

توقع كمية الأمطار وعلاقتها بمساحة الغطاء النباتي بمركز سيدي براني - مصر باستخدام
النموذج الإحصائي (ARIMA)

Predicting the Amount of Rain and its Relationship to the Area
of Vegetation in the Center of Sidi Barrani, Egypt Using the
Statistical Model (ARIMA).

预测降雨量及其与西迪巴拉尼中心植被面积的关系-
埃及使用统计模型 (ARIMA) 。

د/شيماء السيد عبد النبي السيد

مدرس الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب جامعة الإسكندرية

Shaimaa AbdelnabyAlsaid (Ph.D.), Alexandria University.

s.abdelnaby@alexu.edu.eg

تاريخ تسلّم البحث : ٢٠٢٤/٣/٣٠

تاريخ قبول البحث : ٢٠٢٤/٤/٥

الملخص:

تتم هذه الدراسة بتحليل خط الاتجاه العام (Trend line) والسلاسل الزمنية (Time series) للأمطار خلال الفترة (١٩٨٥ - ٢٠٢٣ م) بمركز سيدي براني، للوقوف على طبيعة كمية الأمطار وتباينها من عام إلى آخر، و توقع متوسطها حتى عام ٢١٠٠ م، واعتمدت الدراسة على المنهج الجغرافي الشمولي بشقية الاستقرائي والاستنتاجي، وعلى أسلوب التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS V.٢٥ لتطبيق منهجية بوكس جنكينز ((Box-Jenkins (B.J)، و نموذج محاكاة أريما (Arima Model)، كما تم الاعتماد على أسلوب تحليل صور المراتب الفضائية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لاستخراج مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) للمواسم المطرية (٢٠١٣ - ٢٠١٤)، (٢٠١٨ - ٢٠١٩)، (٢٠٢٢ - ٢٠٢٣)، فضلا عن تحديد العلاقة بين كمية الأمطار السنوية الساقطة وتغير مساحة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة ، وأظهرت نتيجة تطبيق نموذج أريما (٢٠١٠) أن كمية الأمطار المتوقع سقوطها على

مركز سيدي براني تأخذ اتجاهها متزايدا، وأن العلاقة الارتباطية بين مؤشر الغطاء النباتي، وكمية الأمطار الساقطة علاقة طردية قوية، بلغت ٠.٩٨ كما بلغ معامل التحديد R^2 (٠.٩٧)، وحددت الدراسة متوسط كمية الأمطار المتوقع سقوطها لعامي ٢٠٥٠ و ٢١٠٠ والتي يتوقع أن تبلغ (٢٦١.٢٣١ مم، ٣٤٦.٥٥٨ مم) على الترتيب، مما يؤكد على ملائمة كمية الأمطار المتوقع سقوطها للتخطيط لمشروعات التنمية الزراعية بالمنطقة، وتوجت الدراسة بإنتاج خريطة لتحديد النطاقات الملائمة للاستصلاح الزراعي، واختتمت الدراسة بمجموعة من التوصيات التي من شأنها تيسير سبل التنمية الزراعية ومساعدة الجهات المعنية في تحقيق التنمية المستدامة في ظل كمية الأمطار المتاحة والمتوقعة بمنطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية

الاتجاه العام للأمطار – الملاءمة المناخية – الزراعة المطرية – مؤشر الغطاء النباتي- التنمية الزراعية.

Summary:

This study is concerned with analyzing the trend line and time series of rain during the period (1985-2023) in Markaz Sidi Barrani, to determine the amount of rain and its variation from year to year, and to predict its average until the year 2100. The study relied on the comprehensive geographical method, both inductive and deductive, and the statistical analysis technique using SPSS V. 25 program to apply Box-Jenkins (B.J.) methodology and Arima Model. It also relied on analyzing satellite images in GIS environment for the extraction of the vegetation index (NDVI) for the rainy seasons in (2013-2014), (2018-2019), (2022-2023), as well as determining the relationship between the amount of annual rainfall and the change in vegetation area. The result of application Arima model (2.1.0) showed that the amount of rain expected to fall on Markaz Sidi Barrani is taking an increasing trend, and that the correlation between the vegetation index, and the amount of rainfall is a strong direct relationship of 0.98 and the coefficient of determination reached R^2 (0.97). The study determined the average amount of rain forecasted to fall for the years 2050 and 2100, which will reach (261.231 mm, 346.558 mm) Which confirms the suitability of the amount of rain forecasted to fall for agricultural planning development projects. The study culminated in producing a map to determine the suitable zones for agricultural reclamation. The study concluded with a set of recommendations that would facilitate ways of agricultural development and

help the concerned parties in achieving sustainable development considering the amount of rain available and expected in the study area.

Keywords:

General rainfall trend - climate suitability- Rain-fed agriculture - vegetation index- agricultural development.

المقدمة

تحتل دراسة الأمطار بأهمية كبيرة في الدراسات المناخية والزراعية، لما لها من تأثير كبير في التخطيط لإدارة الموارد المائية، لأهميتها البالغة في التنمية وبخاصة التنمية الزراعية، فتعد الأمطار هي المصدر الأساسي للموارد المائية في نطاق الساحل الشمالي الغربي لمصر والذي يضم مركز سيدي براني.

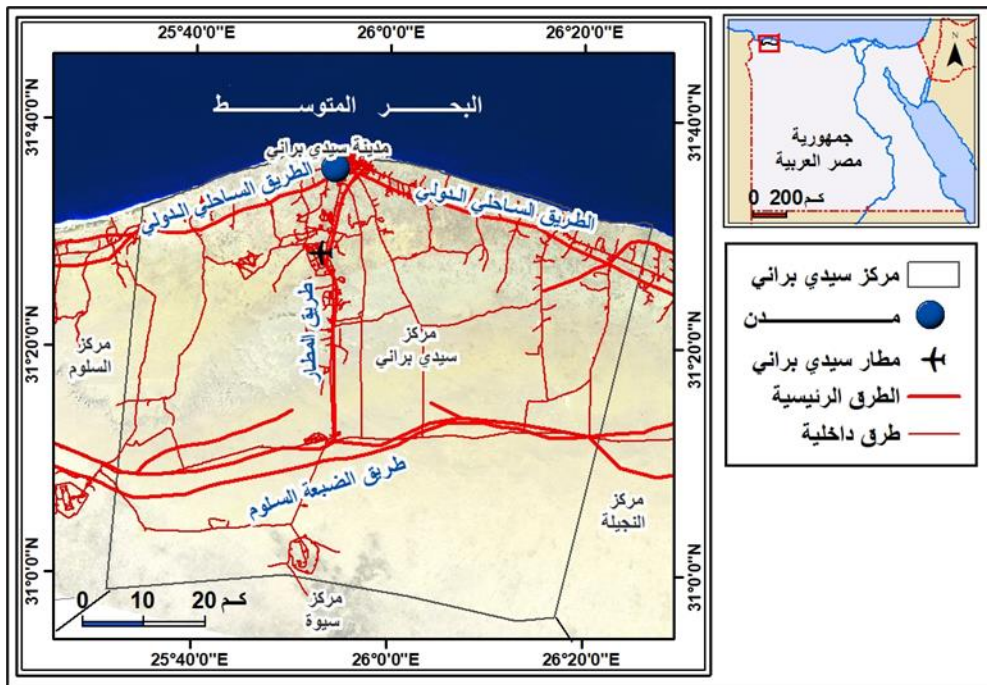
يعد أسلوب تحليل خط الاتجاه العام من أهم الطرق الإحصائية المستخدمة في تحديد السلوك العشوائي للظواهر، سواء كانت طبيعية أو بشرية وفيه تستخدم القيم التاريخية للظاهرة في التخطيط للمستقبل، ويتم استخدام السلاسل الزمنية كأحد الأساليب الإحصائية الشائعة للتنبؤ بقيم الظاهرة المستقبلية اعتماداً على قيمها التاريخية، وتستخدم السلاسل الزمنية في تتبع نمط التغير في سلوك الظاهرة من خلال صياغة نموذج رياضي (Mathematical Model) يُمكن من خلاله فهم العلاقة بين مشاهدات الظاهرة على فترات مختلفة، يلي ذلك تحديد الأسباب واستخراج النتائج ثم تفسير العلاقات في ضوء تاريخ الظاهرة. ويعد أسلوب التوقع باستخدام نموذج أريما من الموضوعات الحديثة في الدراسات المناخية فهو يعتمد على أحد الأساليب الإحصائية المهمة ذات الدقة العالية للتوقع.

أولاً: الإطار المنهجي للدراسة

١. منطقة الدراسة

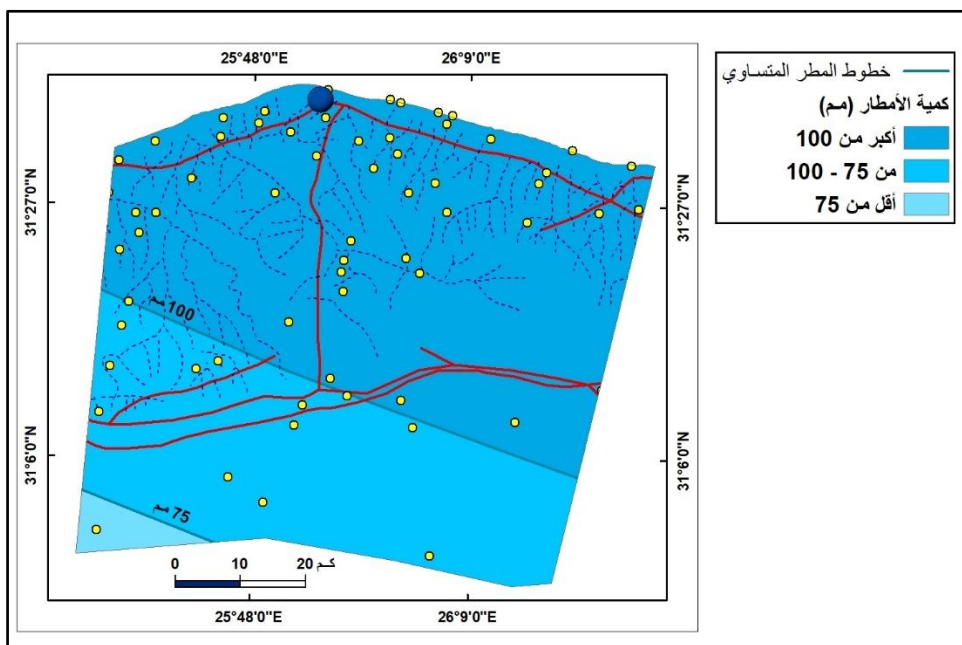
يقع مركز سيدي براني شمالي محافظة مطروح بين دائرتي عرض ٢٠ ° ٣٧ ° و ٣١ ° ٠١ ° و ٥٦ ° ٣٠ ° شمالاً بمسافة ٧٦.٢ كم من الشاطئ صوب الجنوب، و ٣٧ ° ٢٦ ° و ٢٦ ° ٢٧ ° و ٣٤ ° ٢٥ ° شرقاً

لمسافة ٨٤.٧ كم من الغرب صوب الشرق، ويقع جغرافيا كما يتضح من الشكل (١) على الساحل الشمالي الغربي المصري، بين ساحل البحر المتوسط في الشمال ومركز سيوة جنوبا، ويحده من الشرق مركز النجيلة ومن الغرب مركز السلوم. وهو بذلك يقع ضمن إقليم المناخ شبه الجاف ذي الأمطار الشتوية تبعا لتصنيف كوبن المناخي، ويبدأ الموسم المطري من شهر نوفمبر ويستمر حتى مايو. وتنقسم منطقة الدراسة حسب كمية الأمطار الساقطة عليها^١ والموضحة بالشكل (٢) إلى منطقة ذات نطاق مطري أعلى من ١٠٠ مم بما يعادل ٦٥ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ونطاق مطري من ٧٥ - ١٠٠ مم، وتصل نسبته إلى ما يقرب من ٣٠ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وأخيرا نطاق أقل من ٧٥ مم ويمثل مساحة تقدر ب ٥ % فقط. وتتميز منطقة الدراسة بوقوعها على حافة الهضبة الميوسينية والتي يتدرج منسوبها من مستوى سطح البحر وحتى ارتفاع أعلى من ٢٠٠ متر. ويتخللها مجموعة من التلال والمنخفضات البينية والأودية الجافة.



المصدر: هيئة المساحة العسكرية (الخريطة الطبوغرافية)، والتخطيط العمراني بمحافظة مطروح (الخريطة الإدارية)، مرئية فضائية لاند سات ٩
(<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

شكل (١) الموقع الفلكي والجغرافي لمركز سيدي براني عام ٢٠٢٤.



المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة 2010

شكل (٢) كمية الأمطار السنوية بمركز سيدي براني عام ٢٠١٠.

بلغ إجمالي عدد السكان في مركز سيدي براني ٥٢ ألف نسمة عام ٢٠١٧ بما يعادل ١٢ % من إجمالي سكان محافظة مطروح والبالغ ٤٢٥,٦٢٤ ألف نسمة، وبلغ إجمالي سكان الحضر ٣١ ألف نسمة بما يعادل ٥٩ % من إجمالي سكان المركز. بينما بلغ سكان الريف ٢١ ألفاً بما يعادل ٤١ %. (تعداد ٢٠١٧)، ويعتمد سكان منطقة الدراسة على مياه الأمطار في أغلب الأنشطة البشرية خاصة الرعي والزراعة، حيث يعمل بهما ما يوازي ٥٣ % من إجمالي السكان بالإضافة للأهمية البالغة لمياه الأمطار في توفير مياه الشرب والاستخدامات المنزلية وتربية الدواجن و الماشية.

ويوضح الشكل (٣) التوزيع الجغرافي لاستخدامات الأرض بمنطقة الدراسة وتوزيع كل من المحلات العمرانية و الأراضي الزراعية، حيث تبلغ مساحة الزمام المنزرع في مركز سيدي براني ٦٦ ألف فدان، و ٤١ ألف فدان من الأراضي المستصلحة، كما تحتوي منطقة الدراسة على ٣٩ ألف فدان قابل للاستصلاح (مديرية الزراعة بمطروح، ٢٠٢٠). وفرضت الطبيعة المناخية تركيب محصولين في المركز يتناسب مع ظروف الجفاف وانخفاض متوسطات الأمطار، ويأتي علي رأس قائمة المحاصيل الأكثر إنتاجية بالمركز كل من الشعير التين و الزيتون و العنب بالإضافة إلى محصول القمح . ويوضح الجدول (١) النسبة المئوية للمساحة المنزرعة ببعض المحاصيل الزراعية من إجمالي المساحة المنزرعة بالمركز؛ فتبلغ النسبة المئوية لزراعة كل من محصول العنب والزيتون والتين ما يقرب من (٥٦.٣%، ١٤%، ١١.٤%) على الترتيب من إجمالي المساحة المنزرعة على مساحة المحافظة وما يقرب من (١٥.٨%، ٦١%، ٢٢.٩%) من إجمالي المساحة المنزرعة بالمركز

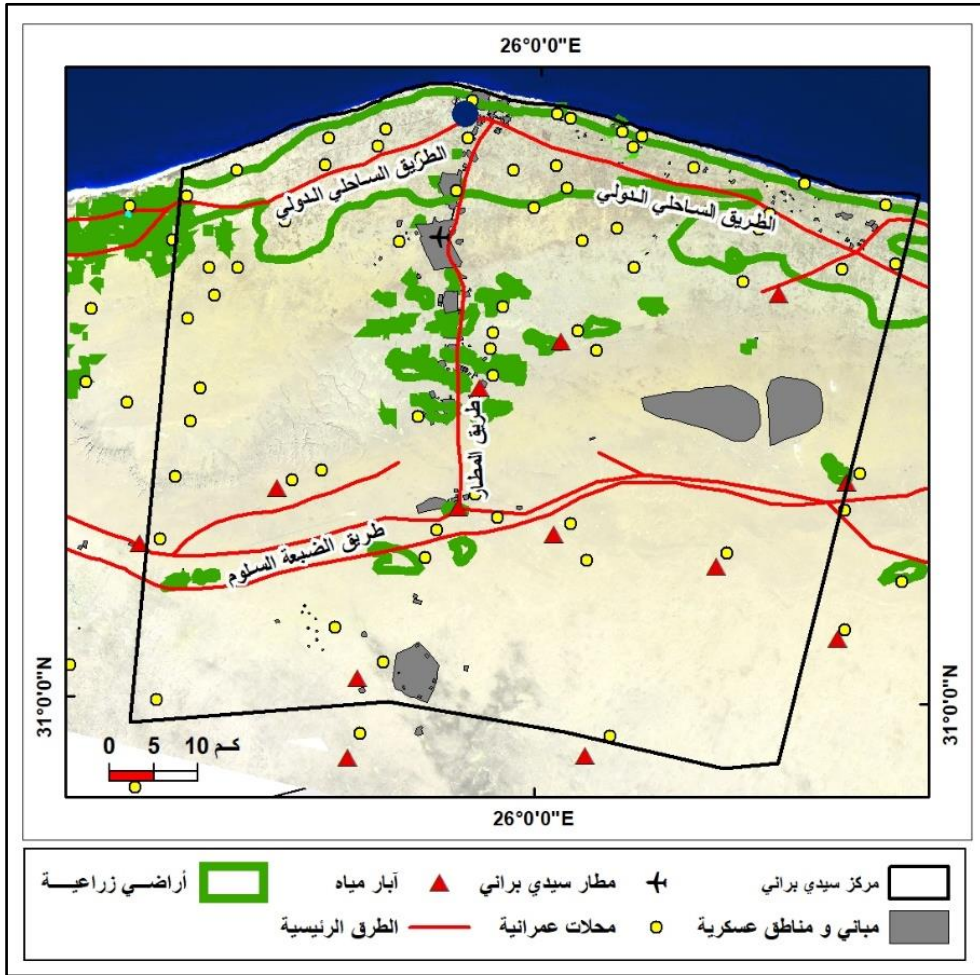
جدول (١) الأهمية النسبية لبعض المحاصيل في مركز سيدي براني

الحصول	النسبة من إجمالي المنزرع في محافظة مطروح %	النسبة من إجمالي المنزرع في المركز %
العنب	٥٦	١٥.٨
الزيتون	١٤	٦١
التين	١١.٤	٢٢

المصدر: محافظة مطروح، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٣.

يوضح الجدول (٢) توزيع المساحة المزروعة حسب مصادر الري، حيث تعتمد منطقة الدراسة على مياه الأمطار كمصدر أساسي للزراعة بما يعادل ٩٦.٨% والنسبة الأخرى من المياه الجوفية المخزنة في الآبار بعد موسم الأمطار، و التي تصل في القطاع الممتد من السلوم لسيدي براني إلى ما يقرب من ٧.٨٥ مليون م^٣ بنسبة ١٠.٥%، وقطاع سيدي براني - رأس أبولاهو ١٦.٢٣ مليون م^٣ بنسبة ٣.٢% (Abd-Alla, 1997)، ويتحدد موسم الزراعة بمنطقة الدراسة بمرور أول منخفض جوي ممطر و الذي غالبا يكون في نوفمبر، كما يتحدد موعد الحصاد باكتمال درجات الحرارة المتجمعة للمحصول حتى تمام النضج، و يبلغ متوسط طول موسم النمو ١٨٠ يوما تبدأ من نوفمبر حتي إبريل ، وتبلغ النسبة الإجمالية

للمساحة المزروعة بمنطقة الدراسة بالمحاصيل الشتوية لكل من القمح و الشعير والفواكه والخضر (١٥.٣) %، ٣٢.٧ %، ١٧.٩ %، ١٣.٧ % على الترتيب.



المصدر: مديرية الزراعة، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، محافظة مطروح، قسم الإحصاء، ٢٠٢٠.

وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، مركز دعم واتخاذ القرار، بيانات غير منشورة ٢٠١٦.

موقع: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

شكل (٣) التوزيع الجغرافي لاستخدام الأرض بمركز سيدي براني عام ٢٠٢٠

جدول (٢) توزيع المساحة المزروعة حسب مصادر الري بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٠م

النسبة %	المساحة (بالفدان)	مصادر الري
٣.٢	٣٣٤٢	مياه جوفية
٩٦.٨	١٠٣٦٥٨	مياه الأمطار

١٠٠	١٠٧٠٠٠	مجلة
-----	--------	------

المصدر: معهد بحوث الصحراء (٢٠٢٠) مشروع إدارة موارد مطروح، وحدة المياه والأراضي

٢. الإشكالية البحثية

يعد التذبذب في كميات الأمطار الساقطة على مركز سيدي براني من المشكلات المؤثرة بشكل أساسي على معدلات الإنتاج الزراعي المطري بالمركز، ومدى تأثير هذا التذبذب على الغطاء النباتي، وإمكانيات التنمية الزراعية والاستصلاح الزراعي المستقبلي بالمركز.

٣. الدراسات سابقة:

نعرض فيها أهم الدراسات السابقة التي تناولت موضوع البحث وكيفية معالجة البيانات وأهم النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسات.

(١) درست (المغربي، ٢٠٢٣) التنبؤ المستقبلي لتغير درجات الحرارة في الدلتا المصرية وهوامشها حتى عام ٢٠٤٢ م باستخدام النموذج الإحصائي ARIMA. واستخدمت أساليب التحليل الإحصائي كمقاييس التشتت واتضح من خلال دراستها حدوث ارتفاع في درجات الحرارة خلال الفترة من (١٩٨٥-٢٠٢٣)، وقد أظهرت النتائج صحة تقدير التغيرات والاختلافات لإيجاد التوقعات المستقبلية لنموذج محاكاة (ARIMA)، كما تبين أن القيم المتوقعة تأخذ في الارتفاع صيفا والدفء النسبي شتاءً، وأبرزت الدراسة أهمية التوقع في تحديد الاتجاه العام للتغير في وضع الخطط المستقبلية لمتخذي القرار لمواجهة أي تغيير في مختلف القطاعات.

(٢) درس (De, et al., 2021) تحليل اتجاه السلاسل الزمنية لهطول الأمطار ودرجة الحرارة في كلكاتا والمنطقة المحيطة بها، وذلك باستخدام بيانات الشبكة الشهرية لهطول الأمطار ودرجة الحرارة؛ لحساب مؤشر تركيز الهطول (GPCC V7) وقد خلص لوجود اتجاه متزايد ذي دلالة إحصائية في

معظم الأشهر فيما يتعلق بدرجة الحرارة وهطول الأمطار، بالإضافة لارتفاع مؤشر تركيز المطر للسنوات (١٩٥١-١٩٧٥) و (١٩٧٦-٢٠٠٠).

٣) درس (Worku , et al., ٢٠١٩) تحليل الاتجاه الزمني المكاني لهطول الأمطار ودرجة الحرارة، وتأثير ذلك على إنتاج المحاصيل. واهتمت الدراسة بتأثير الاحتباس الحراري على البلدان النامية خاصة جنوب الصحراء الكبرى بهدف إجراء تحليل مكاني وزمني لهطول الأمطار الموسمية والسنوية ودرجة الحرارة، واستخدم في هذه الدراسة ارتباط بيرسون (PCI) لإيجاد العلاقة بين المتغيرات المناخية ومؤشر تركيز الهطول المطري. وأظهرت نتائج اختبار مان-كيندل أن اتجاه هطول الأمطار السنوي والموسمي كان متغيراً بدرجة كبيرة وارتفاع كل من درجة الحرارة العظمى والصغرى بمقدار ١.١ و ٠.٨ درجة مئوية على التوالي. كما خلص إلى أن متوسط هطول الأمطار خلال فصلي الصيف والربيع يتوزع بشكل معتدل مقارنة بهطول الأمطار الشتوية، وأظهرت نتائج تحليل الارتباط بين هطول الأمطار الشهرية والموسمية وإنتاج المحاصيل أنها غير كافية لاستنتاج تأثير هطول الأمطار درجة الحرارة على إنتاج المحاصيل، وعليه فإن حدوث نقص في الغذاء أمر حتمي للتغيرات المناخية، ويجب على الحكومات تشجيع إستراتيجيات التكيف الأمثل مع التغير المناخي والاحتباس الحراري.

٤) درس (الحلواني وآخرون، ٢٠١٨) التنبؤات بالمتوسطات الشهرية لكميات الأمطار باستخدام الانحدار التوافقي Harmonic Regression مع التطبيق على جمهورية مصر العربية، واعتمد في بحثه على طريقتين اثنتين: هما طريقة السلاسل الزمنية، وطريقة الانحدار التوافقي (Harmonic Regression)، وقد ساعد أسلوب التحليل التوافقي على الكشف عن النمط الدوري للسلوك الزمني لمتوسطات كمية الأمطار الشهرية لجمهورية مصر العربية بواسطة ثلاثة توافقات (موجات).

وخلص لبناء نموذج انحدار توافقي غير خطي واحد، يتيح توقع متوسطات كمية الأمطار الشهرية لجمهورية مصر العربية.

٥) درس (حسين، علي ناصر ٢٠١٧) استخدام السلاسل الزمنية للمدة بين (٢٠٠٦ - ٢٠١٦) للتنبؤ بكمية الأمطار في العراق بهدف اقتراح أنموذج ARIMA للحصول على نتائج دقيقة للتنبؤ بكميات الأمطار. مستخدماً في ذلك أسلوب بوكس-جنكينز، وخلص إلى أن النموذج المتوقع هو (٠.٠٠٢) وأن السلسلة الزمنية لمعدلات تساقط الأمطار في الفترة (٢٠٠٦ - ٢٠١٦م) هي سلسلة زمنية غير موسمية ومستقرة، كما وجد أنها تتصف بالعشوائية وأن هناك تقارباً بين المشاهدات الحقيقية لمعدلات الأمطار والقيمة التقديرية الناتجة عن الأنموذج المتوقع.

٦) درس (السمي، ٢٠١٦) تباين كميات الأمطار وتأثيرها على زراعة المحاصيل الحقلية الشتوية بمنطقة شمالي مركز مرسى مطروح بمصر، من خلال دراسة تباين الموسم المطري في الفترة من (١٩٧٠ م - ٢٠١٠م)، حيث درس الأسباب المحلية لتباين الأمطار كما رصد التغيرات في زراعة المحاصيل الحقلية الشتوية خلال الفترة نفسها، وخلص إلى ارتباط إنتاجية الفدان من المحاصيل الحقلية الشتوية بأمطار شهر نوفمبر أكثر من ديسمبر. وأوصى بزراعة القمح والشعير في أواخر شهر نوفمبر وبداية ديسمبر، وزراعة المحاصيل الحقلية في الأراضي منخفضة المنسوب، مع الحرث العميق للتربة قبل أول نوء ممطر، وزراعة البطيخ والطماطم وغيرها من المحاصيل ذات فصل النمو القصير في الفترة من بداية فبراير حتى مايو.

٧) درس (Solommon, et al., 2015) تحليل اتجاه السلاسل الزمنية لدرجات الحرارة و هطول الأمطار في حوض بحيرة تانا الفرعي بأثيوبيا ، وأظهرت النتائج أن متوسط درجتي الحرارة

العظمي و الصغرى كان له اتجاه عام تصاعدي في حين كان لكمية الأمطار اتجاه عام تنازلي في حوض بحيرة تانا، وأشار من خلال تحليل بيانات على مدار ٤٠ عاماً و ١٠٩ محطة أرصاد جوية إلى أن التباين يتراوح بين ٢٠ إلى ٨٠ % بين الـ ١٠٩ محطة و بلغ إجمالي المحطات التي تعدى معامل التباين بها ٤٢ % إلى ١٧ محطة مما يسلط الضوء علي التباين الشديد كميات الأمطار في جميع أنحاء البلاد.

٨) درس (الموسري وآخرون، ٢٠٠٦) تحليل السلاسل الزمنية للأمطار العراق واستخرج سنوات الجفاف منها وكيفية للتنبؤ بتلك السنوات، وخلص من خلال تحليل السلاسل الزمنية للأمطار بأن العراق يخضع لدورات مناخية للجفاف تتكرر بين كل (٦-٨ سنوات)، كما أظهرت النتائج أنه ومن خلال تطبيق معيار إحصائي خاص يمكن الحصول على تحديد دقيق لسنوات الجفاف في العراق، والتي ميزها في البحث بأنها السنوات التي يقل فيها مجموع المطر السنوي عن المتوسط العام المسجل فيها بنصف انحراف معياري.

٩) درست (حمادة ، ٢٠٠١) خصائص المطر علي ساحل مصر الشمالي ، وذلك بهدف إبراز أهمية المطر على طول الساحل الشمالي من خلال دراسة كميته الشهرية و الفصلية و السنوية وتحديد مدى إمكانية الاعتماد عليه، و تحديد الخصائص الإحصائية لتحديد توزيعه ودرجات تباينه ومعدلات انحرافه ومعاملات اختلافه ، وخلصت إلى ارتباط موسم المطر بانخفاض درجة الحرارة مما يعني زيادة قيمة المطر الفعلية، مما ينعكس على الزراعة المطرية و نمو النبات الطبيعي ، وأوصت حمادة بضرورة إجراء دراسة تفصيلية لخصائص المطر علي السواحل المصرية، ومحاولة توظيفها إيجابيا في عملية التنمية الحضرية و السياحية.

ومن العرض السابق يتضح أن معظم الدراسات تناولت مناخ الساحل الشمالي المصري وتحليل عناصره المناخية وعلاقتها بالزراعة، وهناك قصور في الدراسة التفصيلية للساحل الشمالي باستخدام التوقع اعتمادا على السلاسل الزمنية للوقوف على مدى إمكانية الاعتماد على مياه الأمطار مستقبلا في زيادة مساحة الأراضي المزروعة والمستصلحة بالساحل الشمالي بصفة عامة وبمركز سيدي براني بصفة خاصة.

٤. أهداف الدراسة

يمكن إيجاز أهداف البحث في عدة نقاط تتمثل في:

- (١) الوقوف على الاتجاه العام لكمية الأمطار السنوية الساقطة بمركز سيدي براني خلال الفترة من ١٩٨٥ حتى ٢٠٢٣ وتأثير ذلك على مساحة الغطاء النباتي بالمركز.
- (٢) دراسة السلاسل الزمنية لكميات الأمطار في الفترة من ١٩٨٥ وحتى ٢٠٢٣ للوقوف على مدى ثبات كميات الأمطار وإمكانية الاعتماد على الأمطار السنوية في زيادة مساحة الأراضي الزراعية والمستصلحة.
- (٣) توقع كميات الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة باستخدام نموذج أريما حتى عام ٢١٠٠ لمساعدة متخذي القرار في تحديد الخطط التنموية الزراعية اعتمادا على كميات المياه المتوقعة خلال فترة الدراسة.
- (٤) تحديد نطاق الأراضي القابلة للاستصلاح الزراعي بمركز سيدي براني.

٥. منهج البحث وأساليبه

- منهج البحث

استخدمت الدراسة المنهج الجغرافي الشمولي بشقية الاستقرائي والاستنتاجي، فتم الاعتماد على المنهج الاستقرائي التحليلي الذي يبدأ بالعمومية، وينتهي بالخصوصية في استقراء البيانات المناخية الوصفية والإحصائية، والمنهج الاستنتاجي في إيجاد العلاقات المكانية بين المتغيرات قيد الدراسة. بالإضافة للاعتماد على مجموعة من النماذج الرياضية والمؤشرات الإحصائية التي تم تطبيقها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، كما تم الاعتماد على أسلوب تحليل السلاسل الزمنية لرصد وتحليل التغيرات التي طرأت على متوسطات الأمطار خلال الفترة (١٩٨٥ - ٢٠٢٣) والتوقع بمتوسط كميات الأمطار الساقطة حتى عام ٢١٠٠م.

- الأساليب والبيانات المستخدمة في البحث

تعتمد هذه الدراسة بشكل أساسي على تحديد خط الاتجاه العام لكمية الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة من خلال استخدام السلاسل الزمنية، ومن ثم إيجاد العلاقات بينها وبين مساحة الغطاء النباتي في بعض المواسم المطرية، وربطها بالمشاريع التنموية، وجاءت أساليب الدراسة على النحو التالي:

١) أسلوب التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS 2٥:

اعتمدت الدراسة على استخدام منهجية بوكس-جنكينز والتي تعد أحد الأساليب الإحصائية المستخدمة لدراسة و تحليل السلاسل الزمنية^٢ والمستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات الإحصائية و الاقتصادية، وتم نشر واعتماد هذه المنهجية من قبل كل من BOX و JENKINS بالولايات المتحدة ونشرت في كتاب (Time Series Analysis Forecasting And Control) المنشور عام ١٩٧٦ لتصبح بعد ذلك أكثر الطرق المستخدمة في تحليل السلاسل الزمنية و التوقع بها (نقار والعواد ،

(٢٠١١) وفيها يتم التوقع بالمتغيرات المستقبلية للظاهرة بالاعتماد علي سلوك هذا المتغير في الماضي. أو بشكل آخر فإن نموذج السلاسل الزمنية يأخذ في الاعتبار أنماط التغير في الماضي لظاهرة معينة، ويستخدم هذه المعلومات في التوقع بالمتغيرات المستقلة لهذا المتغير مما يجعل نموذج السلاسل الزمنية طريقة متطورة ووسيلة فعالة في التوقع.

واعتمد بوكس- جنكينز عدة نماذج لتحليل السلاسل الزمنية تبعا لطبيعة السلسلة الزمنية واستقراريتها واختارت الدراسة نموذج **Autoregressive Integrated Moving Average**

(ARIMA) (المتوسط المتحرك المتكامل ذاتي الانحدار أريما) والذي يتناسب مع طبيعة السلسلة الزمنية الخاصة بالأمطار والتي تتسم بأنها غير مستقرة مع مرور الزمن فهي لا تزيد أو تنقص بمعدل ثابت. ولكي يتم دراسة السلسلة غير المستقرة يتم تحويلها إلى سلسلة مستقرة عن طريق أخذ فروق (differentiation)^(٣)، أو إجراء تحويلات على البيانات الأصلية للسلسلة الزمنية، وتسمى عدد الفروق المطلوبة لإجراء التحويلات ب (درجة التكامل Integration) أي أن نموذج الانحدار الذاتي والأوساط المتحركة يأخذ الشكل $ARIMA(p,q)$ وفي حالة أخذ الفروق يرمز له ب $ARIMA(p,d,q)$ ،

ولفهم منهجية بوكس جنكينز هناك مجموعة من المقاييس^(٤) والمصطلحات التي يجب إلقاء الضوء

عليها، هي :

- الارتباط الذاتي **Autocorrelation Function(ACF)**^(٥)، هو الاقتران الذي يقيس قوة

الارتباط بين البيانات التي تتكون منها السلسلة الزمنية.

- الارتباط الذاتي الجزئي **Partial Autocorrelation Function (PACF)**

تعد هذه الدالة مؤشراً يقيس العلاقة بين قيم متوسطات كمية المطر للسلسلة نفسها مع افتراض ثبات بقية قيم السلسلة الزمنية، وتساعد في عملية تحديد رتبة الأنموذج ونوعه، والتي يرمز لها اختصاراً (PACF) لذلك فهي إحدى الأدوات المستخدمة في تحليل السلاسل الزمنية، ويمكن تقديره بواسطة المربعات الصغرى.

وتنحصر قيمة دالة الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي بين -1 ، $+1$ وهما يقيسان قوة العلاقة الخطية بين المشاهدات مفصولة بعدد المتأخرات (LAG)^(٦)

- نموذج المتوسطات المتحركة (**Moving Average Model**) هو نموذج رياضي يمثل العلاقة بين القيمة الحالية والأخطاء العشوائية في الوقت الحالي والأوقات السابقة ويرمز له الرمز $MA(q)$ ويتميز هذا المقياس بأنه يقوم بإلغاء الفروق الكبيرة والفجوات في السلسلة الزمنية.
- نموذج الانحدار الذاتي (**Autoregressive Model**) هو نموذج يمثل العلاقة بين القيم الحالية والقيم السابقة للظاهرة ويرمز له بالرمز $AR(p)$ حيث (p) هي فترة الإبطاء **lag period**.

- نموذج المتوسط المتحرك المتكامل ذاتي الانحدار (أربما) **Autoregressive integrated moving average (ARIMA)**: ويسمى النموذج المختلط ويربط بين النموذجين السابقين ففي كثير من الأحيان لا يمكن التعبير عن الظاهرة بصيغة الانحدار الذاتي أو الأوساط المتحركة، أي أنه نموذج مركب يجمع بين خصائص النموذجين السابقين ويرمز له بالرمز $ARIMA(p,d,q)$ وعندما يستخدم طريقة الفروق يرمز له بالرمز $ARIMA(p,d,q)$ وهو ما تم الاعتماد عليه في هذه الدراسة)

- فترات الإبطاء (**lag period**): هي العلاقة بين السلسلة الزمنية الحقيقية ونفس السلسلة لكن بعد تأخير قيم نفس السلسلة.

- البواقي (**Residual**): هي الفرق بين القيمة الحقيقية (المشاهدة) وبين القيمة المقدرة (المتوقعة) باستخدام النموذج، فإذا كانت تتبع التوزيع الطبيعي فأنا أقبل النموذج المقترح.

وتعتمد منهجية بوكس جنكينز على أربع مراحل لنمذجة السلاسل الزمنية تتضمن تحديد النموذج وتقديره والتحقق منه:

➤ **مرحلة التحديد:** وفيها يتم تقدير معاملات نموذج (**ARIMA**) والذي يتم بناؤه بدلالة البيانات السابقة لمعرفة النمط الذي اتخذته الظاهرة في الماضي ثم التوقع من خلاله بسلوك هذه الظاهرة خلال مدة محددة.

➤ **مرحلة تقدير النموذج: (Estimation)** يتم فيها ترشيح نموذج مناسب أو أكثر لوصف السلسلة الزمنية المشاهدة، ومن ثم تقدير معالم هذا النموذج من البيانات المشاهدة باستخدام طرق التقدير الإحصائية الخاصة بالسلاسل الزمنية.

➤ **تشخيص واختبار النموذج Model Diagnostic:** ويتم فيها فحص البواقي لمعرفة مدى تطابق المشاهدات مع القيم المحسوبة من النموذج المرشح.

➤ **التوقع Forecasting:** وفي هذه المرحلة يتم استخدام النموذج المقترح لإيجاد القيم المتوقعة.

وتم استخدام أسلوب التحليل الإحصائي ببرنامج SPSS على النحو التالي:

➤ تحديد خط الاتجاه العام لكميات الأمطار في الفترة من ١٩٨٥ - ٢٠٢٣.

➤ دراسة السلاسل الزمنية وفق منهجية بوكس-جنكينز مع تطبيق نموذج أريما (ARIMA)

للتوقع بكميات الأمطار الساقطة حتى عام ٢١٠٠ والذي جاء في عدة خطوات هي:

- التعرف على النموذج Identification of the model : وفيها يتم تحديد كيف

تولدت البيانات من خلال تحديد النموذج الأنسب، باستخدام تحليل الارتباط الذاتي (ACF)

، والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) للوقوف على مدى ثبات السلسلة الزمنية

- مرحلة تقدير النموذج: لإيجاد كل من نموذج الانحدار الخطي (AR) والمتوسطات المتحركة

(MA) وقيمة الفروق (D). لاستنتاج النموذج المقترح.

- فحص مدى ملاءمة النموذج Diagnostic checking: لبيان مدى ملاءمته للتوقع

بالسلسلة الزمنية قيد الدراسة.

- مرحلة التوقع: للوصول لنموذج محاكاة ARIMA Model لتوقع كمية الأمطار خلال

الفترة المختارة.

➤ تحديد العلاقة الارتباطية بين كمية الأمطار في المواسم المطرية (٢٠١٣-٢٠١٤)، (٢٠١٨ -

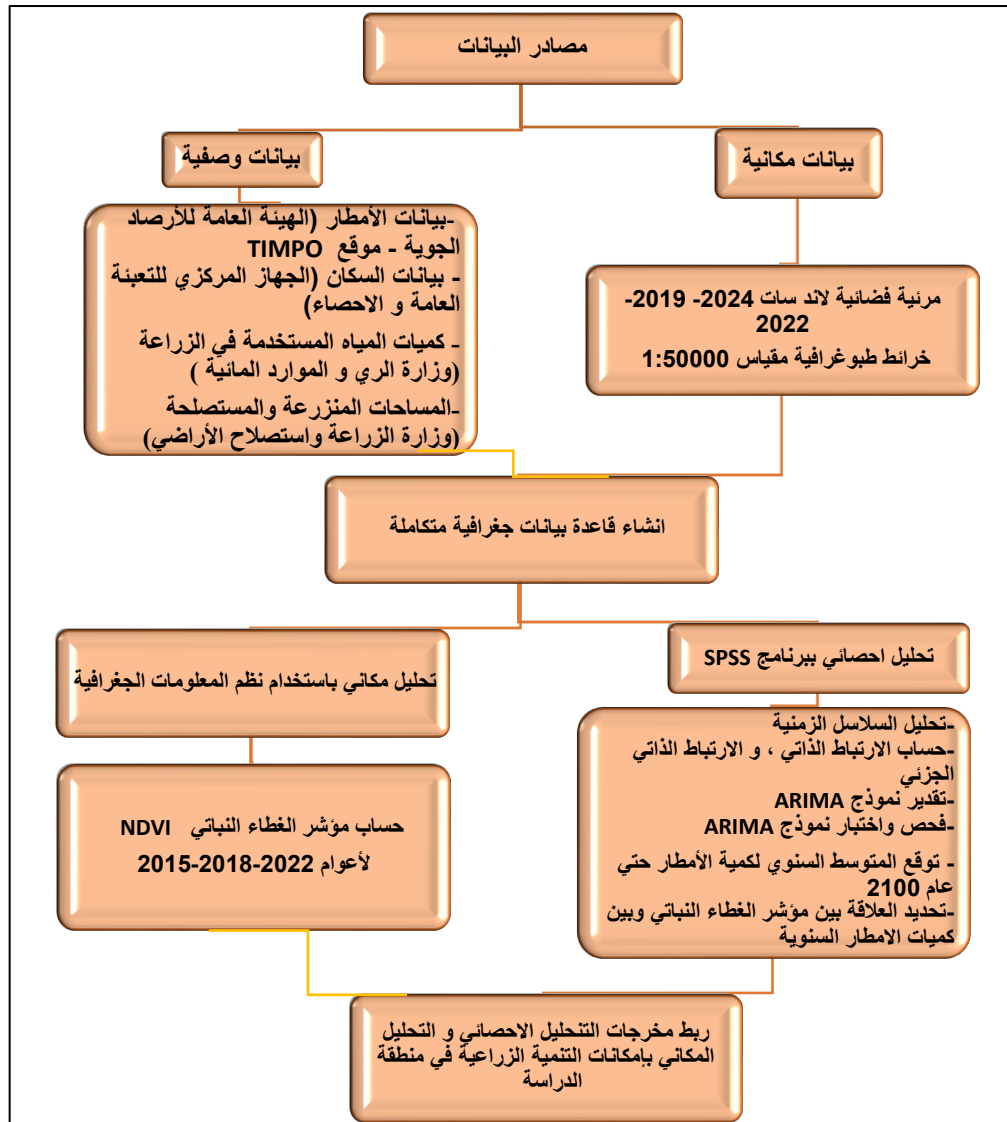
٢٠١٩)، (٢٠٢٢-٢٠٢٣)، وبين مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) Normalized

Difference Vegetation Index لنفس الموسم باستخدام تحليل الارتباط الثنائي.

(٢) أسلوب التحليل المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية باستخدام برنامج ARC GIS 10.8:

تم الاعتماد عليه لاستخراج مؤشر الغطاء النباتي NDVI في الفترات قيد الدراسة وحساب مساحته

في كل فترة زمنية لتحديد العلاقة الارتباطية بينه وبين كمية الأمطار الساقطة في نفس المواسم المطرية.



شكل (4) منهجية دراسة خط الاتجاه العام والسلاسل الزمنية للأمطار وتوقع كميتها

ثانيا: المناقشة وتحليل النتائج

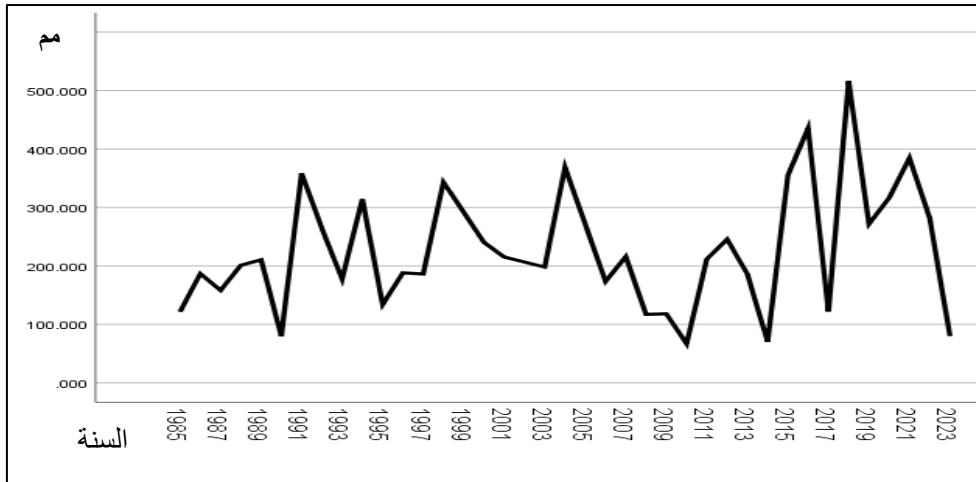
اعتمدت الدراسة على السلاسل الزمنية لكمية الأمطار السنوية الساقطة على منطقة الدراسة في الفترة من عام ١٩٨٥م – ٢٠٢٣م والموضحة في الجدول (٣) والشكل (5)، حيث تم رسم منحنى السلاسل الزمنية باعتبار ($\text{Difference}=1$) لبيان الاتجاه العام للمتوسط السنوي لكمية الأمطار، وقد سجل عام

٢٠١٨، ٢٠١٦ أعلى كمية أمطار خلال فترة الدراسة حيث بلغت (٥١٦.١٤ مم)، (٤٣٥.٦٣ مم) على الترتيب. وسجلت الأعوام (١٩٩٠، ٢٠٢٣، ٢٠١٤، ٢٠١٠) أدنى كميات للأمطار وهي (٨٠٠.٠٢ مم، ٨٠ مم، ٧٠.٣ مم، ٦٩.٠٨ مم) على الترتيب، وبلغ المتوسط السنوي لكمية الأمطار في فترة الدراسة ٢٢٧.٨ مم، بانحراف معياري ١٠٤.٥ مم، ومعامل اختلاف (٤٥.٨٨).

جدول (٣) المتوسطات السنوية لكمية الأمطار في محطة (سيدى برانى) خلال الفترة (١٩٨٥ - ٢٠٢٣م)

السنة	متوسط كمية المطر	السنة	متوسط كمية المطر	السنة	متوسط كمية المطر	السنة	متوسط كمية المطر
1985	121.420	1995	134.120	2005	271.100	2015	355.130
1986	186.650	1996	188.230	2006	173.480	2016	435.650
1987	158.230	1997	186.190	2007	215.900	2017	122.000
1988	201.170	1998	343.160	2008	117.130	2018	516.140
1989	210.560	1999	291.700	2009	118.130	2019	271.770
1990	80.020	2000	240.240	2010	67.080	2020	316.510
1991	358.650	2001	215.200	2011	211.800	2021	384.830
1992	264.150	2002	206.650	2012	245.620	2022	281.700
1993	177.320	2003	198.100	2013	186.190	2023	80.000
1994	314.460	2004	368.810	2014	70.340		

المصدر: <https://en.tutiempo.net/climate/egypt.html>

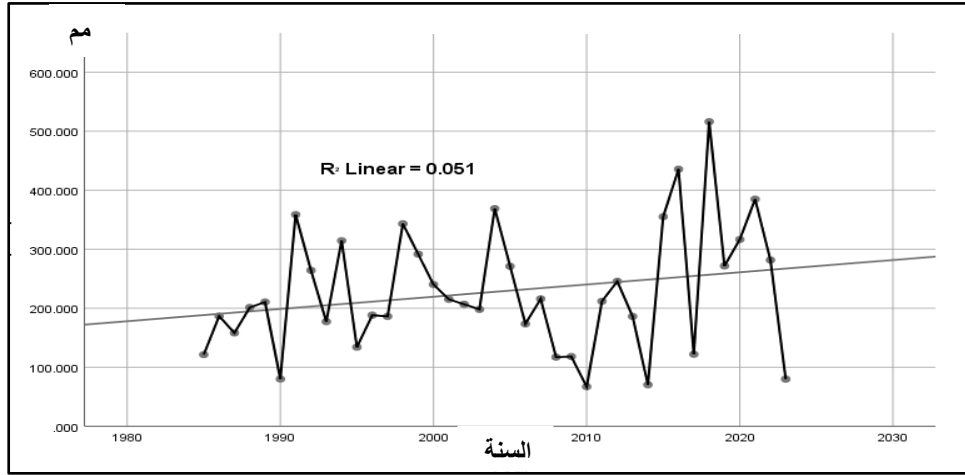


المصدر: بيانات الجدول (٣)

شكل (5) تطور كمية الأمطار بمركز سيدي براني خلال الفترة (١٩٨٥ - ٢٠٢٣ م)

١. تحليل خط الاتجاه العام للأمطار (Trend line).

يمثل الاتجاه العام الخط الذي ترسمه قيم أي ظاهرة كما لو لم تكن هناك عوامل أخرى مؤثرة عليها، وينشأ الاتجاه العام من التغيرات المنتظمة التي تطرأ على القيم من فترة إلى أخرى، ويكون التغير في الظاهرة في ثلاثة اتجاهات أما بالثبات أو الصعود أو الهبوط. وبدراسة الاتجاه العام للمتوسط السنوي لكمية الأمطار والموضح بالشكل (6) يتضح أن خط الاتجاه العام لكمية الأمطار بمركز سيدي براني يتجه نحو الارتفاع رغم تذبذب كمياتها من عام لآخر. كما يظهر وجود دورات مطرية بين ارتفاع وانخفاض من عام لآخر، حيث انخفض خط الاتجاه العام للأمطار خلال أعوام ٩٠، ٩٣، ٩٥، ٩٦، ٩٧، ٢٠٠٦، ٢٠٠٨، ٢٠٠٩، ٢٠١٠، ٢٠١٣، ٢٠١٤، ٢٠١٧، ٢٠٢٣، على التوالي وارتفعت عن خط الاتجاه العام في الأعوام الأخرى، إلا أن خط الاتجاه العام بصفة عامة يتجه من الجنوب الغربي صوب الشمال الشرقي.



المصدر: بيانات الجدول (٣)

شكل (6) الانحدار الخطي للمتوسط السنوي لكمية الأمطار خلال الفترة (١٩٨٥ - ٢٠٢٣م)

٢. تحليل السلاسل الزمنية:

يتم ذلك باستخدام نموذج (ARIMA) للمتوسط السنوي لكمية الأمطار الساقطة على مركز سيدي

براني من خلال مجموعة من الخطوات المتتالية كالتالي:

أ. التعرف على النموذج:

تأتي هذه الخطوة للوقوف على مدى ثبات السلسلة الزمنية لكمية الأمطار بمركز سيدي براني ، وذلك

بتطبيق معاملات الارتباط الذاتي (ACF) و الارتباط الذاتي الجزئي (PACF)^(٧) ، وتم تحديد عدد

درجات الإبطاء (Lags=16) ، وتبين من خلالهما أن السلسلة الزمنية للأمطار بمنطقة الدراسة تتمتع

بالثبات، فيظهر من الشكل (٧) أن دالة الارتباط الذاتي لكمية الأمطار تنخفض مع زيادة عدد الفترات

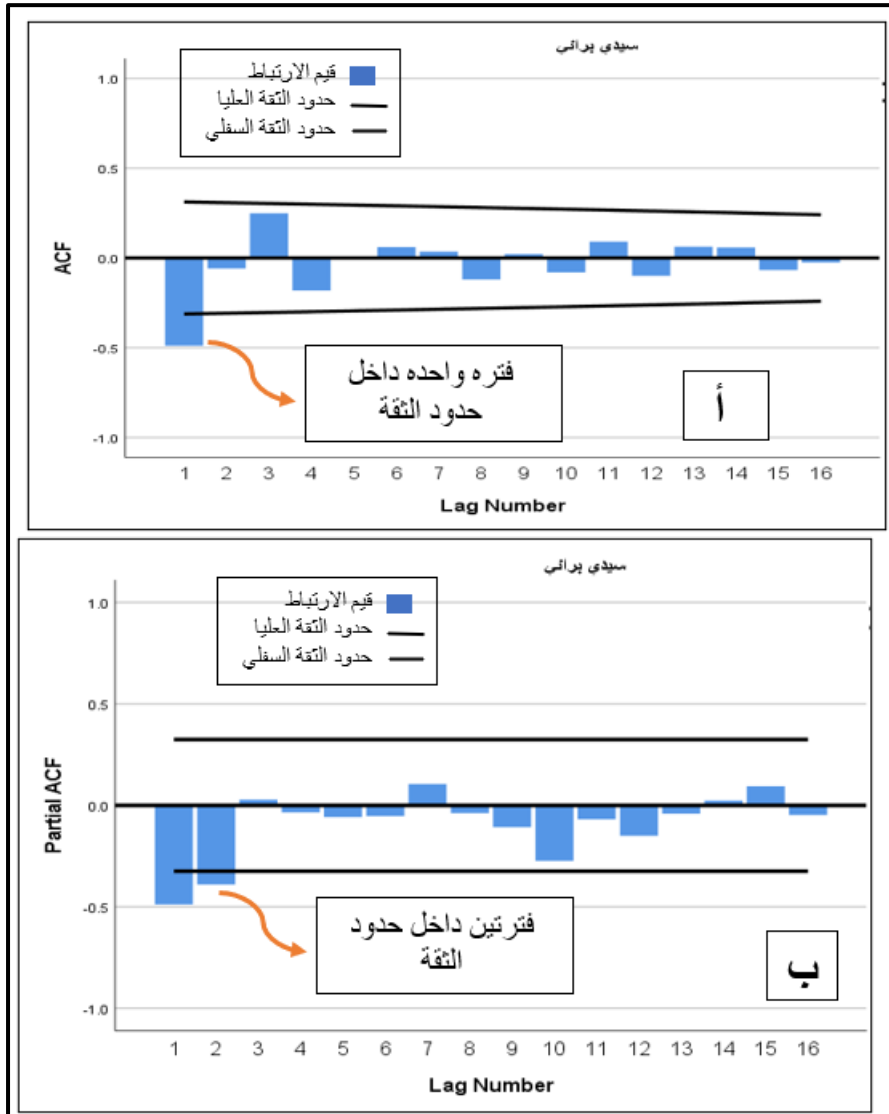
باستثناء فترة واحدة وهي الفترة الأولى (١) حيث جاءت قيمة الارتباط بها دالة إحصائيا (أقل من

٠.٠٥)، أما في الارتباط الذاتي الجزئي فكان عدد الفترات اثنتين هما الفترتان (١ و ٢) أما باقي النقاط

فقط جاءت قيم الارتباط بها ضعيفة وغير دالة إحصائيا (أكبر من ٠.٠٥) ، وبالتالي يمكن استخراج قيمة

الارتباط الذاتي (AR) والتي يحتمل أن تكون قيمتها (٢) وهو ما سيعتمد عليه عند تطبيق نموذج

. AREMA



شكل (7) أ. الارتباط الذاتي ACF، ب. معامل الارتباط الذاتي الجزئي PACF لمتوسط كمية

الأمطار بمركز سيدي براني خلال الفترة (١٩٨٥ - ٢٠٢٣)

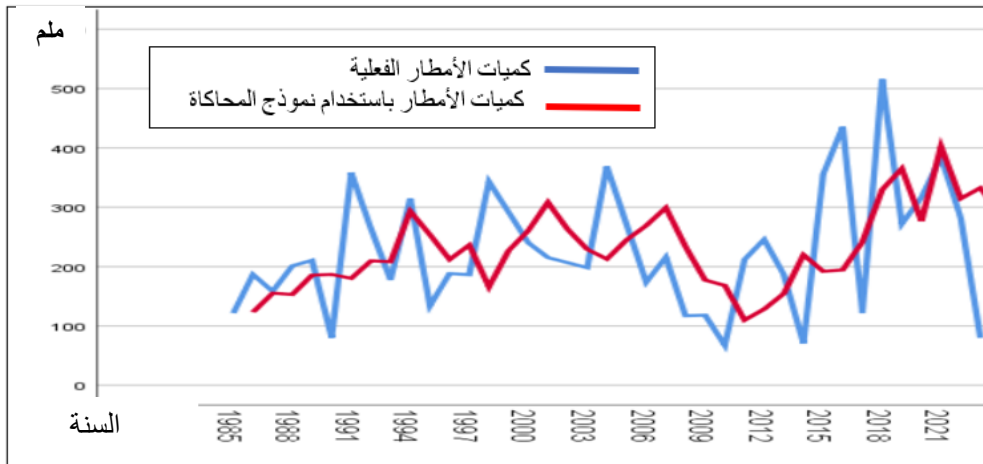
ب. مرحلة تقدير النموذج:

من الخطوة السابقة تم تقدير النموذج المقترح لتوقع كمية الأمطار الساقطة من خلال ادخال المعاملات المبينة في الجدول (٤) والشكل (٧) بمستوى ثقة ٩٥%، حيث (AR) تمثل نموذج الانحدار الذاتي و (D) هي قيمة الفروق، و (MA) هي قيمة المتوسطات المتحركة للسلسلة الزمنية للمتوسط السنوي لكمية الأمطار التي سيخرجها النموذج، والتي سيتم استخدامها في التوقع. وبذلك يكون النموذج المقترح هو (٢٠١٠)، ويظهر الشكل (٨) الفرق بين القيم الفعلية والقيم المقدرة بعد تطبيق النموذج.

جدول (٤) التقديرات المستخدمة في نموذج AREMA

Type	المعاملات	Model E.
Autoregressive (AR)	قيمة الارتباط الذاتي للسلسلة	2
Difference (D)	قيمة الفرق بين متوسطات الأمطار في السلسلتين	1
Moving Average	قيمة المتوسط المتحرك	0

المصدر: مخرج تطبيق محاكاة Arima Model



المصدر: مخرج تطبيق محاكاة Arima Model

شكل (8) كمية الأمطار الفعلية والمقدرة باستخدام نموذج أريما المقترح

ج. فحص مدى ملائمة النموذج:

في هذه الخطوة يتم فحص النموذج من خلال تحليل ^(٨) **Model Statistics**، وتبين من نتائج التحليل

أن النموذج المقترح ملائم لتوقع متوسط كمية الأمطار حيث إن قيمة مستوى الدلالة (أكبر من

٠.٠٥) و (sig=0.853) بدرجة حرية بلغت ١٦ ومعامل تحديد ٠.٤١٥، كما تشير إحصائية

(Ljung-Box) جدول (٥)، والتي بلغت (١٠.٥٨١) أنه لا توجد فروق معنوية ذات دلالة

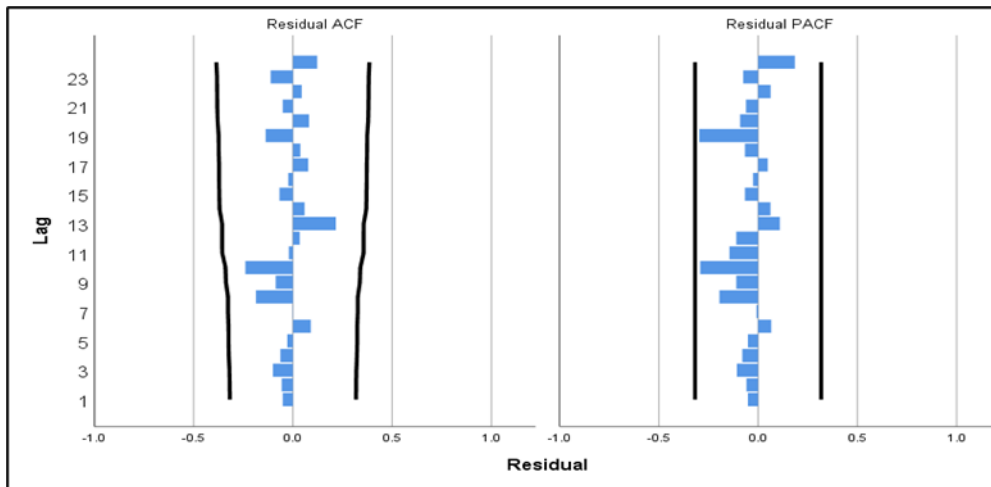
إحصائية بين النموذج الأصلي والنموذج المقدر، وأن قيم البواقي الموضحة الناتجة عن النموذج تتوزع

توزيعًا عشوائيًا، وهو ما يبينه الجدول (٥) والشكل (٩).

جدول (٥) المعاملات الإحصائية **Model Statistics**

Model	Number of Predictors	Model Fit statistics		Ljung-Box Q (18)			Number of Outliers
		Stationary R-squared	Normalized BIC	Statistics	DF	Sig.	
Model-1	0	.415	9.741	10.581	16	.835	0

المصدر: مخرج تطبيق محاكاة Arima Model



المصدر: مخرج تطبيق محاكاة Arima Model

شكل (٩) توزيع قيم البواقي الناتجة عن تحليل نموذج ARIMA

كما أن المعاملات الخاصة بنموذج AREMA المبينة في الجدول (٦) توضح أن قيم الارتباط الذاتي أو معلمات (AR) جاءت داله إحصائيا حيث كان مستوى الدلالة أقل من ٠.٠٥ وقيمة (Estimate) جاءت في نقطتين الأولى ٠.٧٧٢ والثانية ٠.٤٢٦.

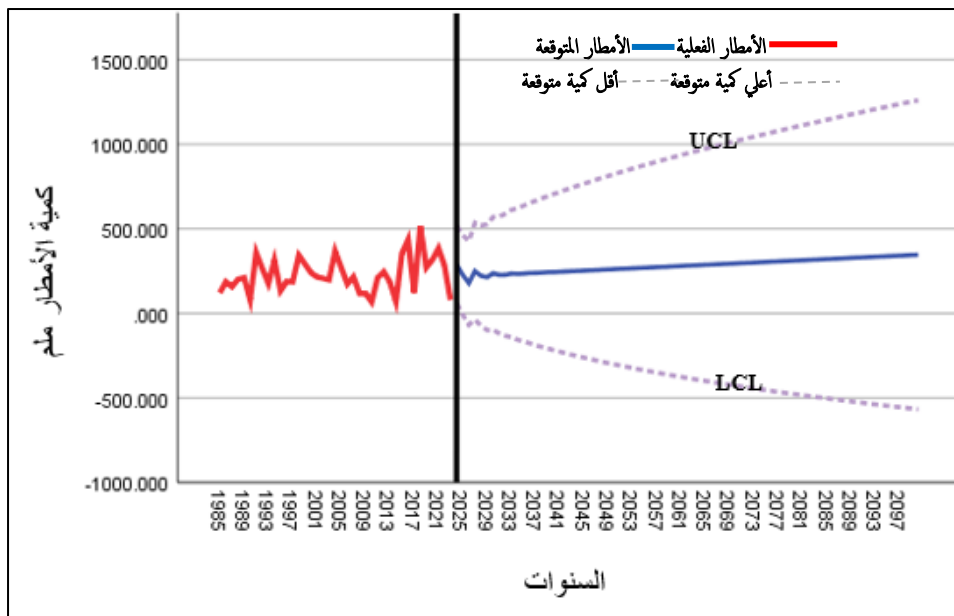
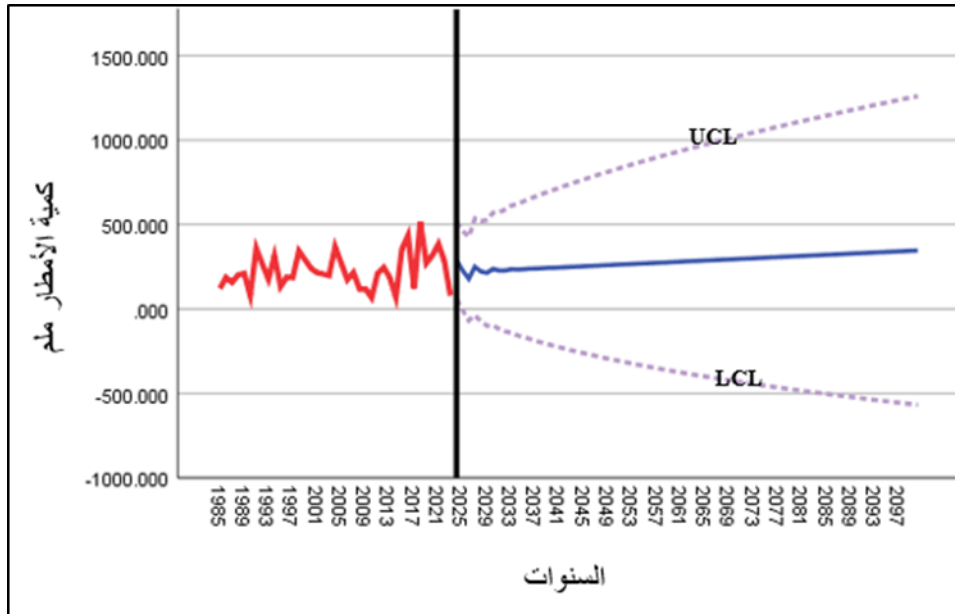
جدول (٦) معاملات نموذج أريما

ARIMA Model Parameters				Estimate	SE	t	Sig.
Model_1	-سيدي براني	No Transformation	Constant	1.707	8.312	.205	.839
			AR Lag 1	-.772	.159	-4.845	.000
			Lag 2	-.476	.160	-2.971	.005
			Difference	1			

المصدر: مخرج تطبيق محاكاة Arima Model

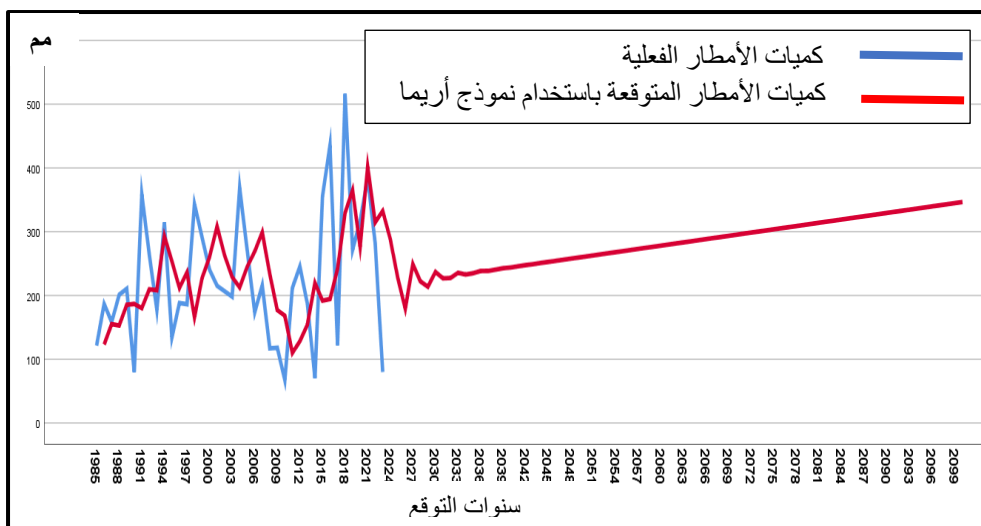
٣. توقع متوسط كمية الأمطار بمركز سيدي براني:

تأتي هذه الخطوة كمرحلة أخيرة للوصول للتوقع بكمية الأمطار باستخدام نموذج ARIMA Model السابق اقتراحه وهو (٢٠١٠)، وتم التوقع بكمية الأمطار حتى عام ٢١٠٠ أي لمدة ٧٧ عاما، ويشير الشكلان (١٠) و (١١) إلى اتجاه زيادة كمية الأمطار خلال سنوات التوقع، حيث بلغ متوسط كمية الأمطار المتوقعة (٢٣٧ مم، ٢٤٨ مم، ٢٦١ مم، ٢٧٨ مم، ٢٩٥ مم، ٣١٢ مم، ٣٢٩ مم، ٣٦٤ مم)، لأعوام ٢٠٣٠، ٢٠٤٠، ٢٠٥٠، ٢٠٦٠، ٢٠٧٠، ٢٠٨٠، ٢٠٩٠، ٢١٠٠ على الترتيب.



شكل (١٠) أعلى كمية أمطار متوقعة (UCL)، وأدنى كمية مطر متوقعة (LCL)

حتى عام ٢١٠٠



شكل (١١) توقع متوسط كمية الأمطار تبعاً لنموذج أريما حتى عام ٢١٠٠

٣. العلاقة بين هطول الأمطار ومساحة الغطاء النباتي (NDVI)

ولدراسة العلاقة بين هطول الأمطار وتغير مساحة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة تم الاعتماد على مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، والذي يعد أحد أدوات الاستشعار عن بعد، فهو يعتمد على المرئيات الفضائية في استنتاج ما إذا كانت منطقة الدراسة تحتوي على غطاء نباتي من عدمه، والهدف من استخدام هذا المؤشر هو تحديد العلاقة بين هطول الأمطار وقدرة التربة على الإنبات للوقوف على إمكانية التوسع الزراعي واستصلاح الأراضي في منطقة الدراسة. حيث تم الاعتماد على مرئيات فضائية لاند سات في ثلاث فترات مختلفة ^(٩) موضحة بالجدول (٧).

بدراسة العلاقة الارتباطية بين كمية الأمطار الساقطة في ثلاث فترات مختلفة وتغير مساحة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة باستخدام معادلة مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) والتي يوضحها الشكل (١٢) والجدول

(٨)، تبين وجود ارتباط طردي قوي بلغ ٠.٩٨، كما بلغ معامل التحديد ($r^2 = ٠.٩٦$) مما يعني أن ٩٦% من

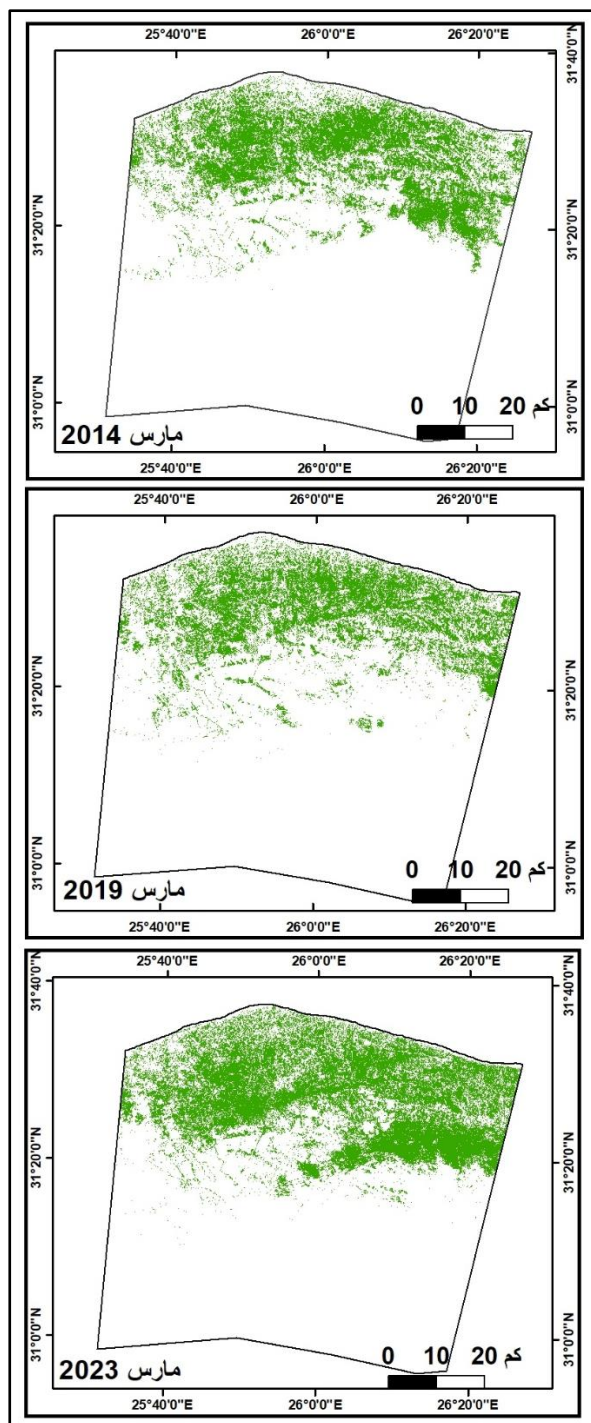
من التغير في مساحة الغطاء النباتي يرجع للتغير في كميات الأمطار، بينما ترجع النسبة الباقية إلى عوامل

أخرى. منها وجود نباتات صحراوية تتحمل الجفاف لفترات طويلة، أو مساحات مزروعة من قبل الأهالي تعتمد على المياه الجوفية أو محطات تحلية المياه، وهي كلها نسب ومساحات صغيرة. ويلاحظ تركيز الغطاء النباتي في بطون الأودية وجنوبي الشريط الساحلي وانخفاضه في الشريط الساحلي؛ بسبب ارتفاع الملوحة به خاصة مع وجود التلال الجيرية، وعدم ملائمة التربة لنمو النبات، واختفاء السهل الساحلي في نطاق الجرف الصخري، بالإضافة إلى مساحات شاسعة في النطاق الجنوبي بسبب انخفاض متوسط الأمطار به عن ٧٥ مم سنويا، وطبيعة التربة في هذه المنطقة والتي تتألف من صخور رملية حصوية.

جدول (7) بيانات مرئيات القمر الاصطناعي لاند سات المستخدمة في إيجاد مؤشر الغطاء النباتي

تاريخ المرئية	القمر	Row	path	المستشعر	الدقة المكانية
٢٠١٤/٣/٢٧	لاند سات (٨)	٠٣٨	١٨٠	OLI_TIRS	30
٢٠١٩/٣/9	لاند سات (٨)	٠٣٨	١٨٠	OLI_TIRS	30
٢٠٢٣/٣/١٤	لاند سات (٩)	٠٣٨	١٨٠	OLI_TIRS	30

المصدر: <https://earthexplorer.usgs.gov/>



المصدر: مخرج تطبيق مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) اعتمادا على صور المرئيات الفضائية لأعوام (٢٠١٤-٢٠١٩-٢٠٢٣) وبياناتها موضحة بالجدول

(٧)

شكل (١٢) توزيع الغطاء النباتي لمركز سيدي براني

جدول (8) كمية الأمطار (مم) ومساحة الغطاء النباتي (ألف فدان) بمنطقة الدراسة

الموسم المطري	مساحة الغطاء النباتي	النسبة	كمية الأمطار/ مم
2013-2014	246092.24	18.9	213
2018-2019	217600.99	16.6	198
2022- 2023	321978.31	24.6	333
اجمالي مساحة منطقة الدراسة	1305069.77		

المصدر: شكل (١٢) مخرج تطبيق مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) اعتمادا على صور المركبات الفضائية لأعوام (٢٠١٤-٢٠١٩-٢٠٢٢) الموضحة بالشكل (١٢)

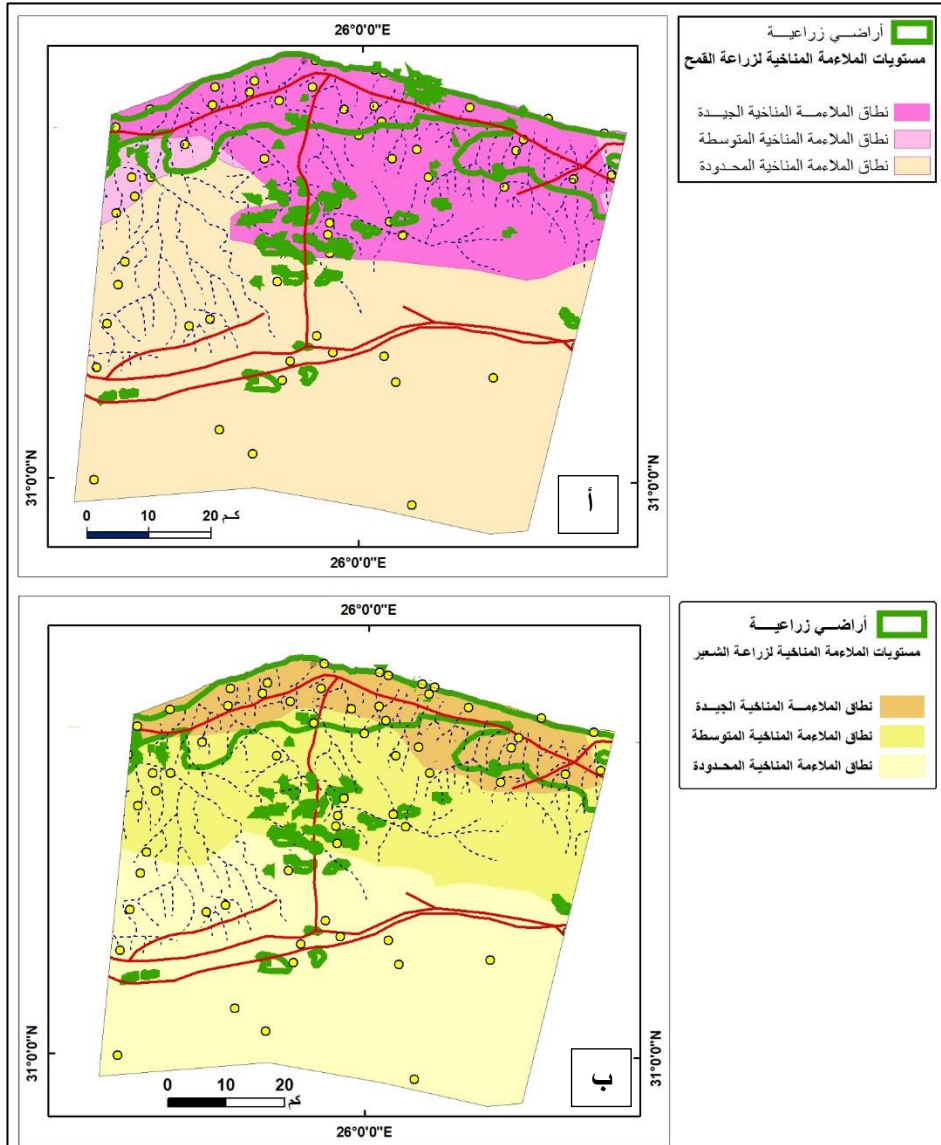
٤. التوقع المستقبلي للاتجاه العام للأمطار وتأثيره على التنمية الزراعية

تتوجه الدولة لخطط التنمية المستدامة- خاصة المدن النائية - بمهدف تنميتها اقتصاديا وسكانيا وعمرانيا؛ يدخل مركز سيدي براني من ضمن إستراتيجية التنمية العمرانية المستدامة للوجهات الساحلية "نطاق الساحل الشمالي الغربي". (وزارة الإسكان والمرافق والمجمعات العمرانية، ٢٠١٤) وتتمثل إستراتيجيات التنمية في هذه المنطقة في استصلاح الأراضي اعتمادا على مياه الأمطار والمياه الجوفية، بالإضافة إلى تنمية المدن الساحلية والسكنية ، وإنشاء تجمعات عمرانية سياحية وسكنية تهدف لخدمة أنشطة سياحة السفاري، بالإضافة إلى أنشطة التصنيع الصناعي والزراعي، ويعد المهدف الأهم هو استصلاح آلاف الأفدنة اعتمادا على مياه الأمطار، وكلٌّ من المياه المحلاة ومياه الصرف الزراعي لاستزراع نباتات الوقود الحيوي والأعلاف. وعملت الدولة خلال الأعوام الماضية على استصلاح مساحات واسعة من مركز سيدي براني بلغت ثلثي المناطق القابلة للاستصلاح بالمركز.

ولا تعتمد الزراعة واستصلاح الأراضي علي تحسين نوعية التربة فقط لكنها ترتبط ارتباطا وثيقا بمدى ملائمة الظروف المناخية للمحاصيل الزراعية المستهدف زراعتها في منطقة الدراسة من حيث كمية الأمطار ودرجات الحرارة ،و الرطوبة، وعدد ساعات سطوع الشمس، و سرعة الرياح، وغيرها من الظروف المناخية

، ويأتي على رأس هذه القائمة محصولي القمح و الشعير باعتبارهما أهم المحاصيل الحقلية الشتوية، ويوضح

الشكل (١٣) نطاقات زراعة محصولي القمح والشعير الفعلية.



المصدر: مخرج النمذجة اعتمادا على درجة الحرارة العظمى والصغرى، ودرجة الرطوبة النسبية، كمية الأمطار، التبخر

شكل (١٣) مستويات الملاءمة المناخية لزراعة محصولي القمح (أ) والشعير (ب) بمركز سيدي براني خلال الفترة

(٢٠١٠-٢٠٢٠)

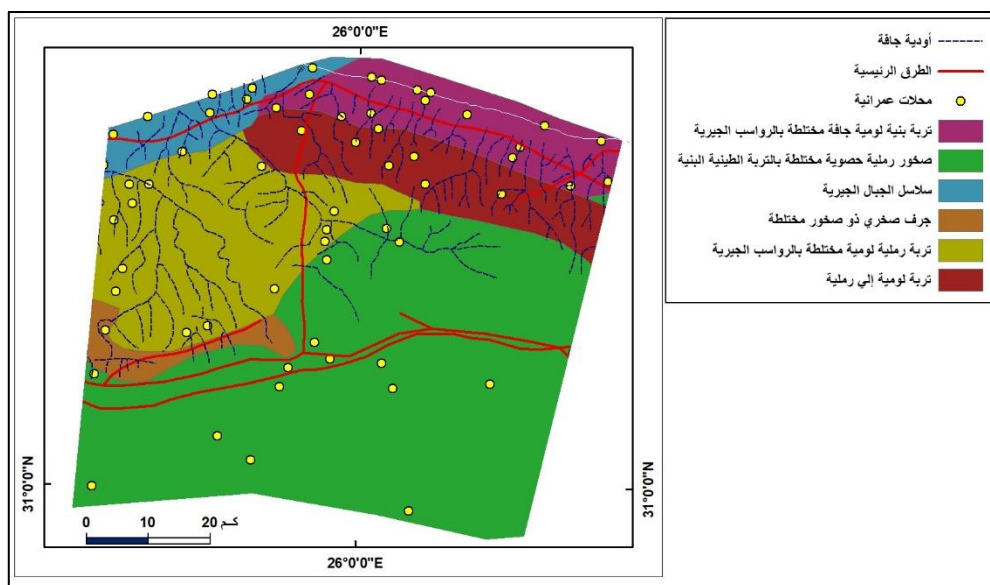
والأراضي الزراعية الملاءمة مناخيا لزراعتهم^(١٠) اعتمادا على مياه الأمطار والمياه الجوفية جنوبا لأكثر من ١٠ كم في حالة الاستصلاح الزراعي لهذه الأراضي، وتحديث تقنيات تخزين مياه الأمطار وتطويرها، وتطوير نظم الزراعة على مياه المطر المخزنة.

وقد استهدفت الدولة استصلاح مساحات واسعة من أراضي المركز وبلغت نسبة التغير الزيادة في المناطق المستصلحة بين عامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٠ ما يعادل ١٢٦% بينما بلغت القيمة نفسها بين عامي ٢٠١٠ - ٢٠٢٠ ما يوازي ١٢٠% (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، ٢٠٢٠) وبذلك فقد بلغت مساحة الأراضي المستصلحة في مركز سيدي براني ما يعادل ثلثي مساحة الأراضي القابلة للاستصلاح بالمركز. (مديرية الزراعة، ٢٠٢٠). وتتوزع المناطق المستصلحة والقابلة للاستصلاح في بطون الأودية الجافة والمنخفضات الداخلية الواقعة بين التلال الجيرية الميوسينية ويوضح الشكل (١٤) التوزيع الجغرافي لأنواع التربة المختلفة بمنطقة الدراسة حيث تسود التكوينات الجيرية بمنطقة الدراسة.

وتعاني التربة في مركز سيدي براني من زيادة المحتوى الجيري؛ لاحتوائها على نسبة كبيرة من بيكربونات الكالسيوم لأكثر من ٨% مما يجعلها صلبة، و ينخفض معها النشاط الحيوي للبكتريا و تندر العناصر الغذائية، كما تعاني المناطق الساحلية من الشريط الساحلي من الملوحة التي تعوق إنبات البذور ونمو النبات، كما تسود في منطقة الدراسة التربة اللومية سواء اللومية الرملية الجافة المختلطة بالحجر الجيري، أو الرملية اللومية المختلطة بالحجر الجيري، وتتميز التربة اللومية بصغر حجم حبيباتها مما يمكنها من الاحتفاظ فترة أطول بمياه الأمطار، وهي من أفضل التربة القابلة للاستصلاح، ولمعالجة هذا النوع من التربة يمكن إضافة السلت و الطين عن طريق حقن التربة بعمق متر واحد في نطاق زراعة الأشجار و عمق ٤٥ سنتيمترًا في حالة المحاصيل الحقلية و محاصيل الخضر؛ مما يعمل على رفع الإنتاجية، وهو ما توصل إليه

فريق بحثي في مركز بحوث الصحراء، وتم تحويله إلى خط إنتاج طين "قادر ١" وهو ما سيعمل على معالجة الكثير من مشكلات التربة في مركز سيدي براني والساحل الشمالي، كما سيسهم في الإسراع من استصلاح الأراضي في منطقة الدراسة.

ومن خلال العرض السابق يظهر توافق توقع كمية الأمطار المتجهة للزيادة مع خطط الدولة التنموية ومشروعات استصلاح الأراضي؛ حيث من المتوقع زيادة نسبة الأراضي المستصلحة عام ٢٠٥٢م عن مساحتها عام ٢٠٢٣، والتي تبلغ ٤١ ألف فدان بما يعادل من ١٠ - ١٥ %، لتبلغ ٦٠ ألف فدان عام ٢٠٥٢ ليصل إجمالي الأراضي المنزرعة ما يقرب من ١٢٠ ألف فدان.

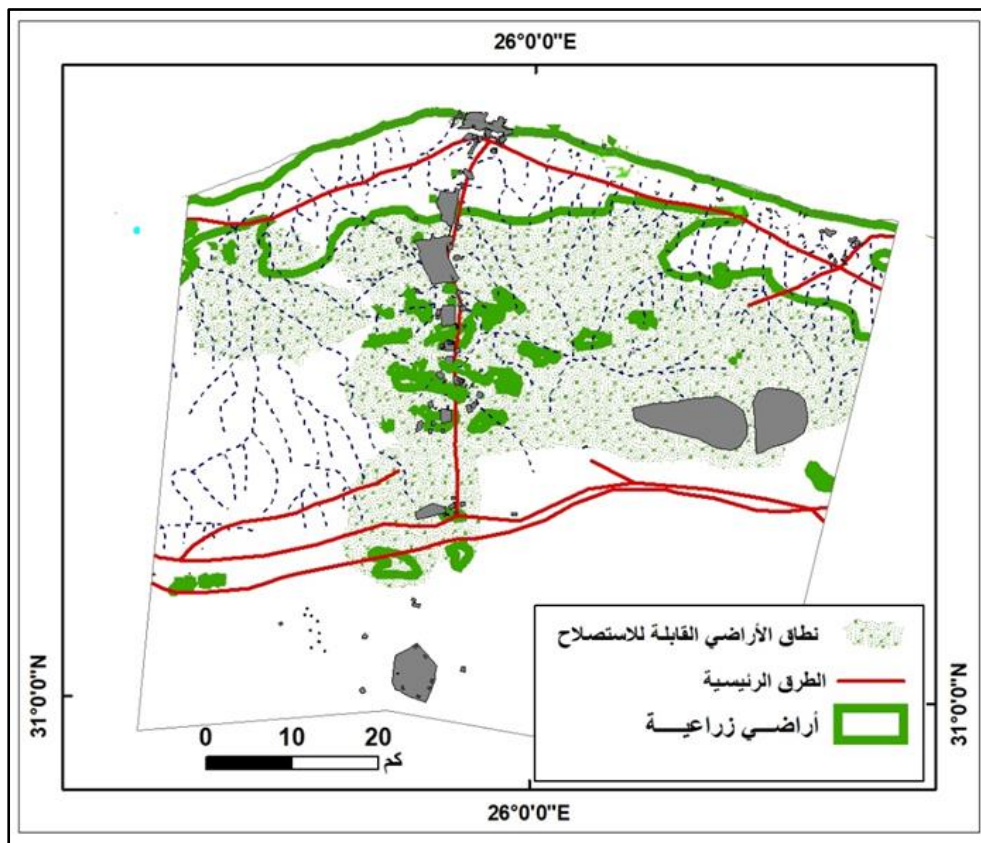


المصدر: رئاسة جمهورية مصر العربية، مركز دعم واتخاذ القرار ٢٠١٠

شكل (١٤) التوزيع الجغرافي لأنواع التربات في مركز سيدي براني

تم استخدام بيانات كل من كمية الأمطار السنوية بمركز سيدي براني شكل (٢)، وتوزيع الغطاء النباتي لمركز سيدي براني شكل (١٢)، مستويات الملاءمة المناخية لزراعة بعض المحاصيل -مثل القمح والشعير- بمركز سيدي براني شكل (١٣)، والتوزيع الجغرافي لأنواع التربات في مركز سيدي براني شكل

(١٤)، في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المناطق الأنسب للاستزراع الزراعي. والتي أظهرت إمكانية استصلاح الأراضي في ثلاثة نطاقات أساسية، كما يظهر من الشكل (١٥) (١١) في بطون الأودية، والمنخفضات البيئية، وعلى حواف الأراضي الزراعية الحالية بمساحة تبلغ 35 ألف فدان، وذلك إذا تم تنفيذ خطط الدولة التنموية الكبرى في ظل توافر مياه الأمطار مع طرق الاستصلاح الزراعي في الساحل الشمالي الغربي المصري بصفة عامة، ومركز سيدي براني بصفة خاصة، باعتباره مركزًا واعدًا، لديه العديد من المقومات التي تساعد في تنفيذ المشروعات التنموية وعلى رأسها الاستصلاح الزراعي الذي يعد ركيزة أساسية لجوانب التنمية الأخرى كالتنمية السكانية والعمرانية والسياحية، ويسهم في توفير مصدر غذاء وفرص عمل للشباب في المجالات سابقة الذكر.



المصدر: مخرج النمذجة اعتمادا على الخرائط (٢، ١٢، ١٣، ١٤)

شكل (15) التوزيع الجغرافي لنطاق الأراضي القابلة للاستزراع بمركز سيدي براني.

النتائج والتوصيات

توصلت الدراسة إلى نتائج عدة وهي:

- (١) يتمتع مركز سيدي براني بمتوسط كمية أمطار تصلح لقيام زراعة مطرية واسعة النطاق.
- (٢) يمتلك مركز سيدي براني متوسط سنوي لكمية الأمطار يأخذ اتجاهها تصاعديا يؤهله لزيادة المساحة المزروعة، وبالتالي زيادة الإنتاجية. بالإضافة إلى نوع تربة قابلة للاستصلاح والزراعة في حال توافر مصادر للمياه تتمثل في مياه الأمطار.
- (٣) تعتمد الزراعة في مركز سيدي براني على مياه الأمطار الساقطة في ري الأراضي الزراعية، وتخزين الفائض داخل آبار لاستخدامها على مدار العام في كافة الأنشطة البشرية.
- (٤) يأخذ خط الاتجاه العام لكمية الأمطار السنوية الساقطة على مركز سيدي براني في الفترة من (١٩٨٥-٢٠٢٣م) اتجاهها صاعدا.
- (٥) تظهر علاقة طردية قوية بين متوسط كمية الأمطار الساقطة ومساحة الغطاء النباتي، مما يعكس قابلية التربة بمختلف أنواعها في مركز سيدي براني للاستصلاح وزيادة الإنتاجية الزراعية، وهو ما يتناسب مع المخطط التنموي المقترح تنفيذه بشأن استصلاح الأراضي الزراعية (٢٠٥٢).
- (٦) يمتلك مركز سيدي براني المقومات المناخية التي من شأنها جعله في صدارة المناطق الواعدة في قطاعات التنمية المختلفة خاصة التنمية الزراعية. لتحقيق الاكتفاء الذاتي لسكانه وسد احتياجات القرى السياحية والتجمعات السكانية المجاورة.

(٧) تصلح التربة في مركز سيدي براني للاستصلاح الزراعي في توافر كميات من الأمطار واستخدام

طرق حديثة في استصلاح الأراضي، واستخدام المحاصيل المناسبة لطبيعة التربة.

وتوصي الدراسة بما يلي:

(١) إقامة إستراتيجيات قومية تهدف لدراسة متوسط كمية الأمطار خاصة في المناطق التي تعتمد على

الزراعة المطرية.

(٢) زيادة تطبيق التكنولوجيا الحديثة وربطها بنظم المعلومات الجغرافية ومواقع الأرصاد الجوية العالمية

للقوف على نماذج التوقعات العددية الموسمية، والتي تعطي صورة واضحة أقرب إلى الدقة عن

كمية الأمطار المتوقعة خلال المواسم المطرية؛ لتحسين إدارة الزراعة المطرية بمركز سيدي براني مما

يساعد متخذي القرار في توجيه المزارعين لاختيار المحاصيل الأنسب والتوقيتات المثلى لبداية

المواسم الزراعية.

(٣) المتابعة الدقيقة والمستمرة لخرائط الطقس العالمية والمحلية لمتابعة مواعيد المنخفضات الجوية، وكمية

الأمطار المتوقعة في كل منخفض جوي، والفترة الزمنية المتوقعة بين كل منخفض وآخر لتحديد

أنسب التوقيتات للبذر لتقليل مدة الجفاف بين المنخفضات حتى لا تتعرض البراعم للجفاف

والذبول.

(٤) زيادة عدد المشروعات القومية التي تهتم بنظم حصاد المياه وتجميعها وتقليل الفاقد منها في البحر،

وتطوير الخزانات الجوفية من حيث العدد والمساحة والمداومة على صيانتها باستمرار؛ لتحقيق

أقصى استفادة منها من حيث كمية المياه المخزنة ونوعيتها.

- (٥) إنشاء فرق للتدخل السريع لإعطاء ربات استثنائية للمحاصيل في حال ضعف كمية الأمطار الساقطة أو طول الفترة بين المنخفضات الجوية الممطرة، لتفادي تعرضها للجفاف وذبول البراعم.
- (٦) العمل على تدريب العناصر البشرية وتوعيتها بأحدث برامج ومواقع التوقعات الجوية، بالتكامل مع توعيتهم بمتطلبات كل محصول من المحاصيل لإرشاد المزارعين باختيار أنسب الأوقات لزراعة كل محصول.
- (٧) المضي قدما في مشروعات استصلاح الأراضي وزراعة المحاصيل الحقلية الشتوية كالقمح والشعير في المناطق الملائمة مناخيا لزراعتهما.
- (٨) تشجيع الدراسات المناخية التي تهتم بعلاقة المناخ والزراعة والتي من شأنها زيادة الرقعة الزراعية ونتاجية الفدان.

^(١) بالاعتماد علي بيانات محطات الأرصاد الجوية بشمال مصر (النزهة ،الضبعة، مرسى مطروح، سيدي براني، السلوم ، سيوة).

^(٢) تعرف السلاسل الزمنية بأنها مجموعة من المشاهدات تولدت عبر الزمن بشكل متعاقب ترتبط ببعضها، وقد تكون السلسلة الزمنية مستقرة (Stationary) أي أن المشاهدات في جميع الفترات الزمنية تكون لها خصائص احتمالية متوازنة ولا تتأثر بالزمن، أو غير مستقرة (Not Stationary) أي أن الخصائص الاحتمالية للسلسلة الزمنية تكون غير مستقرة وتتأثر بالزمن، وتتكون السلاسل الزمنية من متغيرين اثنين أحدهما متغير الاستجابة (Response Variable) والآخر متغير الزمن (Time Variable).

^(٣) ويتم أخذ فروق متتالية لتسكين السلسلة بطرح القيمة السابقة من القيمة التالية، ويطلق على تلك الطريقة نماذج الانحدار الذاتي و المتوسطات المتحركة $ARIMA(P,d,q)$

^(٤) هي مقاييس عديدة تستخدم لقياس درجة تجانس أو تشتت مفردات البيانات عن بعضها البعض ، ووصف ومقارنة مجموعة البيانات المختلفة للمزيد يرجى الرجوع إلي (مركز الإحصاء، ٢٠٢١ ص ١٦-٢٣) & (خليل ، شرف الدين، ٢٠٢٢ ، ص ٦٠ - ٦٣)، الموقع الرسمي لشركة (IBW SPSS) <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>

(^٥) هو تمثيل رياضي لدرجة التشابه بين سلسلة زمنية معينة ونسخة متباعدة أو متأخرة (Lagged) من نفسها على فترات زمنية متتالية. وهو نفسه مثل حساب العلاقة بين سلسلتين زمنيتين مختلفتين، باستثناء أن السلسلة الزمنية نفسها تستخدم مرتين: مرة في شكلها الأصلي ومرة متأخرة أو في شكل فترات زمنية أكبر. ويمكن أيضا الإشارة إلى الارتباط الذاتي على أنه ارتباط متباطئ (Lagged Correlation) أو ارتباط متسلسل (Serial Correlation)، حيث يقيس العلاقة بين القيمة الحالية للمتغير وقيمته السابقة.

(^٦) عند حساب الارتباط الذاتي، يمكن أن يتراوح الناتج من (+١ إلى -١) تمثيلا مع إحصائية الترابط التقليدية. ويمثل الترابط الذاتي (١) ارتباطاً إيجابياً مثالياً (تؤدي الزيادة في سلسلة زمنية واحدة إلى زيادة متناسبة في السلاسل الزمنية الأخرى). أما الترابط الذاتي سالب (١)، من ناحية أخرى، فيمثل ارتباطاً سلبياً مثالياً (تؤدي الزيادة التي تظهر في سلسلة زمنية واحدة إلى انخفاض تناسبي في السلاسل الزمنية الأخرى). يقيس الارتباط الذاتي العلاقات الخطية؛ حتى لو كان الارتباط الذاتي ضئيلاً، قد ما تزال هناك علاقة غير خطية بين سلسلة زمنية ونسخة متأخرة من نفسها.

للمزيد : (<https://www.meemapps.com/term/autocorrelation>)

(^٧) إذا كانت دالة الارتباط الذاتي (ACF) تمتد لانهائياً وتتناقص أسياً نحو الصفر أو تأخذ شكل موجات حبيبية أو تكون خليط من التناقضات الأسية، ودالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) تنقطع بعد فترة الإبطاء (P) فإن النموذج الملائم هو نموذج ارتباطات ذاتية من الدرجة P AR(P) (١.١٢)

وإذا كان شكل دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) تتناقص أسياً بشكل موجات حبيبية وأن دالة الارتباط الذاتي (ACF) تتلاشي بعد فترة إبطاء (p) فإن نموذج الأوساط المتحركة MA (Q) يكون الملائم للسلسلة الزمنية.

إذا كان شكل معاملات دالة الارتباط الذاتي (ACF) ودالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) تتمثل بمنحني يمتد لانهائياً ويتكون من التناقضات الأسية والتناقضات الجيبية والتي تتلاشي إلى الصفر كلما زادت فترة الإبطاء (P). وتحدد دالة الارتباط الذاتي (ACF) من الانحدار الذاتي للنموذج (P)AR المختلط عندما تكون $(k > q - p)$ ، بينما تتحدد دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) من الجزء المتوسط المتحرك MA(q) عندما تكون $(k > p - q)$. فإن نموذج الانحدار الذاتي والأوساط المتحركة المقترح هو النموذج الملائم للسلسلة الزمنية.

(^٨) إذا كانت نتائج الفحص (أكبر من ٠.٠٥) يعني أن النموذج المقترح ملائم للتوقع بكمية الأمطار قيد الدراسة.

(^٩) تم اختيار شهر مارس لدراسة الغطاء النباتي باعتباره في أواخر الموسم المطري وهو الشهر الذي يسبق شهر الحصاد.

(^{١٠}) اعتماداً على مجموعة من العناصر لتحديد نطاق الملاءمة المناخية تشمل: درجة الحرارة العظمى، درجة الحرارة الصغرى الرطوبة النسبية، كمية الأمطار، التبخر، توزيع النبات الطبيعي.

(^{١١}) مراحل إنشاء الشكل (١٤) : أ- تم تصنيف فئات كل طبقة من الطبقات المعلوماتية المستخدمة تبعاً لأهميتها في استصلاح الأراضي بحيث تعطى الفئة الأنسب أعلى قيمة لخلاياها في الأهمية النسبية، وتعطى الفئة غير الملائمة أدنى قيمة، وتعطى الفئة المتوسطة قيمة وسط بينهما. ب- عمل تطابق overlay للطبقات كلها بواسطة إحصاءات الخلايا cell statistics وتم وضع كل العناصر واختيار الأسلوب الإحصائي sum لجمع قيم كل خلية pixel في كل طبقة لنتج raster ثم عمل له إعادة تصنيف reclassify ليقسم المخرج raster إلى فئتين هما أراضي صالحة للاستزراع، وأراضي غير صالحة للاستزراع.

المصادر والمراجع:

أولاً المراجع العربية:

١. الحلواني، ماجي أحمد محمد خليل. (٢٠١٨). التنبؤ بالمتوسطات الشهرية لكمية الأمطار باستخدام الانحدار التوافقي Harmonic Regression مع التطبيق على جمهورية مصرية العربية، المجلة المصرية للدراسات التجارية، مج ٤٢، ع ٤٤، ١٣٨ - ١٦٤. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/979935>.
٢. السمني، محمد عوض السيد. (٢٠١١). المناخ وأثره في الأنشطة البشرية بالنطاق الساحلي بمحافظة مطروح " دراسة في المناخ التطبيقي " دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب جامعة دمنهور.
٣. السمني، محمد عوض السيد. (٢٠١٦). تباين كمية الأمطار وتأثيره على زراعة المحاصيل الحقلية الشتوية بمنطقة شمالي مركز موسى مطروح بمصر: دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي. المجلة الجغرافية العربية، س ٤٧، ع ٦٧، ٣٣ - ٦٩. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/877678>.
٤. الموسري، علي صاحب طالب، والكناني، نهاد خضير كاظم، (٢٠٠٦). تحليل السلاسل الزمنية للأمطار العراق واستخراج سنوات الجفاف منها وكيفية التنبؤ بتلك السنوات. مجلة البحوث الجغرافية، ع ٧، ٩٢ - ٣٩، مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/194229>.
٥. حسين، علي ناصر. (٢٠١٧). استخدام السلاسل الزمنية للمدة (٢٠٠٦-٢٠١٦) للتنبؤ بكمية الأمطار في العراق. العلوم الاقتصادية، مج ١٢، ع ٤٧، ١٠٢ - ١٢١. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/949132>.
٦. طرشاني س.، عميش ع.، & قحطان خليفة ق. (٢٠١٩). استخدام منهجية بوكس-جنكينز للتنبؤ بمعدلات التضخم في الجزائر خلال الفترة (١٩٧٠-٢٠١٦). مجلة الإبداع، ٩(١)، ٤٨٤ - ٥٠٠. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/102663>
٧. مديرية الزراعة بمطروح، إدارة البساتين، بيانات غير مبوبة وغير منشورة، ٢٠٢٠.
٨. مديرية الزراعة، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، محافظة مطروح، قسم الإحصاء، (٢٠٢٠).
٩. مركز الإحصاء (٢٠٢١): دليل مبادئ التحليل الإحصائي أدلة المنهجية والجودة، دليل رقم ١٠.
١٠. معهد بحوث الصحراء (٢٠٠٥) مشروع إدارة موارد مطروح، وحدة المياه والأراضي.
١١. مغربي، نشوة محمد. (٢٠٢٣). التنبؤ المستقبلي لتغير درجات الحرارة في الدلتا المصرية وهوامشها حتى عام (٢٠٤٢ م) باستخدام النموذج الإحصائي (ARIMA). مجلة البحث العلمي في الآداب، ٢٤(٨)، ١ - ٣٦. doi: 10.21608/jssa.2023.338427
١٢. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (٢٠٢٠)، مشروع حصاد المياه والممارسات الزراعية الجيدة من أجل تحسين الأحوال المعيشية وزيادة الإنتاج واستدامته في المناطق المطرية بمحافظة مطروح.
١٣. نقار، حمزة، والعواد، منزر (٢٠١١) منهجية BOX-Jenkins في تحليل السلاسل الزمنية والتنبؤ بها - دراسة تطبيقية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، العدد الثالث.

١٤. وزارة الأسكان والمرافق والمجمعات العمرانية، الهيئة العامة للتخطيط العمراني (يناير ٢٠١٤)، المخطط الإستراتيجي القومي للتنمية العمرانية ومناطق التنمية ذات الأولوية (الرؤية- المرتكزات- نطاقات ومراحل التنمية)

١٥. وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي (٢٠٢٠)، مركز دعم واتخاذ القرار، بيانات غير منشورة.

١٦. وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، إستراتيجية التنمية العمرانية المستدامة للوجهات الساحلية "نطاق الساحل الشمالي الغربي ٢٠٥٢".

ثانياً: المراجع الأجنبية

1. Abd-Alla, G. M., (1997) assessment of rainfall-runoff Dynamics at east Matrouh - North West coast - Egypt, ph.D. Sci . , Department Soils & Waters- Faculty of Agriculture - Alexandria University
2. Abou hussien, E., Ismail, M., Omran, W., & Abou Alfotoh, M. (2020). Water Harvesting for Sustainable Development of El-Hraka Basin in the North-western Coast of Egypt. *Egyptian Journal of Soil Science*, 60(3), 263-276. doi: 10.21608/ejss.2020.31570.1361
3. Addisu, Solomon, G.Selassie, Yihenew , Fissaha, Getachew & Birhanu Gedif, Adane. (2015). Time series trend analysis of temperature and rainfall in lake Tana Sub-basin, Ethiopia. *Environmental Systems Research*. 4. 10.1186/s40068-015-0051-0
4. Box, G. J. (1976). Time series analysis: Forecasting and control. San Francisco: Holden-day.
5. De, Arijit , Shreya, Srishty , Sarkar, Neel & Maitra, Animesh. (2021). Time Series Trend Analysis of Rainfall and Temperature over Kolkata and Surrounding Region. *Atmósfera*. 37. 10.20937/ATM.53059.
6. M.A. Wahab, G. W. Ageeb, M. M. Kotb ., & E. F.Essa., (2014). Landform Classification and Soil Distribution of Sidi Barrani Area, North-Western Coast of Egypt. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3(3): 670-676, ISSN 2077-4605
7. M.A. Wahab, G.W.Ageeb, M.M. Kotb, E.I.E. Gaber, A.M. Sharaky and E.F.Essa (2014). Sensitivity to Desertification at Sidi Barrani Area, the North-Western Coast of Egypt. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 4(3): 733-739, ISSN: 2077-4613.
8. Theib & Owies "Yield – WUE Relations and Optimal Strategies For Supplemental Irrigation Management" In Review, ICARDA, Aleppo, Syria, (1998), pp. 41 – 42
9. Worku, T., Khare, D., & Tripathi, S.K. (2019). Spatiotemporal trend analysis of rainfall and temperature, and its implications for crop production. *Journal of Water and Climate Change*, 10, 799-817.

المواقع الإلكترونية:

١. [/https://earthexplorer.usgs.gov](https://earthexplorer.usgs.gov)
٢. [/https://moa.gov.eg](https://moa.gov.eg)
٣. [/https://extract.bbbike.org](https://extract.bbbike.org)