



Temporal Trends and Changes in Seasonal and Annual Temperatures at the Ajdabiya Station (1959–2024) and Their Significance for Climate Change Studies

Mustafa Ghaith Hassan *

Department of Geography, Faculty of Education, Bani Waleed University, Libya

الاتجاهات والتغيرات الزمنية في درجات الحرارة الفصلية والسببية بمحطة اجدابيا خلال الفترة 1959 – 2024 ودلالاتها في دراسة التغير المناخي

مصطفى غيث حسن *

قسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة بني وليد، ليبيا

*Corresponding author: mostafaghaith@bwu.edu.ly

Received: August 14, 2026

Accepted: September 25, 2026

Published: October 28, 2026



Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract:

This study aims to analyze the temporal trends of annual and seasonal temperatures at Ajdabiya Station during the period 1959–2024, and to identify the pattern of thermal variability among seasons and the statistical significance of the observed trends. The study employed time-series analysis and estimated linear trends and rates of change, in addition to statistical tests of trend significance and differences between means.

The results showed that the annual mean temperature was 20.61°C, with a weak positive trend of 0.004°C/year, which was not statistically significant at the 0.05 level ($p = 0.070$). The difference between the mean temperatures of the two periods under comparison was also not statistically significant ($p = 0.242$). At the seasonal scale, winter recorded the highest positive trend, at 0.34°C/decade, followed by autumn at 0.20°C/decade; both trends were statistically significant at $p < 0.001$. In contrast, spring exhibited a negative trend of -0.28°C/decade, which was statistically significant ($p < 0.001$), whereas summer showed a weak negative trend of -0.08°C/decade, with no statistical significance ($p = 0.111$).

The findings indicate a clear seasonal variability in temperature trends at Ajdabiya Station, characterized by positive trends during winter and autumn, a negative trend during spring, and no statistically significant trend during summer. These results highlight the importance of integrating annual and seasonal analyses when characterizing temperature changes, while the use of additional climatic indicators is recommended to investigate the factors associated with the observed seasonal variability.

Keywords: Ajdabiya, temperature, temporal trends, seasonal variability, statistical analysis, Libya.

المخلص

تهدف الدراسة إلى تحليل الاتجاهات الزمنية لدرجات الحرارة الفصلية والسببية في محطة اجدابيا خلال الفترة 1959–2024، ورصد نمط التباين الحراري بين فصول السنة ومدى دلالة الاتجاهات المسجلة إحصائياً. واعتمدت الدراسة على تحليل السلاسل الزمنية وتقدير الاتجاهات الخطية ومعدلات التغير، إلى جانب اختبار دلالة الاتجاهات والفروق بين المتوسطات.

ظهرت النتائج أن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة بلغ 20.61°C ، مع اتجاه تصاعدي ضعيف قدره $0.004^{\circ}\text{C}/\text{سنة}$ ، لم يكن دالاً إحصائياً عند مستوى $(p = 0.070)$ ، كما لم يكن الفرق بين متوسطي الفترتين محل المقارنة دالاً إحصائياً ($p = 0.242$) وعلى المستوى الفصلي، سجل الشتاء أعلى معدل للاتجاه التصاعدي بلغ $0.34^{\circ}\text{C}/\text{عقد}$ ، يليه الخريف بمعدل $0.20^{\circ}\text{C}/\text{عقد}$ ، وكان الاتجاهان دالين إحصائياً عند $p < 0.001$ ، وفي المقابل سجل الربيع اتجاهًا تنازلياً بلغ $-0.28^{\circ}\text{C}/\text{عقد}$ ، وكان دالاً إحصائياً عند $p < 0.001$ ، بينما أظهر الصيف اتجاهًا تنازلياً ضعيفاً بلغ $-0.08^{\circ}\text{C}/\text{عقد}$ دون دلالة إحصائية ($p = 0.111$)

وتشير النتائج إلى وجود تباين موسمي واضح في الاتجاهات الحرارية بمحطة اجدابيا، تمثل في اتجاهات تصاعدية خلال الشتاء والخريف، واتجاه تنازلي خلال الربيع، مقابل عدم وجود اتجاه صيفي دال إحصائياً. وتبرز هذه النتائج أهمية الجمع بين التحليل السنوي والفصلي في توصيف التغيرات الحرارية، مع ضرورة الاستعانة بمؤشرات مناخية إضافية لتفسير العوامل المرتبطة بالتباين المسجل بين الفصول.

الكلمات المفتاحية: اجدابيا، درجات الحرارة، الاتجاهات الزمنية، التباين الموسمي، التحليل الإحصائي، ليبيا.

المقدمة

يمثل التغير المناخي أحد أبرز التحديات البيئية المعاصرة، ويُعد ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض من أهم المؤشرات المستخدمة في رصد هذا التغير وتقييمه. وقد أشار تقرير التوليف السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض العالمية خلال الفترة 2011–2020 ارتفع بنحو 1.1°C مقارنة بمتوسط الفترة 1850–1900، مرجعاً هذا الاحترار بصورة قاطعة إلى الأنشطة البشرية، ولا سيما انبعاثات غازات الدفيئة (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023).

ويُعد حوض البحر المتوسط ومنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من الأقاليم التي تُظهر حساسية واضحة تجاه التغير المناخي؛ إذ تشير الدراسات إلى أن الاحترار المرصود في حوض المتوسط تسارع بصورة ملحوظة منذ ثمانينيات القرن العشرين، وأصبح معدله أعلى من المتوسط العالمي. كما تُظهر الدراسات الإقليمية أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا شهدت ارتفاعاً في متوسط درجة الحرارة السنوية بمعدل يقارب 0.36°C لكل عقد خلال الفترة 1981–2020، مع ارتفاع المعدل إلى نحو 0.45°C لكل عقد خلال فصل الصيف (Francis & Fonseca, 2024; Urdiales-Flores et al., 2023). وتؤكد هذه النتائج أهمية دراسة التغيرات الحرارية على المستوى الإقليمي، مع مراعاة الاختلافات المكانية والزمنية في معدلات الاحترار، بدلاً من تعميم نسبة ثابتة لتفوق الاحترار الإقليمي على المتوسط العالمي (Lionello & Scarascia, 2018).

ومن المحتمل أن تصل الزيادة في درجة الحرارة نحو 2.2°C بحلول عام 2040 وإلى 3.8°C بحلول عام 2100 (علي مصطفى سليم وعادل احمد حويل، 2024، ص 113).

وتقع محطة اجدابيا فلكياً ($30^{\circ}76'$ شمالاً و $20^{\circ}22'$ شرقاً) ضمن النطاق الصحراوي الساحلي لخليج سرت، والتي تتميز بمناخ جاف حار صيفاً ومعتدل شتاءً، كما تشكل المنطقة مركزاً حيوياً للصناعات النفطية والأنشطة الاقتصادية، مما يزيد من استجابتها للتغيرات الحرارية وتأثيراتها على قطاعات الطاقة والصحة والزراعة، وعلى الرغم من ذلك، لا تزال الدراسات المناخية التفصيلية المعتمدة على السلاسل الزمنية الطويلة محدودة في منطقة خليج سرت، حيث تركزت معظم الدراسات الليبية على محطتي طرابلس وبنغازي. لذا تهدف هذه الورقة إلى تحليل اتجاهات التغير في درجات الحرارة الفصلية والسنوية بمحطة اجدابيا خلال الفترة 1959–2024م.

مشكلة البحث:

على الرغم من تأكيد العديد من التقارير الدولية على اتجاه الاحترار العالمي، وكون منطقة شمال أفريقيا من أكثر المناطق تأثراً به، إلا أن الخصائص المحلية لهذا الاحترار لا تزال غير واضحة في أجزاء واسعة من ليبيا، ومنها منطقة خليج سرت. وتتمثل مشكلة الدراسة في غياب تقييم دقيق لاتجاهات درجات الحرارة الفصلية والسنوية في محطة اجدابيا خلال السلسلة الزمنية الطويلة 1959–2024م، وعدم وضوح التباين

الفصلي في وتيرة التغير، مما يحد من القدرة على بناء سيناريوهات مناخية محلية تخدم التخطيط الزراعي والمائي في منطقة الدراسة، وعليه تتمثل مشكلة الدراسة في التساؤلات التالية.

1. ما طبيعة واتجاه التغير في متوسطات درجات الحرارة الفصلية والسنوية بمحطة اجدابيا خلال المدة 1959-2024م، وهل هذا الاتجاه دال إحصائياً عند مستوى 0.05 ؟
2. هل توجد اختلافات فصلية وسنوية في وتيرة التغير الحراري، وأي الفصول سجل أعلى معدل احترار خلال فترة الدراسة؟

أهداف البحث:

1. الكشف عن طبيعة واتجاه التغير في متوسطات درجات الحرارة السنوية بمحطة اجدابيا خلال المدة 1959-2024م، واختبار دلالة الإحصائية عند مستوى 0.05
2. تحليل التباين لاتجاهات درجات الحرارة (الفصلي والسنوي) وتحديد الفصل الأكثر تأثراً بظاهرة الاحترار.

فرضيات البحث:

بناءً على أسئلة الدراسة، صيغت الفرضيات الصفرية (H0) والبدلية (H1) على النحو التالي:
الفرضية الأولى (السنوية)
الفرضية الأولى

- H0: لا يوجد اتجاه عام دال إحصائياً في متوسطات درجات الحرارة السنوية بمحطة اجدابيا خلال المدة 1959-2024م عند مستوى معنوية 0.05
- H1: يوجد اتجاه عام دال إحصائياً (تصاعدي) في متوسطات درجات الحرارة السنوية.

الفرضية الثانية

- H0: لا يوجد اختلاف فصلي دال إحصائياً في اتجاهات التغير الحراري بين فصول السنة الأربعة.
- H1: يوجد تباين فصلي دال إحصائياً، حيث يكون فصل الصيف الأكثر تأثراً بالاحترار.

اهمية الدراسة:

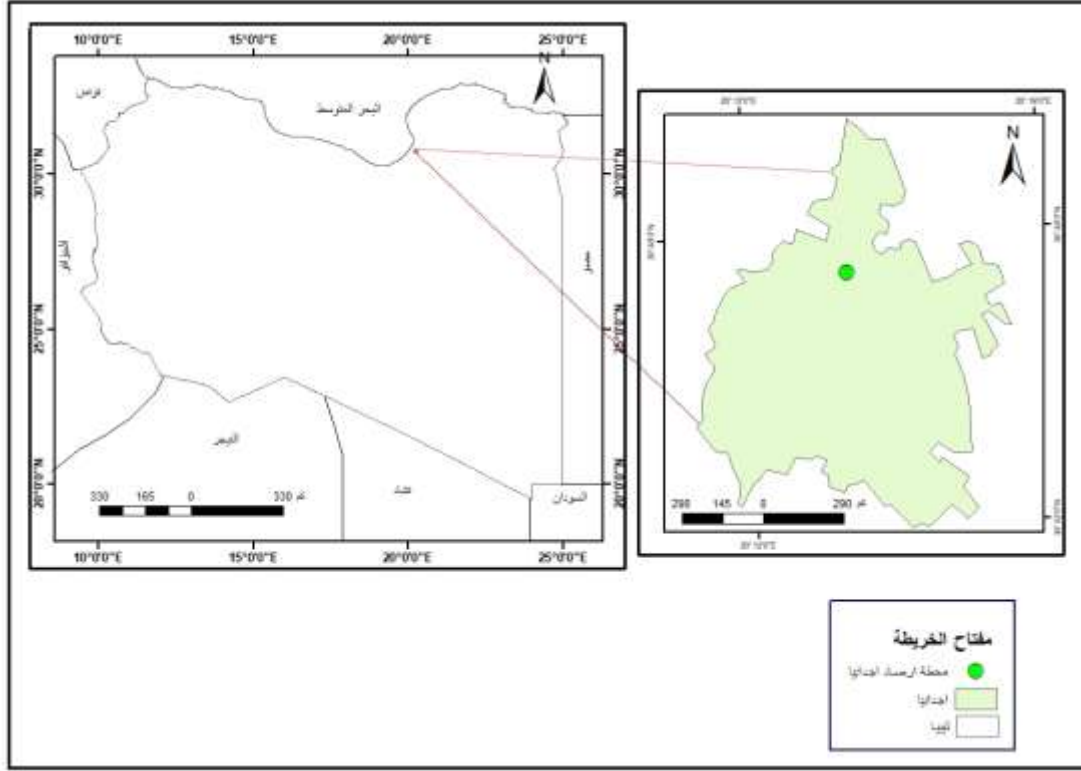
تكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها تسد فجوة معرفية في منطقة خليج سرت التي تفتقر للدراسات المناخية طويلة المدى، حيث تقدم أول تقييم كمي لاتجاهات الحرارة السنوية والفصلية بمحطة اجدابيا للمدة 1959-2024م (66 سنة). كما تبرز أهميتها التطبيقية من موقع اجدابيا كمركز للصناعة النفطية والأنشطة الزراعية، حيث تساعد نتائجها في تفسير انعكاسات التباين الفصلي للحرارة على استهلاك الطاقة والإنتاج الزراعي، وتوفر قاعدة بيانات محلية تدعم خطط التكيف مع التغير المناخي في البلدية.

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي للسلاسل الزمنية، لدرجات الحرارة السنوية والفصلية للفترة (1959-2024) والمتحصل عليها من منصة <https://app.climateengine.com/climateEngine>، واشتقاق المتوسطات الفصلية والسنوية، وطبق الانحدار الخطي البسيط Simple Linear Regression لحساب اتجاه التغير (b) ومقداره ومعامل الارتباط (R) ونسبة التباين المفسر (R^2) عند مستوى 0.05، واختبرت اعتدالية البيانات باختبار Kolmogorov-Smirnov، وطبق اختبار (Independent – Samples T Test) للعينات المستقلة للمقارنة بين فترتين (1959-1991 و 1992-2024) لتحديد دلالة الفروق، باستخدام برنامج SPSS V.26 و Excel.

الحدود المكانية والزمنية:

تقتصر الدراسة مكانياً على محطة اجدابيا للأرصاد الجوية الواقعة عند دائرة عرض 30° شمالاً وخط طول 22° شرقاً، على ارتفاع 2 م فوق مستوى سطح البحر. وتقع المدينة في الشمال الأوسط من ليبيا، جنوب بنغازي بحوالي 150 كم، وزمنياً تغطي الدراسة الفترة 1959-2024م (66 سنة).



خريطة (1) موقع منطقة الدراسة. المصدر: من عمل الباحث بواسطة برنامج Arc Map 10.8 استناداً إلى: أمانة التخطيط - مصلحة المساحة، الأطلس الوطني، 1978، ص33.

الدراسات السابقة

سيتم استعراض أهم الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع هذه الدراسة ومن أبرزها.

1. دراسة أبوشعالة وعبد المولى (2025): حللت اتجاهات الحرارة المتوسطة في محطة بني وليد للمدة 1959-2022م باستخدام Simple Linear Regression و Independent T-Test (Samples T-Test)، وتوصلت إلى اتجاه تصاعدي دال بمقدار 0.029°م/سنة. وتختلف عن الدراسة الحالية في موقعها الصحراوي الداخلي، مقارنة بالموقع الساحلي شبه الصحراوي لاجدابيا.
2. دراسة المليان (2024): حللت متوسط الحرارة في ليبيا ككل للمدة 1901-2022م وفق بيانات البنك الدولي (CCKP) باستخدام EViews واختباري KPSS و ADF، وأكدت وجود اتجاه موجب دال. وتتميز الدراسة الحالية عنها بتركيزها على محطة واحدة ببيانات مرصودة أصلية وليس بيانات معاد تحليلها.
3. دراسة المريمي وشلغوم (2022): تناولت التغير المناخي في محطة غدامس 1971-2020م باستخدام T-Test، وخلصت إلى عدم وجود فروق معنوية في المتوسط السنوي. وتختلف عن الدراسة الحالية منهجياً، حيث اعتمدت على المقارنة بين فترتين، بينما تعتمد الدراسة الحالية على تحليل اتجاه السلسلة الكاملة 1959-2024م.

4. دراسة خير الله (2019): ركزت على اتجاهات الأمطار في محطة سرت 1971-2010م باستخدام المتوسطات المتحركة، وأكدت تناقصها بعد التسعينيات. وتعد ذات صلة لوقوع سرت في نفس الإقليم المناخي (خليج سرت)، مما يبرز أهمية دراسة العنصر الحراري المكمل لها في اجدابيا.

يتضح من العرض السابق أن معظم الدراسات ركزت على مناطق داخلية (بني وليد، غدامس) أو على عنصر الأمطار (سرت)، أو على ليبيا ككل ببيانات معاد تحليلها. وتتميز الدراسة الحالية بكونها توفر أول تقييم كمي طويل المدى (66 سنة) للتباين الفصلي والسنوي للحرارة في محطة اجدابيا الساحلية للمدة 1959-2024م باستخدام منظومة اختبارات مناخية متكاملة (تحليل الانحدار الخطي البسيط Simple Linear Regression واختبار (Independent – Samples T Test)).

التحليل والمناقشة

أولاً: التغير في المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة في محطة اجدابيا (1959-2024)
أ. اتجاه التغير العام للمتوسطات السنوية باستخدام تحليل الانحدار الخطي:

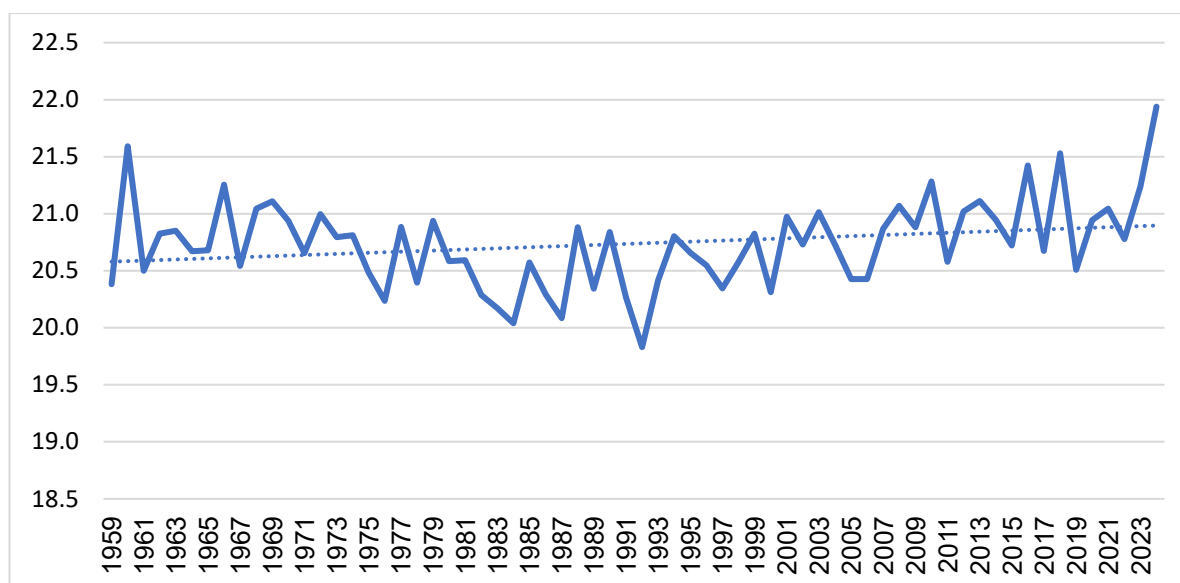
تعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية المؤثرة بشكل عام في جميع المتغيرات المناخية حيث تشكل الحرارة العامل والمحرك الرئيسي لكافة العناصر المناخية، كما تؤثر في جميع مظاهر الحياة على سطح الأرض (موسى، علي، 2004، ص36)

الشكل (1) يبين تدبب واضح في درجات الحرارة السنوية كما أظهرت نتائج الانحدار الخطي البسيط جدول (1) أن متوسط درجة الحرارة السنوية بلغ 20.73°C بانحراف معياري 0.38°C ، بمعامل ارتباط ضعيف ($R=0.22$) ونسبة تباين مفسر ($R^2=0.05$)، مما يشير إلى أن عامل الزمن يفسر 5% فقط من التباين في الحرارة السنوية. وبلغ معامل الانحدار ($b=0.004^{\circ}\text{C}/\text{سنة}$) بمستوى دلالة ($\text{Sig}=0.070$) وهو أكبر من 0.05، أي أن الاتجاه التصاعدي العام غير دال إحصائياً خلال كامل الفترة 1959-2024م. وهذه النتيجة تختلف عن دراسة أبوشعالة (2025) في بني وليد التي سجلت اتجاه دالاً ($0.029^{\circ}\text{C}/\text{سنة}$)، ويمكن تفسير ذلك بموقع اجدابيا الساحلي شبه الصحراوي الذي يتأثر باعتدال البحر المتوسط، على عكس الموقع الصحراوي الداخلي لبني وليد الأكثر حساسية للاحترار.

جدول (1) نتائج تحليل الانحدار الخطي لاتجاه التغير في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة في محطة اجدابيا للفترة (1959-2024)

العنصر	متوسط درجة الحرارة (a)	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R^2)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الإحصائية (sig)
درجة الحرارة السنوية	20.73	0.38	0.22	0.050	0.004	0.070

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (2024-1959)، وتحليل SPSS V.26.



شكل (1) المعدلات السنوية لدرجة الحرارة في محطة اجدابيا للفترة من (2024-1959)
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine

ب. اختبار اعتدالية البيانات:

تمهيداً لتطبيق اختبار T، أظهر اختبار الاعتدالية Kolmogorov-Smirnov (جدول 2) أن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي ($\text{Sig}=0.200 > 0.05$).
جدول (2) نتائج اختبار اعتدالية توزيع المعدلات السنوية لدرجة الحرارة في محطة اجدابيا للفترة (1959-2024)

الاختبار	التحليل	درجة الحرية (df)	مستوى المعنوية (sig)	القرار
كلوموجروف – سيمنروف	0.092	66	0.200	البيانات تتبع التوزيع الطبيعي

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (2024-1959)، وتحليل SPSS V.26.

ج. اختبار اعتدالية الفروق:

وتم تقسيم السلسلة إلى فترتين مناخيتين (1991-1959 و 2024-1992) وفق توصية المنظمة العالمية للأرصاد، أظهر اختبار T للعينات المستقلة (جدول 3) عدم وجود فروق دالة إحصائية بين المتوسطين (20.65°م مقابل 20.81°م) بقيمة $T=-1.694$ و $\text{Sig}=0.095 > 0.05$.
جدول (3) نتائج اختبار (T-Test) للفروق في محطة اجدابيا بين الفترتين (1991-1959) و (1992-2024)

الفترة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة T	Sig	القرار
1991-1959	33	20.65	0.354	-1.694	0.095	غير دال
2024-1992	33	20.81	0.401			

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (2024-1959)، وتحليل SPSS V.26.

تشير النتيجة (عدم دلالة الانحدار وعدم دلالة T) إلى وجود استقرار نسبي في المتوسط السنوي للحرارة في اجدابيا على مدى 66 سنة، مع ميل طفيف للارتفاع مقداره 0.04°م/عقد . وهذا يتوافق مع دراسة المريمي وشلغوم (2022) في غدامس التي لم تجد فروقاً معنوية، ويختلف عن الاتجاه العام في ليبيا الذي رصده الملبان (2024). ويبرز هذا التباين أهمية التحليل الفصلي، حيث قد يخفي المتوسط السنوي تبايناً فصلياً دالاً، وهو ما سيتم اختباره في المحور التالي.

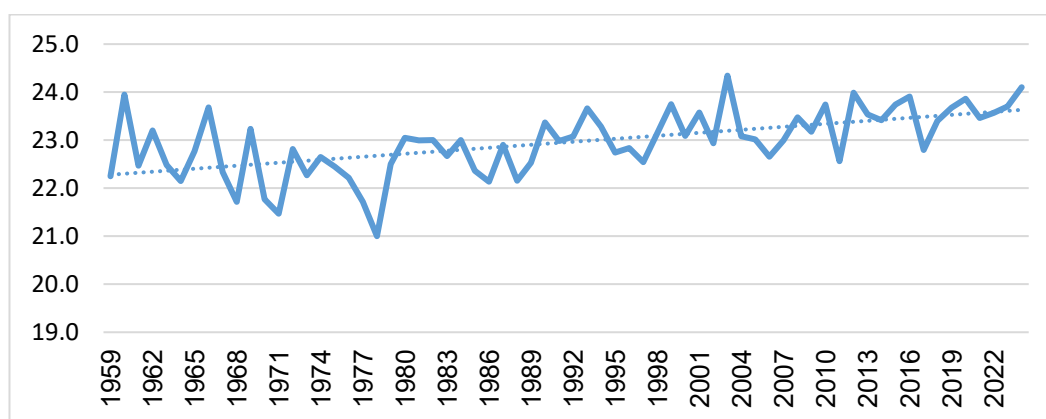
ثانياً: التغير في متوسطات درجات الحرارة الفصلية في محطة اجدابيا (1959-2024)

1. فصل الخريف (1959 – 2024)

أ. اتجاه التغير في متوسطات حرارة فصل الخريف:

من الشكل (2) والجدول (4) أظهرت نتائج الانحدار الخطي وجود اتجاه تصاعدي قوي ودال إحصائياً في متوسط حرارة فصل الخريف، حيث بلغ المتوسط 22.96°C بانحراف معياري 0.68°C ، ومعامل ارتباط قوي ($R=0.58$) ونسبة تباين مفسر ($R^2=0.33$) أي أن عامل الزمن يفسر 33% من التباين، وهي نسبة عالية مناخياً. وبلغ معامل الانحدار ($b=0.020^{\circ}\text{C}/\text{سنة}$) أي $0.20^{\circ}\text{C}/\text{م}$ عقد بمستوى دلالة ($\text{Sig}=0.000 < 0.05$)، وهو اتجاه دال إحصائياً.

وهذه النتيجة تؤكد الفرضية الثانية (H_1) بوجود تباين فصلي، حيث لم يكن الاتجاه السنوي دالاً، بينما الخريف دال بقوة. ويتفق هذا مع طبيعة خليج سرت حيث يعد الخريف فصل التسخين المتأخر للبحر.



شكل (2) اتجاه التغير في متوسطات درجات الحرارة لفصل الخريف بمحطة اجدابيا (1959-2024).
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine

جدول (4) تحليل اتجاه حرارة فصل الخريف بمحطة اجدابيا (1959-2024)

العنصر	متوسط درجة الحرارة (a)	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R^2)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الإحصائية (sig)
فصل الخريف	22.96	0.68	0.58	0.33	0.020	0.000

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (1959-2024)، وتحليل SPSS V.26.

ب. اختبار اعتدالية البيانات:

أظهرت نتائج اختبار كولموجروف-سميرنوف جدول (5) ان بيانات حرارة فصل الخريف تتبع التوزيع الطبيعي، حيث بلغت قيمة الدلالة الإحصائية ($\text{Sig}=0.200$) وهي أكبر من مستوى الدلالة (0.05)، مما يسمح بإجراء الاختبارات المعلمية.

جدول (5) نتائج اختبار اعتدالية توزيع حرارة فصل الخريف للفترة (1959-2024)

الاختبار	التحليل	درجة الحرية (df)	مستوى المعنوية (sig)	القرار
كلوموجروف – سيمنروف	0.067	66	0.200	البيانات تتبع التوزيع الطبيعي

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (1959-2024)، وتحليل SPSS V.26.

ج. اختبار اعتدالية الفروق:

وتشير نتائج الجدول (6) إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى 0.01 بين متوسطي حرارة فصل الخريف للفترتين، حيث بلغت قيمة T (-5.838) بدالة (0.000)، مما يؤكد ارتفاع حرارة الخريف في الفترة الثانية بفارق (0.79°م).

جدول (6) نتائج اختبار (T-Test) لدلالة الفروق بين متوسطي حرارة فصل الخريف للفترتين (1959-1991 و (1991-2024)

الفترة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة T	Sig	القرار
1991-1959	33	22.57	0.630	-5.838	0.000	دال
2024-1992	33	23.36	0.462			

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (2024-1959)، وتحليل SPSS V.26.

نستنتج مما سبق أنه بينما كان المتوسط السنوي مستقراً (غير دال)، فإن فصل الخريف يتعرض لاحتراق دال بمقدار 0.20°م/عقد. وهذا يفسر لماذا كان R^2 السنوي 5% فقط، بينما الخريف 33%، لأن الاحتراق الفصلي كان مخفياً داخل المتوسط السنوي.

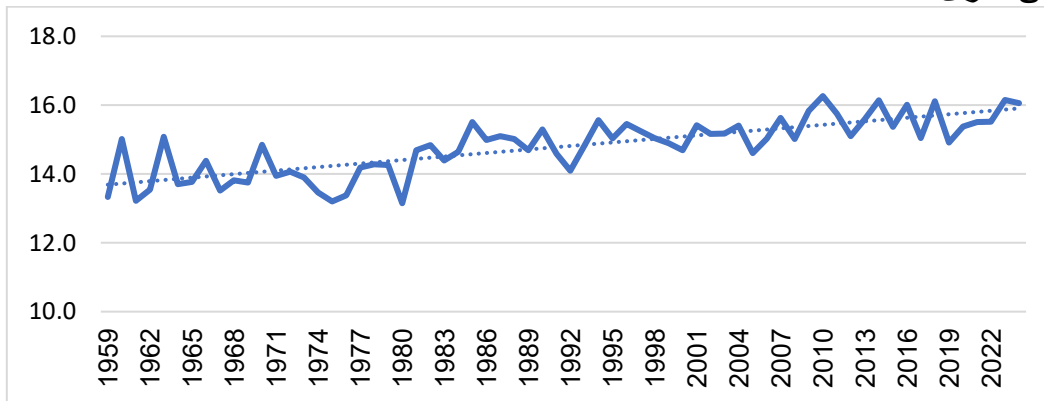
ويرتبط هذا بنتائج خير الله (2019) في سرت التي رصدت تناقص الأمطار بعد التسعينيات، حيث يؤدي تأخر التبريد الخريفي إلى إطالة فصل الجفاف. كما أن زيادة 0.79°م في الخريف لها انعكاسات تطبيقية مباشرة على استهلاك الطاقة للتبريد في إجدابيا وعلى الموسم الزراعي. وهذا يحقق هدف الدراسة الثاني ويثبت H1 للفرضية الفصلية.

2. فصل الشتاء (1959 – 2024)

أ. اتجاه التغير في متوسطات حرارة فصل الشتاء:

أظهرت نتائج الشكل (3) والجدول (7) وجود اتجاه تصاعدي قوي جداً ودال إحصائياً في حرارة الشتاء، حيث بلغ المتوسط 14.80°م بانحراف 0.82°م، ومعامل ارتباط قوي جداً ($R=0.79$) ونسبة تباين مفسر ($R^2=0.62$) أي أن الزمن يفسر 62% من التباين - وهي أعلى نسبة في الدراسة. وبلغ معامل الانحدار ($b=0.034$ °م/سنة) أي 0.34°م/عقد بمستوى دلالة ($Sig=0.000$).

يمثل هذا المعدل أعلى قيم الاحتراق المسجلة بين فصول السنة في محطة إجدابيا، بما يشير إلى تميز فصل الشتاء بارتفاع حراري أكبر خلال فترة الدراسة. وتتفق هذه النتيجة جزئياً مع ما توصلت إليه بعض الدراسات المناخية في ليبيا، ومنها دراسة (عثمان، 2023) التي أظهرت، في إطار نمذجة درجات الحرارة المستقبلية بمنطقة الزاوية، اتجاهاً نحو ارتفاع درجات الحرارة في فصلي الشتاء والربيع. ومع ذلك، سجلت الدراسة ارتفاعاً أكبر في فصل الربيع مقارنة بالشتاء، وهو ما يؤكد اختلاف أنماط الاحتراق الموسمي من منطقة إلى أخرى.



شكل (3) اتجاه التغير في متوسطات درجات الحرارة لفصل الشتاء بمحطة إجدابيا (2024-1959).

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine

جدول (7) تحليل اتجاه حرارة فصل الشتاء بمحطة اجدابيا (1959-2024)

العنصر	متوسط درجة الحرارة (a)	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R^2)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الإحصائية (sig)
فصل الشتاء	14.80	0.82	0.79	0.62	0.034	0.000

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (1959-2024)، وتحليل SPSS V.26.

ب. اختبار اعتدالية البيانات:

أظهر اختبار Kolmogorov-Smirnov جدول (8) أن البيانات على حدود الاعتدالية ($\text{Sig}=0.05$) وهي مقبولة لتطبيق T-Test.

جدول (8) نتائج اختبار اعتدالية توزيع حرارة فصل الشتاء للفترة (1959-2024)

الاختبار	التحليل	درجة الحرية (df)	مستوى المعنوية (sig)	القرار
كلوموجوروف – سيمنروف	0.110	66	0.05	البيانات تتبع التوزيع الطبيعي

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (1959-2024)، وتحليل SPSS V.26.

ج. اختبار اعتدالية الفروق:

وأظهر اختبار T جدول (9) فرقاً دالاً وكبيراً جداً، حيث ارتفع متوسط الشتاء من 14.24°C إلى 15.36°C بزيادة قدرها 1.12°C بين الفترتين، بقيمة $T=-7.582$ و $\text{Sig}=0.000$.

جدول (9) نتائج اختبار (T-Test) لدلالة الفروق بين متوسطي حرارة فصل الخريف للفترتين (1959-1991) و (1991-2024)

الفترة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة T	Sig	القرار
1991-1959	33	14.24	0.681	-7.582	0.000	دال
2024-1992	33	15.36	0.512			

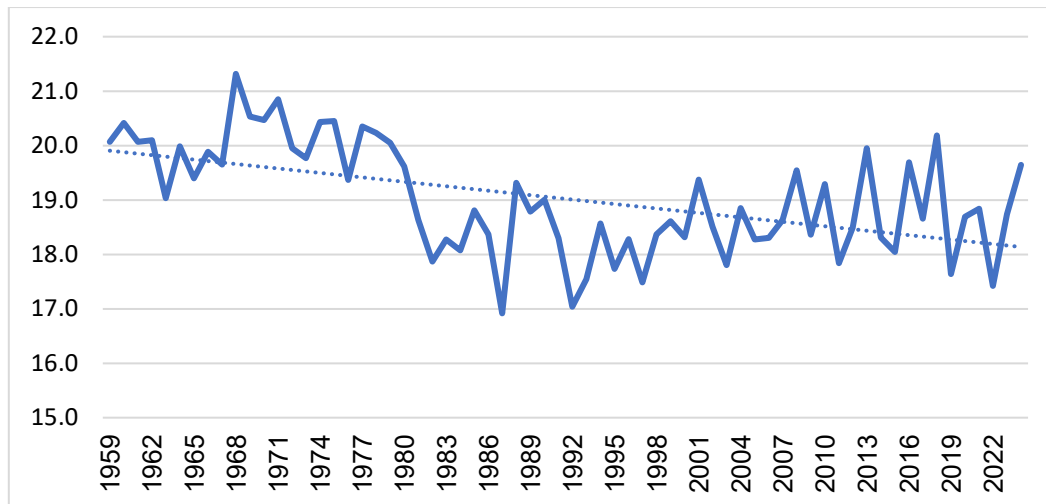
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (1959-2024)، وتحليل SPSS V.26.

ويتضح مما سبق أن فصل الشتاء يعد أكثر فصول السنة احتراراً في اجدابيا، حيث سجل أعلى معامل انحدار ($0.34^\circ\text{C}/\text{مقعد}$) وأعلى نسبة تباين مفسر (62%). وتعزى هذه الزيادة إلى ظاهرة الاحترار الشتوي المسجلة في حوض البحر المتوسط، حيث يساهم ارتفاع حرارة مياه المتوسط في تدفئة الهواء الساحلي شتاءً. ويتوافق هذا مع دراسة بني وليد التي سجلت احتراراً شتوياً، إلا أن قيمته في اجدابيا أعلى بسبب الموقع الساحلي. كما أن زيادة 1.12°C في الشتاء تعني انخفاض الطلب على التدفئة، وزيادة التبخر الشتوي، وتغير في فترة السكون للمحاصيل الشتوية.

3. فصل الربيع (1959 – 2024):

أ. اتجاه التغير في متوسطات حرارة فصل الربيع:

أظهرت النتائج في الشكل (4)، والجدول (10) اتجاهات تنازلياً (تبريداً) دالاً إحصائياً في حرارة الربيع، حيث بلغ المتوسط 19.02°C ، بمعامل ارتباط ($R=0.52$) وتباين مفسر ($R^2=0.27$)، ومعامل انحدار سالب ($b=-0.028^\circ\text{C}/\text{سنة}$) أي $-0.28^\circ\text{C}/\text{مقعد}$ بمستوى دلالة ($\text{Sig}=0.000$). وهذا اتجاه تنازلي دال إحصائياً، وهو عكس الشتاء والخريف تماماً.



شكل (4) اتجاه التغير في متوسطات درجات الحرارة لفصل الربيع بمحطة اجدابيا (2024-1959).
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine

جدول (10) تحليل اتجاه حرارة فصل الربيع بمحطة اجدابيا (2024-1959)

العنصر	متوسط درجة الحرارة (a)	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R^2)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الإحصائية (sig)
فصل الشتاء	19.02	1.02	052	0.27	-0.028	0.000

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (2024-1959)، وتحليل SPSS V.26.

ب. اختبار اعتدالية البيانات:

أظهرت نتائج اختبار (Kolmogorov-Smirnov) اعتدالية مقبولة للبيانات جدول (11) Sig=0.083.

جدول (11) نتائج اختبار اعتدالية توزيع حرارة فصل الربيع للفترة (2024-1959)

الاختبار	التحليل	درجة الحرية (df)	مستوى المعنوية (sig)	القرار
كلوموجوروف – سيمنروف	0.102	66	0.083	البيانات تتبع التوزيع الطبيعي

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (2024-1959)، وتحليل SPSS V.26.

ج. اختبار اعتدالية الفروق:

وأظهر اختبار T جدول (12) فرقاً دالاً، حيث انخفض المتوسط من 19.54°م إلى 18.51°م بتراجع -1.03°م، بقيمة T=4.706 و Sig=0.000.

جدول (12) نتائج اختبار (T-Test) لدلالة الفروق بين متوسطي حرارة فصل الربيع للفترتين (1959-1991) و (1992-2024)

الفترة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة T	Sig	القرار
1991-1959	33	19.54	0.985	4.706	0.000	دال
2024-1992	33	18.51	0.770			

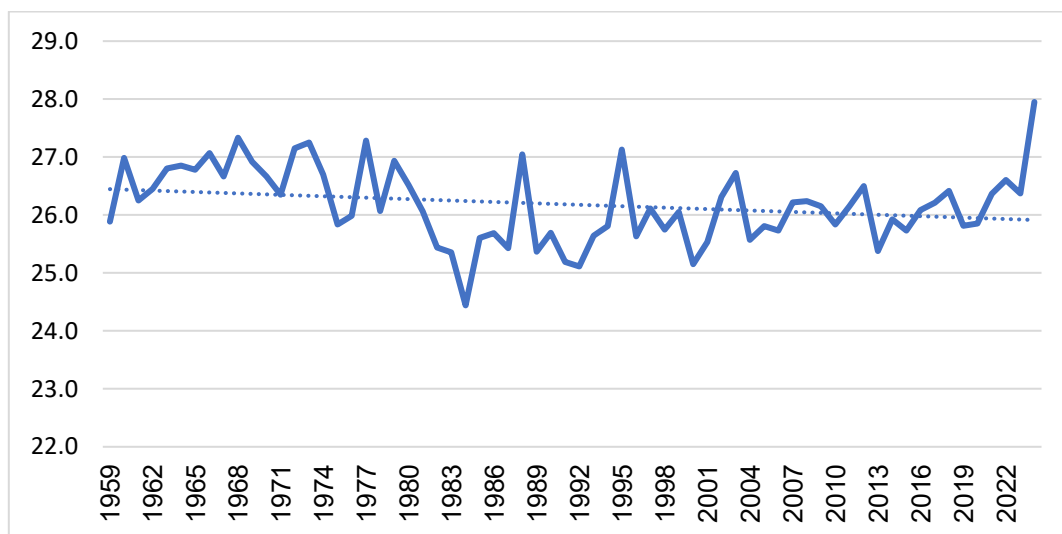
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (2024-1959)، وتحليل SPSS V.26.

من خلال ما تقدم يتضح ان نتائج فصل الربيع اظهرت اتجاها تنازليا دال احصائياً بمقدار - 0.28م/عقد، بعكس فصلي الشتاء والخريف اللذين سجلا احتراراً. ويفسر هذا التبريد الربيعي سبب عدم دلالة الاتجاه السنوي، حيث عمل على موازنة الاحترار الشتوي والخريفي، ويؤكد هذا التباين صحة الفرضية H1 بوجود تباين فصلي دال، ويبرز خصوصية محطة اجدابيا الساحلية شبه الصحراوية مقارنة بالمحطات الداخلية.

4. فصل الصيف (1959 – 2024):

أ. اتجاه التغير في متوسطات حرارة فصل الصيف:

أظهرت النتائج بالشكل (5)، والجدول (13) اتجاهاً تنازلياً ضعيفاً في حرارة الصيف، بمتوسط 26.18م° وانحراف 0.66م°، ومعامل ارتباط ضعيف ($R=0.246$) وتباين مفسر منخفض ($R^2=0.06$) أي أن الزمن يفسر 6% فقط من التباين، ومعامل انحدار ($b=-0.008$ م/سنة) أي -0.08م°/عقد، بمستوى دلالة ($Sig=0.047$).



شكل (4) اتجاه التغير في متوسطات درجات الحرارة لفصل الربيع بمحطة اجدابيا (1959-2024).
المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine

جدول (13) تحليل اتجاه حرارة فصل الصيف بمحطة اجدابيا (1959-2024)

العنصر	متوسط درجة الحرارة (a)	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R^2)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الإحصائية (sig)
فصل الشتاء	26.18	0.66	0.246	0.060	-0.008	0.047

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (1959-2024)، وتحليل SPSS V.26.

ب. اختبار اعتدالية البيانات:

أظهر اختبار (Kolmogorov-Smirnov) جدول (14) اعتدالية البيانات ($Sig=0.200$)، وبالتالي نستخدم اختبار (t- test).

جدول (14) نتائج اختبار اعتدالية توزيع حرارة فصل الصيف للفترة (1959-2024)

الاختبار	التحليل	درجة الحرية (df)	مستوى المعنوية (sig)	القرار
كلوموجروف – سيمنروف	0.083	66	0.200	البيانات تتبع التوزيع الطبيعي

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (1959-2024)، وتحليل SPSS V.26.

ج. اختبار اعتدالية الفروق:

واظهر اختبار T جدول (15) عدم وجود فروق دالة إحصائية بين الفترتين، حيث بلغ المتوسط في الفترة الأولى 26.32°م بانحراف 0.738، وفي الفترة الثانية 26.05°م بانحراف 0.559، بفارق -0.27°م، بقيمة T=1.617 ومستوى دلالة ($\text{Sig}=0.111 > 0.05$)، والقرار غير دال إحصائياً.

جدول (15) نتائج اختبار (T-Test) لدلالة الفروق بين متوسطي حرارة فصل الصيف للفترتين (1959-1991) و (1992-2024)

الفترة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة T	Sig	القرار
1991-1959	33	26.32	0.738	1.617	0.111	غير دال
2024-1992	33	26.05	0.559			

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات منصة Climate Engine (1959-2024)، وتحليل SPSS V.26.

يعد الصيف الفصل الوحيد المستقر في اجدابيا، حيث أظهر R^2 تبايناً مفسراً 6% فقط، والفرق بين الفترتين غير دال. ويعزى هذا الاستقرار إلى آلية التنظيم الحراري البحري، حيث تعمل نسائم البحر اليومية وارتفاع الرطوبة على كبح ارتفاع الحرارة صيفاً، بالإضافة إلى تأثير الغبار الصحراوي. وتتفق هذه النتيجة مع طبيعة المناخ الساحلي شبه الصحراوي حيث يكون الصيف مستقراً حرارياً بينما يحدث التغير الأكبر في الشتاء. وهذا يؤكد أن عدم دلالة المتوسط السنوي ناتج عن استقرار الصيف وتبريد الربيع اللذين عوضا احترار الشتاء والخريف.

نتائج الدراسة

تكشف نتائج الدراسة (1959-2024) عن نمط مناخي معقد في محطة اجدابيا يتمثل في التباين الفصلي الحاد مقابل الاستقرار السنوي الظاهري، وهذا يعد دليلاً واضحاً على أثر التغيرات المناخية على المنطقة ككل، وهي الظاهرة التي تمثل الإضافة العلمية الرئيسية لهذه الدراسة

- أظهرت نتائج تحليل الاتجاهات الحرارية في محطة اجدابيا خلال الفترة 1959–2024 تبايناً واضحاً بين السلوك الحراري السنوي والفصلي، حيث اتسم الاتجاه السنوي بالضعف، في حين برزت اتجاهات فصلية متباينة في مقدارها واتجاهها ودلالاتها الإحصائية.
- بلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة 20.61°م، وسجل اتجاه تصاعدياً بمعدل 0.004°م/سنة، أي نحو 0.04°م/عقد، إلا أن هذا الاتجاه لم يكن دالاً إحصائياً عند مستوى 0.05 ($p = 0.070$). كما بلغ الفرق بين متوسطي الفترتين 0.16°م، ولم يكن هذا الفرق دالاً إحصائياً ($p = 0.242$).
- سجل الشتاء أقوى اتجاه تصاعدي بين الفصول، بمعدل 0.34°م/عقد وزيادة إجمالية بلغت 1.12°م بين الفترتين، وكان الاتجاه دالاً إحصائياً بدرجة عالية ($p < 0.001$)، مع قيمة $R^2 = 0.62$ ، بما يعكس قوة الارتباط الخطي بين الزمن ودرجات الحرارة الشتوية ضمن النموذج المستخدم.
- اتجه الخريف نحو الارتفاع بمعدل 0.20°م/عقد، وبزيادة قدرها 0.79°م بين الفترتين، وكان الاتجاه دالاً إحصائياً بدرجة عالية ($p < 0.001$).

5. اتخذ الربيع اتجاهًا تنازلياً بمعدل -0.28° م/عقد، مع انخفاض إجمالي بلغ 1.03° م بين الفترتين، وكان الاتجاه دالاً إحصائياً بدرجة عالية ($p < 0.001$)
6. سجل الصيف اتجاهًا تنازلياً ضعيفاً بلغ -0.08° م/عقد، إلا أن الفرق بين الفترتين لم يكن دالاً إحصائياً عند مستوى 0.05 ($p = 0.111$) ، بما يشير إلى استقرار نسبي في السلوك الحراري الصيفي خلال فترة الدراسة.
7. تكشف النتائج الفصلية عن عدم تجانس موسمي واضح في الاتجاهات الحرارية؛ إذ اتجه الشتاء والخريف نحو الارتفاع، بينما اتجه الربيع نحو الانخفاض، في حين لم يسجل الصيف تغيراً ذا دلالة إحصائية. وقد أسهم هذا التباين في إضعاف الإشارة الحرارية على المستوى السنوي، وهو ما يفسر عدم دلالة الاتجاه السنوي رغم وجود اتجاهات فصلية دالة إحصائياً.
8. تعكس النتائج، في مجملها، أن توصيف التغير الحراري في محطة أجديبا يتطلب الجمع بين التحليل السنوي والفصلي؛ إذ إن المتوسط السنوي، بوصفه قيمة تجميعية، قد يحجب تحولات حرارية متباينة الاتجاه والمقدار تحدث على المستوى الفصلي.

التوصيات

استناداً إلى النتائج التي توصلت إليها الدراسة، يمكن تقديم التوصيات الآتية:

1. تعزيز التحليل المناخي على المستوى الفصلي باعتماد التحليلين الفصلي والسنوي معاً عند دراسة الاتجاهات الحرارية في أجديبا، نظراً إلى التباين الواضح بين الاتجاه السنوي والاتجاهات المسجلة خلال الفصول.
2. توسيع نطاق الرصد المناخي عن طريق دعم محطات الرصد المناخي في منطقة أجديبا والمناطق المجاورة، بما يسهم في تحسين التغطية المكانية والزمانية للبيانات، والتحقق من مدى امتداد الاتجاهات المسجلة إلى المناطق المحيطة.
3. التحقق من الاتجاهات باستخدام طرائق إحصائية متعددة مثل اختبار مان-كندال ومقدّر ميل سين، للتحقق من متانة الاتجاهات المكتشفة، مع مراعاة الارتباط الذاتي في السلاسل الزمنية والتجانس الإحصائي للبيانات.
4. دراسة العوامل المرتبطة بالتباين الحراري الفصلي عن طريق تحليل العلاقة بين درجات الحرارة والعناصر المناخية الأخرى، ولا سيما الإشعاع الشمسي، والغطاء السحابي، والغبار، والرياح، والرطوبة، بهدف اختبار التفسيرات المحتملة للاتجاه التنازلي المسجل خلال الربيع والاتجاهات التصاعدية خلال الشتاء والخريف.
5. توسيع التحليل ليشمل درجات الحرارة العظمى والصغرى من خلال دراسة الاتجاهات الزمنية لكل من درجات الحرارة العظمى والصغرى، إلى جانب المدى الحراري اليومي، للكشف عن أوجه الاختلاف في سلوك المكونات الحرارية وعدم الاقتصار على المتوسطات الحرارية.
6. إجراء مقارنات مكانية وزمانية وذلك من خلال مقارنة نتائج محطة أجديبا بنتائج محطات مناخية أخرى في شمال شرق ليبيا ومنطقة خليج سرت، مع توحيد الفترات الزمنية وطرائق التحليل، لتحديد الخصائص المحلية والمشاركة للاتجاهات الحرارية.
7. تحديث السلاسل الزمنية بصورة دورية من خلال مواصلة تحديث بيانات درجات الحرارة وإعادة تحليلها على فترات منتظمة، بما يتيح رصد التغيرات اللاحقة والتحقق من استمرارية الاتجاهات أو تغيرها.

8. التوسع في دراسة الدلالات المناخية وذلك عن طريق بحث انعكاسات التباين الحراري الفصلي على الموارد المائية والأنشطة الزراعية والطلب على الطاقة، بالاستناد إلى بيانات مستقلة ومؤشرات ملائمة لكل قطاع، دون افتراض وجود علاقة سببية قبل اختبارها.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية:

1. أمانة التخطيط - مصلحة المساحة، (1978)، الأطلس الوطني.
 2. موسى، علي (2004) اساسيات علم المناخ، دار الفكر، دمشق.
 3. عثمان، أسمهان علي. (2023). تحليل ونمذجة درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099 باستخدام التقنيات المكانية [أطروحة دكتوراه، جامعة الزاوية].
 4. عثمان، اسمهان علي وآخرون (2023)، الاسقاطات المستقبلية لدرجة الحرارة العظمي في محطة ارساد زوارة للفترة 1961-2050 وأثرها في التطرف الحراري، مجلة باحات، كلية الآداب، جامعة سرت.
 5. ابوشعالة، أحمد حسن، وعبدالمولي، رمضان عبدالمولي (2025)، تحليل اتجاهات التغير في درجات الحرارة في منطقة بني وليد خلال الفترة 1959-2024، المجلة الليبية للدراسات الاكاديمية المعاصرة.
 6. على، جمعة المليان (2024)، تحليل متوسط درجات الحرارة في ليبيا وفق بيانات (CCKP) خلال الفترة 1901-2022، مجلة جامعة بني وليد للعلوم الانسانية والتطبيقية، المجلد التاسع، العدد الخامس، 2024.
 7. المريمي، امال البشير، وايمان ابو القاسم شلغوم (2022)، أثر التغير المناخي في المعدلات الفصلية والسببية لدرجات الحرارة بمحطة غدامس للفترة من 1971-2020، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، العدد الثاني.
 8. سليم علي مصطفى، وعادل احمد حويل (2024)، تحليل اتجاهات درجات الحرارة في منطقة شحات بشمال شرق ليبيا للمدة 1970-2020، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، المجلد الرابع، العدد الثاني.
- ثانياً: المراجع الأجنبية

9. Francis, D., & Fonseca, R. (2024). Recent and projected changes in climate patterns in the Middle East and North Africa (MENA) region. Scientific Reports, 14, Article 10279. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60976-w>
10. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (H. Lee & J. Romero, Eds.). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
11. Lionello, P., & Scarascia, L. (2018). The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. Regional Environmental Change, 18(5), 1481–1493. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1290-1>

4. Urdiales-Flores, D., Zittis, G., Hadjinicolaou, P., Osipov, S., Klingmüller, K., Mihalopoulos, N., Kanakidou, M., Economou, T., & Lelieveld, J. (2023). Drivers of accelerated warming in Mediterranean climate-type regions. npj Climate and Atmospheric Science, 6, Article 97. <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00423-1>

المواقع الالكترونية:

12. Climate Engine <https://app.climateengine.com/climateEngine>

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of JIBAS and/or the editor(s). JIBAS and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.