التغير في كمية المطر، وليكون قادرًا على مواجهة أي تغيير، ووضع الخطط المستقبلية المناسبة.
- 3) وضع الحلول والمقترحات لمن يهمله الأمر من متخذي القرار؛ لمواجهة التحديات المؤثرة على عمليات التخطيط الهيدرولوجي والمخاطر البيئية الناجمة عنها.

ثانياً: مصادر البيانات ومنهجية الدراسة:

1- منطقة الدراسة:

تقع مدينتا الدراسة في الساحل الشمالي لمصر، مُشكلة مدن رئيسة لأعلى كميات مطيرة في المنطقة شبه الجافة، حيث تمتد المدينة الأولى (مرسى مطروح) في الساحل الشمالي الغربي داخل محافظة مطروح، بين دائرة عرض $35^{\circ} 22' 31''$ / $47^{\circ} 17' 31''$ شمالاً؛ أي لمسافة ($48^{\circ} 4'$) بما يعادل 8.3 كم² من الشمال صوب الجنوب، وبين خطي طول $56^{\circ} 17' 27''$ / $18^{\circ} 9' 27''$ شرقاً؛ أي لمسافة ($38^{\circ} 8'$) أي 13.3 كم² من الغرب صوب الشرق

جدول (1) موقع المحطات المناخية السطحية في الساحل الشمالي بمصر للفترة (1985-2023)

المحطة	ارتفاع المحطة (م) عن مستوى سطح البحر	ارتفاع المحطة (م) عن سطح الأرض*	اقرب مسافة للبحر (م)***	الموقع الفلكي**	خط الطول
السلوم	٦	٤	٥٢٥,٥	$30^{\circ} 57'$	$32^{\circ} 31'$
سيدي براني	٢٣,٣	٢١	٨٠٢,٢	$30^{\circ} ٤٠'$	$37^{\circ} 31'$
مرسى مطروح	٣٠	٢٨,٣	٤٣٦,٥	$30^{\circ} ٢٧'$	$21^{\circ} 31'$
الضبعة	٢٧	١٨	٢١,٤١٤,٢	$30^{\circ} ٣٧'$	$28^{\circ} 31'$
الاسكندرية	٦,٨	٣,٤-	٦٠٠,٨٦	$30^{\circ} ٥٠'$	$54^{\circ} 29'$
كفر الشيخ	****١	٦	٥٠,٠٠٠	$30^{\circ} ٥٢'$	$55^{\circ} 31'$
دمياط	٢,٢	١	٦,٩٢٠,٣	$30^{\circ} ٢٧'$	$٤٨^{\circ} 31'$
بورسعيد	٦,١	١	٣٠٠,١٧	$30^{\circ} ٢٣'$	$١٧^{\circ} 32'$
العريش	٩٤,٨٧	١٥	٥٨٦,٩٠	$30^{\circ} ٣٢'$	$٤٧^{\circ} 33'$
رفح	٣٨,٥٣	٦,٧	٣,٨٦٩,٩	$30^{\circ} ١٤'$	$١٥^{\circ} 34'$



المصدر: من حساب وتجميع وتحليل الباحثة: *The Egyptain Agriculture Meteorological

-Authority,(2009):Climatological normal for the A.R.E. up 2005, Cairo

-تم تحويل الإحداثيات من الدرجات العشرية إلى نظام الدرجات والدقائق والثواني بالاعتماد على برنامج Aspse سحابة وقياس أقرب مسافة على المواقع التالية:

** -https://products.aspose.app/gis/map/31.355_27.241_7 9/9/2023

***-<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> 9/9/2023

****<https://www.google.com/earth> Pro 1/4/2024

شرقاً⁽¹⁾، والمدينة الثانية (رفح المصرية)⁽²⁾ تقع في الساحل الشمالي الشرقي داخل محافظة شمال سيناء، بين دائرتي عرض 19° 48' 31" / 23° 19' 31" شمالاً؛ أي لمسافة (56° 28') أي لمسافة 15.4 من الشمال صوب الجنوب، وبين خطي طول 53° 23' 34" / 4° 13' 34" شرقاً؛ أي لمسافة (49° 10') من الغرب صوب الشرق لمسافة 16 كم² من الغرب للشرق، ويستند البحث على بيانات عدد (عشر محطات) رصد جوي سطحية على طول الساحل الشمالي لمصر؛ لمعرفة كميات الأمطار على كلٍ منها، اعتماداً على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية، وموقع وكالة ناسا كما في جدول (1).

2- منهجية وأساليب الدراسة:

اعتمدت معالجة موضوع الدراسة على المناهج التالية:

1-المنهج الإقليمي: حيث تم استخدام آلية نموذج الذكاء الاصطناعي؛ لتحليل التباين في مؤشر الاتجاه العام للمطر بالزيادة والنقصان في مدينتي رفح ومطروح بمصر.

⁽¹⁾ تم تحديد مدينتي منطقة الدراسة طبقاً للحدود الإدارية، وتم تحديد المنطقة فلكياً ومساحياً اعتماداً على برنامج <https://earth.google.com/web> — <https://power.larc.nasa.gov> بتاريخ 2023/10/1

⁽²⁾ تقع رفح في محافظة شمال سيناء، وهي مدينة مصرية العاصمة، والقاعدة الإدارية لمركز رفح.

2-المنهج الوصفي التحليلي الذي يعتمد على الإحصائيات الرياضية في تحليل مقاييس التشتت¹ (شرف الدين خليل، 2022 ، ص ص 60-63) وإجراء الفحص للفروق المجمعة، وتحليل اختبار جذر الوحدة (Unit root)؛ للتحقق من دقة البيانات واستخدامها في عمليات النمذجة المستقبلية، باستخدام ARIMA Model Nonseasonal في محطتي الدراسة المختارة بالاعتماد على بيانات يومية حسب مواقع الانتشار بحساب مؤشرات ومعاملات متقدمة من تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات.

-أما عن اساليب الدراسة ، فقد تم رسم الأشكال البيانية، والكارتوجرافية باستخدام البرامج التالية: (Mintab Stastical Software 21.2، و SPSS 26 ، Eviews 10 ، أسبوس سحابة .com Aspose ، Arc GIS Pro ، ENVI ، Google Earth Pro) والاستعانة بالمواقع التالية في القياسات (data.nasa.gov& Chat GPT في بعض العناصر، وذلك من خلال معالجة اللغة الطبيعية NLP ، والتي يقصد بها " Natural language Processing"، وهي مجال من مجالات الذكاء الاصطناعي، باستخدام نموذج لغة AI من OpenAI ، حيث يركز على التفاعل بين الحواسيب واللغات الطبيعية البشرية.

3-مصادر الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المصادر الآتية:

❖ مواقع شبكة الإنترنت، والمتمثلة في الرقمية المناخية المفتوحة والمتاحة في الرصدات السيнопتيكية اليومية من مواقع (NOAA, NASA, ACUU Weather)

¹ (هي مقاييس إحصائية تستخدم لقياس درجة تجانس أو تشتت مفردات البيانات عن بعضها البعض ، ووصف ومقارنة مجموعات البيانات المختلفة . (مركز الإحصاء، 2021، ص ص 16-23).



❖ الزيارة الميدانية حيث اقتضت على مقابلات شخصية مع مسؤولين بالهيئة العامة للأرصاد الجوية الزراعية⁽¹⁾، ومسؤولي استشاري التغيرات المناخية بالأمم المتحدة⁽²⁾، ومقابلة مع عضو المركز الإعلامي بالهيئة العامة للأرصاد الجوية⁽³⁾، هذا بالإضافة إلى المشاهدات أو الملاحظات الميدانية في الكيلو (4) عند مدخل المدينة وحي الزيتون بغرب مطروح⁽⁴⁾.

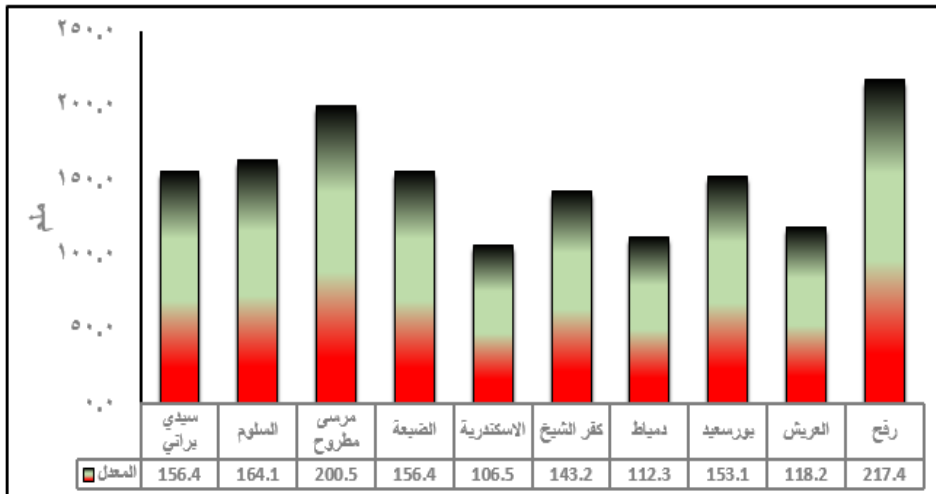
❖ تم الاستعانة بمرئيات فضائية من القمر الصناعي LandSat 8 في رسم الخرائط.

ثالثاً: عناصر الدراسة: لتقدير وحساب نموذج التنبؤ المتوقع في الأعوام القادمة تم الاعتماد على عناصر الدراسة الآتية:-

أولاً: التحليل الجغرافي لبيانات المطر على الساحل الشمالي
ثانياً: الاتجاه العام لكميات المطر بمدينتي الدراسة

ثالثاً: خطوات التنبؤ باستخدام نموذج الذكاء الاصطناعي ARIMA⁽⁵⁾ لكميات المطر

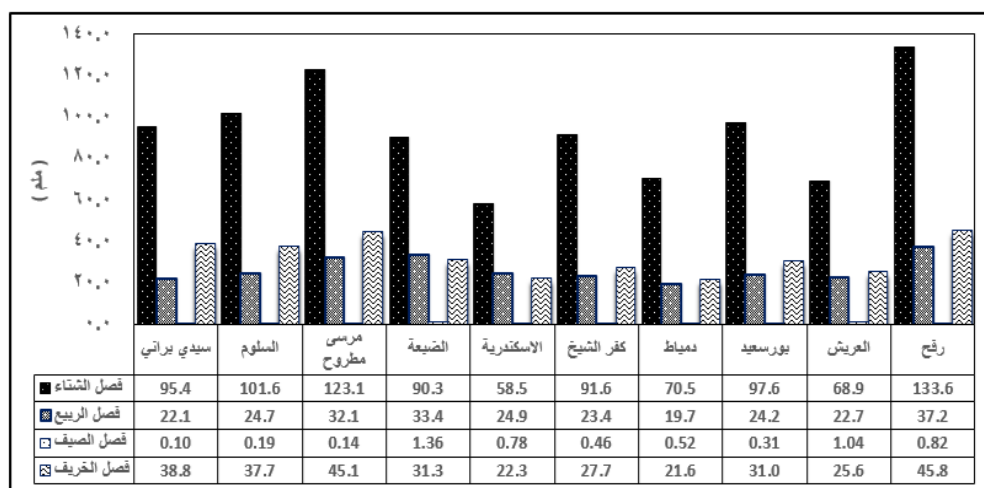
وفيما يلي شرح تفصيلي لكلٍ على حده:



الاحدار الداني، ويشير الحرف q إلى رنبه المتوسط المنحرك، لمريد من التفاصيل (Anderson, 1977, p.14-17)

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على تحليل البيانات اليومية لكميات الأمطار –
[https:// data.nasa.gov/Earth-Science/Surface](https://data.nasa.gov/Earth-Science/Surface) 1/2024

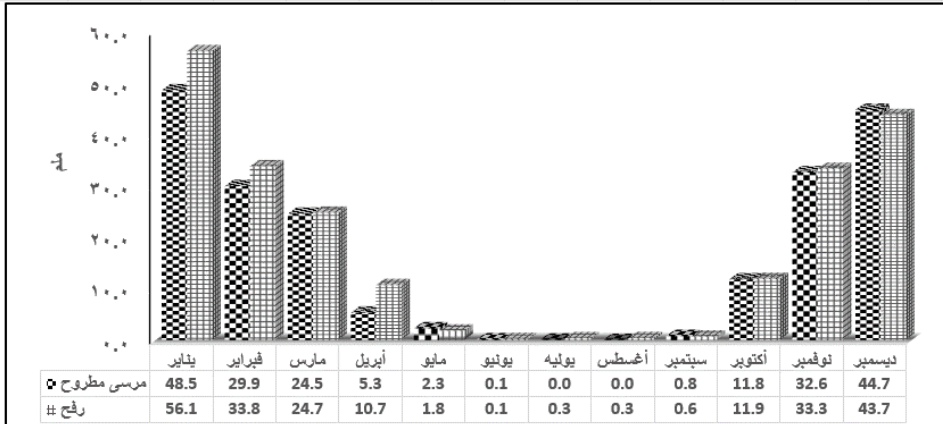
شكل (2) توزيع المعدل السنوي لكميات الأمطار على طول الساحل الشمالي
 للفترة (1985-2023)



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على تحليل البيانات اليومية لكميات الامطار
[https:// data.nasa.gov/Earth-Science/Surface](https://data.nasa.gov/Earth-Science/Surface) 1/2024



شكل (3) توزيع المعدل الفصلي لكميات الأمطار على طول الساحل الشمالي للفترة (1985-2023)



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على تحليل البيانات اليومية للمطر في مدينتي مطروح ورفح
[https:// data.nasa.gov/Earth-Science/Surface](https://data.nasa.gov/Earth-Science/Surface) 1/2024-

شكل (4) توزيع المعدل الشهري لكميات الأمطار في مدينتي مطروح ورفح للفترة (1985-2023)

أولاً: التحليل الجغرافي لبيانات المطر على الساحل الشمالي: تم التحليل ومعالجة البيانات مكانياً بدراسة المؤشرات الإحصائية الوصفية مع التعليل، وقد تقدرت الدراسة بالتحليل لبيانات كميات المطر على طول الساحل الشمالي المصري، الذي يمثل منطقة ذات أهمية استراتيجية واقتصادية، تتأثر بالظروف المناخية السائدة، والتي أمكن من خلالها دراسة المعدلات السنوية والفصلية؛ لتساعد على فهم النظم البيئية المختلفة وكونها مؤشراً على حدوث الكوارث الطبيعية مثل: الجفاف، والتصحر، والأعاصير.

يتضح من دراسة بيانات المعدل السنوي للأمطار على طول محطات الساحل تفاوت واضح شكل (2)، إذ تتصدر محطة رفح أعلى معدل مسجلة (217.4 ملم) على

حين تسجل مطروح (200.5 ملم)، والسلم (164.1 ملم)، ثم تتناقص الأمطار لتصل إلى (156.4 ملم في سيدي براني والضبعة)، و (153.1ملم في بورسعيد) ، و(143.2 ملم في كفر الشيخ)، و(118.2ملم في العريش)، و (112.3ملم في دمياط)، و(106.5ملم في الأسكندرية)، ومرجع هذا تعرض المنطقة للمنخفضات الجوية التي تتباين في مدى عمقها وقوتها نتيجة تعامد اتجاه الرياح الممطرة مع اتجاه خط الساحل؛ مما يؤثر على التساقط، ويتبين من شكل (3) زيادة كميات الأمطار لأقصى معدلاتها شتاءً على طول محطات الساحل الشمالي، إذ تبلغ (133.6ملم) في رفح، ثم تليه مطروح مسجلة (123.1 ملم)، ثم يليه فصل الخريف ليسجل (45.8 ، 45.1، 38.8 ملم) في رفح ومطروح وبراني بالترتيب، وتنخفض خلال فصل الربيع؛ مما يؤكد شدة ارتباط المطر بتوغل المنخفضات الجوية في المنطقة على حين نجد انعدامه صيفاً. (نشوة محمد إبراهيم مغربي، 2022، ص 31)، وبعد هذه الدراسة التحليلية لمحطات الساحل الشمالي سواء كانت سنوية أو فصلية اقتضت الدراسة في هذا البحث على المناطق المسجلة أعلى كمية أمطار متساقطة في كل من رفح ومطروح؛ لإبراز مدى تأثير التغيرات المناخية والتناقص في كمية الأمطار في الأعوام المقبلة على منطقتي الدراسة.

ويتضح من شكل (4) تسجيل رفح معدل بنسبة (43.7، 56.1 ملم) خلال شهرى ديسمبر ويناير، بينما تسجل كميات الأمطار المتساقطة في مطروح (44.7، 48.5 ملم) على التوالي خلال نفس الشهرين، على حين تتباين نسب الكميات المتساقطة خلال بقية شهور السنة حسب الفصول المطيرة، ويترتب على التغيرات في تناقص الأمطار سيادة المناخ الجاف، والذي يتصف بخصائص متطرفة: كتندي قيم الأمطار المتساقطة، وتذبذبها وعدم انتظامها، وإن سقطت فتكون في صورة سيول مدمرة أو أمطار غزيرة، كما حدث في مطروح وبالأخص في منطقة وادي الرمل، والقصر، والكيلو 4، حيث غمرت مياه السيل الطرق والمنازل ، وعلل المسؤول الإعلامي بالهيئة العامة



للأرصاد الجوية ⁽¹⁾ أن السبب راجع إلى التأثير ببقايا إعصار دانيال ⁽²⁾ الناجم نتيجة التباين في نطاقات الضغط الجوي، إذ تنشأ مناطق الضغط المنخفض في مركز العاصفة محاطة بمناطق ضغط أعلى في الطبقات العليا؛ مما يؤدي إلى تدفق الرياح بشكل حلزوني نحو المركز، بالإضافة إلى تأثير التغيرات في التيارات البحرية والهوائية، والتي تعزز من قوة الإعصار واتجاهه بالرغم من ضعف قوته بدخوله الساحل الشمالي في منطقة حوض البحر المتوسط، والتي ضربت مطروح في أكتوبر 2023، صورتها (1) و (2). هذا عن عدم انتظام تساقط الأمطار، أما عن الجفاف وتناقص المطر فقد أسهم ذلك في خلق بيئة سريعة الاستجابة لأية حالة



صورة (1) سيول وأمطار في حي الزيتون صورة (2) أمطار في الكيلو 4 بمدخل مدينة مطروح بمطروح 2023/10/5 ⁽³⁾

خلل في نظامها الإيكولوجي، إذ أن توالي فترات تناقص الأمطار، وانخفاضها يؤدي إلى تدهور التربة، وتدمير غطاءها النباتي، كما حدث في الساحل الإفريقي في العقد السابع من القرن العشرين، وطبقاً للدراسات التحليلية يصعب الاعتماد عليها بشكل

⁽¹⁾ مقابلة مع د/ منار غانم - عضو المركز الإعلامي بالهيئة العامة للأرصاد الجوية 2023/9/15

⁽²⁾ إعصار مداري يتشكل من موجة مدارية قبالة السواحل متحركاً باتجاه الغرب مع حمل حراري قليل بسرعة رياح تصل إلى 15 ميلا في الساعة ليصبح الإعصار على شكل حلزوني. (على أحمد غانم، 2011، صص 236-237)

⁽³⁾ زيارة ميدانية يوم 2023/10/5

مستمر في قيام النشاط البشري داخل منطقة الدراسة (نشوة محمد إبراهيم مغربي، 2022، ص 32 & صلاح معروف، 2008، ص 95)

ثانياً: الاتجاه العام لكميات الأمطار بمدينتي الدراسة: تم تمثيل السلسلة الزمنية لمعدل الأمطار بيانياً، في مدينتي رفح ومطروح خلال فترة الدراسة؛ وذلك لإمكانية معرفة فيما إذا كانت السلسلة مستقرة أم لا، حسب درجات الاحتمالية، بالإضافة لمعرفة الاتجاه العام للسلسلة خلال الفصول المطيرة.

أ- اتجاهات السلسلة الزمنية واحتمالاتها لكميات الأمطار في فصل الخريف:

يتضح من جدول (2) تتعرض مدينتي الدراسة لسقوط الأمطار بكميات مختلفة خلال فصل الخريف ما عدا سنوات (1986، 1994، 2014)، حيث سجلت أعلى معدل لكميات المطر (147.4، 131.4، 144.3 ملم) بالترتيب في رفح، كما سجلت سنوات (1989، 1994، 2020) أعلى معدل لكميات أمطار (114.6، 111.3، 245.7 ملم) بالترتيب في مطروح، ومرجع الزيادة للسنوات المطيرة خريفاً



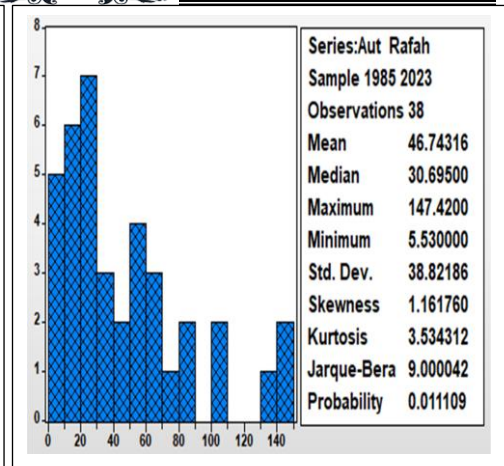
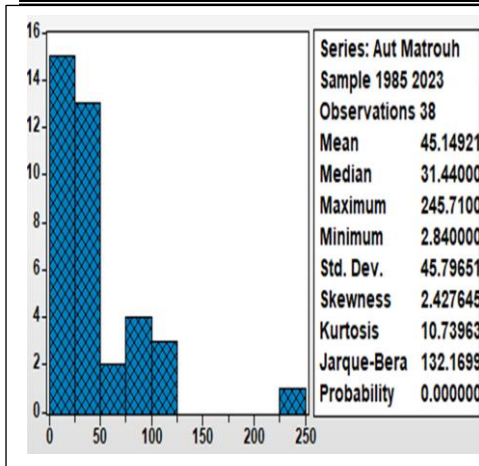
جدول (2) السلسلة الزمنية لكمية الأمطار في فصل الخريف
للفترة من (1986-2023)

كمية المطر خريفًا (مم)		السنة	كمية المطر خريفًا (مم)		السنة
مطروح	رفع		مطروح	رفع	
٢٠,٥	٩,٧	٢٠٠٥	٧١,٥	١٤٧,٤	١٩٨٦
١٩,٨	٢٨,١	٢٠٠٦	٦,٥	٤٠,٠	١٩٨٧
١٣,٩	٥٦,٢	٢٠٠٧	٨٥,٨	٢٠,٠	١٩٨٨
٣٥,٥	٦٢,٢	٢٠٠٨	١١٤,٦	٢٩,٨	١٩٨٩
٣٦,٧	٥٠,١	٢٠٠٩	٣,٧	٦,٨	١٩٩٠
٥,١	٥,٥	٢٠١٠	٤٩,١	٢٣,١	١٩٩١
٨٢,١	١٠٢,٧	٢٠١١	٢,٨	١٢,٤	١٩٩٢
٣٢,١	٦٩,٤	٢٠١٢	٧,١	١٥,٢	١٩٩٣
٨,٣	٦,٧	٢٠١٣	١١١,٣	١٣١,٤	١٩٩٤
٣٩,٩	١٤٤,٣	٢٠١٤	٣٠,٧	٢٠,٦	١٩٩٥
٦٨,٠	٨٤,٨	٢٠١٥	٤٥,١	١٣,٢	١٩٩٦
٣٩,٧	٢٩,٧	٢٠١٦	٣٩,٣	١٠١,١	١٩٩٧
١٢,٢	٦٨,٠	٢٠١٧	٤٨,٤	١٦,٧	١٩٩٨
٨٠,٧	٥٢,١	٢٠١٨	١٥,٥	٣٠,٢	١٩٩٩
٢٩,٦	١٦,٤	٢٠١٩	٧٩,٩	٤٩,٢	٢٠٠٠
٢٤٥,٧	٨٧,٣	٢٠٢٠	٣٠,٨	٢٥,٧	٢٠٠١
١٠٣,٤	٣١,٢	٢٠٢١	١١,٤	٢٤,٨	٢٠٠٢
٢٣,٧	٥٠,٤	٢٠٢٢	١٢,١	٥,٩	٢٠٠٣
٢٣,٧	٣٢,٩	٢٠٢٣	٢٩,٨	٧٤,٩	٢٠٠٤

المصدر: من حساب الباحثة اعتمادًا على البيانات اليومية لكميات الأمطار باستخدام برنامج

SPSS 26 - [https:// data.nasa.gov/Earth-Science/Surface](https://data.nasa.gov/Earth-Science/Surface) 12/2023-

حدوث حالة من عدم الاستقرار في طبقات الجو العليا نتيجة تواجد منخفض جوي شديد البرودة عند اندماج كتلة الهواء الرطب الدافئ القادم من الجنوب وامتزاجه مع كتلة الهواء الجاف الأقل حرارة نسبيًا القادم من الشمال؛ مما يترتب عليه تكون السحب والعواصف الرعدية وسقوط الأمطار المصحوبة بحبات البرد في مدن الدراسة خلال فصل الخريف (يوسف عبد المجيد فايد وآخرون، 1994، ص93) & (شحاتة سيد أحمد طلبية، 1994، ص15).



المصدر: من حساب الباحثة اعتمادًا على جدول (2)، تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء

الاصطناعي Eviews 10

شكل (5) التحليل الإحصائي لمعدلات الأمطار خريفًا في مدينتي رفح ومطروح

يتضح من التحليل الإحصائي لمعدل الأمطار خريفًا أن المتوسط العام سجل (47، 45 ملم) في كل من رفح ومطروح بالترتيب، وهذه القيم تفوق قيم الوسيط العام الذي يبلغ فيهما (31 ملم تقريبًا) لتلك الفترة، كما يظهر من اختبار Jarque-Bera لسلسلة الفحص الإحصائي لنماذج أريما أن القيمة الاحتمالية (P) بلغت (0.01)، وهي قيمة أقل من 0.05 في محطتي رفح ومطروح بالترتيب، ونستخلص من هذا وجود التواء وعدم تشتت في البيانات، إذ تبلغ قيمة الانحراف المعياري (38.8، 45.7 ملم)، وهي أقل من المتوسط في رفح، ومساوية من المتوسط في مطروح، كما يتضح عدم استقرار البيانات؛ أي أن البيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي كما في شكل (5).



جدول (3) السلسلة الزمنية لمعدل الأمطار في فصل الشتاء
للفترة من (1985-2023)

كمية المطر شتاء (مم)		معدل الفترة الزمنية	كمية المطر شتاء (مم)		معدل الفترة الزمنية
مطروح	رفع		مطروح	رفع	
٩٠,٩	١٠٣,٤	٢٠٠٥-٢٠٠٤	٥٨,٧	٣٢,٩	١٩٨٦-١٩٨٥
٩٦,٤	١٥٤,٦	٢٠٠٦-٢٠٠٥	٥٨,٧	١٠٠,٤	١٩٨٧-١٩٨٦
١٤٦,٤	١١٦,١	٢٠٠٧-٢٠٠٦	١٧٥,٦	١٦٠,٧	١٩٨٨-١٩٨٧
١٢٤,١	٢٤٣,١	٢٠٠٨-٢٠٠٧	١٩٦,٩	١٧٧,٣	١٩٨٩-١٩٨٨
١٠٢,٦	٧٢,٨	٢٠٠٩-٢٠٠٨	١١١,٦	١٤٠,٢	١٩٩٠-١٩٨٩
١٥٠,٣	٣٣,٩	٢٠١٠-٢٠٠٩	١٠٩,٥	٩٣,٦	١٩٩١-١٩٩٠
١١٧,٤	٨٢,٠	٢٠١١-٢٠١٠	٢٦٥,٨	٢٥١,٠	١٩٩٢-١٩٩١
١١٦,٦	٩١,٢	٢٠١٢-٢٠١١	١٥٦,١	٢٠٠,٨	١٩٩٣-١٩٩٢
١٦٨,٣	١٣٧,٥	٢٠١٣-٢٠١٢	٩٦,٢	٧١,٠	١٩٩٤-١٩٩٣
٩٦,٠	١٠٦,٩	٢٠١٤-٢٠١٣	٩٨,٨	١٤٩,٢	١٩٩٥-١٩٩٤
١٣١,٣	٦٠,٥	٢٠١٥-٢٠١٤	٨٠,٤	٧٧,٦	١٩٩٦-١٩٩٥
١٢٧,٩	٢٠٣,٢	٢٠١٦-٢٠١٥	١٢٢,٨	٨٣,١	١٩٩٧-١٩٩٦
١٦٩,٦	٨٣,٦	٢٠١٧-٢٠١٦	٨٩,٣	١٢١,٤	١٩٩٨-١٩٩٧
١٤٧,١	٥٢,٠	٢٠١٨-٢٠١٧	٥٥,٧	٩١,٢	١٩٩٩-١٩٩٨
١٧٤,٣	١٦٠,٧	٢٠١٩-٢٠١٨	٩٧,١	١٠٦,٥	٢٠٠٠-١٩٩٩
٢٤١,١	١٩٠,٨	٢٠٢٠-٢٠١٩	١٧٦,٦	٩٤,٠	٢٠٠١-٢٠٠٠
١٣٠,٠	٥٥,٢	٢٠٢١-٢٠٢٠	١٠٤,٧	١٥٥,٤	٢٠٠٢-٢٠٠١
٣٠٣,٨	٢١٣,٧	٢٠٢٢-٢٠٢١	١١٤,٤	١١٧,٢	٢٠٠٣-٢٠٠٢
١٦١,٧	١٥٧,٦	٢٠٢٣-٢٠٢٢	١٤١,٠	١٧١,٩	٢٠٠٤-٢٠٠٣

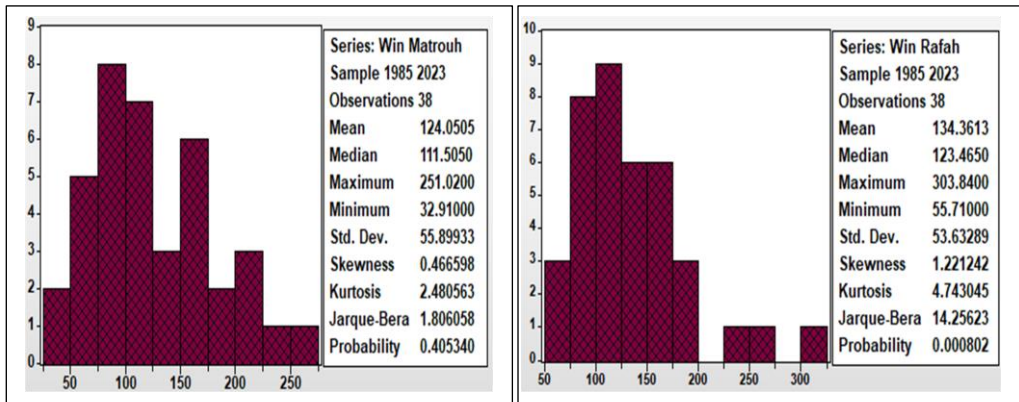
المصدر: من حساب الباحثة اعتمادًا على البيانات اليومية لكميات الأمطار باستخدام برنامج 26
SPSS [https:// data.nasa.gov/Earth-Science/Surface](https://data.nasa.gov/Earth-Science/Surface) 12/2023-

أ- اتجاهات السلسلة الزمنية واحتمالاتها لمعدل الأمطار خلال فصل الشتاء :

تسقط الأمطار بغزارة شتاءً بحيث تفوق المتوسط العام في سنوات (1991- 1992 ، 1992- 1993 ، 2007- 2008 ، 2015 - 2016 ، 2021 - 2022)، إذ سجلت أعلى معدل للمطر (251 ، 200.8 ، 243.1 ، 203.2 ، 213.7 ملم) بالترتيب في مطروح، كما سجلت سنوات (1991-1992، 2019-2020 ، 2021-2022) أعلى معدل للمطر (265.8 ، 241.1 ، 303.8 ملم) بالترتيب في رفح جدول (3)، السبب عمق ونشاط منخفضات قبرص الجوية واندفاع الرياح الشمالية القارية

القطبية الشديدة البرودة التي تهب من منطقة المرتفع السيبري عبر شبه جزيرة البلقان نحو مؤخرة المنخفض العرضي فوق شرق البحر المتوسط، وينتج عن هذا اندفاع الرياح القارية القطبية الشديدة البرودة نحو المنخفض الجوي، فتهب كرياح شمالية إلى شمالية غربية شديدة البرودة، وتعرف بجبهات البلقان الشتوية الباردة والأمطار الإعصارية، حيث يحدث تفاعل يؤدي إلى تكوين السحب الركامية التي تُسقط الأمطار بغزارة، إضافة إلى ذلك يسهم اختلاف الضغط الجوي بين اليابسة والبحر في تعزيز هذه العملية (محمود حامد، 1946، ص 249).

يظهر من تحليل البيانات لمعدل الأمطار شتاءً عدم وجود تشتت في البيانات بدليل انخفاض قيم الانحراف المعياري عن قيم المتوسط، وأن المتوسط العام سجل (134، 124 ملم) في كل من رفح ومطروح بالترتيب، وهذه القيم تفوق قيم الوسيط العام لتلك الفترة، ويتضح من اختبار Jarque-Bera لسلسلة الفحص الإحصائي لنماذج أريما أن القيمة الاحتمالية (P) بلغت (0.001)، وهي قيمة أقل من 0.05 في محطة رفح؛ مما يؤكد التواء وتذبذب في البيانات وعدم



المصدر: من حساب الباحثة اعتمادًا على جدول (3)، تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي Eviews 10

شكل (6) التحليل الإحصائي لكميات الأمطار شتاءً في مدينتي رفح ومطروح



استقرارها خلال فصل الشتاء في رفح كما بلغت القيمة الاحتمالية (P) (0.405) في مطروح، وهي قيمة أكبر من 0.05؛ مما يؤكد أن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي، ولذا سنقوم بدراسة مراحل نموذج أريما مباشرة بدون حساب الفروق خلال هذا الفصل؛ نظرًا لاستقرار السلسلة كما في شكل (6).

ج - اتجاهات السلسلة الزمنية واحتمالاتها لمعدل الأمطار خلال فصل الربيع:

يتضح من جدول (4) تناقص معدل الأمطار خلال فصل الربيع في سنوات الدراسة، وتتذبذب من سنة لأخرى، وإن سقطت فإنها تسقط بصورة فجائية على

جدول (4) السلسلة الزمنية لمعدل الأمطار خلال فصل الربيع

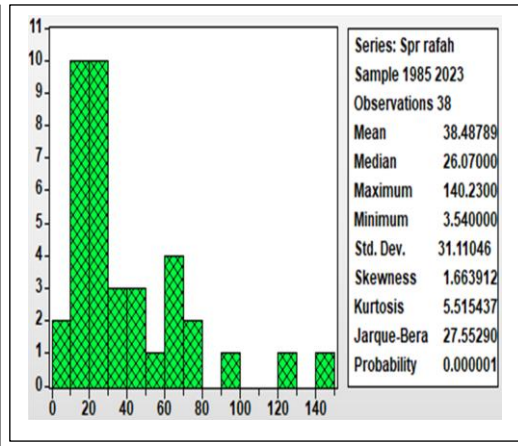
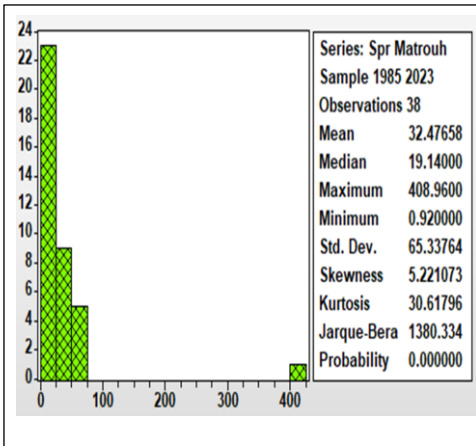
للفترة من (1986-2023)

كمية المطر ربيعاً (مم)		السنة	كمية المطر ربيعاً (مم)		السنة
رفح	مطروح		رفح	مطروح	
٢٠,٠	١٠,٩	٢٠٠٥	٦٤,٠	٢٣,٣	١٩٨٦
٢٨,٣	١١,١	٢٠٠٦	٩٥,٦	٤٠,٧	١٩٨٧
٤٨,١	٢٠,٣	٢٠٠٧	٢٥,٧	٢٠,٤	١٩٨٨
٣,٥	٥,٤	٢٠٠٨	٢٥,٨	١٧,٤	١٩٨٩
٣٠,٧	١٤,٨	٢٠٠٩	١٢٥,٩	١١,٥	١٩٩٠
١٦,٩	٠,٩	٢٠١٠	٧٢,٣	٢٩,٦	١٩٩١
٦١,٩	٢٥,٢	٢٠١١	٢٠,١	٨,٤	١٩٩٢
٣٢,٤	١٨,٠	٢٠١٢	٢٨,٨	٦,٤	١٩٩٣
١٤,٧	٦,٣	٢٠١٣	٥٢,٦	٣٤,٤	١٩٩٤
٦٢,٩	٨,٣	٢٠١٤	١٦,٧	٢٢,٦	١٩٩٥
٢٦,٣	٥٠,٦	٢٠١٥	٤٦,٥	٣٣,٨	١٩٩٦
٢٠,٨	١,٨	٢٠١٦	٤٢,١	٣٣,٨	١٩٩٧
٧,٧	٦٨,٩	٢٠١٧	٢٢,٢	٥٨,٧	١٩٩٨
١٤,٧	٣,٠	٢٠١٨	١١,٨	٢,٥	١٩٩٩
٣٤,٤	٢٦,٢	٢٠١٩	١٥,٥	٧,٦	٢٠٠٠
١٤٠,٢	٦٧,٣	٢٠٢٠	٢٣,٦	١,٢	٢٠٠١
١٢,٤	٤٠٩,٠	٢٠٢١	٢٥,٢	١٦,١	٢٠٠٢
١٨,٩	٥٠,٣	٢٠٢٢	٦٢,٩	٣٢,٩	٢٠٠٣
٧٣,٣	٢٩,٣	٢٠٢٣	١٧,١	٥,٤	٢٠٠٤

المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على البيانات اليومية لكميات الأمطار باستخدام برنامج SPSS 26

[https:// data.nasa.gov/Earth-Science/Surface](https://data.nasa.gov/Earth-Science/Surface) 12/2023-

هيئة سيول ، حيث سجل عام 2021 م أعلى معدل للأمطار (409 ملم) في مطروح، كما سجلت سنوات (1990، 2020 م) معدل أمطار (125.9 ، 140.2 ملم) بالترتيب في رفح، ومرجع هذا بطء تزحزح الضغط المرتفع الأزوري نحو الشمال؛ مما ترك المجال واسعاً أمام توغل الرياح القطبية الباردة إلى شرق البحر المتوسط، وتوغل المنخفضات الجوية العرضية التي تتحرك من الغرب للشرق على طول امتداد البحر المتوسط مسبباً أمطاراً رعدية غزيرة مصحوبة بتساقط برد في بعض الأحيان (قصي عبد المجيد السامرائي وآخرون، 2008، ص 315)



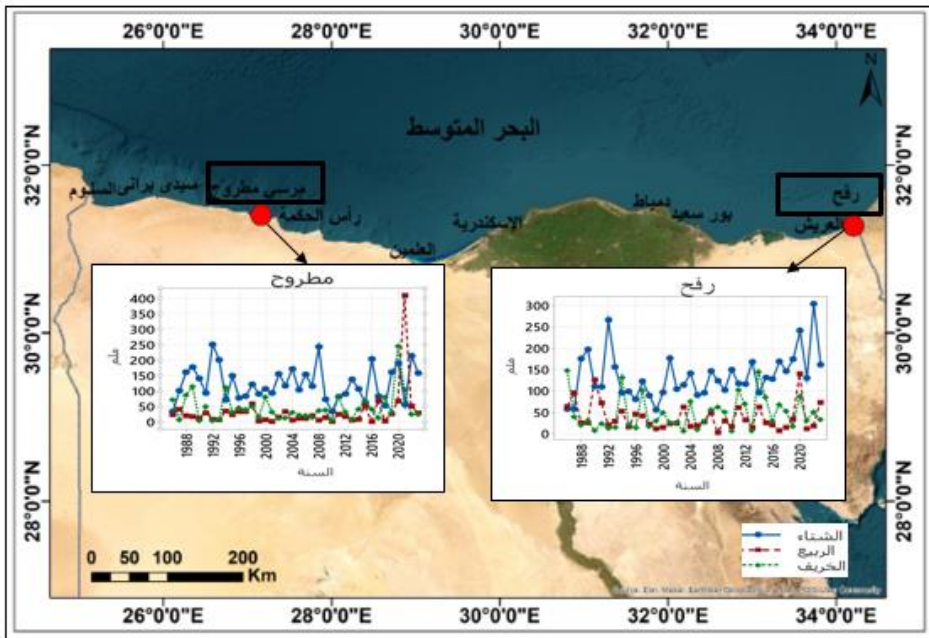
المصدر: من حساب الباحثة اعتماداً على جدول (4)، تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي. EvIEWS 10.

شكل (7) التحليل الإحصائي لكميات الأمطار المتساقطة ربيعاً في مدينتي رفح ومطروح

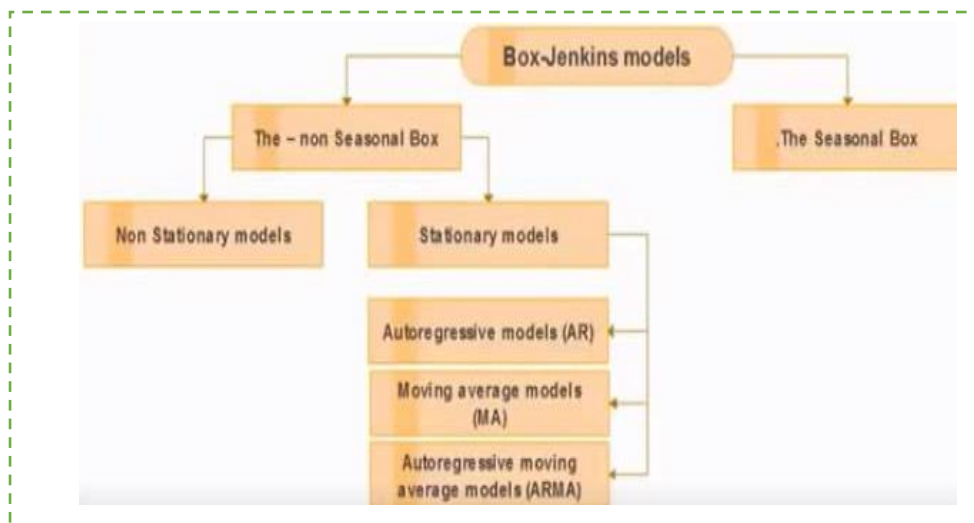
بدراسة التحليل الإحصائي لمعدل الأمطار ربيعاً يلاحظ أن المتوسط العام سجل (38.5، 32.5 ملم) في كل من رفح ومطروح بالترتيب، وهذه القيم تفوق قيم الوسيط العام الذي يبلغ (26، 19 ملم تقريباً) فيهما، كما يظهر من اختبار Jarque-Bera لسلسلة الفحص الإحصائي لنماذج أريما أن القيمة الاحتمالية (P) بلغت (0.000001، 0.00)، وهي قيمة أقل بكثير من 0.05 في محطتي رفح ومطروح

بالترتيب، نستخلص من هذا وجود التواء كبير، وتذبذب في البيانات، وعدم استقرارها ، أي أن البيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي كما في شكل (7).

ويشير الرصد التحليلي الآلي لبيانات السلسلة على مدى الـ 38 سنة الماضية إلى زيادة كمية الأمطار شتاءً في مدينتي الدراسة ووجود تباين مكاني في الكميات المتساقطة خلال الاعتدالين، إذ شهد تبايناً واضحاً بين الزيادة والنقصان بشكل كبير كما في الشكل (8)، إذ نخفض الاتجاه انخفاضاً حاداً في فصل الخريف عن المعدل الذي يبلغ (47ملم) في ريف، و(45 ملم) في مطروح على حين يتبين من دراسة السلسلة في فصل الربيع، وجود متوسطات منخفضة عن المعدل بينما سار الاتجاه نحو الزيادة عن المعدل في السنوات (1987 ، 1994 ، 1996 ، 1997 ، 1998 ، 2015 ، 2017 ، 2020 ، 2021) في مطروح على حين تضاعفت الكمية عن المعدل في سنوات (1987 ، 1990 ، 2020 ، 2023) في ريف



المصدر : إعداد وتحليل الباحثة اعتماداً على جدول (2، 3 ، 4) باستخدام مرئيات LandSat Arc GIS Pro و 8



شكل (9) مخطط لخطوات نموذج (ARIMA) بمنهجية بوكس وجنكينز

لذا كان من الضروري فحص ومعالجة السلاسل الزمنية؛ للتأكد من خلوها من أية قيم شاذة، ومعالجتها باتباع خطوات التنبؤ باستخدام نموذج ARIMA لكميات الأمطار. ثالثاً: خطوات التنبؤ باستخدام نموذج الذكاء الاصطناعي ARIMA لكميات المطر: سيتم تقييم مصداقية نموذج الذكاء الاصطناعي ARIMA، في معرفة التغير في كميات الأمطار باتباع خطوات ومراحل منهجية بوكس - جنكينز

(B-J) شكل (9) كالاتي:

1-الخطوة الأولى: التعرف على النموذج: Identification of the model:

للتعرف على النموذج لابد من اتباع المراحل الثلاثة الآتية:

أ) احتمالية استقرار السلسلة الزمنية أو عدم استقرار السلسلة الزمنية.



ب)المعالجة الإحصائية لنموذج (ARMA) للتنبؤ من خلال توظيف الدوال الآتية:

1. دالة الارتباط الذاتي q Autocorrelation Function(ACF):

2. دالة الارتباط الذاتي الجزئي ⁽¹⁾ p Partial Autocorrelation : Function(PACF)

تستخم دوال الارتباط؛ لتحديد المتغيرات الموسمية، ومعرفة استقرارية السلسلة لكميات الأمطار خلال فترة الدراسة؛ مما يسهم في تحسين قدرة نموذج أريما على التنبؤ بشكل أكثر فعالية⁽²⁾ شكل (9).

$$X_t = \mu + X_t - 1 + X_t - d + \dots + \phi_1 X_t - 1 + \phi_2 X_t - 2 \\ + \dots + \phi_p X_t - p + e_t - \phi_1 e_t - 1 - \phi_2 e_t - 2 - \dots - \phi_q e_t - q$$

(Bora et al.,2023,p2).

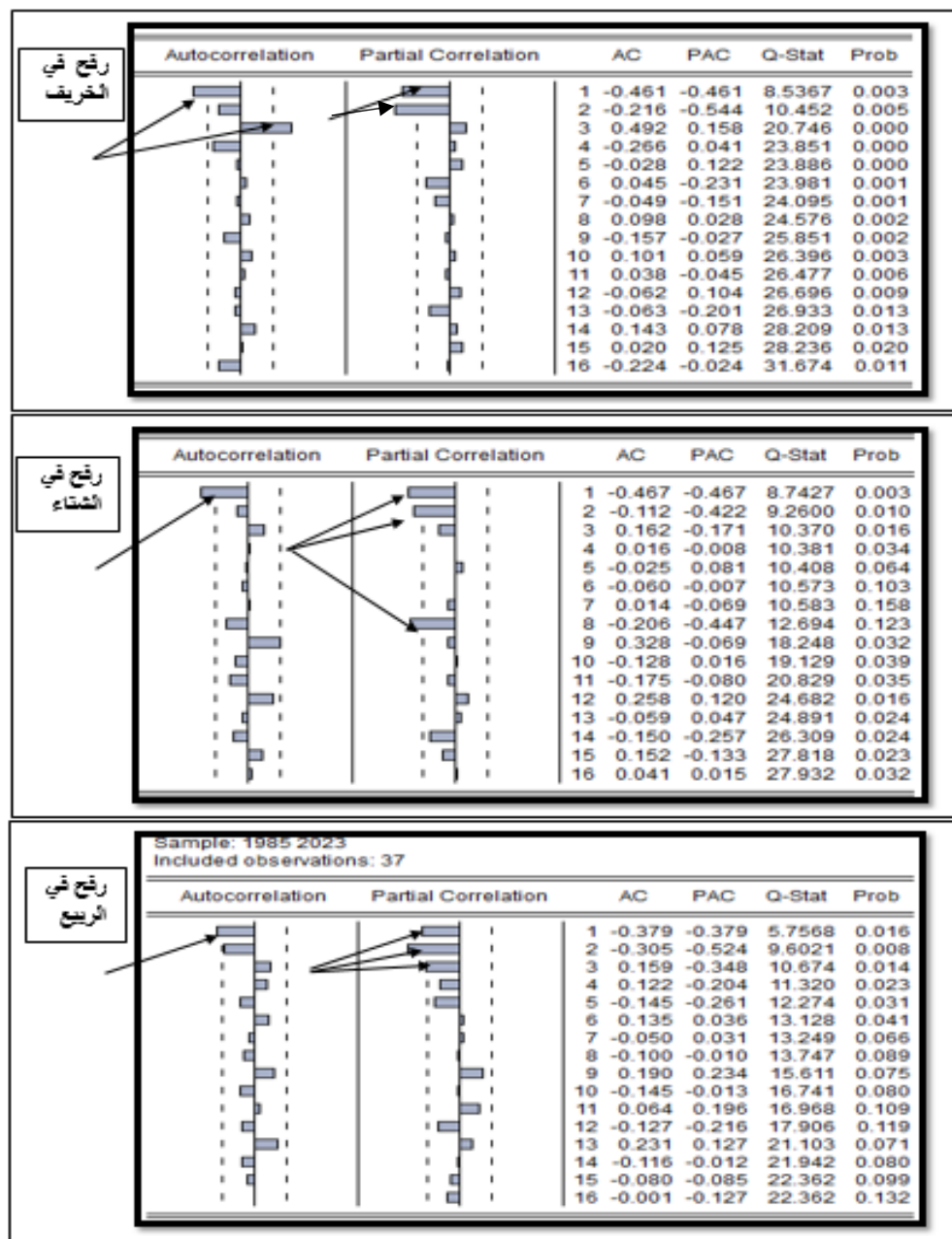
ويتضح من تحليل الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي (p,q) من الشكلين (10، 11) أن نتوءات القيم للدوال تقع خارج مستوى الثقة 95%، والذي يؤكد عدم استقرارية السلسلة الزمنية لكميات الأمطار وتشتتها بشكل كبير، والدليل على هذا وجود فروق كبيرة أو نتوءات بارزة بعد فترات تباطؤ للبيانات من سنة لأخرى للبيانات، ومن خلال تحليل المشاهدات للنتوءات البارزة نجد أن هناك وجود ارتباط ذاتي أو جزئي بين البيانات داخل السلسلة الزمنية مع وجود فروق ذات دلالة إحصائية، كما يلاحظ عدم استقرار السلسلة عند الفروق التالية: حيث $q = 1$ ، $3 = p$ و $1 = P$ ، 2 خلال فصل الخريف، بينما كانت $q = 1$ و $p = 1$ ، 2 ، 8 خلال فصل الشتاء، ووصلت نتوءات $q = 1$ و $p = 1$ ، 2 ، 3 خلال فصل الربيع هذا في رفع.

⁽¹⁾ تعرف بأنها الاقتران الذي يقيس قوة الارتباط بين البيانات التي تتكون منها السلسلة الزمنية، مفصولة بعدد المتأخرات (Lags) الداخلة في حزام الأهمية الإحصائية.

⁽²⁾ - <https://www.researchgate.net/publication/370322833>

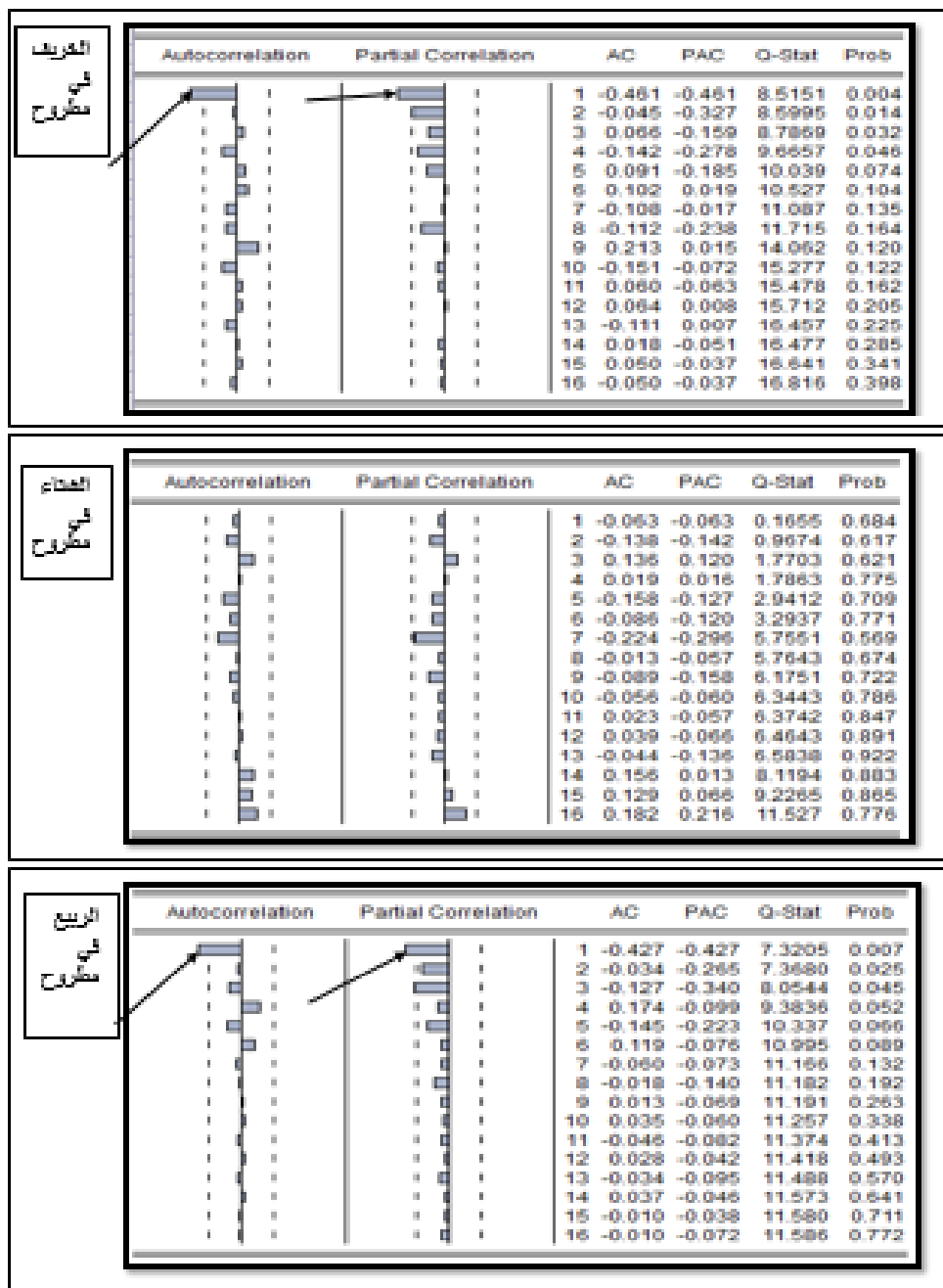


كما وصلت $1 = q$ و $1 = p$ خلال فصل الخريف و كانت $1 = q$ و $0 = p$ ، خلال فصل الربيع هذا في مرسى مطروح.



المصدر : تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي EvIEWS 10

شكل (10) تحليل الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي (p,q) لمدينة رفق

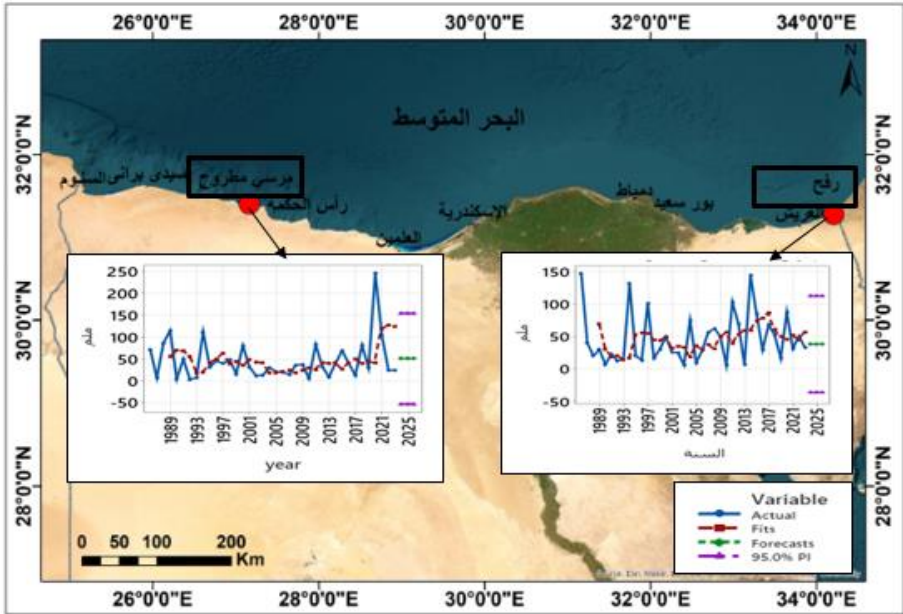


المصدر : تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي Eviews 10
 شكل (11) تحليل الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي (p,q) لمدينة مطروح

بينما يتضح من معالجة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي (P, q) في فصل الشتاء بمطروح عدم وجود نتوءات بارزة؛ مما يؤكد عدم وجود ارتباط ذاتي أو جزئي ذي أهمية بين البيانات داخل السلسلة الزمنية مع عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية، وهذا يوضح استقرارية قيم البيانات التي يتم تحليلها لمتغيرات المطر خلال فصل الشتاء لمدينة مطروح ويتضح هذا من خلال المتوسطات المتحركة.

3. تحليل المتوسط المتحرك المتكامل¹ للانحدار الذاتي:

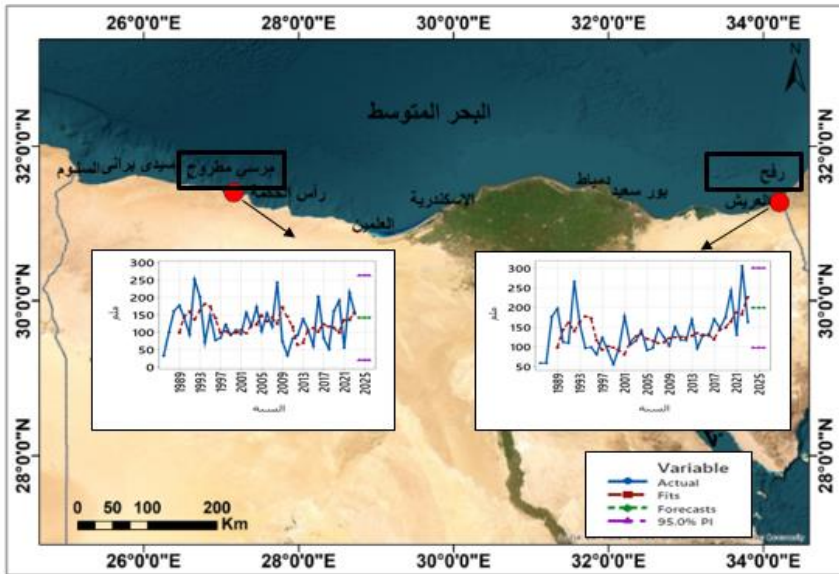
(AutoRegressive Integrated Moving Average ARIMA)



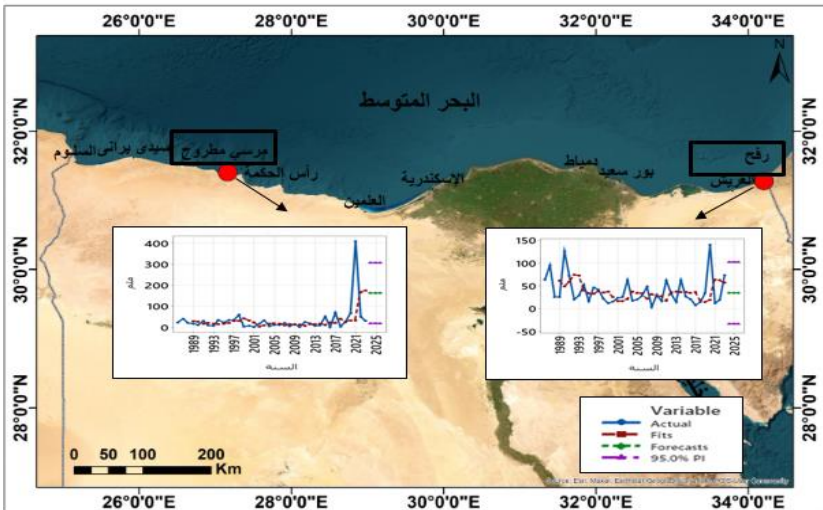
المصدر : موقع ناسا، تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي Mintab Stastical Software21.2 .

شكل (12) توزيع المتوسطات المتحركة الحقيقية والمتوقعة خلال فصل الخريف في مدينتي الدراسة

¹ (يستخدم هذا التحليل لتنبؤ السلاسل الزمنية من خلال دمج ثلاثة عناصر: الانحدار الذاتي الذي يعتمد على القيم السابقة، التكامل لإزالة الاتجاهات وجعل السلسلة مستقرة، والمتوسط المتحرك للتعامل مع التقلبات العشوائية؛ مما يتيح تقديم توقعات دقيقة للبيانات المستقبلية بناءً على الأنماط السابقة



المصدر: موقع ناسا، تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي
Mintab Stastical Software21.2
شكل (13) توزيع المتوسطات المتحركة الحقيقية والمتوقعة
خلال فصل الشتاء في مدينتي الدراسة



المصدر : موقع ناسا، تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي
Stastical Software21.2



شكل (14) توزيع المتوسطات المتحركة الحقيقية والمتوقعة خلال فصل الربيع

يتضح من الأشكال (12، 13، 14) أن القيم المتوقعة للمتوسطات المتحركة تأخذ الخط الأحمر، والقيم الحقيقية تأخذ الخط الأزرق، كما يتضح محاكاة القيم الحقيقية محور الدراسة وقيم السلاسل الزمنية المتوقعة لمتوسط الأمطار المتساقطة خلال الفصول المطيرة في كل من رفح ومطروح، ويؤكد هذا التطابق أن هناك نمطاً أو اتجاهًا زمنيًا يمكن تحليله بطريقة متسلسلة على مر الزمن، ويستخدم هذا بشكل رئيس كإداة لملاحقة الاتجاه Trend Following؛ مما يؤكد صحة تقدير التغيرات لإيجاد التوقعات المستقبلية داخل نموذج أريما. (نشوة محمد إبراهيم مغربي، 2023، ص 26)

- الاتجاه العام لكميات الأمطار خلال الفصول المطيرة: تم تحليل السلسلة الزمنية وتعيين الاتجاه العام للأمطار لكل محطة على حده؛ بهدف قياس انحراف السلسلة عن الاتجاه العام، واستخدامها في تقدير التغيرات الموسمية والدورية، وللمقارنة بين اتجاهات السلاسل الزمنية والتنبؤ بالاتجاه نحوالمستقبل، وللتأكد من هذه الخطوة تم تقسيم البيانات للسنوات (1985-2023) خريفًا وشتاءً وربيعًا إلى أربع فترات زمنية وذلك بإيجاد أقصى كمية مطر سقطت خلال الفترات الزمنية المقسمة بالإضافة إلى الوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل فترة زمنية، ويتضح هذا من خلال الجدول رقم (5) تفاوت قيم مجموع كميات الأمطار في الفترات الزمنية الأربعة لكل محطة، إذ يسجل متوسط الاتجاه العام (132.8 ملم) في فصل الشتاء، و(52.7ملم) في فصل الربيع، و(44.6 ملم) خلال فصل الخريف في رفح، ومسجلًا في مطروح (137.7 ملم) في فصل الشتاء، وسجل انخفاضًا بقيمة (21.5ملم) في فصل الربيع، و(59.7 ملم) خلال فصل الخريف، ومسجلًا في مطروح (128.4 ملم) في فصل الشتاء، وسجل (66.7 ملم) خلال فصل الخريف للفترة من (2014-2023)، كما يتضح عدم تشتت قيم المعدل عن الوسط الحسابي، وعدم تذبذبها في الفترات الزمنية

جدول (5) متوسط وانحراف كميات الأمطار للفترة الزمنية في رفح ومطروح للفترة من

(2023-1985)

المقاييس المحطة	الفترة الزمنية	فصل الخريف			فصل الشتاء			فصل الربيع		
		المجموع	المتوسط	أعلى قيمة	الانحراف المعياري	المجموع	المتوسط	أعلى قيمة	الانحراف المعياري	المجموع
رفح	1990-1985	447,6	44,6	147,4	50,9	1328	132,8	265,8	65,5	527,5
	2004-1996	341	37,96	101,1	31,5	982	109	176,6	35,4	267
	2013-2005	390,8	43,4	102,7	33,4	1113	123,7	168,3	26,4	256,4
	2023-2014	597,1	59,7	144,3	38,1	1683	168,3	303,8	71,4	411,7
مطروح	1990-1985	483	48,3	114,6	44,8	1377	137,7	251	64,8	214,8
	2004-1996	312,2	34,7	79,9	21,9	1018	113,1	171,9	32,36	191,9
	2013-2005	253,8	25,38	82,1	23,2	1035	114,9	59,8	59,8	112,9
	2023-2014	767,7	76,7	245,7	69,2	1284	128,4	213,7	74	714,5

المصدر: من حساب الباحثة اعتمادًا على البيانات اليومية لكميات الأمطار باستخدام برنامج

[https:// data.nasa.gov/Earth-Science/Surface](https://data.nasa.gov/Earth-Science/Surface) 12/2023- SPSS 26

لمحطات الدراسة المختارة في المجموعات الثلاثة الأولى، بينما ظهر تشتت القيم عن الوسط الحسابي خلال الفترة الزمنية 2014-2023 خلال فصول الربيع والخريف في مطروح؛ مما يؤكد أن الاتجاه العام لمتوسطات كميات الأمطار أخذ في التزايد النسبي بالمقارنة بالسنوات الماضية خلال فترة الدراسة، حيث تنشط المنخفضات في فصل الشتاء، ثم يزداد تكرارها في الاعتدالين، إذ يُعدُّ هذا الفصل الأغزر مطرًا بسبب كثرة عدد المنخفضات الجوية، وزيادة فعاليتها، وزيادة عدد الجبهات طويلة الأمد شتاءً بالمقارنة بالفصول الأخرى (Chander et.al., 2002,p4)، ويعد نشاط منخفض قبرص كبؤرة مركزية؛ لتولد وتجدد المنخفضات الجوية التي تؤثر على الساحل الشمالي



لمصر عامة، وتحدث اضطرابات في الطقس مسببة أمطارًا ثقيلة، وعواصف رعدية (محمد محمد عبد العال إبراهيم، 2012، ص 121).

4. الفروق المجمعة: differenced (d) (ARIMA)

تم إجراء الفحص للفروق ومعالجتها عن طريق اختبار جذر الوحدة (Unit Root Test)، الذي يستخدم لفحص ثبات السلسلة الزمنية لكميات الأمطار المتساقطة محور الدراسة وتحديد ما إذا كانت سلسلة البيانات تتبع نموذجًا ثابتًا أو غير ثابت، وذلك بالاعتماد على أحد أنواع الاختبار (Augment Dickey – Filler (ADF)، إذ تعد أهميته في إبراز دقة التنبؤ.

جدول (6) نتيجة اختبار جذر الوحدة (Unit root)

المقياس المحطة	الفصل المطير	Prob(P-value)	Dickey–Fuller test
رفح	الخريف	0.000	11.197–
	الشتاء	0.0003	5.750–
	الربيع	0.000	6.7111–
مطروح	الخريف	0.0005	5.5007–
	الشتاء	0.0003	5.648–
	الربيع	0.000	6.711–

المصدر : إعداد الباحثة، تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي 10 Eviews

يتضح من جدول (6) أن قيمة P-value الاحتمالية المقابلة لاختبار (Dickey–Fuller) أقل من مستوى الدلالة الإحصائية (0.05) نتيجة إجراء الاختبار للفروق المجمعة لمعالجة البيانات في مدينتي رفح ومطروح خلال الفصول المطيرة، وعليه فإن نتائج الاختبار للاحتمالية قيمة P ، والتي سجلت قيمًا أقل من 0.05 ، وهي تمثل قيمًا ذات دلالة إحصائية؛ مما يدل على استقرار السلسلة الزمنية بعد اختبار جذر

الوحدة، وأخذ الفروق الأولى طبقاً للنقوات البارزة من (p, q) كما يتضح من الشكلين (14، 15)؛ لاختيار أفضل النماذج نقارن النماذج المقترحة من خلال المعالم المؤكدة لاختيار أنسب وأفضل نموذج بحيث يكون فيه معاملات الانحدار ذات دلالة، ومعامل التحديد أكبر من بقية النماذج، ويحقق أقل تباين وأقل قيمة لمعيار المعلومات أكاكي (AIC) Akai Information Criteri ، ومعيار (BIC) Bayesian Information ، وأقصى احتمال Maximum Likelihood، وهذه المعايير من أهم مدخلات النموذج؛ لحساب مدى دقة النموذج .

تم استخدام المعادلة الآتية داخل النموذج؛ لسهولة التعريف بمعيار أكاكي (AIC):

$$AIC=2k-2\ln (L) \text{ (Burnham et.al.,2002 p362)}$$

حيث أن (K): تمثل عدد المعالم في النموذج

(L) ln: هو اللوغاريتم الطبيعي، لأقصى قيمة لدالة الاحتمال للنموذج (Likelihood)، ولتحديد أفضل نموذج نختار أقل قيمة لمعيار (AIC c). طبقاً للعالم (Akaike 1973) (نورسل أحمد زين العابدين ، 2013 ، ص 232)

جدول (7) معايير اختيار أفضل النماذج للتنبؤ

المعايير	اختيار أفضل النماذج
Significant Coefficients	significant coefficients أعلى قيمة
Adj.R ²	adjusted R ² أعلى قيمة
Sigma ²	volatility أقل قيمة
AICc	AICc أقل قيمة
AIC	AIC أقل قيمة
SBIC	SBIC أقل قيمة

المصدر: تجميع وإعداد الباحثة اعتماداً على أفضل نموذج مقترح لأريما



الخطوة الثانية : التقدير Estimation¹ تم تقدير النماذج المقترحة من خلال إدخال تقدير المعاملات.

* نماذج ARIMA التقديرية للفصول المطيرة بالاعتماد على (p, d, q)

حيث تم الاعتماد على مجموعة من النماذج تم اختيارها طبقاً للفروق المجمعة، في كل فصل على حده لمحطات الدراسة، بعد حساب الفروق الأولى لدوال الارتباط (p, q) ، ومن ثم تم الحصول على سلسلة مستقرة، متكاملة من الدرجة d وعليه يتصف نموذج (ARIMA)، بثلاث رتب، هي: رتبة الانحدار الذاتي (P) ، ورتبة التكامل (d) ، ورتبة المتوسط المتحرك (q) ، ويرمز له بالرمز $ARIMA(p, d, q)$.

كما تم إجراء التحليل الإحصائي لكميات الأمطار باستخدام برامج الحاسوب المتقدم (الذكاء الاصطناعي) SPSS, Minitab, Eviews؛ لتحليل البيانات، وضغط السلاسل للتنبؤ، واستخراج أفضل النماذج المتوقعة.

وبناءً على النماذج المقترحة في رفح خلال الفصول المطيرة (p, d, q) فهي كالاتي:

فصل الخريف: النماذج المقترحة: أريما $(0.1.0)$ و $(0.1.1)$ و $(0.1.2)$ و $(1.1.0)$ و $(1.1.1)$ و $(1.1.2)$ و $(2.1.0)$ و $(2.1.1)$ و $(2.1.2)$.

فصلي الشتاء والربيع: النماذج المقترحة: أريما $(1.1.1)$ و $(1.1.2)$ و $(1.1.3)$.

بينما النماذج المقترحة في مطروح خلال الفصول المطيرة (p, d, q) فهي كالاتي:

فصلي الخريف والشتاء: النماذج المقترحة: أريما $(1.2.1)$ و $(1.2.2)$ و $(2.2.1)$ و $(2.2.2)$.

فصل الربيع: النماذج المقترحة: أريما $(0,1,1)$ و $(0.1.2)$ و $(1,1,1)$ و $(2.1.2)$.

¹ لمزيد من المعلومات يرجى الرجوع (Anderson,1977, p. 8).

<https://www.rairo-ro.org/articles>

جدول (8) النماذج المقترحة لنموذج (ARIMA)

النماذج المقترحة ومقاييسها					المحطة	الفصل المطبق
Model (d=1)	Loglikelihood	AICc	AIC	BIC	رفع	الخريف
P=2 : q=0	-187.814	384.878	383.628	390.072		
P=1 : q=0	-197.093	400.912	400.185	405.018		
P=0 : q=0	-201.891	408.135	407.782	411.004		
P=0 : q=1	-204.687	416.101	415.374	420.207		
P=1 : q=2	-205.673	423.281	421.345	429.4		
P=0 : q=2	-214.044	437.338	436.088	442.532		
P=1 : q=1	-215.197	439.644	438.394	444.837		
P=2 : q=2	-228.589	471.978	469.178	478.843		
P=2 : q=1	-238.414	488.763	486.827	494.882		
Model (d =1)						الشتاء
P=1 : q=1	-199.516	408.281	407.031	413.475		
P=1 : q=2	-198.88	409.696	407.76	415.815		
P=1 : q=3	-197.984	410.769	407.969	417.634		
Model (d =1)						الربيع
P=1 : q=2	-180.762	373.46	371.524	379.579		
P=1 : q=3	-179.393	373.587	370.787	380.452		
P=1 : q=1	-182.294	373.838	372.588	379.032		
Model (d =2)					مرسى مطروح	الخريف
P=2 : q=1	-197.476	404.243	402.953	409.287		
P=1 : q=1	-199.035	404.819	404.069	408.82		
P=2 : q=2	-197.061	406.122	404.122	412.04		
P=1 : q=2	-202.912	415.115	413.824	420.158		
Model (d =2)						الشتاء
P=2 : q=2	-202.687	417.374	415.374	423.292		
P=1 : q=1	-207.282	421.313	420.563	425.314		
P=1 : q=2	-211.151	431.592	430.302	436.636		
P=2 : q=1	-220.608	450.507	449.217	455.551		
Model (d =1)						الربيع
P=0 : q=1	-208.638	424.003	423.275	428.108		
P=0 : q=2	-208.079	425.407	424.157	430.601		
P=1 : q=1	-208.166	425.583	424.333	430.776		
P=1 : q=2	-208.192	428.319	426.383	434.438		
P=2 : q=2	-207.276	429.352	426.552	436.218		
P=2 : q=1	-215.035	442.006	440.070	448.125		



المصدر : إعداد و حساب الباحثة إذ تمت معالجة البيانات باستخدام برنامج الذكاء الاصطناعي Eviews 10 لحساب النموذج، ويعد أفضل النماذج المقترحة أقلها لمعيار AICc.

الخطوة الثالثة: الفحص Diagonstic checking

في هذه الخطوة يتم فحص النماذج؛ لتحديد أفضل وأنسب نموذج من خلال المقارنات بين درجات الارتباط وقيمة p المعنوية كما هو واضح من الخطوات التالية: (Anderson, O. D., 1977, p.16)

$$\begin{aligned}
 \text{AR (1)} \quad & \text{Var}[\hat{\phi}] \simeq \frac{1 - \phi^2}{n}, \\
 \text{AR (2)} \quad & \text{Var}[\hat{\phi}_1], \text{Var}[\hat{\phi}_2] \simeq \frac{1 - \phi_2^2}{n}, \\
 \text{MA (1)} \quad & \text{Var}[\hat{\theta}] \simeq \frac{1 - \theta^2}{n}, \\
 \text{MA (2)} \quad & \text{Var}[\hat{\theta}_1], \text{Var}[\hat{\theta}_2] \simeq \frac{1 - \theta_2^2}{n}, \\
 \text{ARMA (1, 1)} \quad & \text{Var}[\hat{\phi}] \simeq \frac{(1 - \phi^2)(1 + \phi\theta)^2}{n(\phi + \theta)^2}, \\
 & \text{Var}[\hat{\theta}] \simeq \frac{(1 - \theta^2)(1 + \phi\theta)^2}{n(\phi + \theta)^2}.
 \end{aligned}$$

بعد إجراء عدة اختبارات لدقة النماذج المقترحة تم تحديد معايير نموذج أريما وفقاً لأثر مدخلات النموذج (Kaur & Kautish, 2021) في محطة رفع حيث تم الوصول إلى النموذج الأفضل لكميات الأمطار المتساقطة خلال فصل الخريف (1) D , (2) MA (0) , AR ، بأقل القيم للمعايير الإحصائية، معيار أكاكي AIC = 383.628، AICc = 384.87، BIC = 390.072، كما أن قيم الـ P أقل من مستوى المعنوى (0.05)؛ مما يؤكد أنها ذات دلالة إحصائية، ويمثل النموذج الأفضل لفصل الشتاء MA (1) , D (1) , AR (1) بأقل القيم للمعايير الإحصائية، معيار أكاكي AIC = 407.031، AICc = 408.281، BIC = 413.475، ويمثل النموذج الأفضل

لفصل الربيع (2) MA , (1) D , (1) AR بأقل القيم للمعايير الإحصائية، معيار أكاكي $AIC = 371.524$, $AICc = 373.460$, $BIC = 379.579$ ، كما أن قيم الـ P-value أقل من مستوى المعنوى (0.05)، وهذا يؤكد أن القياس دال إحصائي، كما تم تحديد معايير نموذج أريما وفقاً لأثر مدخلات النموذج في محطة مطروح، حيث يمثل النموذج الأفضل خلال فصل الخريف (1) MA , (2) D , (2) AR، بأقل القيم للمعايير الإحصائية، معيار أكاكي $AIC = 402.953$, $AICc = 404.243$, $BIC = 409.287$ ، كما أن قيم الـ P أقل من

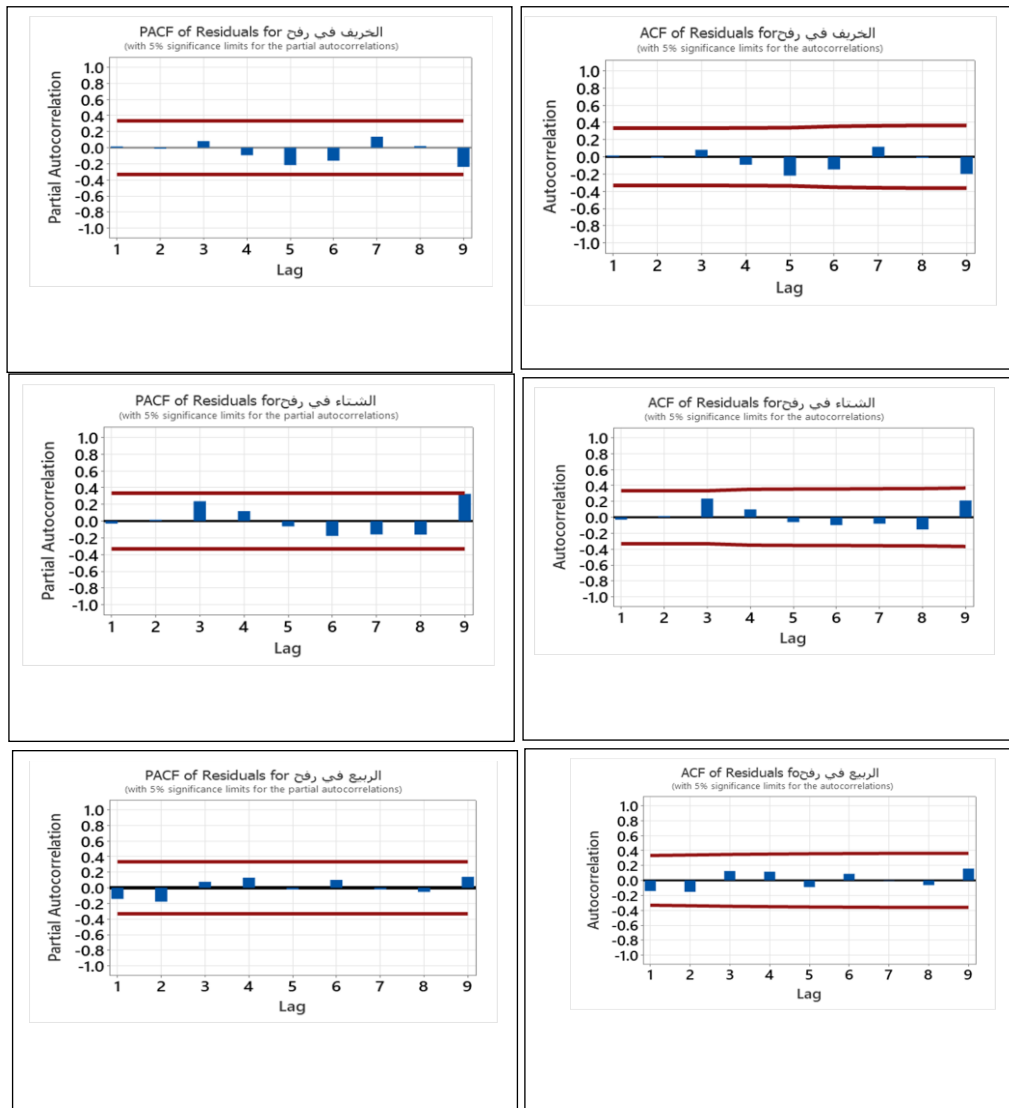
جدول (8) النتائج التقديرية النهائية لأفضل نموذج مقترح (AR, MA)

Differencing	Final Estimates of Parameters					المقياس / الفصول	محطة
1	Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	الخريف	رفع
	AR 1	-0.886	0.121	-7.32	0.000		
	AR 2	-0.711	0.121	-5.67	0.000		
	Constant	-2.77	-2.77	-0.45	0.654		
1	AR 1	0.056	0.197	0.28	0.779	الشتاء	
	MA 1	0.921	0.115	8.03	0.000		
	Constant	1.67	1.16	1.44	0.159		
1	AR 1	-0.8	0.163	-4.90	0.000	الربيع	
	MA 1	-0.008	0.154	-0.050	0.961		
	MA 2	0.939	0.13	7.200	0.000		
	Constant	0.872	0.419	-2.080	0.045		
2	AR 1	-0.628	0.17	-3.690	0.001	الخريف	مرسى مطروح
	AR 2	-0.0349	0.174	-2.010	0.053		
	MA 1	-0.926	0.111	8.340	0.000		
2	AR 1	-0.595	0.252	-2.37	0.024	الشتاء	
	AR 2	-0.476	0.194	-2.46	0.02		
	MA 1	1.154	0.224	5.15	0.000		
	MA 2	-0.202	0.267	-0.76	0.455		
1	MA 1	1.0228	0.0967	10.58	0.000	الربيع	
	Constant	0.918	0.485	1.89	0.067		



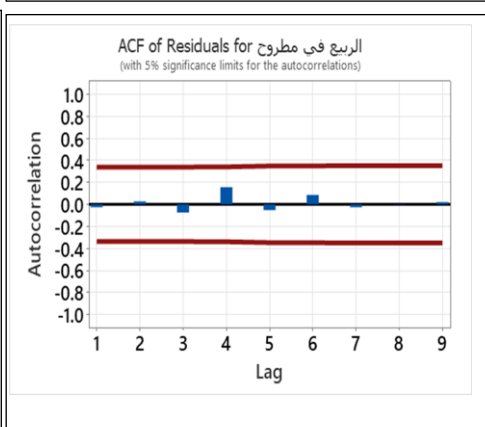
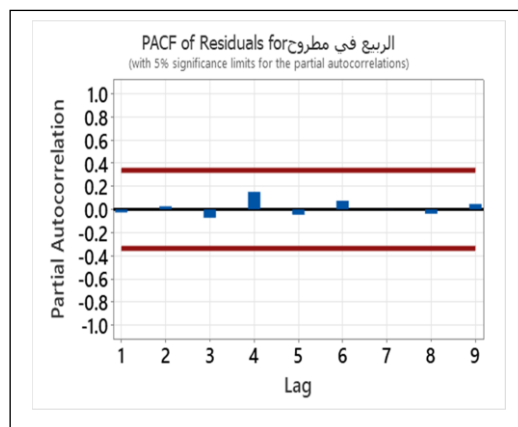
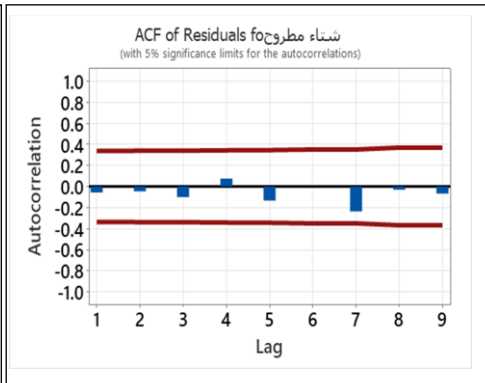
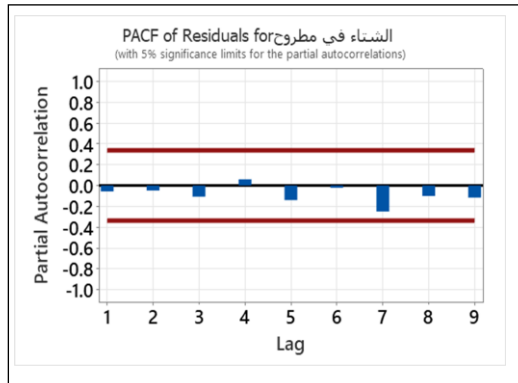
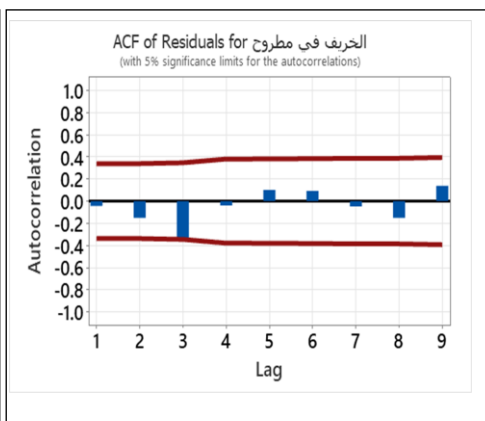
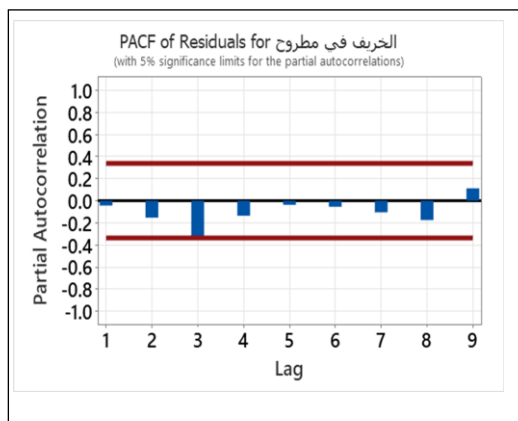
مستوى المعنوى (0.05)؛ مما يؤكد أنها ذات دلالة إحصائية، ويمثل النموذج الأفضل لفصل الشتاء (2) MA ، (2) D ، (2) AR بأقل القيم للمعايير الإحصائية، معيار أكاكي $AIC = 415.374$ ، $AICc = 404.243$ ، $BIC = 423.292$ ، ويمثل النموذج الأفضل لفصل الربيع (1) MA ، (1) D ، (0) AR بأقل القيم للمعايير الإحصائية، معيار أكاكي $AIC = 424.275$ ، $AICc = 424.003$ ، $BIC = 423.27$ جدول (8)، إذ تقع قيمة (P) المعنوية داخل مستوى الثقة، ويعد بهذا دالاً إحصائياً بمستوى دلالة أقل من 0.05 & 0.01، وبالتالي يمكن اعتماد هذا النموذج في التنبؤ بكميات الأمطار المتساقطة على منطقتي الدراسة.

تم استخدام اختبار Ljung-Box ، لتقييم وجود التسلسل الذاتي والذاتي الجزئي في بقايا النموذج، وبدراسة هذا الاختبار الإحصائي وجد مدى ملائمة نموذج الانحدار من خلال مقارنة التباين في البواقي ومدى دقته، إذ يتضح من خلال الشكل (12) عدم وجود أية نتوءات بارزة أو اتجاهات خارج إطار السلسلة فى ACF، PACF، ثم تم تقييم النماذج بعد اجتياز كل نموذج مرشح لجميع القياسات، ووجد أنه يتبع التوزيع الطبيعي خلال الفصول المطيرة؛ مما يؤكد مدى الدقة واعتماده للتنبؤات المستقبلية كما في الشكلين (15 و 16).



المصدر: إعداد الباحثة باستخدام برنامج Minitab Stastical

شكل (15) درجات التباطؤ في دالتي الارتباط الذاتي، والارتباط الذاتي الجزئي
لمتوسط كميات الأمطار في ربح بمستوى ثقة 95 %



المصدر: إعداد الباحثة باستخدام برنامج Mintab Stastical

شكل (16) درجات التباطؤ في دالتي الارتباط الذاتي، والارتباط الذاتي الجزئي

لمتوسط كميات الأمطار في رفح بمستوى ثقة 95 %

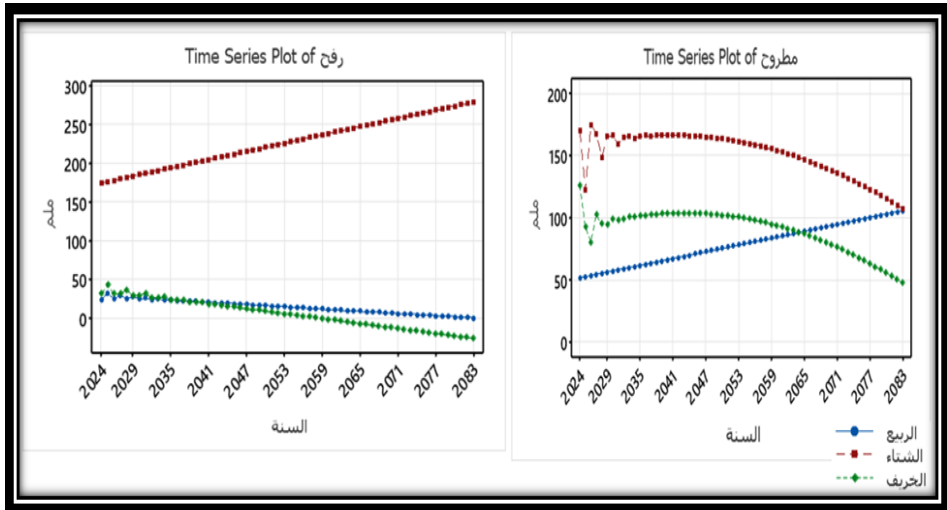
جدول (9) التنبؤ المستقبلي للأمطار المعتمدة على أفضل نموذج للتنبؤ ARIMA

خلال الفصول المطيرة حتى عام 2083 م

الفصل	رفح			الفصل	مطروح			السنة	الفصل	رفح			السنة	مطروح	السنة
	الربيع	الشتاء	الخريف		الربيع	الشتاء	الخريف			الربيع	الشتاء	الخريف		الربيع	
٢٠٢٤	٣١,٩	١٧٣,٧	٢٣,٧	١٢٦,٣	١٦٩,٩	٥١,٥	٢٠٥٤	٤,٤	٢٢٧,٥	١٤,١	٩٩,٧	١٦٠,٧	٧٩,٠	١٦٠,٧	٧٩,٠
٢٠٢٥	٤٢,٤	١٧٦,٠	٣٢,٢	٩٢,٤	١٢٢,٦	٥٢,٤	٢٠٥٥	٣,٤	٢٢٩,٣	١٣,٧	٩٨,٩	١٥٩,٧	٨٠,٠	١٥٩,٧	٨٠,٠
٢٠٢٦	٣١,٠	١٧٧,٩	٢٤,٥	٨٠,٥	١٧٤,٦	٥٣,٣	٢٠٥٦	٢,٢	٢٣١,١	١٣,٢	٩٨,٠	١٥٨,٨	٨٠,٩	١٥٨,٨	٨٠,٩
٢٠٢٧	٣٠,٩	١٧٩,٦	٢٩,٨	١٠٢,٣	١٦٧,٩	٥٤,٢	٢٠٥٧	١,٢	٢٣٢,٨	١٢,٧	٩٧,١	١٥٧,٧	٨١,٨	١٥٧,٧	٨١,٨
٢٠٢٨	٣٦,٤	١٨١,٤	٢٤,٧	٩٥,١	١٤٨,٩	٥٥,٢	٢٠٥٨	٠,٢	٢٣٤,٦	١٢,٢	٩٦,١	١٥٦,٦	٨٢,٧	١٥٦,٦	٨٢,٧
٢٠٢٩	٢٨,٩	١٨٣,٢	٢٧,٩	٩٤,٢	١٦٥,٥	٥٦,١	٢٠٥٩	٠,٩	٢٣٦,٤	١١,٧	٩٥,٠	١٥٥,٤	٨٣,٦	١٥٥,٤	٨٣,٦
٢٠٣٠	٢٨,٩	١٨٥,٠	٢٤,٥	٩٩,٣	١٦٦,٢	٥٧,٠	٢٠٦٠	٢,٠	٢٣٨,٢	١١,٢	٩٣,٨	١٥٤,٢	٨٤,٥	١٥٤,٢	٨٤,٥
٢٠٣١	٣١,٤	١٨٦,٧	٢٦,٣	٩٨,٣	١٥٩,٣	٥٧,٩	٢٠٦١	٣,٠	٢٣٩,٩	١٠,٨	٩٢,٦	١٥٢,٨	٨٥,٥	١٥٢,٨	٨٥,٥
٢٠٣٢	٢٦,٤	١٨٨,٥	٢٤,٠	٩٨,٩	١٦٤,٥	٥٨,٨	٢٠٦٢	٤,١	٢٤١,٧	١٠,٣	٩١,٣	١٥١,٥	٨٦,٤	١٥١,٥	٨٦,٤
٢٠٣٣	٢٦,٣	١٩٠,٣	٢٥,٠	١٠٠,٥	١٦٦,٠	٥٩,٨	٢٠٦٣	٥,٢	٢٤٣,٥	٩,٨	٩٠,٩	١٥٠,٠	٨٧,٣	١٥٠,٠	٨٧,٣
٢٠٣٤	٢٧,٢	١٩٢,٠	٢٣,٣	١٠٠,٧	١٦٣,٧	٦٠,٧	٢٠٦٤	٦,٢	٢٤٥,٣	٩,٣	٨٨,٥	١٤٨,٥	٨٨,٢	١٤٨,٥	٨٨,٢
٢٠٣٥	٢٣,٧	١٩٣,٨	٢٣,٨	١٠١,٤	١٦٥,٤	٦١,٦	٢٠٦٥	٧,٢	٢٤٧,٠	٨,٨	٨٦,٩	١٤٦,٩	٨٩,١	١٤٦,٩	٨٩,١
٢٠٣٦	٢٣,٤	١٩٥,٦	٢٢,٥	١٠٢,١	١٦٦,٣	٦٢,٥	٢٠٦٦	٨,٤	٢٤٨,٨	٨,٣	٨٥,٣	١٤٥,٣	٩٠,١	١٤٥,٣	٩٠,١
٢٠٣٧	٢٣,٤	١٩٧,٤	٢٢,٧	١٠٢,٥	١٦٥,٦	٦٣,٤	٢٠٦٧	٩,٤	٢٥٠,٦	٧,٨	٨٣,٧	١٤٣,٦	٩١,٠	١٤٣,٦	٩١,٠
٢٠٣٨	٢٠,٨	١٩٩,١	٢١,٧	١٠٢,٩	١٦٦,٢	٦٤,٣	٢٠٦٨	١٠,٥	٢٥٢,٣	٧,٤	٨١,٩	١٤١,٨	٩١,٩	١٤١,٨	٩١,٩
٢٠٣٩	٢٠,٣	٢٠٠,٩	٢١,٦	١٠٣,٢	١٦٦,٦	٦٥,٣	٢٠٦٩	١١,٦	٢٥٤,١	٦,٩	٨٠,١	١٣٩,٩	٩٢,٨	١٣٩,٩	٩٢,٨
٢٠٤٠	١٩,٨	٢٠٢,٧	٢٠,٨	١٠٣,٥	١٦٦,٤	٦٦,٢	٢٠٧٠	١٢,٦	٢٥٥,٩	٦,٤	٧٨,٣	١٣٨,٠	٩٣,٧	١٣٨,٠	٩٣,٧
٢٠٤١	١٧,٩	٢٠٤,٥	٢٠,٦	١٠٣,٧	١٦٦,٤	٦٧,١	٢٠٧١	١٣,٧	٢٥٧,٧	٥,٩	٧٦,٣	١٣٦,٠	٩٤,٦	١٣٦,٠	٩٤,٦
٢٠٤٢	١٧,٢	٢٠٦,٢	٢٠,٩	١٠٣,٨	١٦٦,٥	٦٨,٠	٢٠٧٢	١٤,٨	٢٥٩,٤	٥,٤	٧٤,٣	١٣٤,٠	٩٥,٦	١٣٤,٠	٩٥,٦
٢٠٤٣	١٦,٤	٢٠٨,٠	٢٠,٨	١٠٣,٩	١٦٦,٣	٦٨,٩	٢٠٧٣	١٥,٨	٢٦١,٢	٤,٩	٧٢,٢	١٣١,٩	٩٦,٥	١٣١,٩	٩٦,٥
٢٠٤٤	١٤,٨	٢٠٩,٨	٢٠,٨	١٠٣,٨	١٦٦,١	٦٩,٩	٢٠٧٤	١٦,٩	٢٦٣,٠	٤,٤	٧٠,٠	١٢٩,٧	٩٧,٤	١٢٩,٧	٩٧,٤
٢٠٤٥	١٤,٠	٢١١,٦	٢١,٨	١٠٣,٨	١٦٥,٩	٧٠,٨	٢٠٧٥	١٨,٠	٢٦٤,٨	٤,٠	٦٧,٨	١٢٧,٤	٩٨,٣	١٢٧,٤	٩٨,٣
٢٠٤٦	١٣,١	٢١٣,٣	٢١,٨	١٠٣,٦	١٦٥,٦	٧١,٧	٢٠٧٦	١٩,٠	٢٦٦,٥	٣,٥	٦٥,٥	١٢٥,١	٩٩,٢	١٢٥,١	٩٩,٢
٢٠٤٧	١١,٧	٢١٥,١	٢١,٦	١٠٣,٤	١٦٥,٢	٧٢,٦	٢٠٧٧	٢٠,١	٢٦٨,٣	٣,٠	٦٣,١	١٢٢,٧	١٠٠,٢	١٢٢,٧	١٠٠,٢
٢٠٤٨	١٠,٨	٢١٦,٩	٢١,٧	١٠٣,١	١٦٤,٨	٧٣,٥	٢٠٧٨	٢١,٢	٢٧٠,١	٢,٥	٦٠,٧	١٢٠,٣	١٠١,١	١٢٠,٣	١٠١,١
٢٠٤٩	٩,٨	٢١٨,٦	٢١,٦	١٠٢,٧	١٦٤,٢	٧٤,٤	٢٠٧٩	٢٢,٢	٢٧١,٩	٢,٠	٥٨,١	١١٧,٨	١٠٢,٠	١١٧,٨	١٠٢,٠
٢٠٥٠	٨,٦	٢٢٠,٤	٢١,٦	١٠٢,٢	١٦٣,٦	٧٥,٤	٢٠٨٠	٢٣,٣	٢٧٣,٦	١,٥	٥٥,٥	١١٥,٢	١٠٢,٩	١١٥,٢	١٠٢,٩
٢٠٥١	٧,٦	٢٢٢,٢	٢١,٦	١٠١,٧	١٦٣,٠	٧٦,٣	٢٠٨١	٢٤,٣	٢٧٥,٤	١,١	٥٢,٩	١١٢,٥	١٠٣,٨	١١٢,٥	١٠٣,٨
٢٠٥٢	٦,٦	٢٢٤,٠	٢١,٦	١٠١,١	١٦٢,٣	٧٧,٢	٢٠٨٢	٢٥,٤	٢٧٧,٢	٠,٦	٥٠,١	١٠٩,٨	١٠٤,٧	١٠٩,٨	١٠٤,٧
٢٠٥٣	٥,٤	٢٢٥,٧	٢١,٦	١٠٠,٥	١٦١,٥	٧٨,١	٢٠٨٣	٢٦,٥	٢٧٩,٠	٠,١	٤٧,٣	١٠٧,٠	١٠٥,٧	١٠٧,٠	١٠٥,٧

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات جدول (2، 3، 4) باستخدام برنامج Mintab

Stastical



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات جدول (9)

شكل (17) الاتجاه العام للتنبؤ المستقبلي لكميات الأمطار المتساقطة

حتى عام 2083 م

الخطوة الرابعة : التنبؤ Forecasting:

تُعَدُّ هذه الخطوة المرحلة النهائية لبناء نموذج المحاكاة ARIMA للتنبؤات المستقبلية المعتمدة على أفضل النماذج التطبيقية للتنبؤ، ومن ثم تم حساب أخطاء التنبؤ، كما تعد هذه المرحلة أهم مراحل التنبؤ، بل الهدف من إنشاء النموذج بعد استقرار السلسلة وتوزيعها الطبيعي الذي يؤكد دقة التنبؤ. ويتضح من الجدول (9) أن النماذج الأفضل للتنبؤ بكميات الأمطار المتساقطة في رفح خلال الفصول المطيرة كالتالي: فصل الخريف: (p_2, d_1, q_0) ، فصل الشتاء: (p_1, d_1, q_2) ، فصل الربيع: (p_1, d_1, q_2) ، بينما النماذج الأفضل في مطروح خلال الفصول المطيرة كالتالي: فصل الخريف: (p_2, d_2, q_1) ، فصل الشتاء: (p_2, d_2, q_2) ، فصل الربيع: (p_0, d_1, q_1) ، وذلك لاجتيازها معظم عمليات الفحص والتشخيص؛ لذا تم استخدامها في التنبؤ على مدار ستين عامًا قادمة لإعطاء كمية الأمطار في المستقبل من 2023

حتى عام 2083، إذ يتوقع بناءً على هذه النماذج أن أكثر الفصول مطراً في رفح ومطروح الشتاء يليه الربيع ثم فصل الخريف؛ وبناءً على النماذج المتنبأ بها ستتناقص كميات الأمطار خلال الشهور المطيرة، ووجود اتجاه مستمر نحو التناقص، وظروف مناخية أكثر جفافاً في السنوات القادمة شتاءً ما بين أعوام 2064 إلى 2083م (19 عاماً)، حيث يقل المعدل السنوي عن 150 ملم ليتدنى إلى 107 ملم شتاءً، كما تتناقص كمية التساقط في رفح خلال الاعتدالين للأعوام القادمة بشكل واضح ليتناقص متوسطها الفصلي عن 50 ملم، بالرغم أنه يتوقع من تحليل خط الاتجاه العام كما في شكل (17)، زيادة في كمية الأمطار المتساقطة خلال الربيع في مطروح، وإن دل هذا فإنه يؤكد تذبذب الأمطار والتساقط الفجائي المحاكي للواقع نتيجة حالات عدم الاستقرار الجوي، وتكرار العواصف الإعصارية على البحر المتوسط، ويتضح من هذه الدراسة أنها تمثل نمطاً رتبياً تتذبذب الأمطار على ضوئه ويستمر لسنين عديدة، حيث أن هناك أماكن تعاني من عجز في حصتها من الأمطار أكثر من غيرها مما يجعل الحاجة إلى إيجاد مصادر للمياه فيها أكثر إلحاحاً، حيث يسجل معدل الأمطار السنوي (200.45 ملم في مطروح و 217.39 ملم في رفح) خلال فترة الدراسة؛ لذا فمن المتوقع أن يكون كل من العرض والطلب على المياه مبالغاً فيه بسبب تغير المناخ، ومن المتوقع بحلول عام 2050 أن يؤدي تغير المناخ إلى زيادة الطلب على المياه بمعدل 5 %، حيث سيتفاقم العجز المائي ونوبات الجفاف، إذ يعد العجز المائي والأمن المائي مؤشرات مهمة؛ لتقييم استدامة الموارد المائية، إذ بلغت كمية العجز المائي السنوي طبقاً لنتائج تطبيق طريقة خروفة للفترة (1990-2019) في الضبعة (1721.9 ملم)، مطروح (1441.1ملم)، والسلم (1581.6 ملم). (نشوة محمد إبراهيم مغربي، 2022، ص 38)، ورفح (1221.5 ملم)، وبذلك يتجاوز العجز المائي في رفح 60%، مما يؤكد أن الطلب على المياه يفوق الإمداد المتاح بشكل كبير، كما تقدر احتياجات المياه في محافظة مطروح بحوالي 300 مليون م³ سنوياً، بينما يتوفر فقط حوالي 200 مليون م³ سنوياً من المياه المتاحة، وتعد المياه الجوفية المصدر الرئيس المعتمد عليه



بنسبة 80%؛ لتلبية الاحتياجات المائية؛ مما يزيد من الضغط على هذه الموارد القليلة، ويجعلها مهددة بالتدهور في ظل زيادة الطلب؛ نظراً لاعتماد الأنشطة الاقتصادية (الزراعية) على الأمطار بشكل أساسي، فتغيرات الأمطار وما ينتج عنها يعد مؤثراً في النشاط الأكبر؛ لأنه يغير من خريطة النشاط الزراعي، وللتغلب على هذا التحدي يجب تطوير استراتيجيات شاملة؛ لإدارة الموارد المائية بشكل فعال وتعزيز جهود تحلية المياه، وتعزيز التوعية بأهمية المحافظة على المياه، والبحث عن مصادر جديدة من خلال استقطاب مياه السيول والأمطار (محمد محمد السيد، 2009، ص 27-28)¹، كما يراعى تنفيذ تدابير المحافظة على المياه للقطاعات الزراعية كمخزن استراتيجي للتطورات غير المتوقعة في مطروح ورفح، مثل: الري بالتنقيط، والحفاظ على خزانات المياه الجوفية العميقة، وإعادة تصميم المقاطع العرضية للقناة المخزنة للمياه؛ لتقليل فقد التبخر، وتحسين أنظمة الصرف، وبناء مستجمعات المياه والسدود؛ لجمع المياه في مناطق السيول، وإعادة تنشيط مستجمعات مياه الأمطار القديمة (أنظمة الكرمة الرومانية) على الساحل الشمالي الغربي واستخدامها في الزراعة. (المركز العربي للبحوث والدراسات، نوفمبر، 2019، ص 7)²، ولهذه الدراسة أهمية في عمليات التخطيط الهيدرولوجي والمخاطر البيئية الناجمة عنها، وبالأخص الأمن الغذائي والخسائر الكبيرة في كافة الأنشطة الاقتصادية والمتأثرة بالتذبذب والاختلاف في كميات النباتات الخضراء (NDVI). (مكي محمد عزيز، 1971، ص 273).

¹ (يرجى الاطلاع <https://www.mwri.gov.eg>)

² <http://www.acrseg.org/41397>

نتائج الدراسة:

1) اتضح من تحليل بيانات الدراسة عدم وجود تشتت قيم المعدل عن الوسط الحسابي، وعدم تذبذبها في المجموعات الزمنية لمحطات الدراسة المختارة في الفترات الزمنية ((1985-1995م)، (1996، 2004 م)، (2005، 2013 م))، بينما ظهر تشتت القيم عن الوسط الحسابي خلال الفترة الزمنية الرابعة (2014-2023 م) خلال فصول الربيع والخريف في مطروح مما يؤكد أن الاتجاه العام لمعدلات كميات الأمطار أخذ في التزايد النسبي بالمقارنة بالسنوات الماضية خلال فترة الدراسة، حيث تنشط المنخفضات في فصل الشتاء، ثم يزداد تكرارها في الاعتدالين.

2) تم الخروج ببناء نموذج الذكاء الاصطناعي ARIMA للتنبؤات المستقبلية المعتمدة على المقترح الأنسب، إذ تم التنبؤ لفترة ستين عامًا من 2023 - 2083 في محطتي الدراسة، إذ تبين من دراسة النماذج الأفضل خلال الفصول المطيرة في رفح الآتي: فصل الخريف: (p_2, d_1, q_0)، فصل الشتاء: (p_1, d_1, q_2)، فصل الربيع: (p_1, d_1, q_2)، بينما النماذج الأفضل في مطروح كالتالي: فصل الخريف: (p_2, d_2, q_1)، فصل الشتاء: (p_2, d_2, q_2)، فصل الربيع: (p_0, d_1, q_1)؛ وذلك لاجتيازها معظم عمليات الفحص والتشخيص، وإعطائها نتائج إحصائية أفضل من النماذج المقترحة؛ لذا تم استخدامها في التنبؤ على مدار ستين عامًا قادمة لإعطاء قيم الأمطار المتساقطة في المستقبل من 2023 حتى عام 2083، إذ يتوقع بناءً على هذه النماذج أن أكثر الفصول مطرًا في رفح ومطروح الشتاء، يليه الربيع ثم فصل الخريف؛ وبناءً على النماذج المتنبأ بها ستتناقص كميات الأمطار خلال الشهور المطيرة، إذ يتوقع من تحليل خط الاتجاه العام زيادة طفيفة في كمية الأمطار خلال الربيع في مطروح، وإن دل هذا فإنه يؤكد تذبذب الأمطار والتساقط الفجائي نتيجة حالات عدم الاستقرار الجوي السائد ربيعًا، كما يتناقص متوسطها الفصلي في رفح عن 50 ملم خلال الاعتدالين للأعوام القادمة بشكل واضح.



3) دقة نموذج الذكاء الاصطناعي ARIMA العالية ، في توقع كميات المطر على المدى القصير بشكل محاكي للواقع ، كما حدث في مرسى مطروح خلال ربيع (2024م) ، و أيضاً دقة المصادقية في التوقعات طويلة المدى و المطابقة لتقارير المناخ العالمي ، من حيث توالي فترات تناقص الأمطار وانخفاضها في الأعوام القادمة.

4) تجاوز العجز المائي في رفح 60%، مما يؤكد أن الطلب على المياه يفوق الإمداد المتاح بشكل كبير، كما تقدر احتياجات المياه في محافظة مطروح بحوالي 300 مليون م³ سنوياً، بينما يتوفر فقط حوالي 200 مليون م³ سنوياً من المياه المتاحة، وتعد المياه الجوفية المصدر الرئيس المعتمد عليه بنسبة 80%؛ لتلبية الاحتياجات المائية مما يزيد من الضغط على هذه الموارد القليلة، ويجعلها مهددة بالتدهور في ظل زيادة الطلب؛ نظراً لاعتماد الأنشطة الاقتصادية (الزراعية) على الأمطار بشكل أساسي، فتغيرات الأمطار وما ينتج عنها يغير من خريطة النشاط الزراعي.

ثانياً : التوصيات

يوصى¹ باتتبع الإجراءات التالية؛ لتفادي تناقص الأمطار والتكيف مع التغيرات المناخية:

- 1- استبدال أنظمة الري بالغمر بأنظمة الري بالتنقيط؛ لتقليل الفاقد من المياه وزيادة كفاءة الاستخدام.
- 2- إنشاء خزانات؛ لتجميع مياه الأمطار للاستخدامها في الري والأغراض الأخرى.
- 3- استخدام المياه المعالجة في الري الزراعي والاستخدامات الصناعية
- 4- تعزيز الاستفادة من تقنيات حصاد المياه، مثل: حفر الآبار، وتجميع مياه الأمطار في الخزانات الطبيعية؛ لتحسين توفر المياه في فترات الجفاف.

¹ (تم الاستعانة بالذكاء الاصطناعي الـ Chat GPT بتصرف من الباحثة.

5- تحسين كفاءة الخزانات وصيانة الخزانات؛ لتقليل الفاقد من التبخر وتسرب المياه باستخدام الأغشية الواقية إذ يقلل من التبخر ويحسن كفاءة التخزين.

6- يوصى باستخدام النباتات المقاومة للجفاف؛ لتحسين استدامة الغطاء النباتي وتقليل الحاجة إلى الري.

7- يجب استخدام طرق التنبؤ باستخدام التقنيات الحديثة؛ لمراقبة مستويات الأمطار والمياه الجوفية بانتظام.

8- يجب وضع خطط استراتيجية مدروسة من قبل الجهات المعنية بمشكلة الدراسة تتضافر فيها كافة الجهود العلمية والبحثية والتقنيات الحديثة؛ لتقليل الفقد المائي والجفاف، وما يعكسه على الوضع الاقتصادي بشكل خاص، والبيئة بشكل عام.



قائمة المصادر والمراجع العربية والأجنبية:

أولاً: المصادر العربية:

- 1) الأمم المتحدة (2015): التوقعات المناخية ومؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة في المنطقة العربية، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية الإسكوا، بيروت - لبنان.
<https://archive.unescwa.org/ar/publication>
- 2) الأمم المتحدة الجمعية العامة (1994): اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر في البلدان التي تعاني من الجفاف الشديد و/أو من التصحر، وبخاصة في إفريقيا، الدورة الخامسة، سبتمبر، باريس - فرنسا.
- 3) الأمم المتحدة، (1992): مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية (UNCED) مؤتمر ريو - قمة الأرض، يونيه، البرازيل.
- 4) رئاسة مجلس الوزراء (2023): تقرير "عودة النينيو" أغسطس، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، القاهرة - مصر. <https://www.almasryalyoum.com/news/details/2970289>
- 5) مركز الإحصاء (2021): دليل مبادئ التحليل الإحصائي أدلة المنهجية والجودة، دليل رقم (10)، مايو، أبوظبي - الإمارات، ص ص 16-23 .
- 6) المركز العربي للبحوث والدراسات (2019): تغير المناخ في مصر ما بين التهديدات وسبل المواجهة، نوفمبر، ص 7. <http://www.acrseg.org/41397>

ثانياً: المراجع العربية:

- 1) البشير الطاهر محمد مسعود (2015): الاتجاه العام لمعدلات الأمطار ودوره في حدوث ظاهرة التصحر بمنطقة سهل الجفارة، مجلة الجامعة، العدد 17، المجلد الثاني، جامعة الزاوية - ليبيا.
- 2) خالد محمد مذكور علي (2020): الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر خلال موسم المطر 2019-2020، مجلة كلية الآداب للإنسانيات والعلوم الإجتماعية، المجلد 12، العدد2 (يوليو) - مصر ص 2098.
- 3) شحاتة سيد أحمد طلبة (1990): المطر في مصر؛ دراسة في الجغرافية المناخية، دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة - مصر ٣٣٧ ص.
- 4) شرف الدين خليل (2022) : الإحصاء الوصفي، مكتبة شبكة الأبحاث والدراسات الاقتصادية، شبكة الإنترنت. ص ص 65-74

- (5) صلاح معروف (2012): الضوابط المناخية للعجز المائي في شبه جزيرة سيناء، سلسلة بحوث جغرافية، العدد 100، الجمعية الجغرافية المصرية.
- (6) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي (1990)، المناخ التطبيقي، دار الحكمة للطباعة والنشر، بغداد - العراق.
- (7) عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (1998): التباين المناخي على السواحل المصرية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثاني، مصر.
- (8) عبد الناصر رشاش علي (2010): النبذات المناخية وآثارها على البيئة في ساحل مصر الشمالي الغربي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة طنطا - مصر.
- (9) علي أحمد غانم (2011) : الجغرافيا المناخية، الطبعة 3، دار المسيرة للنشر، عمان - الأردن.
- (10) علي حسن موسى (1982): الوجيز في المناخ التطبيقي، دار الفكر (ط1)، دمشق - سورية.
- (11) علي حسن موسى (2002): المناخ الحيوي، نينوي للنشر والتوزيع، (ط1)، دمشق - سورية.
- (12) قصي عبد المجيد السامرائي وآخرون (2008): أثر الارتفاع في كمية الأمطار الساقطة على شمال العراق، مجلة كلية التربية للعلوم الإنسانية، العدد 71، جامعة بغداد، الموصل، العراق.
- (13) كاظم عبد الوهاب حسن الأسدي وآخرون (2019): أثر التغيرات المناخية في التنمية المستدامة للموارد المائية: دراسة تطبيقية في محافظة البصرة، مجلة أبحاث البصرة للعلوم الإنسانية، المجلد 44، العدد 4 ب، جامعة البصرة - العراق.
- (14) محمد حسين رشيد (2008): الإحصاء الوصفي والتطبيقي والحيوي، دار صفاء للنشر، الطبعة الأولى، عمان - الأردن، ص 132.
- (15) محمد فوزي أحمد عطا (1992): مناخ الساحل الشمالي في مصر وآثاره الجغرافية "دراسة في الجغرافيا المناخية"، ماجستير غير منشورة
- (16) محمد محمد السيد (2009): التغيرات المناخية واحتمالات تأثيراتها المستقبلية على الوطن العربي، وزارة البيئة اللبنانية، دور المجتمع المدني، أغسطس، بيروت - لبنان، ص 27، 28 <https://www.mwri.gov.lb>
- (17) محمد محمد عبد العال إبراهيم (2012): التغيرات المناخية لأمطار السواحل المصرية - دراسة في الجغرافيا المناخية دكتوراه منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة - مصر.



- 18) مكي محمد عزيز (1971): الأمطار في المملكة العربية السعودية، مجلة كلية الآداب الرياض - السعودية، المجلد الثاني، السنة الثانية، ص 273.
- 19) مولود علي بريش وأسمهان علي المختار عثمان (2020): تغير كثافة الغطاء النباتي وعلاقتها بكميات الأمطار في منطقة الزاوية خلال الفترة 1990-2020، المجلة الليبية للدراسات، السنة الثامنة، العدد الثامن عشر، دار الزاوية للكتاب، ليبيا.
- 20) نشوة محمد إبراهيم مغربي (2022): الضوابط المناخية للجفاف والعجز المائي والإمكانات المقترحة لمعالجتها في إقليم الساحل الشمالي الغربي في مصر (دراسة في المناخ التطبيقي)، مجلة البحث العلمي في الآداب، المجلد 23، العدد 2، يناير، مصر.
- 21) نشوة محمد إبراهيم مغربي (2023): التنبؤ المستقبلي لتغير درجات الحرارة في الدلتا المصرية وهوامشها حتى عام (2042 م) باستخدام النموذج الإحصائي (ARIMA)، مجلة البحث العلمي في الآداب، المجلد 24، العدد 8، أكتوبر، مصر.
- 22) نعمان شحادة (1983): المناخ العملي، مطبعة النور النموذجية، عمان - الأردن.
- 23) نعمان شحادة (1990): فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 138، مؤسسة الثقافة والفنون، المجمع الثقافي - الكويت.
- 24) نعمان شحادة (1996): الجغرافيا المناخية وعلم المناخ، دار المستقبل للنشر، ط (5)، عمان - الأردن، ص 301.
- 25) نعمان شحادة (1997): الأساليب الكمية في الجغرافيا باستخدام الحاسوب، دار صفاء للنشر، ط (1)، عمان - الأردن، ص 428.
- 26) النعمة عبد الخالق مصطفى (2016): تغير المناخ، تعزيز تكيف النظم البيئية الإفريقية، يناير، المكتبة الوطنية، الخرطوم - السودان، ص 124.
- 27) نورسل أحمد زين العابدين (2013): مقارنة نموذج التدخل مع نموذج ARIMA في السلاسل الزمنية، مجلة تكريت للعلوم، جامعة الموصل - العراق.
- 28) وائل أبو مغلي وعبد الحافظ سلامة (2007): الإحصاء في التربية، الطبعة العربية، عمان - الأردن، ص 78.
- 29) وليد عباس عبد الراضي حسان (2009): التغير في بعض عناصر المناخ بدلتا النيل خلال القرن العشرين؛ دراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة - مصر.

30) ياسر أحمد السيد (2003): تواتر سنوات الجفاف والمطر في جمهورية مصر العربية دراسة في الجغرافيا المناخية، الإصدار التاسع عشر، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية - مصر.

31) يوسف عبد المجيد فايد وآخرون (1994): مناخ مصر، دار النهضة العربية، القاهرة.

ثالثاً: المصادر الأجنبية:

1) Meteorological Authority (2009): *Climatological normal for the A.R.E. up2005, Cairo.*

2) World Meteorological Organization (2018): *WMO Greenhouse gas ,Bulletin , No.14, 22Nov, P2.*

رابعاً: المراجع الأجنبية:

1) Abraham, B., & Ledolter, J. (1983): *Statistical Methods for Forecasting*, Journal of the Royal Statistical Society. Series A, sep., Edition1, Wiley New York.p.p20-60

2) Aliyu, A., Auwal, A. & Adenomon, M. (2021): *Application of Sarima Models in Modelling and Forecasting Monthly Rainfall in Nigeria*.Asian Journal of Probability and Statistics, 13(3),p 30-43.

3) Anderson,O. D. (1977): *time series analysis and forecasting -The Box-Jenkins approach* , London-Boston, Namdam ,tome 11, no 1 .p 7-16 <https://www.rairo-ro.org/articles> 4/1/2022

4) Bari, S.H., et al. (2015): *Forecasting Monthly Precipitation in Sylhet City Using ARIMA Model* ,oct., Springer-Verlag Vol.7, No.1, Sylhet-Bangladesh p 69-75.

5) Bodansky .D.(1993):*Managing climate change*, Yearbook of International Environmental law, Volume3,Issue 1, 1992,Pages 60,62 <https://academic.oup.com/yielaw/article> 4/1/2022



- 6) Box, G.E.P. and Jenkins, G.M., (1976): *Time Series Analysis; Forecasting and Control*, 2nd, ed., Holden-Day: San Francisco.p.p306-312
- 7) Brock Well, P.J., and Davis, R.A. (1991): " *Time Series Theory and Methods* ,2nd ed, Springer Verlag New York Inc, New York.p.p4-24
- 8) Burnham, K. P., & Anderson, D. R.,(2002): Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach, Second Edition, Springer, New York, USA. <http://dx.doi.org/10.1007/b97636>
- 9) Chandler, R. E., & Wheeler, H. S. (2002): Analysis of rainfall variability using generalized linear models: A case study from the west of Ireland, Department of Statistical Science October, London, UK.p.p8-11
- 10) Hwan,J. S., Byunghwan, L., & Sangwo, J. (2019): *Evaluation of Rain-fall Forecasts with Heavy Rain Types in the High- Resolution Unified Model over South Korea*, oct, Korea Meteorological Administration, Jeju-do, South Korea p.1281-1289.
- 11) Kaur,A.,& Kautish,S. (2021): A comprehensive review on ARIMA model for time series forecasting, Elsevier . Amsterdam, Netherlands.p.p579-582
- 12) Kim, H. Y., & Lee, J. H. (2022). Advanced Forecasting with ARIMA Models: Theory and Applications. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.p.p7-18
- 13) Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples, 4th Edition, Springer, New York, USA. .p. p 300-325

14) Subhanil, G.(2016):Capability of NDVI technique in detecting Man-grove Vegetation,International journal of Advaced Biological .RS.VOL.6,West Bengal, India.p.253.

15) Wheater, H. S., Chandler, R. E., et al (2005): Spatial-temporal rainfall *modellig for flood risk estimation*,october, Springer Verlag New York Inc, New York.

16) Zakaria,S.A. et.,(2012): *ARIMA Models for weekly rainfall in the semi-arid Sinjar District at Iraq*,Journal of Earth Sciences and Geotechnical En-gineering, vol.2, no. 3, p. 25-55.

17)Zhang, G., & Qi, M. (2021). Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. Wiley,Hoboken, NJ, USA.p.p233-265

- مواقع الشبكة العنكبوتية:

1) https://products.aspose.app/gis/map/31.355_27.241_9/9/2023

2) [https:// data.nasa.gov/Earth-Science/Surface](https://data.nasa.gov/Earth-Science/Surface) 9/9/2023-1/2024

3) <https://www.google.com/earth> Pro 1/4/2024