https://jsrhs.rcc.edu.ly/
ISSN: 3078-4611
Vol.3 No.1 (2025), 156- 179
Article history:
Received:17/12/2025
Accepted:24/03/2026
Published:26/03/2026

مجلة البحوث المستدامة في العلوم الإنسانية

JSRHS

تحليل العلاقة بين متوسطات البقع الشمسية (ودرجة الحرارة، كميات الأمطار) في مدينتي مصراتة وغريان للفترة من 1945- 2022

د. حميدة مفتاح على صالح
محاضر بكلية الآداب جامعة مصراتة
https://orchid.org/0009-0003-8386-2596
hamedabnsaleh961@gmail.com

الملخص:

هدفت الدراسة إلى تحليل العلاقة بين متوسطات أعداد البقع الشمسية ودرجات الحرارة وكميات الأمطار الشهرية في مدينتي مصراتة الساحلية وغريان الجبلية للفترة 1945. 2022 لاختلاف الموقع الجغرافي وطبيعة السطح باستخدام المنهج التحليلي المقارن لتحليل البيانات الشهرية لدرجة الحرارة وكميات الأمطار باستخدام أساليب إحصائية شملت تحليلات الاتجاه الزمني و الارتباط، وتقنيات السلاسل الزمنية المتأخرة وأساليب الكشف عن الدورات، وأظهرت النتائج وجود تذبذباً ملحوظاً في أعداد البقع الشمسية بما يعكس الطبيعة الدورية للنشاط الشمسي، مع وجود اتجاه عام نحو انخفاض نسبي خلال العقود الأخيرة، كما كشفت التحليلات عن ضعف في قوة الارتباط الإحصائي بين البقع الشمسية وكميات الأمطار في كلتا المدينتين، في حين كانت العلاقة سالبة ودالة إحصائية بين أعداد البقع الشمسية ودرجات الحرارة الصيفية في مدينة غريان، حيث بلغ معامل الارتباط (−0.244) عند مستوى دلالة إحصائية (p= 0.001) مع تأخر زمني يقدر بنحو شهرين، مما يشير إلى علاقة عكسية ضعيفة لكنها ذات دلالة إحصائية عالية، بينما تأخر زمن الاستجابة لدرجة الحرارة الشتوية بمدينة مصراتة إلى ثلاثة شهور بعلاقة موجبة ضعيفة (0.122) عند مستوى دلالة غير معنوية (p= 0.06) وتؤكد هذه النتائج أن تأثير أعداد البقع الشمسية في المتغيرات المناخية يتباين مكانياً و زمانياً تبعاً للخصائص الجغرافية المحلية، وأن دوره يظل ثانوياً مقارنة بالعوامل المناخية الإقليمية.

الكلمات المفتاحية: البقع الشمسية، النشاط الشمسي، درجة الحرارة، كميات الأمطار، التحليل الزمني المتأخر، مصراتة، غريان.

Abstract:

The study aimed to analyze the relationship between average sunspot numbers and monthly temperature and precipitation in the coastal city of Misrata and the mountainous city of Gharyan over the period 1945–2022, taking into account differences in geographic location and surface characteristics. A comparative analytical approach was adopted to examine monthly temperature and precipitation records using statistical methods, including trend and correlation analyses, lagged time-series techniques, and cycle detection methods. The findings revealed marked fluctuations in sunspot numbers, reflecting the cyclical nature of solar activity, along with an overall tendency toward a relative decline in recent decades. The results also indicated a weak statistical association between sunspot numbers and precipitation in both cities. In contrast, a statistically significant negative relationship was identified between sunspot numbers and summer temperatures in Gharyan, with a correlation coefficient of -0.244 (p = 0.001) and an estimated time lag of approximately two months, indicating a weak but highly significant inverse relationship. Meanwhile, in Misrata, the lagged response of winter temperatures extended to three months, showing a weak positive correlation of 0.122 (p = 0.06), which was not statistically significant. These results confirm

that the influence of sunspot numbers on climatic variables varies spatially and temporally according to local geographic characteristics, and that their role remains secondary compared with regional climatic factors.
Keywords: Sunspots, solar activity, air temperature, precipitation, lagged time-series analysis, Misrata, Gharyan

1. المقدمة:

تعد الشمس المصدر الرئيسي للطاقة على سطح الأرض، حيث تلعب دوراً حيوياً في تشكيل المناخ والأنظمة البيئية، والبقع الشمسية هي عبارة عن منخفضات طبوغرافية متسعة قليلة العمق يقع سطحها على بضعة مئات من الكيلومترات أسفل سطح الشمس على هيئة بقع سوداء وأقل لمعانا من السطح المحيط بها (مقيلي، 2003)، ويقاس النشاط الشمسي بعدد هذه البقع على سطحها ويتغير عددها وفق دورات تمتد من 11 إلى 22 سنة، وفهم هذه الديناميكيات يعد ضرورياً لدراسة تأثير الشمس على المناخ، حيث تناولت العديد من الدراسات والأبحاث علاقة الارتباط بين البقع الشمسية وعناصر المناخ وخاصة فيما يتعلق بدرجات الحرارة وكميات والأمطار والتي قد تكون علاقة إيجابية أو سلبية أو معدومة بسبب تأثير الموقع الجغرافي لمحطة قياس العناصر المناخية (المليان، 2015)، بالإضافة لاختلاف المناخ بين مدينة مصراتة الساحلية التي تتمتع بمعدل سنوي لدرجة الحرارة (20.6°م) ومعدل كميات الأمطار الذي يصل إلى (263.75ملم) عن مدينة غريان الجبلية التي يتجاوز ارتفاعها 900 متر فوق مستوى سطح البحر وتبعد عنه قرابة 100 كيلومتر والذي منحها معدلات سنوية من درجات الحرارة وكميات أمطار تصل إلى(18°م) و(323.75ملم) على التوالي، وتهدف هذه الدراسة إلى محاولة فهم العلاقة بين التغيرات الشهرية لعدد البقع الشمسية والمتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة وكميات الأمطار لمدينتي مصراتة وغريان ومدى ارتباط دورات البقع الشمسية بالدورات المناخية الجافة والمطيرة بالمدينتين.

2 . مشكلة البحث:

تتمحور مشكلة البحث في معرفة طبيعة العلاقة بين المتوسط الشهري لأعداد البقع الشمسية والتغيرات المناخية الشهرية (درجة الحرارة وكميات الأمطار) للفترة 1945 ـ 2022 م لمدينتي مصراتة وغريان، وما مدى تأثير النشاط الشمسي على تحديد أنماط الدورات المناخية الجافة والمطيرة، والتي يمكن صياغتها في التساؤلات التالية:

1. ما الاتجاه الزمني العام للنشاط الشمسي (المتوسطات الشهرية للبقع الشمسية) للفترة 1945ـ 2022؟
2. هل توجد علاقة إحصائية بين المتوسط الشهري لأعداد للبقع الشمسية ومتوسطات درجة الحرارة وكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان؟
3. هل تظهر المتغيرات المناخية (الحرارة والأمطار) تأخيرات زمنية في استجابتها للتغيرات في النشاط الشمسي؟
4. هل يوجد توافق بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية الجافة والمطيرة بمدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945ـ 2022؟

3. أهداف البحث:

يسعى البحث لتحقيق الأهداف الآتية:

1. تحليل الاتجاه الزمني للمتوسطات الشهرية والسنوية لأعداد البقع الشمسية وتحديد دوراتها للفترة 1945ـ 2022.
2. دراسة التغيرات الشهرية لدرجات الحرارة وكميات الأمطار في مصراتة وغريان وتحديد الفترات المناخية الجافة والمطيرة خلال فترة الدراسة.
3. تحليل العلاقة بين المتوسطات الشهرية لأعداد البقع الشمسية والمتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة وكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان.

4. التعرف على التأخيرات الزمنية وأثرها على مدى استجابة المتغيرات المناخية (الحرارة والأمطار) لتأثير النشاط الشمسي.

5. مقارنة الأنماط المناخية بين مدينتي مصراتة وغريان وتحديد أوجه التشابه والاختلاف في استجابة المناخ المحلي لتغيرات النشاط الشمسي.

6. تحليل العلاقة بين الفترات المناخية الجافة والرطبة والتذبذب الدوري للنشاط الشمسي المرتبط بدورة الأحد عشر عاماً.

4. فرضيات البحث:

من أجل تحقيق اهداف البحث سيتم اختبار الفرضيات الآتية:

1. تظهر المتوسطات الشهرية لأعداد البقع الشمسية دورات زمنية واضحة خلال فترة الدراسة.

2. توجد علاقة ارتباط إيجابية وذات دلالة إحصائية $\alpha=0.05$ بين متوسطات البقع الشمسية ومتوسط درجات الحرارة الشهرية في مدينتي مصراتة وغريان.

3. توجد علاقة ارتباط سلبية بين متوسط أعداد البقع الشمسية ومتوسط كميات الأمطار الشهرية في مدينتي مصراتة وغريان.

3. يلاحظ استجابة مناخية متأخرة (تأخير زمني) بين التغيرات في النشاط الشمسي واستجابة المتغيرات المناخية (الحرارة والأمطار)، بحيث تتبع التغيرات المناخية النشاط الشمسي بفاصل زمني محدد.

5. ترتبط الدورات المناخية الجافة والمطيرة بدورات البقع الشمسية.

5. أهمية البحث:

1. تقدم الدراسة تحليلاً لسلسلة طويلة المدى للفترة 2022/1945، مما يتيح فهم الدورات المناخية الجافة والمطيرة والاستفادة منها في التخطيط الزراعي وإدارة المياه.

2. تسمح فترة الدراسة الطويلة نسبياً بتحليل التغيرات المناخية وتحليل الدورات الطبيعية المتكررة.

3. تسهم نتائج الدراسة في تعزيز دقة التنبؤات المستقبلية من خلال دمج العوامل الشمسية ضمن نماذج المناخ المحلي.

4. تغطي الدراسة منطقتين مختلفتين من حيث الموقع الجغرافي وطبيعة السطح واختلاف التأثيرات المناخية المحلية مما يثرى المقارنة العلمية.

5. إثراء المعرفة العلمية حول العلاقة بين النشاط الشمسي والمناخ المحلي في ليبيا.

6. المجال المكاني والزماني للدراسة:

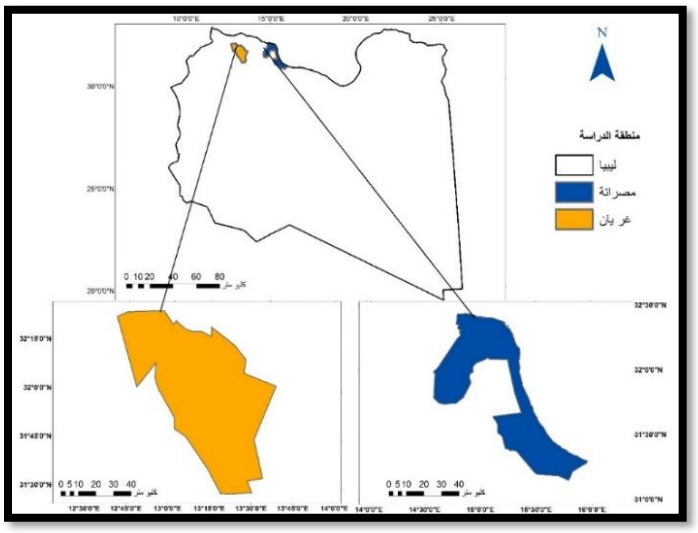
1.6 المجال المكاني:

يتمثل المجال المكاني للدراسة في مدينتي مصراتة وغريان الواقعتين شمال غرب ليبيا والشكل (1) يبين الموقع الجغرافي لبلديتي مصراتة وغريان، حيث تقع بلدية مصراتة الساحلية بين دائرتي عرض َ 21 ْ31. و َ 15ْ.32 درجة شمالاً وخطي طول َ 6ْ.14 و َ 54ْ.15 شرقاً، وتطل على ساحل البحر المتوسط من الناحيتين الشمالية والشرقية، أما من ناحية الغرب فتحدها بلدية زليتن ومن الجنوب بلدية بني وليد في حين تمثل بلدية سرت الحدود الشرقية والجنوبية الشرقية، بينما تبعد مدينة غريان مسافة حوالي 100كم جنوباً عن ساحل البحر وتقع على ارتفاع يتجاوز 900متر فوق مستوى سطحه بين دائرتي عرض َ 45 ْ31. و َ 20 ْ32. شمالا وخطي طول َ 50ْ.12 و َ 25ْ.13 درجة شرقاً، ويحدها من جهة الشمال سهل الجفارة ومن جهة الجنوب بلدية مزدة، في حين تمثل بلدية ترهونة وبني وليد والعربان حدودها الشرقية وبلدية ككلة والأصابعة حدودها الغربية.

2.6 المجال الزماني:

يمثل المجال الزمني في فترة الدراسة للمتوسطات الشهرية والسنوية لأعداد البقع الشمسية ودرجات الحرارة وكميات الأمطار في محطتي إرصاد مصراتة وغريان للفترة (1945 ـ 2022)، لذلك ركزت الدراسة بالبحث والتحليل على محطتي مصراتة المركزية وغريان الأرصاد.

الشكل (1) الموقع الجغرافي لبلديتي مصراتة وغريان



المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج GIS

7. الدراسات السابقة:

توجد العديد من الدراسات التي اهتمت بدراسة العلاقة بين البقع الشمسية والمتغيرات المناخية على المستوى الإقليمي والدولي وإن كانت أقل على المستوى المحلي، ومن أهم هذه الدراسات الآتي:

دراسة Gray et al (2010) التأثيرات الشمسية على المناخ وتهدف الدراسة إلى محاولة فهم العلاقة بين النشاط الشمسي واستجابة النظام المناخي وتحديد مقدار مساهمة النشاط الشمسي في التغيرات المناخية مقارنة بالمتغيرات البشرية، وتمثلت عينة الدراسة في تغيرات الإشعاع الشمسي على نطاق عقدي وقرني وعلاقتهما بالأشعة الكونية والتغيرات المناخية على نطاق الفترة الزمنية المرتبطة بها، وتوصلت الدراسة إلى وجود تأثير شمسي واضح لكنه محدود مقارنة بالتأثيرات البشرية، كما بينت أن النشاط الشمسي يؤثر في الأشعة فوق البنفسجية وبدورها تؤثر بشكل تدريجي في طبقات الغلاف الجوي السفلية، بالإضافة إلى وجود تأخر زمني في استجابة عناصر المناخ للتغيرات الشمسية، وخلصت الدراسة إلى أن النظام المناخي لا يستجيب مباشرة لتغيرات النشاط الشمسي بل يظهر تأخر زمني وذلك بسبب التخزين الحراري للمحيطات وبطء استجابة الأنظمة الجوية وتعقيد آليات النقل في الغلاف الجوي.

دراسة المليان (2015) علاقة كميات أمطار الساحل الليبي بالبقع الشمسية خلال الفترة (1960– 2009) وهدفت إلى التوصل إلى نوع العلاقة بين أعداد البقع الشمسية وكميات الأمطار السنوية المرصودة في محطات الساحل الليبي، واستخدم معامل ارتباط بيرسون في تحليل عينة الدراسة المتمثلة في بيانات كميات الهطول لعدد من محطات الساحل الليبي وأعداد البقع الشمسية للفترة 1960–2009، وتوصلت الدراسة إلى عدم وجود علاقة بين المتغيرين خلال فترة الدراسة، حيث أن البقع الشمسية تتبع دورة مقدارها 11 سنة تقريباً بينما الأمطار في المحطات المدروسة متذبذبة ولا تخضع لدورة معينة.

دراسة محمد وآخرون (2021) تأثير نشاط البقع الشمسية على أنماط هطول الأمطار في شرق أفريقيا حالة السودان وجنوب السودان، وتهدف إلى معرفة مدى استجابة هطول الأمطار للنشاط الشمسي، وجمعت عينة الدراسة من عدد 19 محطة إرصاد جوية لمتوسطات

الهطول الشهرية والسنوية للفترة 1910 – 2018 والمتوسطات الشهرية لأعداد البقع الشمسية خلال نفس الفترة، وتم تحليل هذه البيانات بواسطة معامل الارتباط ونموذج الانحدار الخطي البسيط واختبار T لكشف الفرق بين متوسط مجموعتين ذات دلالة إحصائية، وتوصلت الدراسة إلى عدم العثور على اتجاهات مماثلة لتغيرات النشاط الشمسي واختلافات هطول الأمطار لمحطات مختلفة بالسودان خلال السنوات 1910- 2018، وأشار تحليل الارتباط إلى وجود ارتباط سلبي ضعيف بين أجمالي هطول الأمطار ومتوسطات البقع الشمسية على المدى الطويل لمحطات مختارة من السودان وجنوب السودان، وبالتالي لا توجد علاقة مهمة بين أعداد البقع الشمسية وهطول الأمطار على النطاقين الزماني والمكاني في السودان وجنوبه.

دراسة عبد الرحمن وآخرون (2023) النتائج الأولية لتحليل الارتباط بين عدد البقع الشمسية والهطول السنوي في المملكة العربية السعودية، وتهدف إلى تحليل بيانات المتوسطات السنوية والفصلية والشهرية لسبع محطات إرصاد جوية متباينة في موقعها وتضاريسها وسجلها التاريخي للتحقق من ارتباطهما بعدد البقع الشمسية وتدفق الأشعة الكونية على مدى 35 عاما (1985- 2019)، واستخدم في تحليل البيانات اختبار كروسال واليس غير البارامترية والمتوسطات المتحركة إضافة لمعامل الارتباط، وتوصلت النتائج إلى أن قوة وحجم أهمية العلاقة بين هطول الأمطار والمتغيرين تختلف بين المحطات وحسب الموسم والشهر، وقد لوحظت الارتباطات بين هطول الأمطار والنشاط الشمسي والأشعة الكونية بشكل عام ولكن وجد أنها تختلف بين الدورات والمحطات والفصول، كما توصى الدراسة بأجراء تحليلات أكثر تفصيلاً لفهم العلاقة المعقدة بين النشاط الشمسي والتغيرات المناخية وهطول الأمطار بالسعودية.

دراسة Wei Lu et al (2023) التأثير المحتمل للنشاط الشمسي على توزيع درجات الحرارة في الصيف فوق أوراسيا، وتهدف الدراسة إلى تحليل التوزيع المكاني لدرجات الحرارة الصيفية في يابس أوراسيا للفترة 1901 ـ 2020، استخدمت فيها طريقة الدوال المتعامدة التجريبية EOF وتحليل الطيف، والارتباط للكشف عن الصلة المحتملة بين توزيع درجات الحرارة الصيفية فوق اليابسة الأوراسية (0 . 180 درجة شرقاً) و (20 ـ 80 درجة شمالاً) والنشاط الشمسي، كما تم التركيز على الآليات الفيزيائية التي تفسر انتقال الإشارة الشمسية إلى سطح الأرض عبر الغلاف الجوي، وتظهر النتائج أن السلسلة الزمنية تبدو في شكل دورة شمسية مدتها 11 سنة، ويتشابه توزيع الحرارة ثلاثي الأقطاب مع خرائط الارتباط بين درجة الحرارة وعدد البقع الشمسية، كما تعد آسيا الوسطى تحديداً بين خطي طول (50° . 90°) شرقاً ودائرتي عرض (30° . 60°) شمالاً هي منطقة استجابة رئيسية فوق أورسيا، وتظهر درجة حرارة آسيا الوسطى ارتباطاً سلبياً ضعيفاً مع عدد البقع الشمسية لكنه مهم، ويشير تحليل إضافي للدورة الجوية إلى أن الشذوذ في الارتفاعات الجيوفيزيائية السلبية و الإعصارية الناتجة عن الشمس في آسيا الوسطى تضعف سلسلة الضغط المرتفع في الجانب الجنوبي الغربي وتعزز الرياح الشمالية الغربية وفي الوقت نفسه مع زيادة غطاء انخفاض الإشعاع قصير الموجه تنخفض درجة الحرارة.

دراسة الفتحي وآخرون (2024) تأثير البقع الشمسية على الضغط الجوي ودرجة الحرارة وإشعاعات الموجات القصيرة ومعدل سقوط الأمطار للفترة الزمنية 2018. 2022، وتهدف إلى بحث العلاقة بين التغيرات في أعداد البقع الشمسية وبعض العناصر المناخية للغلاف الجوي باستخدام النموذج التحليلي، وتوصلت إلى أن معدلات الأمطار لا ترتبط بصورة مباشرة بزيادة البقع الشمسية ونقصانها، حيث لا يوجد أثر واضح لذلك. غير أنه في سنة 2019 وجد أن الزيادة في أعداد البقع الشمسية تؤثر طرديا على معدلات سقوط الأمطار خلال فصل الربيع والخريف استثناء وتم تأكيد ذلك من نماذج التحليل، كما توصلت الدراسة إلى عدم وجود علاقة بين معدلات الضغط وأعداد البقع الشمسية على الاطلاق، في حين وجدت علاقة نسبية بين معدلات درجة الحرارة والبقع الشمسية، إضافة إلى تأثر معدلات الإشعاع بشكل مباشر من زيادة ونقصان البقع الشمسية وإن كانت بصورة غير منتظمة.

دراسة Thomas et al (2024) النشاط الشمسي والأمطار الغزيرة فوق ولاية كيرلا، الهند، وتهدف إلى بحث العلاقة بين النشاط الشمسي وأحداث الأمطار الغزيرة في ولاية كيرلا، حيث تتلقى الحد الأدنى والأقصى من الأمطار بفصل الشتاء والصيف، استخدمت بيانات لمدة 57 عاما (1965 –2021) عن هطول الأمطار، بالإضافة إلى المؤشرات الشمسية (مؤشر F10.7 وشدة الأشعة الكونية) واعتمد معامل ارتباط سيبرمان للكشف عن العلاقة بين المتغيرين التي بينت نتائجه أن هطول الأمطار في ولاية كيرلا يرتبط بنشاط البقع الشمسية ولكن بدرجات متفاوتة من الأهمية، في حين تميزت الدورة الحادية والعشرين بأهمية كبيرة لارتباطها بهطول الأمطار خلال فصلي الشتاء وموسم الرياح الموسمية، كما تمت دراسة تغيرات المؤشرات الشمسية المختلفة مع هطول الأمطار وأظهرت النتائج أن فصل الشتاء أظهر ارتباطا أفضل بين النشاط الشمسي وهطول الأمطار مقارنة بموسم الرياح الموسمية، بالإضافة إلى حساب السنوات التي شهدت فائضا وتناقصا في هطول الأمطار، وهي تحدث بشكل رئيسي في السنوات التي تسبق الحد الأقصى أو الأدنى للطاقة الشمسية (خلال 12 عاما)، كما افترض الباحث وجود علاقة فيزيائية بين النشاط الشمسي وأحداث هطول الأمطار في ولاية كيرلا تساهم في إمكانية التنبؤ بها.

8. منهجية البحث:

تعتمد الدراسة على المنهج الكمي التحليلي والتاريخي في تحليل البيانات للكشف عن العلاقة بين النشاط الشمسي المتمثل في المتوسطات الشهرية لأعداد البقع الشمسية والمتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة وكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945 ـ 2022م، كما تعتمد الدراسة على المنهج المقارن لمقارنة التغيرات المناخية بين المدينتين ومدى اختلافهما في الاستجابة لتأثيرات النشاط الشمسي.

1.8 مصادر البيانات:

- 1. بيانات البقع الشمسية وفق بيانات الإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA).
  https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression
- 2. البيانات المناخية (الحرارة والأمطار) من سجلات المركز الوطني للأرصاد الجوية لمحطة مصراتة المركزية ومحطة غريان.

2.8 الأدوات والأساليب الإحصائية التحليلية:

- تحليل الاتجاه الزمني لتحديد تطورات طويلة المدى للبقع الشمسية والحرارة والأمطار.
- تحليل الارتباط لإثبات قوة العلاقة واتجاهاتها بين النشاط الشمسي وعناصر المناخ المتمثلة في درجات الحرارة وكميات الأمطار.
- التحليل الوصفي لبيانات السلاسل الزمنية واستخراج الدورات الزمنية لتحديد الدورات المتكررة في النشاط الشمسي والدورات المناخية الجافة والمطيرة، كما تم استخدام اختبار التباين الأحادي واختبار تحليل فروق المتوسطات بين العقود، بالإضافة لاختبار تجانس المجموعات لجعل العقود المتجانسة في مجموعة واحدة.
- تحليل الارتباط الزمني المتأخر لقياس زمن تأخير استجابة درجات الحرارة وكميات الأمطار لتأثير النشاط الشمسي.
- نموذج الانحدار الخطي لتوضيح الاتجاه العام للعلاقة بين كميات المطار في المدينتين.
- اختبار التوافق لمعرفة مدى توافق حدوث الدورات الجافة والمطيرة في نفس الفترة من خلال اختبار مربع كاي بعد تحويل البيانات إلى فئات، كما تم استخدام اختبار معامل كابا لتقدير قوة التوافق بين الدورات المناخية في كلتا المدينتين.
- التحليل الجدولي المتقاطع (الجداول التبادلية) لمعرفة العلاقة بين الدورات الشمسية والمناخية المطرية.

9. دراسة البقع الشمسية واتجاهها:

تنشأ البقع الشمسية نتيجة انخفاض درجة حرارتها عما يجاورها من سطح الشمس التي تصل فيه الحرارة إلى حوالي 6000مْ في حين تكون درجة حرارة البقع 4000مْ مما يجعلها تبدو في هيئة بقع سوداء أقل نسبياً من حرارة سطح الشمس وأقل نشاطاً وانبعاثاً للطاقة الإشعاعية في الفضاء (المليان، 2015)، وتتباين أعداد هذه البقع على المستوى اليومي والشهري والسنوي وسط دورات قصيرة وطويلة المدى(11و22) سنة، وبالتالي يتباين نشاطها ومقدار إشعاعها وتأثيرها في الغلاف الجوي والمتغيرات المناخية على سطح الأرض والتي تتأثر بعديد من العوامل أهمها الموقع الجغرافي والظروف الأرضية المحلية، مما يعني أن تأثير الشمس في تغير المناخ ليس متجانساً مكانياً بل يختلف من منطقة إلى أخرى (لو دبليو وآخرون، 2023)، ولفهم مدى تأثير أعداد البقع الشمسية وارتباطها بالمتغيرات المناخية ضرورة دراسة وتحليل البقع الشمسية ومعرفة اتجاهها وتباين أعدادها للفترة من 1945–2022.

1.9 التحليلات الوصفية للبقع الشمسية:

يبين الجدول رقم (1) البيانات الإحصائية الوصفية لمتوسطات البقع الشمسية بمتوسط عام للفترة من 2022/1945 يبلغ حوالي 94.49 بقعة شمسية ويدل على مستوى النشاط الشمسي، كما تشير قيمة المدى 359.2 إلى أتساع الفرق بين أدنى قيمة 0.20 وأقصى قيمة و359.40 لأعداد البقع الشمسية، ويتضح ذلك في قيمة الانحراف المعياري 76.18 التي تبين مقدار التباين وتصل ما نسبته حوالي 80.6% كمعامل اختلاف وهي نسبة عالية تدل على تشتت كبير للقيم وأن هناك تفاوت كبير بينها، مما يدل على طبيعة النشاط الشمسي الذي يتصف بدورات 11 سنة ارتفاعا وهبوطاً في أعداد البقع الشمسية الشكل (2).

الجدول رقم (1) البيانات الوصفية لمتوسطات البقع الشمسية الشهرية للفترة 1945–2022.

المعامل الإحصائي	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	أقصى قيمة	أدنى قيمة	المدى	معامل الاختلاف
	94.4869	76.18	.40359	0.20	359.2	% 80.6

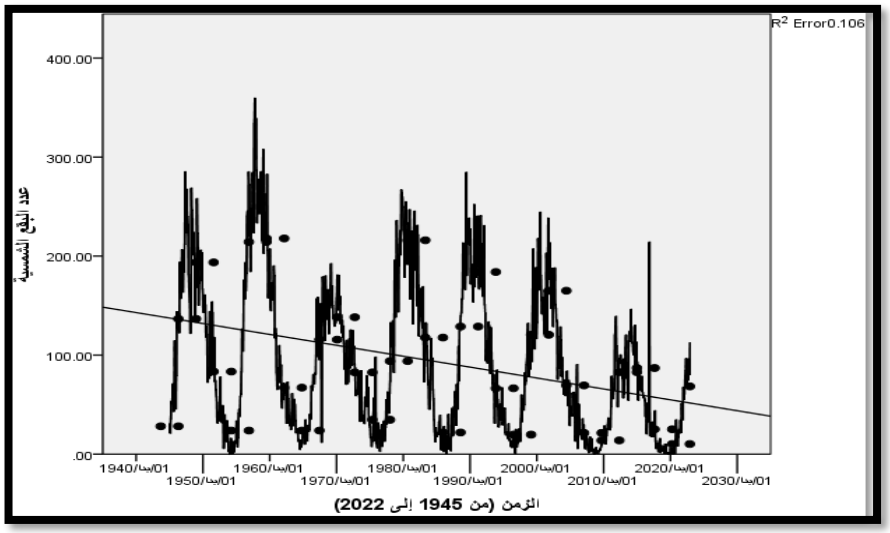
2.9 تحليل التباين:

يهدف التحليل إلى معرفة مدى تباين واختلاف المتوسطات الشهرية للبقع الشمسية خلال الفترة من 1945. 2022م، ومن خلال الجدول (2) نلاحظ أن القيمة الاختبارية (0.00) أ قل من مستوى الدلالة 0.05 وبذلك نجد فروق ذات دلالة إحصائية بين العقود وداخل العقد نفسه في متوسطات البقع الشمسية خلال فترة الدراسة، مما يشير إلى أن النشاط الشمسي (عدد البقع الشمسية) لم يكن ثابتاً عبر الزمن بل يتغير بشكل واضح بين العقود المختلفة، أي هناك تباينا زمنيا يعكس دورات شمسية طويلة المدى.

3.9 اختبار تحليل فروق متوسطات أعداد البقع الشمسية:

يستخدم هذا الاختبار بعد اختبار التباين عندما يكون هناك فروق معنوية بين المجموعات لتحديد أي العقود تختلف إحصائياً عن غيرها في متوسط أعداد البقع الشمسية، حيث تم تصنيف هذه العقود كل عشرة سنوات من بداية 1945 إلى سنة 2022 وضمت فترة الدراسة ثمانية عقود، ونلاحظ من الجدول (3) أن هناك دلالة إحصائية تدل على تباين العقود عند مستوى ثقة 0.05 وخاصة العقدان السابع والثامن حيث يمثلان أدنى متوسط للنشاط الشمسي خلال فترة الدراسة.

الشكل رقم (2) المخطط الزمني والاتجاه العام لأعداد البقع الشمسية للفترة 1945–2022.



الجدول رقم (2) تباين المتوسطات الشهرية لسلسلة أعداد البقع الشمسية للفترة من 1945–2022.

النفسير	مقدار التباين	درجات الحرية	مربع المتوسطات	F	Sig
تباين متوسطات (البقع الشمسية خلال فترة الدراسة	886809.006	7	126687.001	25.901	0.00
تباين المتوسطات داخل كل عقد	4538968.442	928	4891.130		
	5425777.448	935			

الجدول رقم (3) اختبار الفروق بين عقود لمتوسط أعداد البقع الشمسية للفترة 1945–2022.

المقارنة بين العقود	الفرق في المتوسط	الدلالة الإحصائية(.Sig)
1 ↔ 7	61.10833	0.000
1 ↔ 8	75.78708	0.000
2 ↔ 3	39.88083	0.000
2 ↔ 5	30.43167	0.018
2 ↔ 6	39.19000	0.000
2 ↔ 7	85.74667	0.000
2 ↔ 8	100.42542	0.000
3 ↔ 7	45.86583	0.000
3 ↔ 8	60.54458	0.000
4 ↔ 7	67.06000	0.000
4 ↔ 8	81.73875	0.000
5 ↔ 7	55.31500	0.000
5 ↔ 8	69.99375	0.000
6 ↔ 7	46.55667	0.000
6 ↔ 8	61.23542	0.000

4.9 اختبار تجانس المجموعات:

Tukey HSD يستخدم هذا الاختبار لجعل العقود المتجانسة داخل مجموعة واحدة لمعرفة أي العقود تميزت بنشاط شمسي منخفض أو مرتفع وتصنيفها في مجموعات ويبين الجدول (4) والشكل البياني (3) مجموعات متجانسة خلال فترة الدراسة متمثلة في فترة مرتفعة وتشمل

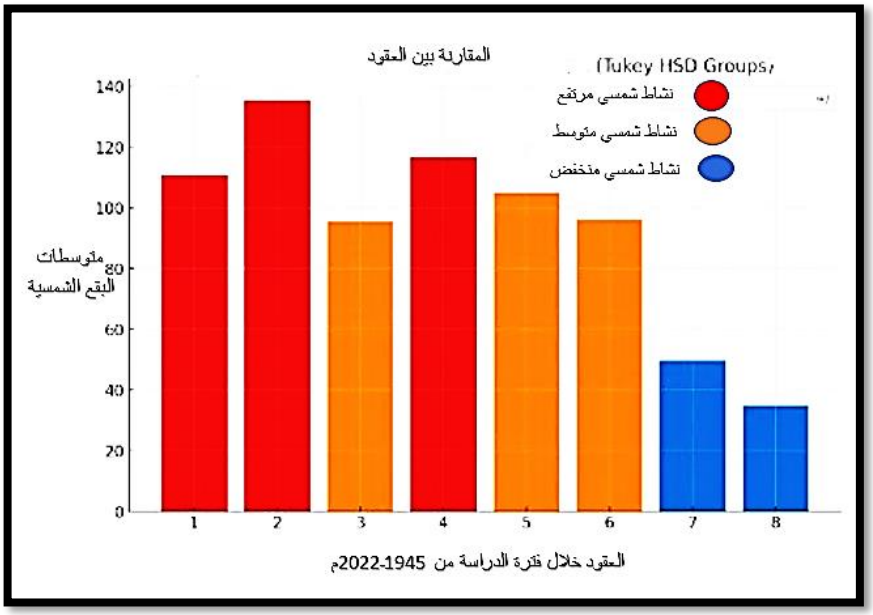
العقود الأول والثاني والرابع من فترة الدراسة وتراوحت المتوسطات ما بين110.7 . 135.4بقعة ومتوسطة خلال العقد الثالث والخامس والسادس بمتوسطات تراوحت من 105.95 بقعة، في حين مثل العقدان السابع والثامن نشاط شمسي منخفض بمتوسطات بلغت من 34.9 ـ 49.6 بقعة شمسية، وهي أدنى القيم المسجلة.

الجدول (4) مجموعات العقود المتجانسة لمتوسط أعداد البقع الشمسية للفترة 1945–2022.

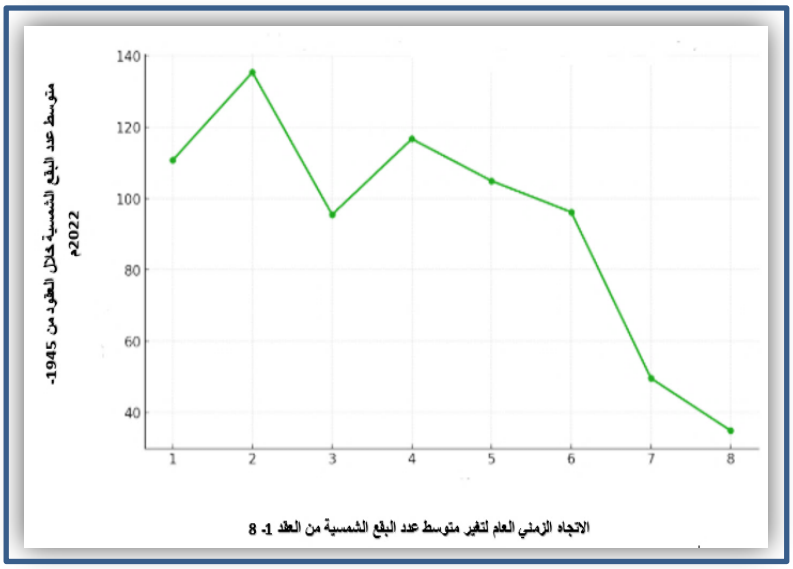
المجموعة	العقود داخل المجموعة	المتوسط التقريبي للبقع الشمسية	صفة المجموعة
الأولى	1، 2، 4	135.4 . 110.7	**نشاط شمسي مرتفع**
الثانية	3، 5، 6	105 . 95	**نشاط شمسي متوسط**
الثالثة	7، 8	49.6 . 34.9	**نشاط شمسي منخفض**

نلاحظ من الشكل (3) وجود تذبذب دوري طويل المدى في عدد البقع الشمسية عبر العقود فالعقدان السابع والثامن من فترة الدراسة الأخيرة شهدا انخفاضاً ملحوظاً في النشاط الشمسي مقارنة بالعقود السابقة، هذا التراجع قد يكون له تأثيراً محتمل على المتغيرات المناخية مثل انخفاض درجات الحرارة وتغير أنماط الأمطار والشكل (4) يبين التذبذب والاتجاه الزمني العام لتغير متوسط عدد البقع الشمسية من العقد الأول إلى الثامن متجها نحو الانخفاض في متوسطات عدد البقع الشمسية والنشاط الشمسي.

الشكل (3) العقود المتجانسة في متوسط أعداد البقع الشمسية للفترة 1945–2022.



الشكل (4) التذبذب والاتجاه الزمني العام لتغير متوسط عدد البقع الشمسية عبر العقود للفترة 1945–2022.



10.دراسة العلاقة بين البقع الشمسية والمتغيرات المناخية (الحرارة والأمطار) في مدينتي مصراتة وغريان:

تعد البقع الشمسية من أبرز الظواهر المرتبطة بالنشاط الشمسي، ونتيجة لتغير أعدادها ودوراتها المستمرة يعتقد أنها تؤثر في التذبذبات والتقلبات المناخية على سطح الأرض، حيث تظهر الدراسات المناخية أن النشاط الشمسي قد يؤثر على أنماط درجات الحرارة وكميات الأمطار في مناطق مختلفة من العالم، وبذلك تكتسب دراسة العلاقة بين البقع الشمسية والعناصر المناخية أهمية خاصة في كل من مدينة مصراتة الساحلية التي تتأثر بالمؤثرات البحرية، ومدينة غريان الجبلية التي تتسم بمناخ داخلي أكثر برودة وأقل رطوبة، إن مقارنة سلوك درجات الحرارة وكميات الأمطار في المدينتين خلال فترة زمنية طويلة تسهم في فهم مدى استجابة المناطق والمدن المجاورة والمتباينة جغرافياً لتأثير النشاط الشمسي، وما إذا كانت هناك أنماط مشتركة أو اختلافات مرتبطة بالخصائص البيئية المحلية، ولمعرفة مدى الاستجابة والتأثير نجري تحليل الارتباط بين المتوسطات الشهرية لكل من البقع الشمسية ودرجات الحرارة وكميات الأمطار في المدينتين على النحو الآتي:

1.10 علاقة الارتباط بين المتوسطات الشهرية للبقع الشمسية ودرجات الحرارة وكميات الأمطار بمدينة مصراتة الساحلية:

من خلال الجدول (5) نلاحظ انعدام الدلالة الإحصائية، مما يعنى أن جميع معاملات الارتباط غير معنوية، أي لا توجد علاقة بين النشاط الشمسي والمتغيرات المناخية في مدينة مصراتة لأن كل القيم الاحتمالية أكبر من 0.05، حيث سجلت بفصل الربيع والصيف والخريف القيم (0.765، 0.101، 0.432) على التوالي باستثناء الارتباط الموجب في فصل الشتاء حيث تقترب القيمة الاحتمالية (0.06 و0.07) من القيمة 0.05 مما يشير إلى احتمال تأخر زمني ضعيف في تأثير النشاط الشمسي على الحرارة بمدينة مصراتة خلال فصل الشتاء والشكل (5) يبين العلاقة الموجبة والقريبة من مستوى الدلالة المعتمد 0.05 بين المتوسطات الشهرية للبقع الشمسية ودرجات الحرارة خلال فصل الشتاء، بينما لم تسجل إي قيم ذات دلالة إحصائية لتأثير النشاط الشمسي على كميات الأمطار بجميع فصول السنة.

الجدول (5) الارتباط الزمني المتأخر بين المتوسط الشهري لأعداد البقع الشمسية ودرجة الحرارة وكمية الأمطار في مدينة مصراتة للفترة 1945 ـ 2022.

الفصل	العنصر المناخي	Sig)Lag1 (r	Sig) Lag2 (r	Sig) Lag3 (r	التفسير الإحصائي

الربيع	الحرارة	0.765 ،0.020	0.782 ،-0.018	0.557 ،-0.039	ارتباط ضعيف وغير معنوي
	الأمطار	0.580 ،-0.036	0.665 ،-0.028	0.775 ،-0.019	ارتباط سالب ضعيف غير معنوي
الصيف	الحرارة	0.123 ،-0.101	0.203 ،-0.084	0.313 ،-0.066	ارتباط سالب ضعيف غير معنوي
	الأمطار	0.102 ،-0.107	0.055 ،-0.126	0.318 ،-0.066	ارتباط سالب ضعيف غير معنوي
الخريف	الحرارة	0.432 ،0.052	0.679 ،0.027	0.592 ،0.035	ارتباط موجب ضعيف غير معنوي
	الأمطار	0.104 ،0.107	0.136 ،0.098	0.208 ،0.083	ارتباط موجب ضعيف غير معنوي
الشتاء	الحرارة	0.065 ،0.121	0.071 ،0.119	0.063 ،0.122	علاقة موجبة ضعيفة لكنها تقترب من 0.05 وتدل على تأثير بسيط مؤجل
	الأمطار	0.768 ،0.019	0.978 ،0.002	0.893 ،0.009	علاقة معدومة وغير معنوية

2.10 علاقة الارتباط بين المتوسطات الشهرية للبقع الشمسية ودرجات الحرارة وكميات الأمطار بمدينة غريان الجبلية الداخلية:

من خلال الجدول (6) نلاحظ أن جميع معاملات الارتباط بين أعداد البقع الشمسية والحرارة والأمطار في غريان ضعيفة وغير معنوية في معظم الفصول لأن القيمة الاحتمالية أكبر من مستوى الدلالة 0.05 ، حيث مثلت القيم (0.709، 0.941، 0.856، 0.846) لفصل الربيع والصيف والخريف والشتاء على التوالي قيماً غير معنوية لتأثير النشاط الشمسي على كميات الأمطار ، في حين سجل فصل الصيف علاقة سلبية ومعنوية لتأثير أعداد البقع الشمسية ودرجات الحرارة بمدينة غريان بقيمة معنوية (0.00) أصغر من 0.05، مما يشير إلى إن زيادة النشاط الشمسي يقابلها انخفاض طفيف في درجات الحرارة الصيفية، أما فصل الربيع والخريف والشتاء فسجلت قيماً (0.913، 0.817، 0.848) على التوالي وهي أكبر من مستوى الدلالة الإحصائية 0.5 وبالتالي لا توجد علاقة بين تأثير النشاط الشمسي ودرجة الحرارة خلال هذه الفصول، والشكل (6) يوضح العلاقة السالبة والمعنوية بين المتوسطات الشهرية لأعداد البقع الشمسية والمتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة خلال فصل الصيف.

الشكل (5) التحليل الزمني المتأخر للعلاقة بين المتوسطات الشهرية لأعداد البقع الشمسية ودرجة الحرارة وكميات الأمطار في مصراتة للفترة 1945 ـ 2022.



علاقة ارتباط المتوسطات الشهرية للبقع الشمسية ودرجة الحرارة وكميات الأمطار في مصراتة (تحليل زمني متأخر التأثير والاستجابة)

أظهرت نتائج التحليلات المتعلقة بعلاقة تأثيرات البقع الشمسية على درجات الحرارة وكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان اختلافاً في مدى الاستجابة المناخية لعنصري الحرارة والأمطار، فمن خلال الجدول والشكل (7) (7) على التوالي يتبين أن درجة الحرارة في مدينة مصراتة لم تظهر علاقات ارتباطية معنوية، حيث شهدت ميلاً بسيطاً نحو الدلالة الإحصائية بقيمة (0.06 و0.07) في تأثر درجات الحرارة خلال فصل الشتاء، في حين سجلت مدينة غريان علاقة ارتباط سالبة معنوية وقوية لجميع التحليلات المتأخرة لتأثير المتوسطات

الشهرية لأعداد البقع الشمسية على درجات الحرارة خلال فصل الصيف بقيمة (0.00) ، مما يدل على أن النشاط الشمسي المرتفع (أعداد البقع الشمسية) يرتبط بانخفاض في درجات الحرارة الصيفية بالمدينة، في حين لم تظهر الأمطار في المدينتين أي علاقات معنوية واضحة في أغلب الفصول، حيث نجد ميل طفيف للارتباط في فصل الخريف لكنه غير دال إحصائياً في مدينة مصراتة، بينما في مدينة غريان لم تظهر التحليلات أي اقتراب من الدلالة المعنوية بين النشاط الشمسي وكميات الأمطار، ونستخلص أن تأثير البقع الشمسية في غريان أوضح من مصراتة خاصة في فصل الصيف حيث سجلت قيمة الارتباط السالبة (−0.244) دلالة إحصائية قوية (0.00) أصغر من مستوى الدلالة 0.05، في حين نجد التأثير ضعيف في مصراتة بقيمة ارتباط موجبة (0.122) ودلالة إحصائية (0.06) خلال في فصل الشتاء مما يوحي بتأخر الاستجابة المناخية للنشاط الشمسي، أما الأمطار ففي كلا الموقعين الجغرافيين الساحلي لمدينة مصراتة والجبلي الداخلي لمدينة غريان لم تتأثر إحصائياً بالبقع الشمسية.

الجدول (6) علاقة الارتباط بين المتوسطات الشهرية لأعداد البقع الشمسية ودرجة الحرارة وكميات الأمطار في مدينة غريان للفترة 1945 ـ 2022.

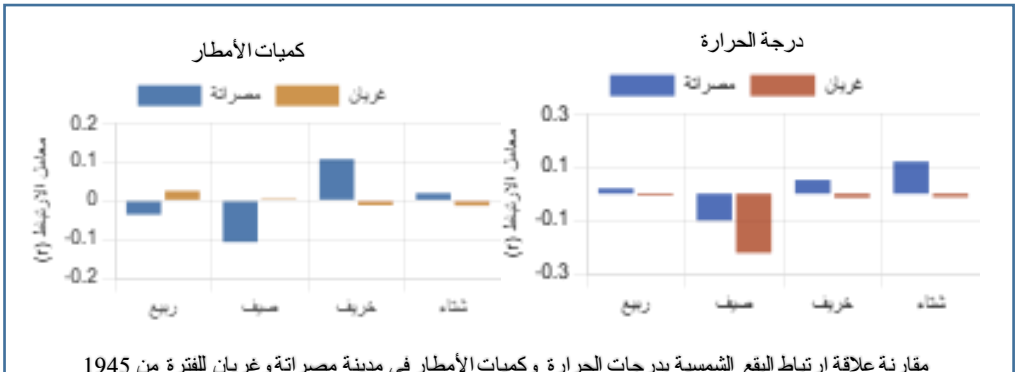
الفصل	العنصر المناخي	Lag1 (r – Sig)	Lag2 (r – Sig)	Lag3 (r – Sig)	التفسير الإحصائي
الربيع	الحرارة	−0.007 – 0.913	−0.032 – 0.631	−0.061 – 0.353	ارتباط ضعيف وغير معنوي
	الأمطار	0.025 – 0.709	0.011 – 0.872	0.016 – 0.802	ارتباط ضعيف وغير معنوي
الصيف	الحرارة	−0.223 – 0.001	−0.244 – 0.000	−0.219 – 0.001	ارتباط سالب متوسط ودال عند مستوى 0.01**
	الأمطار	0.005 – 0.941	−0.014 – 0.827	0.013 – 0.848	ارتباط ضعيف وغير معنوي
الخريف	الحرارة	−0.015 – 0.817	−0.037 – 0.575	−0.029 – 0.657	ارتباط ضعيف وغير معنوي
	الأمطار	−0.012 – 0.856	−0.051 – 0.438	−0.043 – 0.515	ارتباط ضعيف وغير معنوي
الشتاء	الحرارة	−0.013 – 0.848	−0.030 – 0.652	−0.003 – 0.967	ارتباط ضعيف وغير معنوي
	الأمطار	−0.013 – 0.846	−0.021 – 0.751	−0.040 – 0.547	ارتباط ضعيف وغير معنوي

الشكل (6) التحليل الزمني المتأخر للعلاقة بين المتوسطات الشهرية لأعداد البقع الشمسية ودرجة الحرارة وكميات الأمطار في غريان للفترة 1945 ـ 2022.



علاقة ارتباط المتوسطات الشهرية للبقع الشمسية ودرجة الحرارة وكميات الأمطار في غريان (تحليل زمني متأخر التأثير والاستجابة)

الشكل(7) مقارنة الارتباط بين أعداد البقع الشمسية ودرجات الحرارة وكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945 ـ 2022.



مقارنة علاقة ارتباط البقع الشمسية بدرجات الحرارة وكميات الأمطار في مدينة مصراتة وغريان للفترة من 1945

3.10 مقارنة زمن التأخير الزمني لتأثير النشاط الشمسي على المتغيرات المناخية (الحرارة والأمطار) بمدينتي مصراتة وغريان:

ويعني التأخير الزمني كم من الزمن يتأخر تأثير النشاط الشمسي قبل أن يظهر أثره في المناخ المحلي، حيث أوضحت دراسة (كراي، 2010) وجود تفاوت بين التأثير والاستجابة في علاقة النشاط الشمسي بمناخ سطح الأرض، وهذا ما يبرر استخدام (تحليل التأخر الزمني) في إيجاد العلاقة بين تأثير النشاط الشمسي ودرجة الحرارة وكميات الأمطار، حيث سجل زمن تأخير من شهر إلى ثلاثة أشهر في استجابة درجة الحرارة خلال فصل الشتاء لتأثير أعداد القع الشمسية بقيمة ارتباط موجبة (0.122) ودلالة إحصائية (0.06) في مدينة مصراتة، في حين سجلت مدينة غريان قيمة ارتباط سالبة (−0.244) وبدلالة إحصائية قوية (0.00) لاستجابة درجة الحرارة لتأثير النشاط الشمسي بفصل الصيف بزمن تأخير قدره شهران، وبالتالي نجد أنه يفسر العلاقة الزمنية بين أعداد البقع الشمسية وعنصرا الحرارة والأمطار بشكل واضح ومعنوي، والجدول (8) يوضح زمن التأخير الأكثر تأثيرا بمدينة غريان والذي يوضح أن أقوى تأثير يظهر في فصل الصيف فقط عند شهرين بعلاقة عكسية (نشاط شمسي مرتفع يعني . درجة حرارة منخفضة)، إي أن التغير في النشاط الشمسي ينعكس على درجات الحرارة في غريان بعد حوالي تأخر زمني مقداره شهران، بينما يؤثر النشاط الشمسي على درجات الحرارة بمدينة مصراتة بعلاقة إيجابية ضعيفة ومتأخرة التأثير لمدة زمنية مقدارها من شهر لثلاثة أشهر (نشاط شمسي مرتفع ـ حرارة مرتفعة) كما هو موضح بالجدول (9)، إي تأثير شمسي ضعيف ومؤجل خلال فصل الشتاء، بينما يوضح الجدول (10) مقارنة زمن تأخير أثر النشاط الشمسي على درجات الحرارة وكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان لجميع الفصول.

الجدول (7) مقارنة علاقة ارتباط أعداد البقع الشمسية بدرجات الحرارة وكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945 ـ 2022.

الفصل	العنصر المناخي	Lag	(r – Sig) مصراتة	(r – Sig) غريان	التفسير المقارن
الربيع	الحرارة	Lag1	0.020 – 0.765	−0.007 – 0.913	لا توجد علاقة معنوية في كلا المدينتين
		Lag2	−0.018 – 0.782	−0.032 – 0.631	ارتباط ضعيف وغير معنوي في كليهما
		Lag3	−0.039 – 0.557	−0.061 – 0.353	لا توجد دلالة إحصائية القيم منخفضة جدًا
الصيف	الحرارة	Lag1	−0.101 – 0.123	−0.223 – 0.001**	مصراتة غير معنوي، بينما غريان دال عند 0.01**
		Lag2	−0.084 – 0.203	−0.244 – 0.000**	غريان يظهر ارتباطًا أقوى وسالبًا ودالًا إحصائيا
		Lag3	−0.066 – 0.313	−0.219 – 0.001**	غريان دال عند 0.01، بينما مصراتة لا
الخريف	الحرارة	Lag1	0.052 – 0.432	−0.015 – 0.817	لا توجد دلالة في المدينتين
		Lag2	0.027 – 0.679	−0.037 – 0.575	لا توجد علاقة معنوية
		Lag3	0.035 – 0.592	−0.029 – 0.657	كلاهما ارتباط ضعيف وغير معنوي
الشتاء	الحرارة	Lag1	0.121 – 0.065	−0.013 – 0.848	مصراتة تقترب من الدلالة (تأثير بسيط مؤجل)

		Lag2	0.119 – 0.071	−0.030 – 0.652	مصراتة فقط تقترب من 0.05
		Lag3	0.122 – 0.063	−0.003 – 0.967	مصراتة أقرب إلى التأثير
الربيع	الأمطار	Lag1	−0.036 – 0.580	0.025 – 0.709	كلاهما غير معنوي
الصيف		Lag1	−0.107 – 0.102	0.005 – 0.941	لا توجد علاقة دالة إحصائية
الخريف		Lag1	0.107 – 0.104	−0.012 – 0.856	مصراتة تقترب قليلًا من الدلالة الإحصائية
الشتاء		Lag1	0.019 – 0.768	−0.013 – 0.846	غير معنوي
باقي قيم الأمطار		—	—	—	جميعها غير معنوية في المدينتين

الجدول (8) يوضح زمن التأخير الأكثر تأثيرا لنشاط أعداد البقع الشمسية على درجات الحرارة وكميات الأمطار بمدينة غريان الفترة 1945 ـ 2022.

الفصل	العنصر المناخي	التأخيرات الثلاثة (Lag1–Lag3)	أقوى علاقة	حجم التأخير الزمني
الربيع	الحرارة	غير معنوية في جميع التأخيرات	—	لا يوجد تأثير زمني واضح
الصيف		جميعها سالبة ودالة عند 0.01	Lag2 = −0.244 (Sig 0.000)	تأخير زمني مقداره شهرين تقريبًا
الخريف		جميعها ضعيفة وغير معنوية	—	لا يوجد تأثير زمني
الشتاء		جميعها غير معنوية	—	لا يوجد تأثير زمني
جميع الفصول	الأمطار	جميع القيم غير معنوية	—	لا يوجد تأثير زمني

ونستنتج من المقارنة الآتي:

1. تستجيب درجة الحرارة لتأثير أعداد البقع الشمسية بزمن متأخر يصل إلى الشهرين وبقيمة ارتباط سالبة (−0.244) ذات دلالة إحصائية (0.00) خلال فصل الصيف في مدينة غريان.
2. تستجيب درجة الحرارة لتأثير أعداد البقع الشمسية بتأخر زمني يصل إلى ثلاثة أشهر بقيمة ارتباط موجبة (0.122) وبدلالة إحصائية (0.06) خلال فصل الشتاء بمدينة مصراتة.

ويشير هذا إلى إن الاستجابة للنشاط الشمسي تختلف مكانياً باختلاف الظروف الجغرافية، حيث تستجيب درجة الحرارة لتأثير النشاط الشمسي في شكل علاقة عكسية وذات دلالة إحصائية في المناطق الجبلية الداخلية (غريان) مقارنة بالمناطق الساحلية(مصراتة).

الجدول (9) يوضح زمن التأخير الأكثر تأثيرا لنشاط البقع الشمسية على درجات الحرارة وكميات الأمطار بمدينة مصراتة للفترة 1945 ـ 2022.

الفصل	العنصر المناخي	التأخيرات الثلاثة (Lag1–Lag3)	أقوى علاقة	حجم التأخير الزمني
الربيع	الحرارة	جميعها ضعيفة وغير معنوية	—	لا يوجد تأخير زمني واضح
الصيف		علاقات سالبة لكنها غير معنوية	—	لا يوجد تأثير زمني ثابت

الخريف		جميعها موجبة ضعيفة وغير معنوية	—	لا يوجد تأثير زمني
الشتاء		معاملات موجبة تقترب من الدلالة (Sig ≈ 0.06–0.07)	Lag3 = 0.122 (Sig 0.063)	تأخير زمني مقداره 3 أشهر تقريبًا
الأمطار	جميع الفصول	لا توجد دلالات معنوية	—	لا يوجد تأثير زمني

الجدول (10) مقارنة زمن تأخير أثر النشاط الشمسي على درجات الحرارة وكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945 ـ 2022.

المدينة	الفصل الأكثر تأثرًا	اتجاه العلاقة	حجم التأخير الزمني	التفسير العلمي
غريان	الصيف	سالب ودال عند 0.01	Lag2 (≈ شهرين)	النشاط الشمسي العالي يؤدي إلى انخفاض الحرارة بعد شهرين
مصراتة	الشتاء	موجب وضعيف يقترب من الدلالة	Lag3 (≈ ثلاثة أشهر)	النشاط الشمسي العالي يؤدي إلى ارتفاع الحرارة بعد ثلاثة أشهر
الأمطار (كلا المدينتين)	—	غير معنوية	—	لا يوجد تأثير واضح أو منتظم للنشاط الشمسي على الأمطار

11. دراسة العلاقة بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية الجافة والمطيرة:

تتمثل دورات البقع الشمسية في أعدادها التي تتباين صعوداً وهبوطاً في شكل دورات تصل إلى 11 سنة و يمكن التحقق منها من خلال توقيع أعدادها في شكل رسم بياني (مقيلي2003)، والجدول (11) يبين المتوسطات السنوية لأعداد البقع الشمسية للفترة من 1945.2022م، كما يوضح الرقم (0، 1) الحد الأدنى والأقصى لأعداد البقع الشمسية مقارنة بمتوسطها العام (94) بقعة شمسية حيث يمثل الرقم (0) الحد الأدنى أي جميع المتوسطات الأقل من المتوسط العام ويمثل الرقم (1) الحد الأقصى أي جميع المتوسطات فوق المتوسط العام، وتحتوي فترة الدراسة نحو (8) دورات شمسية تبدأ من الدورة 18 إلى الدورة 25 كما هي موضح بالشكل (8) والمتماشي مع عدد الدورات الشمسية الرسمية المعروفة والمرقمة عالمياً وفق بيانات الإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي للفترة 1945 ـ 2022.

https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle- progression

وهي تشمل الأجزاء الكاملة أو الجزئية من الدورات الشمسية الآتية:

- الدورة 18 وتبدأ من 1944 إلى 1954 ـ الدورة 19 وتبدأ من 1954 إلى 1964
- الدورة 20 تبدأ من 1964 إلى 1976 ـ الدورة 21 تبدأ من 1976 إلى 1986
- الدورة 22 وتبدأ من 1986 إلى 1996 ـ الدورة 23 وتبدأ من 1996 إلى 2008
- الدورة 24 وتبدأ من 2008 إلى 2019 ـ الدورة 25 وتبدأ من 2019 وتستمر حتى الآن لتشمل سنة 2022 وتكمل الدورات نشاطها الشمسي صعوداً وهبوطاً بصفة مستمرة ومؤثرة في توازنات الغلاف الجوي.

ولمعرفة مدى تأثير وارتباط دورات البقع الشمسية بالدورات المناخية الجافة والمطيرة في مدينتي مصراتة وغريان نحلل العلاقة الارتباطية بين الدورات المناخية الجافة والمطيرة في المدينتين أولاً ثم محاولة إيجاد علاقة ارتباط بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية الجافة والمطيرة في مدينتي مصراتة وغريان.

الجدول (11) المتوسطات السنوية لأعداد البقع الشمسية وانحرافها عن معدلها العام للفترة 1945 ـ 2022.

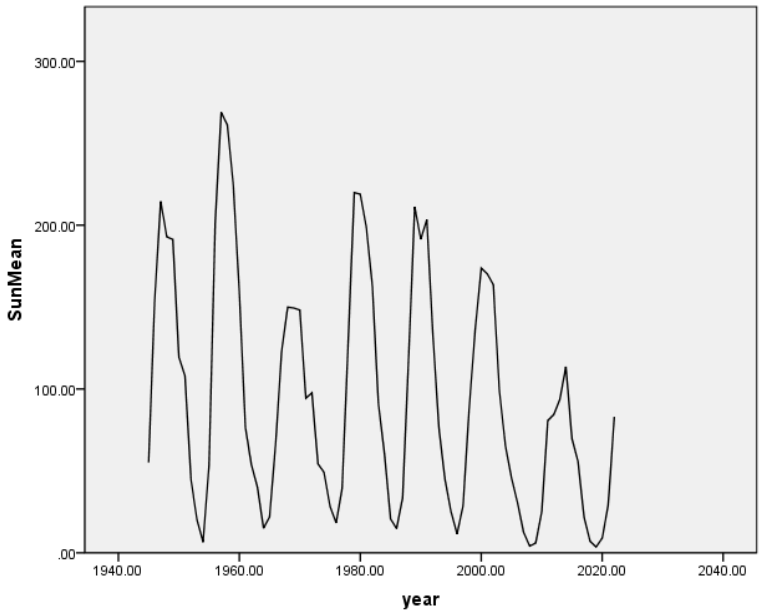
السنة	المتوسط السنوي للعدد البقع الشمسية	نوع الدورة	السنة	المتوسط السنوي للعدد البقع الشمسية	نوع الدورة
1945	55.13	0	1984	60.66	0
1946	154.22	1	1985	20.74	0

0	14.83	1986	1	214.53	1947
0	33.68	1987	1	192.84	1948
1	119.53	1988	1	191.33	1949
1	211.23	1989	1	119.63	1950
1	191.43	1990	1	108.18	1951
1	203.41	1991	0	44.86	1952
1	133.34	1992	0	20.08	1953
0	76.35	1993	0	6.56	1954
0	44.87	1994	0	54.05	1955
0	25.17	1995	1	200.65	1956
0	11.55	1996	1	268.84	1957
0	28.89	1997	1	261.40	1958
0	88.05	1998	1	224.80	1959
1	136.15	1999	1	158.98	1960
1	173.81	2000	0	76.43	1961
1	170.28	2001	0	53.57	1962
1	163.61	2002	0	39.96	1963
1	98.99	2003	0	15.06	1964
0	65.33	2004	0	21.95	1965
0	45.72	2005	0	66.57	1966
0	30.42	2006	1	123.23	1967
0	12.63	2007	1	149.95	1968
0	4.15	2008	1	149.44	1969
0	5.98	2009	1	148.23	1970
0	24.90	2010	0	94.43	1971
0	80.76	2011	1	97.69	1972
0	84.39	2012	0	54.29	1973
0	93.71	2013	0	49.15	1974
1	113.61	2014	0	28.24	1975
0	69.78	2015	0	18.34	1976
0	55.88	2016	0	39.34	1977
0	21.82	2017	1	128.99	1978
0	7.01	2018	1	219.86	1979
0	3.58	2019	1	218.98	1980
0	9.00	2020	1	198.78	1981
0	29.48	2021	1	162.88	1982
0	83.03	2022	0	90.79	1983

1.11 دراسة العلاقة بين الدورات المناخية الجافة والمطيرة في مدينتي غريان ومصراتة:

تتمثل الدورات المناخية الجافة في المتوسطات السنوية لكميات الأمطار الأقل من المتوسط العام بمدينتي غريان ومصراتة (323.73، 263.75 ملم) على التوالي والدورات المناخية المطيرة في المتوسطات الأعلى منه، ويوضح الجدول (12 و13) الدورات المناخية الجافة بالرقم 1 والدورات المناخية المطيرة بالرقم 2 بينما يشير الرقم 3 إلى القيم المتوسطة خلال الفترة من 1945-2022م، وللتعرف على أهم الإحصاءات الأساسية للمتوسطات السنوية لكميات الأمطار بالمدينتين ومدى ارتباطهما بنفس التأثيرات والكميات يتضح من الجدول (14) إن مدينة غريان تسجل معدلات هطول مطري أعلى مقارنة بمدينة مصراتة بفارق يبلغ 60ملم سنوياً في المتوسط ، كما تظهر البيانات أن درجة تذبذب كميات الأمطار وانحرافها عن المعدل العام أكثر وضوحا في مدينة غريان، وتشير قيمة معامل الارتباط (0.432) إلى وجود علاقة طردية موجبة متوسطة القوة بين كميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان، وهي ذات دلالة إحصائية (0.00)، ويوضح خط الانحدار الشكل (9) وجود علاقة طردية موجبة بين كميات الأمطار في المدينتين، حيث إن زيادة كميات الأمطار في مدينة مصراتة بمقدار 1 ملم تقابلها زيادة تقدر بنحو 0.7 ملم في مدينة غريان. و رغم دلالة العلاقة إحصائياً فإن معامل التحديد يشير إلى نحو 18.6% فقط من التباين في كميات الأمطار بغريان يمكن تفسيره بأمطار مصراتة، مما يعكس تأثير عوامل محلية إضافية كالموقع الجغرافي والارتفاع وطبيعة السطح، والشكل (10) يظهر مقارنة بين المدينتين في الارتفاعات والانخفاضات والتقلبات السنوية خلال فترة الدراسة للمتوسطات السنوية والمتوسطات المتحركة لخمس سنوات، حيث يمثل المحور الأفقي سنوات الدراسة والمحور الرأسي كميات الأمطار ويوضح المنحنيان الأزرق والأخضر مدينتي مصراتة وغريان على التوالي التغير في كميات الأمطار السنوية ويدلان على تقلبات متشابهة في الاتجاه في أغلب الفترات مما يعكس الارتباط الموجب بينهما، كما نلاحظ تماشي الارتفاعات والانخفاضات مما يعنى إن السنوات المطيرة والجافة تميل إلى الحدوث في كلتا المدينتين خلال نفس الفترة، كما نلاحظ إن مدينة غريان تتلقى أمطاراً أكبر (الخط الأخضر أعلى من الأزرق في معظم الفترات)، وبالتالي الفرق بين الخطين يعكس الفروقات المحلية المتمثلة في الموقع الجغرافي وطبيعة السطح .

الشكل (8) دورات البقع الشمسية للفترة 1945. 2022.



الجدول (12) الدورات المناخية الجافة والمطيرة والمتوسطات السنوية لها في مدينة مصراتة للفترة 1945 ـ 2022.

السنة	المتوسط السنوي للأمطار (ملم) مصراتة	نوع الدورة المناخية	السنة	المتوسط السنوي للأمطار (ملم) مصراتة	نوع الدورة المناخية
1945	132.00	1	1984	250.00	2
1946	363.30	3	1985	308.10	3
1947	212.20	1	1986	285.00	2

الجدول (13) الدورات المناخية والمطيرة الجافة

السنة	المتوسط السنوي للأمطار (ملم) غريان	نوع الدورة المناخية	السنة	المتوسط السنوي للأمطار(ملم) غريان	نوع الدورة المناخية
1948	213.60	1	1987	379.80	3
1949	411.50	3	1988	232.10	2
1950	342.60	3	1989	322.40	3
1951	197.70	1	1990	201.30	1
1952	372.40	3	1991	469.10	3
1953	311.70	3	1992	333.90	3
1954	97.30	1	1993	152.00	1
1955	229.80	2	1994	174.70	1
1956	199.60	1	1995	448.50	3
1957	329.20	3	1996	332.00	3
1958	324.60	3	1997	175.30	1
1959	239.90	2	1998	289.20	2
1960	237.80	2	1999	225.40	2
1961	244.70	2	2000	276.60	2
1962	363.70	3	2001	140.60	1
1963	221.90	2	2002	332.50	3
1964	367.70	3	2003	257.30	2
1965	259.40	2	2004	433.70	3
1966	172.90	1	2005	170.10	1
1967	394.70	3	2006	278.90	2
1968	280.90	2	2007	307.60	2
1969	263.10	2	2008	346.80	3
1970	85.70	1	2009	239.50	2
1971	228.80	2	2010	178.00	1
1972	259.20	2	2011	253.70	2
1973	247.80	2	2012	185.00	1
1974	270.60	2	2013	115.20	1
1975	283.60	2	2014	145.70	1
1976	315.10	3	2015	215.60	1
1977	165.50	1	2016	223.50	2
1978	251.40	2	2017	217.10	1
1979	378.50	3	2018	232.70	2
1980	250.70	2	2019	259.40	2
1981	503.00	3	2020	209.90	1
1982	232.20	2	2021	200.70	1
1983	258.50	2	2022	420.90	3

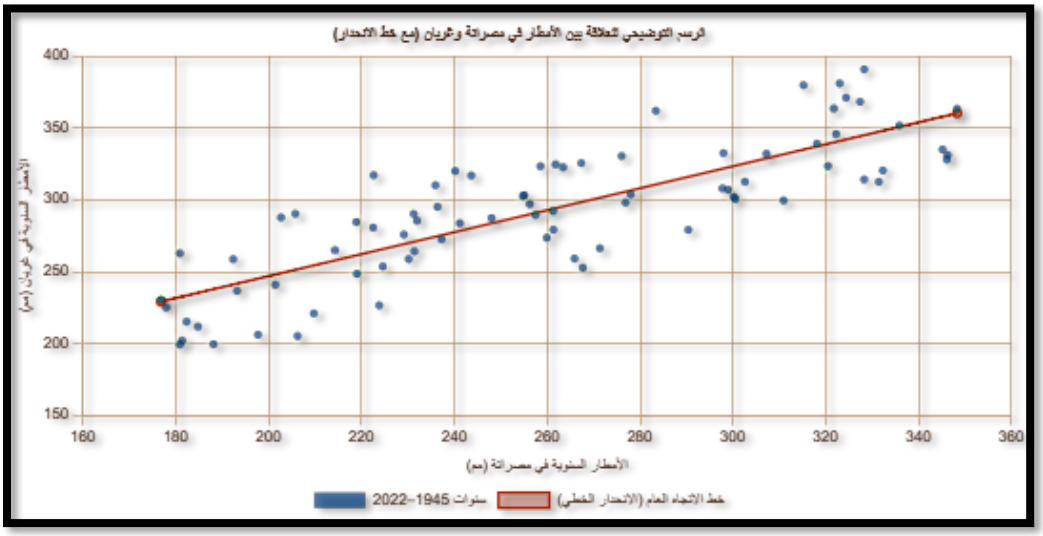
والمتوسطات السنوية لها في مدينة غريان للفترة 1945 ـ 2022.

السنة	المتوسط السنوي للأمطار (ملم) غريان	نوع الدورة المناخية	السنة	المتوسط السنوي للأمطار (ملم) غريان	نوع الدورة المناخية
1946	404.00	3	1985	439.70	3
1947	124.70	1	1986	239.71	1
1948	161.20	1	1987	584.60	3
1949	345.50	2	1988	351.00	2
1950	572.70	3	1989	351.50	2
1951	216.60	1	1990	266.40	2
1952	433.10	3	1991	512.50	3
1953	156.60	1	1992	241.20	1
1954	169.00	1	1993	239.50	1
1955	363.70	2	1994	284.30	2
1956	246.60	1	1995	302.40	2
1957	349.10	2	1996	316.00	2
1958	165.50	1	1997	210.20	1
1959	217.10	1	1998	409.70	3
1960	179.20	1	1999	285.70	2
1961	303.20	2	2000	335.50	2
1962	439.80	3	2001	395.72	3
1963	361.30	2	2002	174.43	1
1964	738.40	3	2003	169.08	1
1965	333.70	2	2004	201.99	1
1966	550.80	3	2005	139.61	1
1967	334.00	2	2006	296.76	2
1968	336.70	2	2007	200.80	1
1969	293.50	2	2008	343.62	2
1970	186.70	1	2009	248.50	1
1971	241.50	1	2010	223.31	1
1972	548.50	3	2011	264.37	2
1973	346.50	2	2012	431.48	3
1974	445.50	3	2013	212.78	1
1975	440.00	3	2014	387.10	2
1976	723.50	3	2015	94.50	1
1977	352.50	2	2016	389.25	2
1978	374.00	2	2017	172.96	1
1979	428.10	3	2018	361.08	2
1980	508.00	3	2019	272.75	2
1981	700.00	3	2020	235.67	1
1982	334.70	2	2021	231.66	1
1983	385.10	2	2022	278.50	2

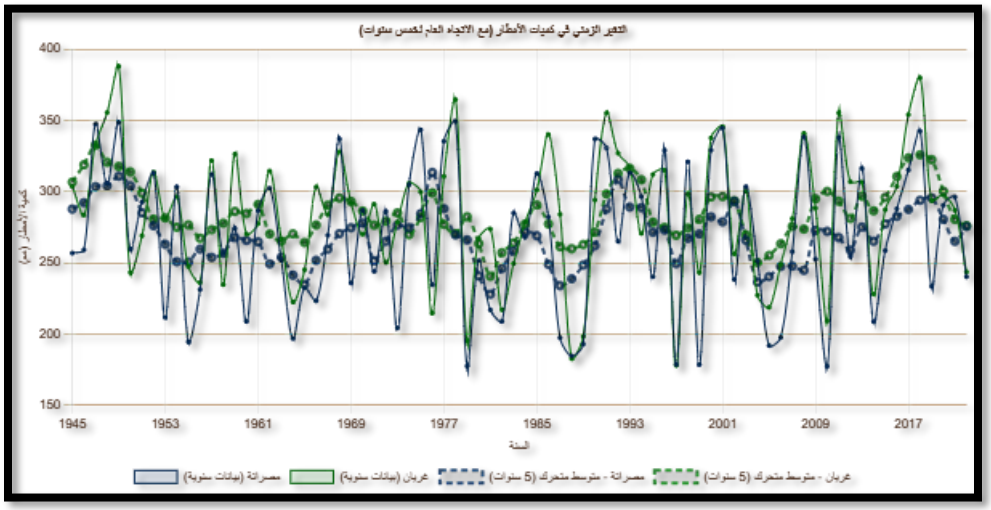
الجدول (14) التحليل الإحصائي الوصفي ومعامل الارتباط بين الدورات المناخية الجافة والمطيرة في مدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945 ـ 2022.

المتغير / المدينة	المتوسط (ملم)	الانحراف المعياري	الارتباط R	معامل التحديد (R2)	الدلالة الإحصائية (sig)
مصراتة	263.75	88.44	0.432	0.186	0.00
غريان	323.73	163.53			

الشكل (9) العلاقة بين الدورات المناخية الجافة والمطيرة بين مدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945 ـ 2022.



الشكل (10) المتوسطات السنوية والمتحركة لكميات الأمطار في مدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945 ـ 2022.



ولمعرفة مدى التوافق في حدوث الدورات المناخية الجافة والمطيرة في المدينتين خلال نفس الفترة نجري اختبار كاي تربيع للاتفاق والذي نتحصل منه على جدول التكرارات الذي يوضح عدد السنوات التي كانت فيها المدينتين متماثلتين أو مختلفتين، بالإضافة إلى قيمة اختبار كاي تربيع ومستوى الدلالة الإحصائية، والجدول (15) يوضح توزيع الحالات بين الفئات الثلاث (جافة . متوسطة . مطيرة) ويبين التوافق بين الدورات المناخية بين المدينتين خلال فترة الدراسة، كما يبين اختبار كاي تربيع قوة التوافق وتزامن الدورات المناخية الجافة والمطيرة بالمدينتين، حيث يبين الجدول (16) وجود علاقة معنوية قوية (24.993) وذات دلالة إحصائية (0.00 أصغر

من مستوى الدلالة 0.05)، وبالتالي تشير النتائج إلى إن الفترات الجافة والمطيرة تتزامن بدرجة عالية بين المدينتين مما يعكس تأثرهما بظروف مناخية إقليمية متشابهة، ويشير اختبار كابا إلى تقدير قوة الاتفاق الكمية بين الدورات المناخية حيث أظهر وجود اتفاق متوسط القوة (0.388) ودال إحصائياً (0.00) بين تصنيفات الدورات المطيرة والمتوسطة والجافة في المدينتين خلال فترة الدراسة، مما يدل على تأثر المدينتين بنفس الظروف الإقليمية مع فارق التأثيرات البيئة المحلية.

الجدول (15) تصنيف توافق الدورات الجافة والمطيرة في مدينتي مصراتة وغريان للفترة من 1945 ـ 2022.

الحالة	الملاحظات
70.8% من السنوات الجافة في مصراتة كانت أيضا بغريان	توافق مرتفع في الفترات المناخية الجافة
61.3% من السنوات المتوسطة في مصراتة كانت أيضا بغريان	توافق متوسط إلى قوي
45.8% من السنوات المطيرة في مصراتة كانت أيضا بغريان	توافق متوسط

الجدول (16) تقدير قوة الاتفاق وتزامن الدورات المناخية الجافة والمطيرة بمدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945 ـ 2022.

اختبار		القيمة		الدلالة الإحصائية	
كاى تربيع		24.993		0.00	
اختبار	القيمة	الخطاء المعياري	القيمة التقديرية	الدلالة الإحصائية	عدد الحالات
كابا	0.388	0.083	4.883	0.00	79

2.11 العلاقة بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية المطيرة:

1.2.11 العلاقة بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية المطرية بمدينة مصراتة:

يستخدم التحليل الجدولي المتقاطع أو ما يعرف بالجداول التبادلية لمعرفة العلاقة بين الدورات الشمسية والمناخية المطرية، حيث يعرض العلاقة بين دورات البقع الشمسية والدورات المطرية في شكل تكرارات لكل القيم بين المتغيرين، يظهر الجدول (17) أن توزيع الدورات المطرية يختلف قليلاً بين قاع الدورة الشمسية وقمتها، ففي قاع الدورة الشمسية ترتفع نسبة السنوات المتوسطة (41.3) والجافة (32.6) مقابل انخفاض السنوات المطيرة إلى (26.1)، أما في قمة الدورة الشمسية فيتضح وجود توازن بين السنوات المتوسطة والمطيرة (37.5) لكل منهما مع تراجع السنوات الجافة إلى 25.0، ويعكس ذلك ميلاً محدوداً لارتباط السنوات المطيرة والمتوسطة بفترة قمة النشاط الشمسي، إلا أن هذا الميل لا يرتقي إلى مستوى الدلالة الإحصائية، إذ أظهرت نتائج اختبار مربع كاي (0.238) عند مستوى دلالة (0.538)، وهي قيمة تفوق مستوى الدلالة المعتمد (0.05) كما هو موضح في الجدول (18)، مما يدل على عدم وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين نوع الدورة الشمسية والدورات المطرية في مدينة مصراتة.

الجدول (17) العلاقة بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية المطرية بمدينة مصراتة للفترة 20221945.

نوع الدورة الشمسية	نوع الدورة المطرية	عدد السنوات	(%) النسبة المئوية
قاع الدورة الشمسية	جافة	15	32.6%
	متوسطة	19	41.3%
	ممطرة	12	26.1%
المجموع		**46**	**100.0%**
قمة الدورة الشمسية	جافة	8	25.0%
	متوسطة	12	37.5%
	ممطرة	12	37.5%

المجموع	**32**	**100.0%**
الإجمالي الكلي	**78**	**100.0%**

2.2.11 العلاقة بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية المطرية بمدينة غريان:

يبين جدول (18) نمطاً أكثر استقراراً لتوزيع الدورات المطرية خلال فترتي الدورة الشمسية، ففي فترة القاع بلغت تبلغ نسبة السنوات الجافة 37.0% والمتوسطة 39.1% والمطيرة 23.9%، في حين أظهرت فترة القمة نسباً متقاربة تعكس استقرار التوزيع وعدم تأثره بمتغير النشاط الشمسي في الفئات الثلاث، وتؤكد نتائج اختبار مربع كاي هذا الاستنتاج، إذ بلغت قيمة الاختبار (0.055) عند مستوى دلالة غير معنوي (0.973) كما هو موضح في الجدول (19)، وهذه قيمة تفوق مستوى الدلالة المعتمد (0.05)، مما يشير إلى عدم وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين دورات البقع الشمسية (قاع ـ قمة) والدورات المطرية في مدينة غريان.

وعليه، تدل النتائج على أن النشاط الشمسي لا يمثل العامل الرئيس في تفسير التباين المطري، في حين تبقى تأثيرات الأنظمة الجوية الإقليمية والعوامل المحلية هي المحددات الأساسية لتذبذب كميات الأمطار في المدينتين.

الجدول (18) العلاقة بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية المطرية بمدينة غريان للفترة 1945 ـ 2022.

نوع الدورة الشمسية	نوع الدورة المطرية	عدد السنوات	(%) النسبة المئوية
قاع الدورة الشمسية	جافة	17	37.0%
	متوسطة	18	39.1%
	ممطرة	11	23.9%
المجموع		46	100.0%
قمة الدورة الشمسية	جافة	11	34.4%
	متوسطة	13	40.6%
	ممطرة	8	25.0%
المجموع		32	100.0%
الإجمالي الكلي		78	100.0%

الجدول(19) اختبار مربع كاي للعلاقة المعنوية بين دورات البقع الشمسية والدورات المناخية الجافة والمطيرة بمدينتي مصراتة وغريان للفترة 1945.2022.

المدينة	قيمةχ^2	الدرجات الحرية(df)	مستوى الدلالة(Sig.)
مصراتة	1.238	2	0.538
غريان	0.055	2	0.973

12. نتائج الدراسة:

1. يتضح وجود تباين وتشتت ملحوظين واتساع في مدى متوسطات أعداد البقع الشمسية خلال الفترة من 1945 ـ 2022، إذ بلغ معامل الاختلاف لتلك المتوسطات نحو (80.6%)، وهو ما يعكس درجة عالية من التقلب وعدم الاستقرار في قيمها عبر الزمن.

2. أظهرت التحليلات أن هناك دلالات إحصائية توضح التباين في متوسطات العقود خلال الفترة وداخل العقد نفسه، كما توجد دلالة إحصائية تبين ارتفاع النشاط الشمسي خلال العقد الأول والثاني والرابع ونشاط شمسي متوسط بالعقد الثالث والخامس والسادس في حين مثلا العقدان السابع والثامن نشاط شمسي منخفض خلال فترة الدراسة.

3. يوجد تذبذب زمني عام في تغير متوسط عدد البقع الشمسية من العقد الأول إلى العقد الثامن 1945 ـ 2022 متجهنا نحو الانخفاض في متوسطات البقع الشمسية.

4. لم تظهر درجة الحرارة بمدينة مصراتة علاقات ارتباطية معنوية، حيث شهدت ميلاً بسيطاً نحو الدلالة الإحصائية في تأثرها خلال فصل الشتاء، مما يعني أن مدينة مصراتة تستجيب بتأخر زمني أطول حوالي ثلاثة شهور في شكل علاقة إيجابية ضعيفة.

5. أظهرت النتائج في مدينة غريان علاقة ارتباط سالبة معنوية وقوية لجميع التحليلات المتأخرة لتأثير المتوسطات الشهرية للبقع الشمسية على درجات الحرارة خلال فصل الصيف، مما يدل على أن النشاط الشمسي المرتفع (أعداد البقع الشمسية) يرتبط بانخفاض في درجات الحرارة الصيفية بالمدينة مما يعني أن مدينة غريان تستجيب بشكل أسرع وأوضح، حيث يظهر التأثير بعد شهرين خلال فصل الصيف في شكل علاقة عكسية ذات دلالة إحصائية..

6. لم تظهر الأمطار في المدينتين أي علاقات معنوية واضحة في أغلب الفصول، حيث نجد ميل طفيف للارتباط في فصل الخريف لكنه غير معنوي في مدينة مصراتة، بينما في مدينة غريان لم تظهر التحليلات أي اقتراب من الدلالة المعنوية.

7. توجد علاقة ارتباط موجبة ومتوسطة القوة بين كميات الأمطار في المدينتين، أي كلما زادت كميات الأمطار في مدينة مصراتة زادت أيضا في مدينة غريان وهذا ما تؤكدها معادلة خط الانحدار في زيادة كل 1 ملم من الأمطار في مصراتة تزيد بنحو 0.73 ملم في غريان.

8. خضوع المدينتين لنفس تأثيرات الأنظمة الجوية الإقليمية في هطول كميات الأمطار، حيث يبين معامل التحديد أن حوالي 62.9% من التغيرات في كميات الأمطار في مدينة غريان تفسرها نفس التغيرات في مدينة مصراتة في حين تبقى نسبة 37% تفسرها عوامل الاختلافات الطبيعية المحلية كالموقع الجغرافي وطبيعة السطح في المدينتين.

9. توجد قوة توافق ذات دلالة إحصائية في كميات الأمطار أثناء الدورات المناخية الجافة والمطيرة في المدينتين، مما يدل على تأثرهما بنفس الظروف الإقليمية مع فارق التأثيرات البيئة المحلية.

10. لا تشير النتائج إلى وجود تأثير ذي دلالة إحصائية بين نوع الدورة الشمسية والدورات المناخية الجافة والمطيرة في مدينتي مصراتة وغريان، مما يعنى أن النشاط الشمسي ليس المؤثر الرئيسي في التباين المطري وتبقى مؤثرات الأنظمة الجوية الإقليمية والتأثيرات المحلية هي العوامل الرئيسية المؤثرة في تباين كميات الأمطار في المدينتين.

11. ضرورة اعتماد نماذج تنبؤ مناخي متكامل تراعي مؤشرات النشاط الشمسي والعوامل الجوية الإقليمية لتحسين التخطيط طويل المدى للموارد المائية والزراعية والتكيف مع التقلبات المناخية.

13. توصية الدراسة:

توصى الدراسة بضرورة تبني نماذج تحليل مناخي متعدد العوامل تدمج التأثيرات الإقليمية والخصائص المحلية، نظراً لضعف التأثير الشمسي المباشر على التباين المطري واختلاف الاستجابة المناخية بين المناطق الساحلية والجبلية.

المراجع:

الفتحي، إيمان، راسم عامر، محمد أبو العوينات (2024)، تأثير أعداد البقع الشمسية على الضغط الجوي، درجة الحرارة وإشعاعات الموجات القصيرة ومعدل سقوط الأمطار للفترة الزمنية من 20222018، المجلة الدولية للبحوث العلمية، المجلد (3) العدد (3)، لندن.

المليان، جمعة، (2015) علاقة كميات أمطار الساحل الليبي بالبقع الشمسية (خلال الفترة 20091960)، المجلة الدولية للبحوث العلمية العلوم الإنسانية ع 27، 237 ـ 250.

مقيلي، إمحمد، (2003) تطرفات الطقس والمناخ، دار شموع الثقافة، الزاوية.

Thomas, E., Vineeth, S., & Abraham, N. P. (2024). Solar Activity and Extreme Rainfall Over Kerala, India. In 42 nd Meeting of the Astronomical Society of India (ASI), 42, p.p204. https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024asi.confP.204T/abstract

Gray, L. J., Beer, J., Geller, M., Haigh, J. D., Lockwood, M., Matthes, K., Cubasch, U., Fleitmann, D., Harrison, G., Hood, L., Luterbacher, J., Meehl, G. A., Shindell, D., van Geel, B., & White, W. (2010). Solar Influences on Climate, Reviews of Geophysics, 48(4), RG4001. https://doi.org/10.1029/2009RG000282.

Mohamed, M., & El-Mahdy, M. (2021). Impact of Sunspot Activity on the Rainfall Patterns Over Eastern Africa: A case study of Sudan and South Sudan. Journal of Water and Climate Change, 12*(5)*, 2104–2124. https://doi.org/10.2166/wcc.2021.312.

Maghrabi, A. H., Alamoudi, H. A., & Alruhaili, A. S. (2023). Preliminary Results of Correlation Analysis Between Sunspot Number and Annual Precipitation in Saudi Arabia. In Proceedings of the 38th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2023), Nagoya, Japan. https://doi.org/10.22323/1.444.1259.

Lu, W., Xiao, Z., & Feng, X. (2023). The Possible Impact of Solar Activity on the Summer Temperature Distribution Over Eurasia. Frontiers in Earth Science, 10, 1087737. https://doi.org/10.3389/feart.2022.1087737