



تحليل اتجاهات التطرف الحراري في الساحل الليبي دراسة حالة لمحطة سرت 2020-1961

أ. د. عبدالحكيم أحمد خمّاج

أ. عاشور صالح ساسي

استاذ، الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية

استاذ مساعد، إحصاء جوية وبيئة

رئيس قسم الجغرافيا، مدرسة العلوم الإنسانية الأكاديمية الليبية جنزور

مساعد رئيس المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس

khmag@yahoo.com

ashoursassi@gmail.com

orcid.org/0009-0007-4140-713X

orcid.org/0009-0008-4201-5899

تاريخ الاستلام 2026/07/11 تاريخ القبول 2026/07/22 تاريخ النشر 2026/10/01

الوصول مفتوح

مقالة بحثية

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل اتجاهات الظواهر الجوية المتطرفة على طول الساحل الليبي، بالاعتماد على بيانات محطة سرت كدراسة حالة تمثل المنطقة الانتقالية بين التأثيرات البحرية والصحراوية خلال الفترة 1991-2020. اعتمدت المنهجية على طريقة المعدلات الثلثية، المستمدة من الفترة المرجعية 1961-1990. تضمنت المنهجية حساب الحدود التاريخية لدرجات الحرارة العظمى (Tmax) والصغرى (Tmin) لكل فصل، ثم تصنيف السنوات اللاحقة إلى ثلاث فئات حرارية (باردة/معتدلة/حارة) بناءً على هذه الحدود المحددة. استُخدم تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس دلالة الانحرافات عن التوزيع النظري المتوقع. أظهرت النتائج أن توزيع السنوات المتطرفة انحرف بشكل ملحوظ عن التوزيع الطبيعي. تحولت درجات الحرارة العظمى بشكل حاد نحو الفئة الحارة في الشتاء والربيع، مما يشير إلى انخفاض في برودة الشتاء وتقصير فترة درجات الحرارة المعتدلة. في المقابل، سيطرت الفئة الحارة على درجات الحرارة الصغرى في الصيف والخريف، مما يعكس تسارعاً في ارتفاع درجات الحرارة ليلاً واستمرار الإجهاد الحراري بعد غروب الشمس. تؤكد هذه النتائج وجود اتجاه تصاعدي في شدة وتكرار الظواهر الحرارية المتطرفة، وعلى وجه الخصوص في درجات الحرارة الليلية، مما يستدعي دمج هذه المؤشرات في سياسات التكيف مع المناخ وإدارة المخاطر على الساحل الليبي.

الكلمات المفتاحية: التطرف الحراري، الساحل الليبي، المعدلات الثلثية.



حقوق النشر محفوظة للمؤلف (المؤلفين) 2026. يُؤذع هذا المقال بموجب بنود ترخيص المشاع الإبداعي تُنسب المصنّف 4.0 الدولي (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), والذي يسمح بالاستخدام والتوزيع وإعادة الإنتاج غير المقيد في أي وسيط، شريطة الإشارة إلى المؤلف (المؤلفين) الأصلي (الأصليين) والمصدر، وتوفير رابط لترخيص المشاع الإبداعي، وتوضيح ما إذا تم إجراء أي تغييرات.

Analyzing Thermal Extremes Trends in the Libyan Coast: A case Study of Sirte Station (1961–2020)

Ashour Saleh Sassi
Assistant Professor
Meteorology and Environment
Assistant Head of the LNM
ashoursassi@gmail.com
orcid.org/0009-0008-4201-5899

Abdulkhalek Amhamed Khmaj
Professor, Remote Sensing and GIS
Head of the Geography Department,
Faculty of Humanities, LAOZ
khmag@yahoo.com
orcid.org/0009-0007-4140-713X

Received: 11/07/2026

Accepted: 22/07/2026

Published 01/10/2026

Research Article

open Access

Abstract:

This study aimed to analyze the trends of extreme weather events along the Libyan coast, using the Sirte station as a case study representing the transitional zone between marine and desert influences during the period 1991–2020. The methodology employed the Climatic Terciles method, derived from the reference period 1961–1990. This method involved calculating the historical limits of maximum (Tmax) and minimum (Tmin) temperatures for each season, and then classifying subsequent years into three thermal categories (cold/mild/hot) based on these defined limits. Simple linear regression analysis was used to measure the significance of deviations from the expected theoretical distribution. The results showed that the distribution of extreme years deviated significantly from the normal distribution. Maximum temperatures shifted sharply toward the hot category in winter and spring, indicating a decrease in winter cold and a shortening of the period of mild temperatures. Conversely, the hot category dominated minimum temperatures in summer and autumn, reflecting an acceleration in nighttime temperature increases and the persistence of heat stress after sunset. These results confirm an upward trend in the intensity and frequency of extreme thermal phenomena, particularly in nighttime temperatures, which calls for integrating these indicators into climate adaptation and risk management policies on the Libyan coast.

Keywords: thermal extremes, Libyan coast, Climatic Tercile.



The Author(s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.



المقدمة :

يشهد الساحل الليبي تغيرات مناخية متسارعة، تتماشى مع الاتجاهات الإقليمية في حوض البحر الأبيض المتوسط، أحد أكثر المناطق تأثراً بالاحتباس الحراري، يعتبر هذا الحوض الذي تقع ليبيا ضمن نطاقه الجنوبي، من أكثر المناطق حساسية لهذه التغيرات، حيث تصنف المنطقة "كنقطة ساخنة" للتغير المناخ (Zittis, G. et al. 2019). وتتجلى هذه التغيرات في ارتفاع درجات الحرارة، وزيادة تكرار موجات الحر، وتغير خصائص الفصول الانتقالية، مما يؤثر بشكل مباشر على الموارد المائية، والغطاء النباتي، والأنشطة البشرية الساحلية. تُعد محطة سرت نموذجاً مثالياً لرصد هذه التغيرات نظراً لموقعها الجغرافي الحساس في منطقة انتقالية بين التأثيرات البحرية المعتدلة من الشمال والتأثيرات الصحراوية الحارة من الجنوب، فضلاً عن طبيعة أنشطتها الرعوية والزراعية، التي تتأثر بشدة بتقلبات درجات الحرارة. وتقع ضمن النظم البيئية الهشة التي ستتأثر بنتائج التغير المناخي بشكل كبير خاصة الإنتاج الزراعي، حيث يعد التغير المناخي هو أحد العوامل المؤثرة على حالة الطقس في حوض البحر المتوسط بشكل عام.

يعكس مناخ سرت التنوع الجغرافي لليبيا. يعمل البحر الأبيض المتوسط كمخفف طبيعي، إذ يحافظ على استقرار درجات الحرارة ليلاً ويمنع موجات الحر الشديدة، بينما تعكس التغيرات المناخية نهاراً تاريخياً فترات أكثر برودة في العقود الماضية، قبل عصر الاحتباس الحراري الحالي. هذا التوافق الدقيق مع الأنماط الإحصائية البارامترية يبرر استخدام أساليب علمية متقدمة في الدراسة، ويؤكد أن سرت تمثل المتوسط الحسابي وخصائص وسيطة بين مناخي الشرق والغرب، بما يتناسب مع موقعها الاستراتيجي في قلب الساحل الليبي.

في هذا السياق، تهدف هذه الورقة البحثية إلى تجاوز التحليلات المناخية التقليدية التي تركز فقط على المتوسطات والانحرافات المعيارية، والتركيز بدلاً من ذلك على تحليل اتجاهات درجات الحرارة باستخدام منهجية المعدلات الثلثية. تقسم هذه المنهجية التوزيع الإحصائي لدرجات الحرارة إلى ثلاث فئات متساوية الاحتمالية (باردة، معتدلة، وحارة) خلال فترة مرجعية محددة. يتيح هذا الأسلوب رصد التغيرات في تكرار وشدة السنوات المتطرفة مقارنة بما كان يُعتبر طبيعياً في الماضي، مما يوفر فهماً أعمق لطبيعة ارتفاع درجات الحرارة نهاراً وليلاً، ويسهم في فهم أفضل

للآثار المحتملة لهذه التغيرات على البيئة المحلية، خصوصاً استدامة الموارد المائية والنظم الزراعية الهشة على طول الساحل الليبي.

مشكلة الدراسة.

تتمثل مشكلة الدراسة في وجود فجوة علمية ومنهجية في التقييم الدقيق للظواهر المناخية المتطرفة في منطقة سرت. فعلى الرغم من تزايد آثار تغير المناخ على المناطق الساحلية، إلا أن هناك ندرة في التحليلات الإحصائية المتخصصة التي ترصد اتجاهات درجات الحرارة العظمى والصغرى (مثل تكرار أيام وليالي الحر الشديد وأيام وليالي البرد القارس) في محطة سرت خلال الفترة 1991-2020. وتتفاقم هذه المشكلة بسبب اعتماد معظم الدراسات السابقة على عتبات عالمية أو إقليمية ثابتة لتحديد الظواهر الجوية المتطرفة، متجاهلةً التباين المحلي في توزيع درجات الحرارة داخل منطقة الدراسة. ويؤدي هذا النهج إلى تمثيل غير دقيق للظواهر المتطرفة، ويحجب الفهم الحقيقي لتزايد شدتها وتواترها على المستوى المحلي.

أهمية الدراسة.

يبرز التحليل الكمي لتغير المناخ أن استخدام الأساليب الإحصائية الدقيقة يحول الملاحظات الوصفية العامة إلى نتائج علمية موثقة بأدلة كمية واضحة. وقد كشفت منهجية المعدلات الثلثية في هذه الدراسة عن اختلافات كبيرة في النظام الحراري في محطة سرت، تتجاوز حدود التباين الطبيعي. وتبرز لهذه النتائج آثار عملية مهمة في مجالي التخطيط والتكيف، إذ تُوفر هذه المؤشرات الحرارية أدوات بالغة الأهمية لصناع القرار في قطاعي الزراعة والموارد المائية، بما يساهم في تقييم المخاطر المناخية بصورة موضوعية ودعم اتخاذ القرارات المناسبة.

استناداً إلى هذه النتائج، يمكن تطوير استراتيجيات تكيف أكثر فعالية، مثل تعديل مواعيد الزراعة، واختيار محاصيل مقاومة للحرارة، وتحسين إدارة المياه، خصوصاً في البيئات الهشة على طول الساحل الليبي. كما يمكن استخدام هذه البيانات لدعم السياسات الوطنية المتعلقة بالأمن الغذائي وإدارة الموارد الطبيعية، مما يعزز الاستدامة على المدى الطويل.

علاوة على ذلك، تُساهم هذه الدراسة في تطوير أنظمة الإنذار المبكر للتصحر والجفاف الفسيولوجي للنباتات. إذ يُساعد فهم أنماط موجات الحر وعلاقتها بالفصول على التنبؤ بفترات الإجهاد الحراري. من خلال وضع مؤشرات حرارية يتم رصدها بانتظام. يمكن إصدار إنذارات



مبكرة بموجات الحر والجفاف، مما يتيح اتخاذ تدابير وقائية في الوقت المناسب، والحد من الخسائر الزراعية والبيئية، وتعزيز قدرة المجتمع على الصمود في وجه تغير المناخ المتسارع.

تساؤلات الدراسة.

1. ما هي اتجاهات التغير في مؤشرات التطرف الحراري بمحطة سرت (1991-2020) باستخدام المعدلات الثلثية؟
2. هل هناك دليل إحصائي على زيادة تكرار أو شدة التطرف الحراري (موجات حر، برودة متطرفة) خلال الفترة الزمنية؟
3. كيف تتفاوت هذه الاتجاهات الحرارية مكانياً وزمانياً عند مقارنة المستويات الموسمية بالسنوات؟

أهداف الدراسة.

تهدف هذه الدراسة بشكل أساسي إلى تحقيق الأهداف التالية:

- 1- تحليل التغيرات في تكرار وشدة موجات الحر والبرد الشديدة، ومقارنة التوزيع التكراري المرصود بالتوزيع المتوقع نظرياً، للتحقق من الاتجاهات المتزايدة لهذه الظواهر محلياً.
- 2- تقييم مؤشرات درجات الحرارة العظمى والصغرى في محطة سرت باستخدام منهجية المعدلات الثلثية، لتصنيف بيانات الفترة المرصودة (1991-2020) إلى فئات حرارية محددة (باردة، معتدلة، حارة).
- 3- تحليل التفاوت في درجات الحرارة العظمى والصغرى بين المستويات السنوية والموسمية، لتقييم طبيعة السلوك الحراري المحلي وتغيراته في النطاق الجغرافي لمحطة سرت.
- 4- إيجاد طرق التكيف مع المخاطر التي تشكلها الظواهر الحرارية المتطرفة في منطقة سرت والتخفيف من حدتها، من خلال تقديم مقترحات وتوصيات عملية تدعم مرونة القطاعات الحيوية في مواجهة موجات الحر والبرد الشديدة.

منهجية الدراسة.

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة اتجاهات الظواهر الحرارية المتطرفة في محطة سرت على الساحل الليبي، تم استخدام بيانات درجات الحرارة اليومية العظمى والصغرى، وتحديد مؤشرات الظواهر الحرارية المتكررة باستخدام طريقة المعدلات الثلثية المناخية. تستند منهجية المعدلات الثلثية إلى اختيار فترة زمنية معينة لقياس المناخ، مثل 1961-1990 كفترة أساس، ثم ترتيب القيم المناخية المسجلة خلال هذه الفترة من الأقل إلى الأكبر. تم تقسيم السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة خلال فترة زمنية محددة إلى ثلاثة فترات مناخية تمثل فئات حرارية مختلفة، الثلث الأدنى (أقل من المعتاد)، والثلث الأوسط (قريب من المعتاد)، والثلث الأعلى (أعلى من المعتاد). حُددت حدود هذه الفئات باستخدام قيم نسبية (33.3% و66.7%) مستخرجة من بيانات الفترة المرجعية أو فترة الأساس، ثم صُنفت قيم درجات الحرارة للفترة المدروسة للسنوات 1991-2020 وفقاً لهذه الحدود. يُستخدم هذا التقسيم لفحص القيم المناخية لفترات لاحقة، حيث يتم تحديد الفئة التي تنتمي إليها كل قيمة جديدة. إذا وجد أن معظم القيم الحديثة تقع في الجزء الأعلى مقارنة بالفترة السابقة، فهذا يدل على تغيير في خصائص المناخ، مما يعني أن التغير يتجاوز ما يمكن اعتباره تقلبات طبيعية. تكمن القيمة الأساسية لاستخدام هذه الطريقة في سهولة فهم التغيرات المناخية ودرجات الحرارة العالية. تساعد هذه الطريقة في تقسيم الظروف المناخية إلى أقسام واضحة، مما يسهل مراقبة التغيرات على المدى الطويل وتقييم مدى تأثير منطقة الدراسة بتغير المناخ. هذا يوفر أساساً علمياً لمساعدة خطط التنمية البيئية وإدارة المخاطر المناخية على الساحل الليبي.

البيانات المستخدمة.

تقع مدينة سرت ضمن الحدود الإدارية للمنطقة الوسطى، تبعد حوالي 450 كيلومتراً شرق طرابلس و500 كيلومتر غرب بنغازي. وتقع على الساحل الجنوبي لخليج سرت، في موقع استراتيجي في منتصف المسافة تقريباً بين مدينتي طرابلس وبنغازي. كما هو موضحاً في الشكل (1).



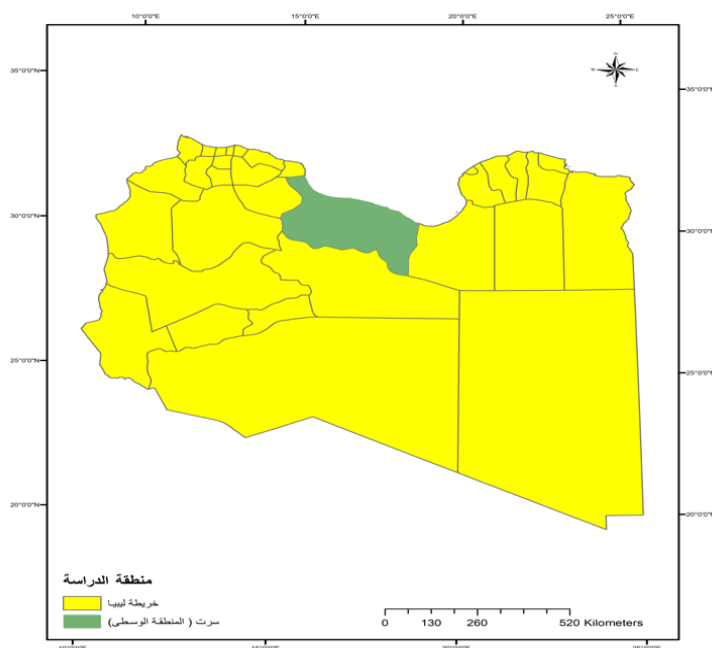
تستند هذه الدراسة إلى بيانات السلاسل الزمنية اليومية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى من محطة سرت للفترة 1961-2020. الجدول (1) يبين متوسطات درجات الحرارة الموسمية والسنوية العظمى والصغرى للفترتين المرجعية والحالية. تم الحصول عليها من المركز الوطني للأرصاد الجوية. يدير المركز أكثر من 50 محطة، بما فيها محطة سرت الواقعة على خط العرض $31^{\circ} 12'$ شمالاً وخط طول $16^{\circ} 35'$ شرقاً، وعلى ارتفاع 13 متر عن مستوى سطح البحر. حيث تُسجل درجات الحرارة يومياً وفقاً لمعايير المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. تم التحقق من اكتمال البيانات أكثر من 90% منها متوفرة، وتم استكمال القيم المفقودة باستخدام أساليب إحصائية مثل المتوسطات الشهرية أو الاستيفاء من المحطات المجاورة. ونظراً لوجود بعض الفجوات العددية والقيم الرصدية المفقودة في السلاسل الزمنية للمحطة المناخية المدروسة، تم الاعتماد على أسلوب الاستيفاء المبني على قراءات المحطات القريبة والمجاورة لتقدير هذه القيم المفقودة. وهو ما يعد خطوة منهجية أساسية في الدراسات المناخية التطبيقية لضمان استمرارية السلسلة الزمنية (سلامة، 2004).

الجدول (1) متوسطات درجات الحرارة الموسمية العظمى والصغرى للفترتين المرجعية

والحالية

المؤشر الحراري	الفترة الزمنية	شتاء	ربيع	صيف	خريف	سنوي
درجات الحرارة العظمى (م°)	المرجعية (1961-1990)	19.1	23.6	29.4	27.1	24.8
	الحالية (1991-2020)	19.8	24.7	31.1	28.9	26.1
درجات الحرارة الصغرى (م°)	المرجعية (1961-1990)	9.8	14.3	21.2	18	15.8
	الحالية (1991-2020)	10.2	14.6	22.2	19.4	16.6

الشكل (1) خريطة ليبيا، ومنطقة الدراسة سرت



المصدر: عمل الباحث، بإستخدام برنامج ArcMap (10.8.2)

تحليل البيانات.

اولاً: التحليل الاحصائي للبيانات .

تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط الذي يدرس الاتجاهات الزمنية لدرجات الحرارة الموسمية العظمى والصغرى في محطة سرت خلال الفترة (1961-2020)، حيث اعتُبر الزمن المتغير المستقل ودرجة الحرارة الموسمية المتغير التابع. عند تفسير جداول نتائج البيانات (2) و (3)، استخدمت قيمة الاحتمالية (p-value) لتقييم دلالة الاتجاه عند مستوى دلالة $\alpha = 0.05$. إذا كانت قيمة الاحتمالية أقل من α ، يُصنف الاتجاه على أنه ذو دلالة إحصائية، مما يعني أن التغير ليس عشوائياً. يُمثل معامل الانحدار (b) التغير السنوي بالدرجات المئوية، ويقاس معامل التحديد (R^2) نسبة التغير التي يُفسرها الزمن، وتُحدد إحصائية t قوة هذه الدلالة.



كشف التحليل الإحصائي لدرجات الحرارة العظمى في محطة سرت من بيانات الجدول (2) والشكل (1) تبايناً موسميّاً في سلوك المؤشرات المناخية لفصول السنة. حيث يميل المناخ المنطقة عموماً نحو الاحتراز، ولكن بمعدلات ومستويات دلالة متفاوتة.

يعتبر فصل الخريف أكثر الفصول تأثراً بهذا التغير، حيث يُسجل أعلى متوسط سنوي لزيادة درجات الحرارة العظمى بمعامل انحدار قدره 0.032 درجة مئوية. وتُعتبر هذه الزيادة مؤشراً ذا دلالة إحصائية عالية نظراً لانخفاض قيمة الاحتمالية (0.001). علاوة على ذلك، يُفسر عامل الزمن 27.8% من تباين درجات، وفقاً لمعامل التحديد R^2 بقيمة 0.278.

وبالمثل، تُظهر درجات حرارة الصيف اتجاهات تصاعدياً ثابتاً وذا دلالة إحصائية (قيمة الاحتمالية 0.001)، بمعامل انحدار سنوي قدره 0.02 درجة مئوية. يعكس هذا اتجاهات تصاعدياً ملحوظاً في شدة حرارة الصيف، حيث يفسر التحليل ما يقارب 19.7% من هذه التغيرات التراكمية على مدى العقود الستة للدراسة.

في المقابل، تُظهر درجات حرارة الربيع اتجاهات تصاعدياً طفيفاً بمعامل انحدار قدره 0.018 درجة مئوية. ومع ذلك، يبقى هذا الارتفاع غير ذي دلالة إحصائية نظراً لقيمة الاحتمالية العالية نسبياً (0.2)، والتي تتجاوز مستوى الدلالة البالغ 0.05. يشير هذا إلى أن التغيرات في درجات حرارة الربيع قد تعود إلى تقلبات مناخية طبيعية وعشوائية، وليست اتجاهات تصاعدياً ثابتاً.

أما فصل الشتاء، فقد اتسم باستقرار شبه تام طوال فترة الدراسة. اقترب معامل الانحدار من الصفر، واستقر عند 0.002 درجة مئوية فقط، وهي قيمة صغيرة جداً ذات قيمة احتمالية عالية جداً (0.351). يؤكد هذا عدم وجود أي تغيرات ملحوظة أو اتجاه نحو الاحتراز في درجات الحرارة العظمى في سرت خلال أشهر الشتاء من تلك الفترة.

من خلال هذا التحليل يستنتج أن تغير المناخ والاتجاه التصاعدي في درجات الحرارة العظمى في سرت خلال فترة الدراسة عبارة عن ظواهر خريفية وصيفية، في حين حافظ الشتاء والربيع على توازنهما الحراري دون تغييرات ذات دلالة إحصائية.

اما فيما يتعلق بدرجات الحرارة الصغرى لمحطة سرت على مدى ستة عقود (1961-2020)، فيكشف التحليل الاحصائي عن تحولات ملحوظة وملموسة في سلوك المناخ الليبي للمنطقة. وتشير المؤشرات إلى اتجاه تصاعدي عام نحو ارتفاع درجات الحرارة الليلية في معظم الفصول، بنتائج ذات دلالة إحصائية.

ويبرز فصل الخريف باعتباره الفصل الذي يشهد أسرع ارتفاع في مؤشرات درجات الحرارة الليلية، مسجلاً أعلى معامل انحدار سنوي لدرجات الحرارة الصغرى، بقيمة 0.031 درجة مئوية سنوياً. وتعتبر هذه النتيجة ذات دلالة إحصائية عالية، وتدلل على ثبات الاتجاه، نظراً لانخفاض قيمة الاحتمالية إلى 0.001. إضافة الى ذلك، يشير معامل التحديد ($R^2 = 0.408$) إلى أن الزمن وحده يفسر 40.8% من إجمالي تغيرات درجات الحرارة المرصودة في ليالي الخريف خلال فترة الدراسة، وهي أعلى نسبة مُدرجة في الجدول.

في تغيير ملفت للنظر أظهر فصل الشتاء اتجاهاً واضحاً وذا دلالة إحصائية نحو ارتفاع درجات الحرارة، بمعامل انحدار سنوي قدره 0.017 درجة مئوية لأدنى درجات الحرارة. هذا الارتفاع ذو دلالة إحصائية عند مستوى احتمالية 0.001، ويُفسّر معامل التحديد ما يقارب 17.5% من هذه الظاهرة. يُقدّم هذا دليلاً علمياً على أن ليالي الشتاء في سرت قد فقدت برودتها المعتادة تدريجياً وبشكل مطرد على مدى السنتين عاماً الماضية.

وبالمثل شهدت ليالي فصل الصيف اتجاه تصاعدياً مستمراً في درجات الحرارة. حيث سجّل معامل انحدار سنوي قدره 0.02 درجة مئوية، وهو اتجاه ذو دلالة إحصائية عند مستوى احتمالية 0.006، وهو أقل من مستوى الدلالة القياسي البالغ 0.05. يُفسّر هذا التحليل 12.6% من التباين التراكمي في درجات حرارة الصيف.

على النقيض من ذلك، حافظ فصل الربيع على نمط مستقر ومتوازن لدرجات حرارة الليل على مدى ستة عقود. على الرغم من الزيادة الطفيفة جداً في معامل الانحدار 0.006 درجة مئوية، إلا أن هذا الاتجاه يبقى غير ذي دلالة إحصائية نظراً لانخفاض قيمة الاحتمالية 0.302، المصحوبة بمعامل تحديد 1.9%. يشير هذا إلى أن التغير خلال هذا الموسم يقع ضمن نطاق التقلبات المناخية العشوائية الطبيعية.

تؤكد بيانات هذه الدراسة، التي تغطي الفترة من عام 1961 إلى عام 2020، أن سرت تشهد ارتفاعاً ملموساً لدرجات الحرارة الليلية. هذه الزيادة واضحة وذات دلالة إحصائية في



فصول الخريف والصيف والشتاء على التوالي، مما يدل على أن درجات الحرارة الليلية في هذه الفصول قد أصبحت أكثر دفئاً. باستثناء فصل الربيع الوحيد الذي أظهر مقاومة واستقراراً لهذا التحول الزمني في درجات الحرارة.

الجدول (2) الانحدار الخطي للمعدلات الموسمية لدرجات الحرارة العظمى سرت (2020-1961)

الفصول	معامل الانحدار (b)	P-Value	t	R Square
شتاء	0.002	0.351	0.94	0.002
ربيع	0.018	0.2	2.396	0.091
صيف	0.02	0.001	3.743	0.197
خريف	0.032	0.001	4.68	0.278

المصدر: عمل الباحث، اسناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، باستخدام برنامج SPSS

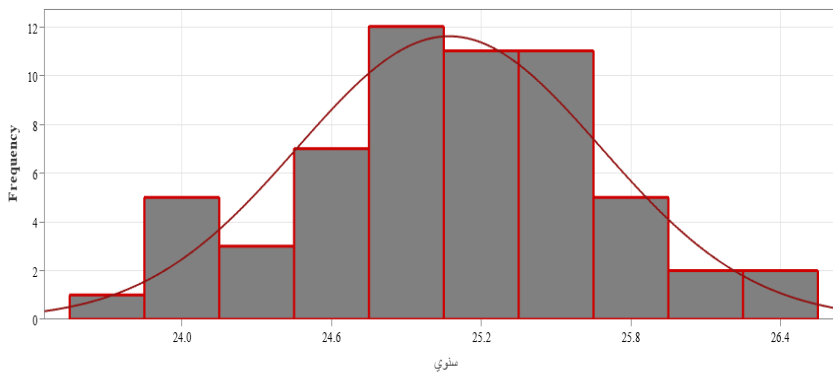
الجدول (3) الانحدار الخطي للمعدلات الموسمية لدرجات الحرارة الصغرى سرت (2020-1961)

الفصول	معامل الانحدار (b)	P-Value	t	R Square
شتاء	0.017	0.001	3.475	0.175
ربيع	0.006	0.302	1.041	0.019
صيف	0.02	0.006	2.868	0.126
خريف	0.031	0.001	6.268	0.408

المصدر: عمل الباحث، اسناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، باستخدام برنامج SPSS

الشكل (2) التوزيع الطبيعي لدرجات الحرارة العظمى لمنطقة الدراسة سرت

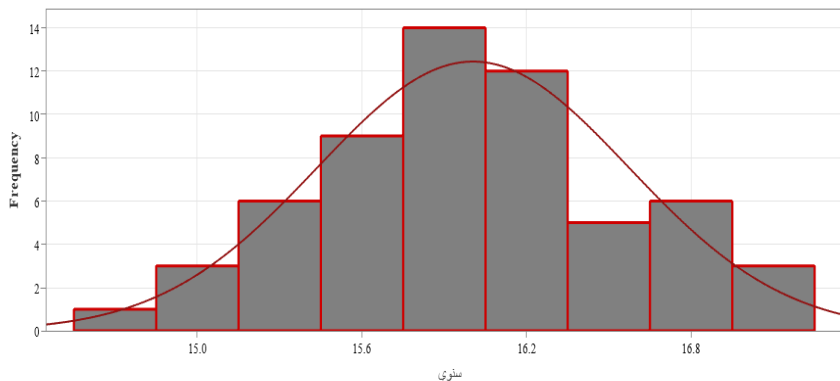
التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى لمحطة سرت



المصدر: عمل الباحث، اسناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، باستخدام برنامج SPSS

الشكل (3) التوزيع الطبيعي لدرجات الحرارة الصغرى لمنطقة الدراسة سرت

التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى لمحطة سرت



المصدر: عمل الباحث، اسناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس باستخدام برنامج SPSS

إحصائياً، يُظهر التوزيع الطبيعي لدرجات الحرارة العظمى الشكل (2) (بين 23.5 و 26.5 درجة مئوية) والشكل (3) (بين 14.5 و 17.0 درجة مئوية) توافقاً جيداً مع منحنى التوزيع الطبيعي النظري. تشير الرسوم البيانية إلى أن درجات الحرارة الصغرى تُظهر



توزيعاً أكثر اتساقاً، بينما تُظهر درجات الحرارة العظمى ذروة عريضة تعكس التباين الواسع الناتج عن موقع سرت المركزي، حيث تلتقي الكتل الهوائية الرطبة القادمة من البحر الأبيض المتوسط شمالاً بالكتل الهوائية الجافة القادمة من الصحراء الكبرى جنوباً.

ثانياً: مؤشر التطرف الحراري.

هو مقياس يبين مدى ارتفاع أو تطرف درجات الحرارة في منطقة معينة خلال فترة زمنية محددة. يُستخدم هذا المؤشر لفهم ما إذا كانت الحرارة أو البرودة غير طبيعية ومدى تطرفها. يقيس المؤشر موجات الحر الشديدة وموجات البرد القارس، وتكرارها، ومدتها، وانحرافها عن المتوسطات التاريخية. يُحسب المؤشر بمقارنة درجات الحرارة الحالية بالمتوسطات طويلة الأجل وحساب درجة الانحراف.

تم استخدام طريقة المعدلات الثلثية في هذه الدراسة، حيث قسمت بيانات درجة الحرارة للسنوات 2020-1991 إلى ثلاثة أجزاء متساوية لتحديد القيم الصغرى والمتوسطة والعظمى، ثم وضع القيم الحالية ضمن هذه الأجزاء لتحديد درجة التطرف. تلعب فترة الأساس 1990-1961 دوراً حاسماً في هذه الطريقة، حيث تُستخدم كمعيار للمقارنة لتحديد ما إذا كانت القيم المناخية المسجلة تقع ضمن الحدود الطبيعية أو تنحرف عنها. تعتمد موثوقية هذه الفترة على طولها الكافي، وانتظام بياناتها، ودقتها الإحصائية، مما يضمن أنها تعكس بدقة الخصائص المناخية النموذجية للمنطقة المدروسة. كما أنها تلعب دوراً في رصد الظواهر الجوية المتطرفة، مثل موجات الحر، من خلال مقارنة درجات الحرارة المسجلة بمتوسطاتها المرجعية. عندما ترتفع درجات الحرارة بشكل ملحوظ فوق المعدل الطبيعي لعدة أيام متتالية، فهذا يشير إلى موجة حر شديدة. يساعد هذا في تحويل المعرفة المناخية إلى أداة عملية تدعم التخطيط الاستباقي وتدابير التكيف مع تقلبات المناخ وتغيراته.

تعتمد طريقة المعدلات الثلثية في الدراسات المناخية على تحديد فترة مرجعية تاريخية، بيانات درجة حرارة موسم من المواسم الأربعة من عام 1961 إلى عام 1990. ويتم جمع البيانات من هذه السنوات الثلاثين وترتيبها تصاعدياً من الأكثر برودة إلى الأكثر حرارة، ثم يتم تقسيمها إحصائياً إلى ثلاثة أجزاء متساوية، يمثل كل جزء 33.3% من إجمالي البيانات. وبناء على

هذا التقسيم، يصنف الثلث الأول، الذي يحتوي على السنوات العشر الأكثر برودة، على أنه "أقل من المعدل"، والثلث الثاني، الذي يحتوي على متوسط العشر سنوات، يصنف على أنه "طبيعي"، والثلث الأخير، الذي يحتوي على السنوات العشر الأكثر حرارة، يصنف على أنه "فوق المعدل". بعد تحديد هذه النطاقات المرجعية، تبدأ مرحلة التحليل، حيث يتم إسقاط البيانات الأحداث المستخدمة في هذه الدراسة من عام 1991 إلى عام 2020، على هذه النطاقات لتقييم موقعها. وإذا أظهرت النتائج أن غالبية السنوات الأخيرة تقع ضمن فئة "فوق المعدل الطبيعي"، فإن ذلك يشكل مؤشراً إحصائياً قوياً على تغير مناخي حقيقي وعميق يتجاوز مجرد ارتفاع عابر في متوسط درجة الحرارة الإجمالية.

لحساب رتبة الحدود الثلثية تحسب قيم الثلث الأول (T_1) والثلث الثاني (T_2)، وذلك لإيجاد موقعهما (الرتبة) داخل السلسلة باستخدام معادلة الرتب المئينية:
معادلة رتبة الحد الثلثي الأول (يفصل أدنى 33.3% من البيانات)

$$I_1 = \frac{1}{3}(n + 1)$$

معادلة رتبة الحد الثلثي الثاني (يفصل أعلى 33.3% من البيانات)

$$I_2 = \frac{2}{3}(n + 1)$$

(n تمثل إجمالي عدد القراءات أو السنوات)

غالباً ما تكون الرتبة (I) الناتجة من المعادلات السابقة رقماً غير صحيح (يحتوي على كسر عشري). في هذه الحالة، يتم حساب قيمة الحد الثلثي باستخدام الاستيفاء الخطي بين القيمتين المتجاورتين في السلسلة.

إذا كانت الرتبة $I = j + d$ حيث j هو الرقم الصحيح و d هو الكسر العشري، فإن المعادلة تكون كالتالي:

$$T = X_j + d(X_{j+1} - X_j) \text{ حيث أن:}$$

T قيمة الحد الثلثي (T_1 أو T_2)

X_j : قيمة القراءة عند الترتيب الصحيح الأدنى.



X_{j+1} : قيمة القراءة عند الترتيب الصحيح الأعلى.

d الجزء العشري من الرتبة.

بمجرد تحديد قيمتي T_1 و T_2 وبناءً على الفترة المرجعية، يتم تصنيف أي قراءة جديدة

X_i أو توقعات الفترات المستقبلية بالمعادلات التالية:

$X_i < T_1$ فئة أقل من المعدل

$T_1 \leq X_i \leq T_2$ فئة طبيعي

$X_i > T_2$ فئة فوق من المعدل

الجدول (4) يتضمن نتائج تحليل المعدلات الثلثية باستخدام المعادلات السابقة لبيانات درجات الحرارة العظمى والصغرى، إذ تشير نتائج درجات الحرارة العظمى الى وجود تغير واضح في أنماط الطقس بمحطة سرت خلال الفترة (1991-2020)، حيث أصبحت الفئة الحارة هي الأكثر شيوعاً مقارنة بالفئات المعتدلة والباردة في جميع الفصول.

الجدول (4) توزيع عدد ونسبة السنوات (الباردة، المعتدلة، الحارة) لدرجات الحرارة العظمى والصغرى

درجات الحرارة	الفصل	السنوات الباردة		السنوات المعتدلة		السنوات الحارة	
		العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة
العظمى	شتاء	1	3%	6	20%	23	77%
	ربيع	5	17%	7	23%	19	63%
	صيف	1	3%	4	13%	25	83%
	خريف	0	0%	2	7%	28	93%
الصغرى	شتاء	3	10%	19	63%	8	27%
	ربيع	8	27%	11	37%	10	33%
	صيف	1	3%	5	17%	24	80%
	خريف	0	0%	0	0%	30	100%

المصدر: عمل الباحث، اسناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس

الجدول (5) وصف الاتجاه العام لدرجات الحرارة العظمى والصغرى سرت

الفصول	اتجاه درجات الحرارة العظمى	اتجاه درجات الحرارة الصغرى	الوصف العام
شتاء	احترار حاد	يميل الى الاعتدال	فقدان البرودة تحاراً مع بقاء تبريد ليلى نسي
ربيع	احترار تصاعدي	أكثر توازناً	تزايد تكرار المنخفضات الحرارية
صيف	احترار مطلق	ليالي استوائية	تصحّر مناخي مستمر وانعدام للتبريد الاشعاعي ليلاً
خريف	احترار متطرف متكرر	احترار ليلى مطرد	تحول الخريف الى امتداد فعلي للصيف

المصدر: عمل الباحث اسناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس

تشير النتائج إلى أن الخريف كان أكثر الفصول تأثراً بهذا التغير، إذ وقعت معظم السنوات المدروسة ضمن الفئة الحارة وبنسبة 93%، إلى جانب عدد بسيط من السنوات المعتدلة، مما يدل على اتجاه مستمر لارتفاع درجات الحرارة في هذا الموسم.

في الصيف، لوحظ اسلوباً مشابهاً حيث أن معظم السنوات كانت حارة، بينما كان هناك القليل من السنوات المعتدلة، وسنة واحدة فقط باردة. هذا يدل على أن درجات الحرارة في الصيف تزداد تدريجياً وتتجاوز المتوسطات الطبيعية. وهذا ما تؤكدته بيانات الوصف العام لاتجاهات درجات الحرارة في الجدول (5) وهو بروز إشارات الاحترار المطلق مع تزايد تكرار موجات الحر وشدة الاجهاد الحراري. ما يؤدي الى تصحر مستمر.

أما في الربيع، فكان هناك تحول تدريجي نحو الصيف الحار، خصوصاً منذ أواخر التسعينيات، مع زيادة في عدد السنوات التي كانت حارة مقارنة بالسنوات المعتدلة أو الباردة. هذا يعكس تغيراً في طبيعة فصل الربيع المناخية، حيث أصبحت الظروف أكثر ارتفاعاً ونادراً ما تكون طبيعية كما كانت. الاتجاه العام الموضح في الجدول (5) يشير الى احترار تصاعدي في درجات الحرارة العظمى، ما يشير الى تقدم مبكر الى فصل الصيف.

في الشتاء، ورغم الاعتدال الواضح في بعض السنوات، إلا أن الاغلبية خلال العقدين الماضيين كانت حارة، باستثناء سنة واحدة باردة فقط. هذا يدل على ارتفاع درجات الحرارة في فصل الشتاء مقارنة بفترة الاساس. وهذا ما تؤكدته بيانات وصف الاتجاه العام في الجدول (5)، إذ تشير الى تراجع كلي للأيام الباردة تحاراً.



بشكل عام، النتائج تظهر أن السنوات الحارة سادت في جميع الفصول، مما يشير إلى تغير مناخ محطة سرت. كما أن انخفاض عدد السنوات الباردة والمعتدلة يعزز فكرة أن المنطقة تتجه نحو الاحترار، ما يتجاوز المعدلات الطبيعية للمناخ ويعكس تأثيرات تغير المناخ العالمي على المستوى المحلي.

أما فيما يتعلق ببيانات درجات الحرارة الصغرى في الجدول (4)، تشير النتائج إلى أن فصل الشتاء دائماً من الفصول التي تتغير بشكل كبير، إذ تختلف درجاته بين الدفء والبرودة. لكن مع زيادة عدد السنوات الدافئة في السنوات الماضية، أصبح من الواضح أن ارتفاع درجات الحرارة ليلاً يؤثر على الخصائص الحرارية الشتوية بشكل عام. الجدول (5) يشير إلى الاعتدال مع بقاء التبريد الليلي نسبياً.

في فصل الربيع، لوحظ زيادة في درجات الحرارة، وإن كانت أقل وضوحاً من ما هو عليه في الصيف أو الخريف. الجدول (4) يبين أن عدد السنوات الدافئة زاد بشكل ملحوظ خلال العقد الماضي، بينما قل عدد السنوات الباردة تدريجياً. هذا يدل على أن درجات الحرارة في فصل الربيع أصبحت أكثر دفئاً بمرور الوقت. إلا أن بيانات الجدول (5) تشير إلى زيادة في تكرار المنخفضات الحرارية خلال هذا الموسم.

في فصل الصيف، كانت درجات الحرارة مرتفعة بشكل واضح، حيث وُضعت معظم السنوات في الفئة الحارة. أما السنوات الباردة فكانت قليلة جداً وظهرت فقط في بداية السلسلة الزمنية. هذا يدل على أن درجات الحرارة ليلاً في الصيف ارتفعت، بينما تراجع التبريد الليلي. هذه الظاهرة شائعة في المناطق الجافة والشبه جافة، وتعكس زيادة في الاحترار. والاتجاه العام في الجدول (5) يشير إلى ليالي استوائية وانعدام للتبريد الإشعاعي الليلي.

تظهر بيانات التحليل في الجدول (4) أن فصل الخريف كان أحر من أي وقت آخر، حيث وقعت معظم السنوات التي تم دراستها في فئة المواسم الحارة والدفئة ونسبة 100%. أما المواسم المعتدلة أو الباردة فكانت منعدمة. هذا يدل على تغير كبير في طبيعة الخريف، لم يعد يمثل مرحلة انتقالية نحو البرودة، بل يحتفظ بدرجة حرارة مرتفعة من الصيف، مما يعكس استمرار

تأثير الاحترار حتى في الليل. الجدول (5) يشير الى احترار كلي في هذا الموسم مع تحول الخريف الى امتداد فعلي لفصل الصيف.

عموماً يعكس الجدولين (4) و (5) أعلاه واقعاً مناخياً جديداً في سرت، يتميز بميمنة السنوات الحارة على مدار العام واختفاء السنوات الباردة. هذا الاتجاه المنهجي نحو الاحترار، خصوصاً خلال فصلي الصيف والخريف.

يشير تحليل المعدلات الثلثية لبيانات درجات الحرارة العظمى والصغرى في سرت أن فصل الربيع يتسم بتقلبات في درجات الحرارة مع ميل واضح نحو الدفء. وبشكل عام، يؤكد الترابط بين أعلى درجات الحرارة المسجلة (العظمى والصغرى) عبر جميع الفصول أن منطقة سرت تشهد حالياً سنوات حارة بشكل استثنائي. وهذا يتوافق مع دراسة (سليمان، 2025) التي أظهرت نتائجها اتجاهات تصاعدياً في كل من درجات الحرارة العظمى والصغرى، حيث سجلت معظم مواقع الرصد اتجاهات إيجابية. حيث أكدت الدراسة ان بعض المواقع، تجاوزت التغيرات التراكمية في درجات الحرارة 1.2 درجة مئوية على مدى أربعة عقود، مما يشير إلى تأثير واضح للاحتباس الحراري. لقد أصبحت درجات الحرارة المرتفعة المعيار الإحصائي والمناخي الجديد لتحديد موارد المياه والغطاء النباتي في المنطقة.

أما صيف سرت، فيمثل حالة من التصحر المناخي المتسارع، حيث تشهد 95% من السنوات درجات حرارة صغرى مرتفعة. تشير إلى شبه انعدام للأيام الباردة والمعتدلة، هذه الزيادة الحادة ليلاً تعني أن الحرارة تبقى محصورة داخل النظام البيئي لمدة 24 ساعة، مما يمنع التبريد الإشعاعي ويُعرض الغطاء النباتي لإجهاد حراري مستمر، وهو نمط يُشبه إلى حد كبير مناخات الصحراء القاسية. مما يؤكد التصحر المناخي حيث تتقارب الظروف الصيفية مع المناطق الصحراوية الداخلية. وهذا يتوافق مع دراسة كلا من (عثمان وشلغوم وسليم، 2022) والتي أشارت إلى أن منطقة سرت مرشحة لارتفاع تدريجي في درجات الحرارة خلال العقود القادمة وفق مخرجات نموذج SDSM، بما يعكس التأثير المتوقع للتغير المناخي على الساحل الليبي.

يتميز فصل الخريف بدرجة شديدة، ليصبح امتداداً فعلياً لفصل الصيف، مع 28 عاماً من درجات الحرارة العظمى المرتفعة و30 عاماً من درجات الحرارة الصغرى مما يمثل انحرافاً هائلاً عن التوزيع الثلثي لفترة الاساس (1961-1990). مما يقطع الفترة الانتقالية الحرجة لتجدد الموارد المائية والغطاء النباتي قبل موسم الأمطار الشتوي، مسبباً بذلك جفافاً تراكمياً. مع



تداعيات كارثية على المحاصيل الشتوية التي تتطلب ساعات برودة. إذ لا يُبرد التربة ولا يُتيح فترة راحة للنباتات قبل موسم الأمطار.

وأخيراً، مع الانتقال إلى فصل الشتاء، تكشف النتائج عن نمط مناخي متطرف يعكس هشاشة المناطق الانتقالية بين المناخ المتوسطي والصحراوي، هذا التطرف الدافئ يعني فقدان الشتاء التقليدي لبصمته الحرارية، مما يجعل سرت نموذجاً مثلاً للتدهور المناخي على الساحل الليبي. حيث تلاشت الخصائص الموسمية التقليدية لصالح نمط الاحتباس الحراري. سُجّلت 23 عاماً من درجات الحرارة العظمى المرتفعة مقارنةً بعام بارد واحد فقط. يعكس هذا التباين تغيراً في سلوك الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة خلال أشهر الشتاء. يُهدد هذا الوضع الدورة البيولوجية للمحاصيل الشتوية كالقمح والشعير، والتي تتطلب فيسولوجياً درجة معينة من البرودة لتحفيز الإزهار والنمو.

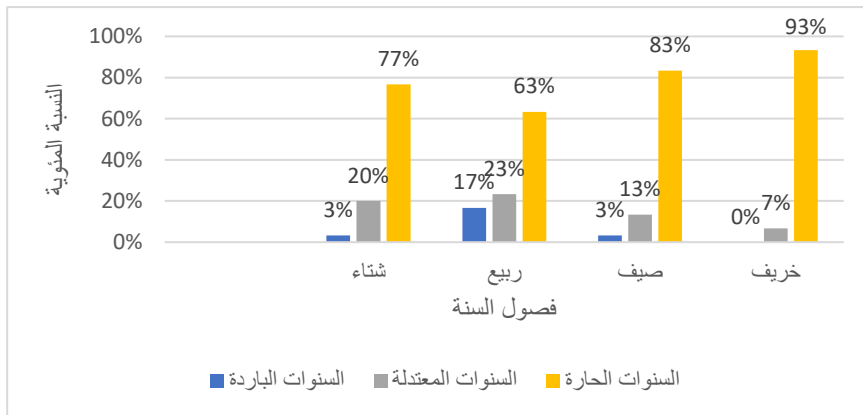
يبين الشكلين (3) (4) بوضوح تحولاً منهجياً في مناخ منطقة سرت نحو مناخ حار على مدار العام، مما يعكس غلبة الدفء وتراجع فترات البرودة والاعتدال، في فترتي النهار والليل، ويمكن تلخيص أبرز السمات الإحصائية على النحو التالي:

هيمنة مطلقة للسنوات الحارة، حيث يسود المناخ الحار في جميع الفصول، ويبلغ ذروته في الخريف بنسبة 93%، يليه الصيف بنسبة 83%، ثم الشتاء بنسبة 77%، وأخيراً الربيع بنسبة 63%.

ملاحظة اختفاء شبه تام للسنوات الباردة، خصوصاً في فصل الخريف الذي يُسجل 0%، وفي الشتاء والصيف اللذين يُسجلان نسبة ضئيلة جداً لا تتجاوز 3%. وهذا يؤكد فقدان المنطقة لخصائص مناخها البارد التقليدية.

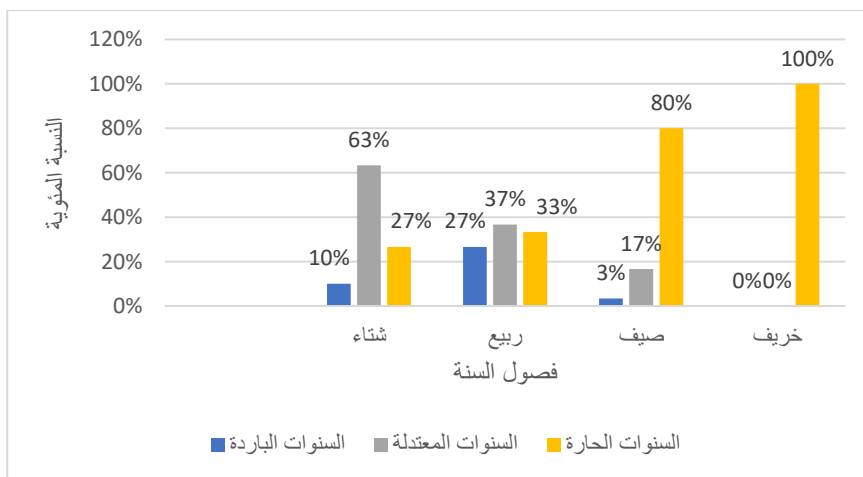
من الشكلين أيضاً نلاحظ أن الخريف أصبح امتداداً حرارياً للصيف، مما يُمثل اختلالاً موسمياً مع الاختفاء التام للسنوات المعتدلة والباردة لصالح الدفء. ويؤدي هذا إلى جفاف التربة والنباتات قبل موسم الأمطار. تعتبر درجات الحرارة المرتفعة في 77% من السنوات مؤشراً خطيراً على شتاء دافئ بشكل غير معتاد، مما يُهدد الدورة البيولوجية للمحاصيل الاستراتيجية كالقمح والشعير، والتي تتطلب فترات برودة كافية للنمو.

الشكل (3) التوزيع النسبي للسنوات (الباردة، المعتدلة، الحارة) لدرجات الحرارة العظمى سرت



المصدر: عمل الباحث، اسناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس بإستخدام برنامج Excel

الشكل (4) التوزيع النسبي للسنوات (الباردة، المعتدلة، الحارة) لدرجات الحرارة الصغرى سرت



المصدر: عمل الباحث، اسناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس بإستخدام برنامج Excel



الاستنتاجات والتوصيات .

أولاً: اتجاهات التطرف الحراري وديناميكية التكيف.

تشير تحليلات البيانات الإحصائية إلى أن الظواهر الجوية المتطرفة في منطقة سرت لم تعد مجرد تقلبات مناخية مؤقتة، بل أصبحت جزءاً من نمط مستمر يُغيّر بشكل ملحوظ سلوك درجات الحرارة في المنطقة. يتميز هذا النمط بارتفاع غير متوقع في درجات الحرارة العظمى نهاراً خلال فصلي الشتاء والربيع، في مقابل ارتفاع درجات الحرارة الصغرى ليلاً خلال فصلي الصيف والخريف.

يمكن تفسير ارتفاع درجات الحرارة العظمى نهاراً خلال فصل الربيع بزيادة تواتر الرياح الجنوبية الجافة (رياح القبلي) التي تصاحب عادةً المنخفضات الصحراوية. هذا يتوافق مع التحليلات المناخية للساحل الليبي، كما أشارت دراسة (ابوغرسة 2014) إلى أن ارتفاع معدل درجات الحرارة لشهري أبريل ومايو، يرجع إلى كثرة تكرار رياح القبلي الحارة القادمة من الصحراء في مقدمة الانخفاضات الجوية الربيعية في هذين الشهرين.

في المقابل، يُنسب ارتفاع درجات الحرارة الصغرى ليلاً خلال فصلي الصيف والخريف إلى ضعف التبريد الإشعاعي الليلي. إذ تمتص الرطوبة العالية في المنطقة الساحلية الإشعاع الأرضي (الأشعة تحت الحمراء) وتعيد إشعاعه نحو السطح، مما يعيق قدرة الأرض على إطلاق الحرارة المخزنة خلال النهار.

يؤدي هذا النمط الحراري إلى ما يُعرف بـ "الإجهاد الحراري التراكمي"، حيث تعجز التربة والغطاء النباتي عن استعادة التوازن الحراري، مما يُسرّع معدلات التبخر ويدفع المنطقة تدريجياً نحو التصحر. تُشير نتائج الدراسة، التي تُظهر ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة خصوصاً خلال فصلي الشتاء والربيع، إلى تفاقم مخاطر المناخ المستقبلية في المنطقة. تتوافق هذه النتائج مع استنتاجات دراسة (المختار، 2022)، التي صنّفت ليبيا ضمن أكثر الدول عرضةً لمخاطر تغير المناخ، مؤكدةً بذلك النمط الذي لوحظ محلياً في تلك الدراسة.

على الرغم من أن قياس الأثر الزراعي المباشر يتجاوز نطاق هذه الدراسة، إلا أن النتائج المناخية تشير إلى تداعيات بيئية محتملة. من الثابت علمياً أن الظروف الجوية القاسية، ولا سيما ارتفاع درجات الحرارة ليلاً، تؤثر سلباً على فسيولوجيا النبات من خلال زيادة معدلات التنفس الليلي،

كما يؤدي إلى استنزاف طاقة النبات وتقليل كفاءة عملية التمثيل الضوئي. علاوة على ذلك، قد تحرم هذه الحرارة المحاصيل الشتوية (مثل القمح والشعير) من ساعات البرودة اللازمة لإكمال دورة نموها، مما يضعف قدرة النظام البيئي المحلي على تحمل ظروف الجفاف المستقبلية.

ثانياً: استراتيجيات التكيف والمواجهة.

استناداً إلى تحليل بيانات الدراسة، والذي كشف عن تغير هيكلي في النمط الحراري لمنطقة سرت، يتميز بارتفاع درجات الحرارة نهاراً خلال فصلي الربيع والشتاء، وانخفاض التبريد الإشعاعي ليلاً خلال فصلي الصيف والخريف، لم يعد الاعتماد على الممارسات الزراعية والبيئية التقليدية خياراً مجدياً.

أظهرت البيانات واقعاً ملموساً لتراكم الإجهاد الحراري وتسارع التصحر. لذا، فإن استراتيجيات التكيف المقترحة هنا ليست مجرد توصيات عامة، بل هي استجابة عملية ومباشرة للتشخيص الكمي لهذه الظواهر المتطرفة.

لم يعد ربط هذا التشخيص العلمي بتدابير تكيف محلية ومرنة خياراً ثانوياً، بل هو السبيل الوحيد للتخفيف من حدة الظواهر الحرارية المتطرفة، وضمان استدامة النظم البيئية، وحماية الأمن الغذائي والإنتاجية الزراعية في المنطقة.



التوصيات.

- استناداً إلى النتائج، وتماشياً مع الرؤية الوطنية لمواجهة تغير المناخ، توصي الدراسة بمجموعة من التدابير الاستراتيجية لتعزيز المرونة البيئية والزراعية في منطقة سرت، وتشمل ما يلي:
- إنشاء شبكة رصد محلية متطورة في منطقة سرت والمناطق الساحلية المجاورة، بالاعتماد على تكامل بيانات المحطات الأرضية والأقمار الصناعية، لتزويد القطاع الزراعي بإنذارات مبكرة بموجات الحر المفاجئة.
 - سن تشريعات محلية تلزم بإنشاء وصيانة أحزمة خضراء حول المدن والمشاريع الزراعية الساحلية لتكون بمثابة مصدات رياح طبيعية، مما يقلل من التأثيرات الحرارية لرياح الصحراء الجافة ويساهم في خفض درجة حرارة سطح الأرض.
 - تطبيق قوانين لمنع الرعي الجائر في المراعي والمناطق الانتقالية، مما يسمح للغطاء النباتي بالتعافي وبالتالي تعزيز قدرة الأرض على التبريد الإشعاعي ليلاً وتلطيف المناخ المحلي.

المراجع.

1. ابوغرسه التهامي مصطفى (2014). تحليل تغير واتجاه درجات الحرارة في منطقة سرت خلال 1948-2009م. مجلة أبحاث، جامعة سرت، كلية الاداب، ليبيا، ISSN: 2518-5985، العدد 6، ص 115-130.
2. المختار، أسمهان علي. (2022). التباين في اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى على الساحل الليبي للفترة (1961-2099). في: وقائع المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب: التغيرات المناخية في ليبيا. كلية الآداب، ليبيا.
3. المركز الوطني للأرصاد الجوية، ليبيا (2025). إدارة المناخ، قسم العمليات المناخية، بيانات مناخية غير منشورة.
4. المختار، أسمهان علي، شلغوم، إيمان أبو القاسم، وسليم، علي مصطفى. (2022). نمذجة التغيرات المستقبلية في درجات الحرارة بمنطقة سرت باستخدام نموذج SDSM. المؤتمر الدولي الثالث لعلوم البيئة والتكنولوجيا، مصراتة، ليبيا، 5-6 يونيو 2022. المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة.

5. سليم، علي مصطفى. (2017). الاتجاهات العامة لدرجة الحرارة في منطقة سرت خلال الفترة 1946-2010م. مجلة أبحاث، مج. 2017، ع. 10، ص ص. 201-232.
6. سليمان سليمان (2025)، تقييم اتجاهات تغير المناخ المحلي في درجات الحرارة بمنطقة سرت باستخدام بيانات منصة الشبكة (ناسا باور) كنموذج، مجلة درنة للعلوم الانسانية والاجتماعية، المجلد 3، العدد 6.
7. سلامة، حسن رمضان (2004). أصول الجغرافيا المناخية. دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
8. Zittis, G., Hadjinicolaou, P., Klangidou, M., Proestos, Y., & Lelieveld, J. (2019). A multi-model, multi-scenario, and multi-domain analysis of regional climate projections for the Mediterranean. *Regional Environmental Change*, 19(8), 2621–2635. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01565-w>.