

Analysis of Annual and Seasonal Temperature Trends at Zuwarah Station for the Period 1951–2020

Dr. Naema Mousa Alshamkh*

Department of Geography, Faculty of Education - Al-Zahraa, Al-Jafara University, Libya

تحليل اتجاهات درجة الحرارة السنوية والفصلية بمحيطة زواره للفترة ما بين 1951-2020م

د. نعيمة موسى الشامخ*

قسم الجغرافيا، كلية التربية - الزهراء، جامعة الجفارة، ليبيا

*Corresponding author: naemaalshamkh@gmail.com

Received: August 25, 2025 | Accepted: November 04, 2025 | Published: November 16, 2025

Abstract:

This study aims to analyze the trends in the temperature changes in Zuwarah region over the period (1951–2020) by examining annual, seasonal, and monthly temperature variations and identifying their trends. The results revealed an increase in the mean maximum temperature in the Zuwarah region. The statistical analysis employed included linear regression model and the (t-test) to determine the significance of the changes.

The study results indicate that there is a statistically significant increasing trend in the annual average temperature for the period (1951–2020). The same pattern were found in the seasonal averages for the period (1986 –2020), where the mean maximum temperature increased by C°2.015 with a correlation coefficient (R^2) of 0.93 and a high statistical significance ($p < 0.001$). The results also showed that the highest rate of increase occurred in the summer season with a rate of C°0.73, while the winter season showed a significant rise in the maximum temperature by C°0.91 at a significance level of 0.023.

Keywords: Trend analysis, Temperature, Zuwarah region, Linear regression, R statistical program (R4.5.1).

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل اتجاهات التغير في درجات الحرارة بمنطقة زواره، للفترة ما بين (1951-2020م)، من خلال تحليل درجات الحرارة الشهرية، والفصلية، والسنوية، ومعرفة خط اتجاهها، ومن ثم الكشف عن معدل التغير الحاصل في درجة حرارة منطقة الدراسة، وذلك بتوظيف التحليل الإحصائي باستخدام الفروق المجمعة ومعامل الانحدار الخطى البسيط واختبار (t-test)، ودللت نتائج الدراسة على وجود اتجاه حراري موجب في درجة الحرارة الصغرى، والعظمى على مستوى دلالة أقل من (0.05)، كما توصلت النتائج إلى وجود فارق بين المتوسطات الفصلية السنوية لصالح الفترة الثانية(1986-2020م)، إذ بلغ الفرق السنوي لدرجة الحرارة الصغرى 2.01°C بمستوى دلالة إحصائية <0.001 ، و 0.93°C لدرجة الحرارة العظمى بمستوى دلالة إحصائية <0.0001 ، مع ظهور تغير ملحوظ في المتوسطات الفصلية لدرجة الحرارة، إذ بلغ أقصى تغير في فصل الخريف لدرجة الحرارة الصغرى حيث كانت الزيادة للفترة الثانية بفارق 0.73°C بمستوى دلالة إحصائية <0.001، وفصل الشتاء لدرجة الحرارة العظمى بفارق 0.91°C بمستوى دلالة 0.023 .

الكلمات المفتاحية: تحليل الاتجاه العام، درجة الحرارة، منطقة زواره، الفروقات التراكمية، الانحدار الخطى البسيط، البرنامج الإحصائي (R4.5.1).

المقدمة

تعد دراسة وتحديد الاتجاه العام للعناصر المناخية من الموضوعات المهمة في الدراسات المناخية التطبيقية، خصوصاً في ظل التغيرات الحديثة التي يشهدها العالم والتي انعكست بوضوح على درجات الحرارة وسائر عناصر المناخ، إذ أسهم ذلك في تزايد الاهتمام بدراسة اتجاهات التغير المناخي خلال العقود الأخيرة ، وترجع هذه التغيرات في درجة الحرارة إلى التوسع وتتنوع النشاط البشري وزيادة معدل الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، واهمها غاز ثاني أكسيد الكربون المسؤول الأول عن 70% من الزيادة في درجة الحرارة بالعالم، إذ أكد التقرير الذي نشرته الهيئة الحكومية المعنية بالمناخ التابعة للأمم المتحدة (IPCC) Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC) في نهاية عام 2007م أن التغير في المناخ العالمي الناتج عن النشاط الإنساني بدأ فعلاً وأن استمرار هذا التغير واحتمالات استجابة المجتمع الدولي له لن تكون سريعة(تقرير الأمم المتحدة،2007، ص30).

تعد درجة الحرارة من أهم المؤشرات الدالة على التغير المناخي العالمي، إذ تمثل وحدة التحكم الرئيسية في الغلاف الجوي لما لها من تأثير في العناصر المناخية الأخرى، فقد اشارت العديد من الدراسات المناخية الحديثة إلى حدوث زيادة في درجة الحرارة الهواء السطحي العالمية من (1950-2005) بمقدار 0.76°C (عزيز، وعبد الله، 2015، 420)، أوضح تقرير المنظمة العالمية للأرصاد الجوية(WMO) أن عام 2019م كان أحر بمقدار 1.1°C مقارنة ما قبل العصر الصناعي، وتمثل الآثار السلبية لارتفاع درجة الحرارة الهواء ارتفاع مستوى سطح البحر بوتيرة متزايدة، وازدياد احتيار مياه المحيطات وذوبان الجليد غرينلاند وتراجع الانهار الجليدية ، الأمر الذي تربت عليها غمر المناطق الساحلية والجزرية، كذلك ازدياد توافر العواصف المدارية وتكرار موجات الحر الشديدة وتغير في انظمة الهطل ، فقد ارتبطت موجات الحر عام 2019م بفترات الجفاف الطويلة بحرائق واسعة في سيبيريا خلال الفترة من يونيو إلى سبتمبر ، وحرائق باستراليا شهر يونيو والتي استمرت حتى يناير وفبراير من عام 2020م ومناطق أخرى في القطب الشمالي، وهو ما عدّ حدثاً غير مسبوق بهذه المناطق (WMO,2019,p3).

وتشير العديد من نماذج محاكاة المناخ إلى أنه من المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة ما بين (1.8-4°C) بحلول 2100م بالمقارنة ما بين 1850-1900م، وحسب التقرير الخامس لمنظمة (IPCC) من المحتمل أن يكون متوسط ارتفاع درجة الحرارة قد يتتجاوز الحد بدرجتين مئويتين بحلول العام 2100م مقارنة مع مستويات ما قبل الصناعة وهي العتبة المنقة عليها في مؤتمر كوبنهاغن لعام 2009م [فياض، 2025، ص160: نقلًا عن ESCWA,2017,p8] ، وتجاوزت متوسطات درجة الحرارة خلال العقد الممتد من 2013-2020م خط الأساس لعصر ما قبل الصناعة (1850-1900) بنحو 1.14°C، إذ ارتفع هذا المتوسط إلى حوالي 1.09°C خلال العقد من (2011-2020)، ووفقاً لتقرير السادس للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ(IPCC) ، فإن هذا الاتجاه يشير إلى استمرار الاحترار العالمي على المدى الطويل، كما أظهرت بيانات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية(WMO) أن عام 2022م يُعد من ضمن الأعوام الأكثر حرارة على الاطلاق خلال الفترة (2015-2022)، إذ تجاوزت فيه درجات الحرارة السنوية السطحية لثمان سنوات متواليات ما قبل عصر الصناعة بأكثر من درجة مئوية واحدة (WMO2023).

وما ليبالى لم تكن بمعزل من تأثيرات التغيرات المناخية خلال العقود الماضية، إذ تقع ضمن منطقة البحر المتوسط التي شهدت زيادة في درجة الحرارة بلغت ما بين 0.2-0.5°C خلال الفترة 1970-2004م (Eitantawi2000:54)، في حين سجلت درجات الحرارة خلال الفترة 2005-2009م زيادة تراوحت ما بين (1.8-2°C)، ومن المحتمل أن تصل الزيادة إلى نحو 2.2°C بحلول عام 2040م، وأن تصل إلى نحو 4°C في منطقة شمال أفريقيا والبحر المتوسط بحلول 2100م (Thiebault&Motti2016) و(IPCC2022) ويقصد باتجاهات التغير في درجة الحرارة التحولات والتغيرات في معدل درجة الحرارة بالمنطقة عن معدلاتها الطبيعية خلال الفترة الأخيرة زيادة أو نقصاناً ومدى صدق هذا التغير.

مشكلة الدراسة:

تحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

- 1- هل يمكن تحليل درجات الحرارة السنوية (الصغرى والعظمى) بمنطقة زواره للمدة 1951-2020م؟
- 2- هل هناك اتجاه نحو الزيادة والنقصان في المعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة (الصغرى والعظمى) في منطقة الدراسة للفترة 1951-2020م؟
- 3- هل يوجد فروق ذات دلالة إحصائية في تغير المعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة بمنطقة زواره للفترة 1951-2020م؟

أهداف الدراسة:

- 1- تحديد طبيعة التغير الذي طرأ على متوسط درجة الحرارة في منطقة الدراسة سنوياً وشهرياً وفصلياً بزيادة والنقصان خلال الفترة 1950-2020م.
- 2- إظهار خصائص درجة الحرارة من حيث توزيعها ومعدلاتها الفصلية والسنوية.
- 3- تحليل اتجاهات درجة الحرارة في منطقة زواره باستخدام الأساليب الإحصائية.

فرضيات الدراسة:

- 1. يمكن تحليل درجات الحرارة السنوية (العظمى والصغرى) بمنطقة الدراسة للفترة 1951-2020م.
- 2. هناك اتجاهات نحو الزيادة والنقصان في المعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة العظمى والصغرى في منطقة الدراسة للفترة 1951-2020م.
- 3. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تغير المتوسطات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى بمنطقة الدراسة للفترة ما بين 1951-2020م.

الحدود المكانية:

تقع منطقة الدراسة في شمال غرب ليبيا وأقصى غرب سهل الجفارة يحدها من الشمال البحر المتوسط وشرقاً ومنطقة العجبلات وراقدالين جنوباً فلكيما تقع على دائرة عرض 32°53' وخط الطول 12°04' خريطة(1)، أما محطة زواره، فتقع على دائرة عرض 32°53' وخط طول 12°05' وتقع على ارتفاع 3م فوق مستوى سطح البحر وتحمل رقم 62007 تم افتتاحها سنة 1945م.

الحدود الزمنية:

اعتمدت الدراسة على بيانات المتوسطات السنوية، والشهرية، والفصلية لدرجة الحرارة الصغرى، والعظمى الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس للفترة من 1950-2020.

خريطة (1) منطقة الدراسة



المصدر: الباحثة باستخدام Gis اعتماداً على (الاطلس الوطني 1978، ص 25).

الدراسات السابقة

- دراسة ناصر (2008) اتجاهات تغير درجة الحرارة في سبها خلال الفترة 1945-2003م نموذج التغيرات المناخية في الصحراء الكبرى، أظهرت نتائج الدراسة إلى حدوث ارتفاع في المتوسطات العامة لدرجة حرارة الصيف، وأن هذا الارتفاع أعلى من الارتفاعات المتوسطات على مستوى العالم، كما توصلت الدراسة إلى أن متوسطات درجة الحرارة العظمى ارتفعت بحوالي 0.8°C خلال مدة الدراسة وهو يفوق معدل الارتفاع في المتوسطات العامة في فصل الصيف، كما شهدت درجات الحرارة الصغرى ارتفاعاً أعلى مما هو مسجل على مستوى العالم بمقدار 1.25°C.
- هدفت دراسة المريمي و شلقوم (2022) أثر التغير المناخي في المعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة بمحطة غدامس للفترة 1971-2020م لدراسة الخصائص الحرارية من خلال تحليل بيانات الحاصلة لدرجة الحرارة الشهرية، والفصلية، والسنوية، ومعرفة خط اتجاهها ومعدل تغيرها، وأظهرت النتائج إلى وجود تغير ملحوظ في المعدلات الفصلية لدرجة الحرارة بلغ أقصاها في فصل الصيف، حيث كانت الزيادة للفترة الثانية بفارق 6.6°C مقارنة بالفترة الأولى بمستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05.

- دراسة الرواندي (2012م)، التغير المناخي لمدينة أربيل من خلال متابعة اتجاهات درجة الحرارة للفترة ما بين 1993-2009م، توصلت الدراسة إلى أن المتوسطات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة تتجه نحو الارتفاع، إضافة إلى ذبذباتها إذ بلغ الفارق بين المتوسطات 2.13م، كما توصلت الدراسة إلى تزايد ارتفاع المتوسطات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى بشكل مستمر ومنتظم خلال فترة الدراسة مقارنة بالمتوسطات الشهرية والسنوية لدرجة الحرارة العظمى.
- دراسة السلطاني(2024م)، أثر التغير المناخي على درجة حرارة الهواء في منطقة النجف الاشرف، هدفت الدراسة إلى تحليل التغير الذي طرأ على درجة حرارة الهواء الاعتيادية والصغرى والعظمى للمدة الممتدة من 1977-2020م، قسمت سنوات الدراسة إلى أربع دورات مناخية كل دورة مناخية تحتوى على إحدى عشرة سنة 11 سنة، توصلت الدراسة إلى أن معامل العام لدرجة الحرارة الهواء الاعتيادية والصغرى للدورات المناخية جميعها سجلت اتجاه موجب وتفاوت معامل الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى بين الزيادة والنقصان فقد سجل معامل الاتجاه العام انخفاضاً في الدورة المناخية الاولى بلغ حوالي (-0.0464)، أما باقي الدورات المناخية، وسجلت ارتفاعاً في الاتجاه العام.

- منهجية الدراسة

اتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي للوصول إلى نتائج علمية دقيقة علمية ومحددة من خلال اختبار الفرضيات؛ اعتماداً على البيانات المناخية من محطة زواره وتحليلها كميا باستخدام برمجية (R4.5.1) و Excel و تتمثل خطواته في الآتي:

أ- البيانات المستخدمة

- البيانات المناخية المتعلقة بالمتوسطات السنوية والشهرية والفصلية لدرجة الحرارة (العظمى والصغرى) في محطة زواره للفترة ما بين (1951-2020م).
- الكتب والنشرات والتقارير والبحوث ذات الصلة بموضوع الدراسة.

ب- الاساليب الاحصائية المستخدمة في تحليل البيانات السنوية والفصلية: للوصول للهدف.

1-المتوسطات المتحركة (Moving Averages) (Moving Averages) تعد من أكثر الوسائل الاحصائية التي يستخدمها المناخيون لدراسة طبيعة الذبذبات المناخية Climatic Fluctuation، وقد طورت كثيراً وأدخل عاملات توزين متعددة Weighing Factors بغرض التخلص من الذبذبات القصيرة في كثيراً من الأحيان على الذذبذبات الطويلة فقتسمها وتختفى معالمها[شحادة، 1991، ص 137]، استخدمت لتحديد طبيعة التغير في المعدلات الفصلية والسنوية لدرجات الحرارة في منطقة زواره للفترة 1951-2020م، من خلال متوسط متحرك لخمسة سنوات .

2- الفروقات المجمعة Cumulated Sums أو الفروقات التراكمية Differences .

استخدمت لكشف عن التغيرات التي حدثت في السلسلة الزمنية لدرجة الحرارة الفصلية والسنوية (الصغرى، والعظمى) خلال فترة الدراسة.

3-الانحدار الخطى البسيط Simple Regression(Simple Regression) استخدام لتوضيح الاتجاه العام General Trend للمعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى في منطقة زواره للفترة 1951-2020م ، معرفة ما إذا كان الاتجاه ذو دلالة إحصائية على اعتبار درجة الحرارة متغيراً تابعاً والسنوات متغيراً مستقلاً وذلك وفق المعادلة التالية.

$$Y=a+bx+e \quad (\text{نعمان عبد شحادة، ص 429})$$

إذ تمثل (Y) المعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة المقدرة، أما(a) فتمثل نقطة تقاطع خط الانحدار مع المحور الرأسى، (b) رجة التغير العام، في حين (x) تمثل السنوات أو الزمن، أما (e) يمثل التغير الحراري الذي لا يرجع إلى وجود اتجاه عام.

4- اختبار T (t-test)

تمت المقارنة بين المتوسطات الحسابية للمعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة بين فترتين متتاليتين (1951-1985)،(1986-2020) لتحديد الاتجاه لكل فترة زمنية زيادةً أو نقصاناً، وما إذا كان الاتجاه على مستوى دلالة إحصائية.

- درجة الحرارة:

يعد التغير في المتوسطات السنوية لدرجة الحرارة من أبرز المؤشرات المناخية التي تعكس حالة النظام المناخي واتجاهاته على المدى الطويل، ولمعرفة ذلك تم تحديد الاتجاه العام لدرجة الحرارة بمنطقة الدراسة وذلك باستخدام المتوسطات المتحركة لكل خمس سنوات، وتحليل الاتجاه العام لدرجة الحرارة بمعامل الانحدار الخطى البسيط، وقسمت فترة إلى فترتين وذلك للمقارنة باستخدام t-test (t-test) لتحديد الاتجاهات السنوية لكل فترة من مراحل الدراسة.

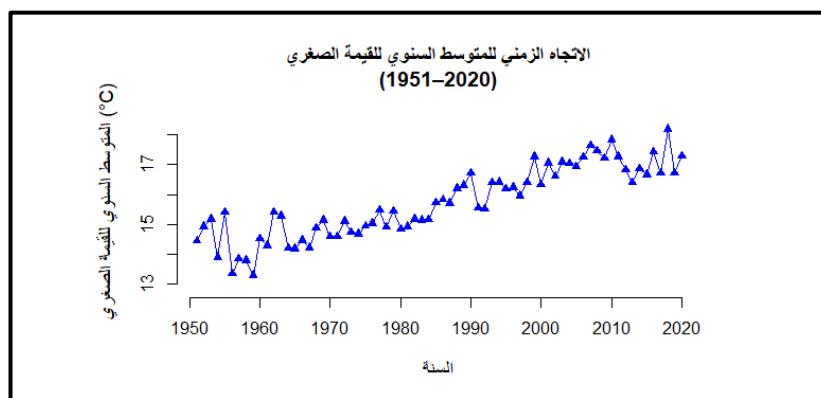
وتشير البيانات الواردة بالجدول(1) أن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى بمنطقة الدراسة تبلغ 15.72م، في حين بلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العظمى 24.70م، إذ تتسنم درجات الحرارة العظمى بتباين منخفض جداً، حيث بلغ الانحراف المعياري 0.75، مما يشير إلى أن التغيرات السنوية لمتوسط درجة الحرارة كانت قليل جداً خلال فترة الدراسة، على النقيض درجة الحرارة الصغرى التي تظهر تشتتاً أكبر ، إذ يبلغ انحرافها المعياري 1.19، مما يدل على التغيرات والتقلبات السنوية في القيم الصغرى كانت أكثر وضوحاً ، كما يظهر الشكل (1) اتجاهها تصاعدياً واضحاً وثابتاً في متوسط درجة الحرارة الصغرى على مدى فترة الدراسة بأكملها. على الرغم من وجود بعض التقلبات السنوية الطفيفة، فإن الخط البياني ينげ بشكل عام نحو الارتفاع، يمكن ملاحظة أن متوسطات درجة الحرارة الصغرى كانت تتراوح في الغالب بين

13 و 15 درجة مئوية في الفترة الأولى من الدراسة (حتى منتصف الثمانينيات)، ثم بدأت في الارتفاع لتصل إلى ما بين 16 و 17 درجة مئوية في السنوات الأخيرة، يشير هذا الاتجاه إلى وجود احتراز ملحوظ في درجات الحرارة الصغرى.

جدول (1) خصائص متوسط درجة الحرارة السنوية لقيمة العظمي والصغرى

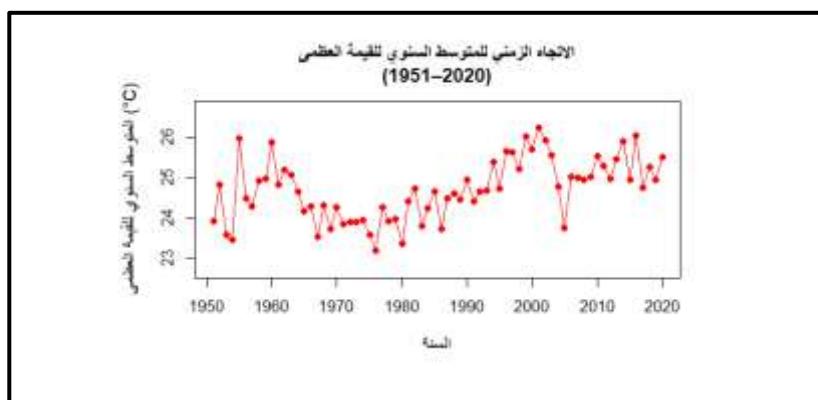
متوسط درجة الحرارة الصغرى السنوي	متوسط درجة الحرارة العظمى السنوى	الخاصية الإحصائية
15.72	24.70	المتوسط (Mean)
1.19	0.75	الانحراف المعياري (SD)
15.53	24.73	الوسيط (Median)
13.29	23.18	الحد الأدنى (Min)
18.19	26.23	الحد الأقصى (Max)

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، باستخدام برنامج (R4.5.1).



شكل(1) اتجاه المتوسط السنوي للدرجة الحرارة الصغرى
المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى مخرجات برنامج (R4.5.1)

بينما يظهر الشكل (2) اتجاهًا أقل وضوحاً وأكثر تذبذباً مقارنةً بالشكل الأول. على الرغم من وجود فترات ارتفاع وانخفاض، لا يوجد اتجاه تصاعدي ثابت على المدى الطويل بنفس وضوح الاتجاه في درجات الحرارة الصغرى، يمكن ملاحظة فترات تراجع في درجات الحرارة العظمى، مثل الفترة بين منتصف السبعينيات و السبعينيات.



شكل (2) الاتجاه الزمني لمتوسط السنوي للدرجة الحرارة العظمى
المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى مخرجات برنامج (R4.5.1).

بناءً على الملاحظات من الشكلين، يتبيّن أن هناك اختلافاً جوهرياً في سلوك درجات الحرارة العظمى والصغرى. بينما تظهر درجات الحرارة الصغرى اتجاهًا واضحًا ومستمرًا نحو الارتفاع، فإن درجات الحرارة العظمى تظهر تقلبات أكبر، هذا يدعم الحاجة إلى اختبار إحصائي للفرضية الثانية (وجود اتجاهات نحو الزيادة أو النقصان) لتأكيد هذه الملاحظات بشكل علمي.

ثالثاً : تحليل الاتجاه الزمني لدرجات الحرارة الشهرية (الصغرى والعظمى)

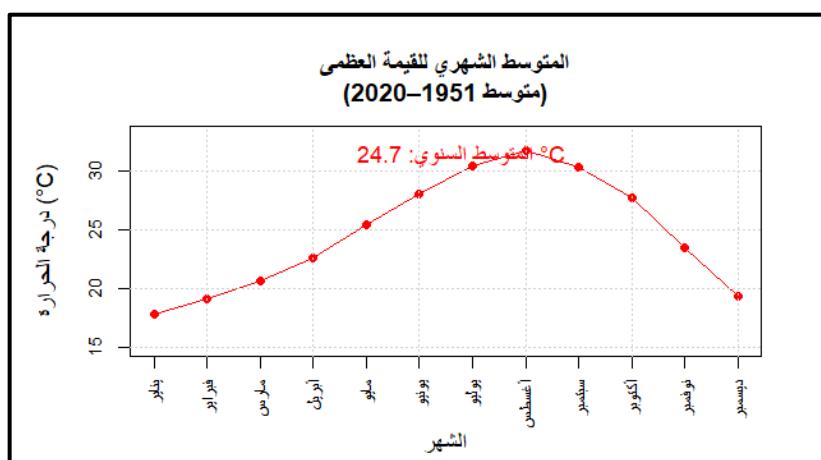
يُظهر الجدول (2) متوسط درجة الحرارة الصغرى أن التغيرات في المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة الصغرى أكبر (انحراف معياري أعلى) مقارنةً بدرجات الحرارة العظمى. هذا يعني أن التقلبات الشهرية في درجات الحرارة الدنيا كانت أكثر وضوحاً. أما الاتجاه التصاعدي الذي لاحظناه سابقاً، فيشير إلى أن الشهور أصبحت بشكل عام أكثر دفئاً على المدى الطويل، خاصةً خلال فترات الليل، وهو ما يدل على تغير مناخي مستمر يؤثر على الأنماط الموسمية.

جدول (2) خصائص درجات الحرارة الشهرية

الخاصية الإحصائية	متوسط درجة الحرارة العظمى الشهرية	متوسط درجة الحرارة الصغرى الشهرية
المتوسط (Mean)	24.70	15.72
(Range)	3.05	4.90
(SD)	0.75	1.19
الاتجاه الزمني	متذبذب	تصاعدية واضحة وثابتة

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى مخرجات برنامج (اصدار R4.5.1)

على النقيض متوسط درجة الحرارة العظمى، ظهر درجات الحرارة العظمى تبايناً أقل بين الشهور، لكن مع اتجاه زمني متذبذب. هذا يشير إلى أن الارتفاع أو الانخفاض في درجات الحرارة العظمى ليس منتظمًا عبر الشهور، مما يدل على أن العوامل التي تؤثر على درجات الحرارة خلال النهار تكون أكثر تعقيدًا وغير مستقرة.

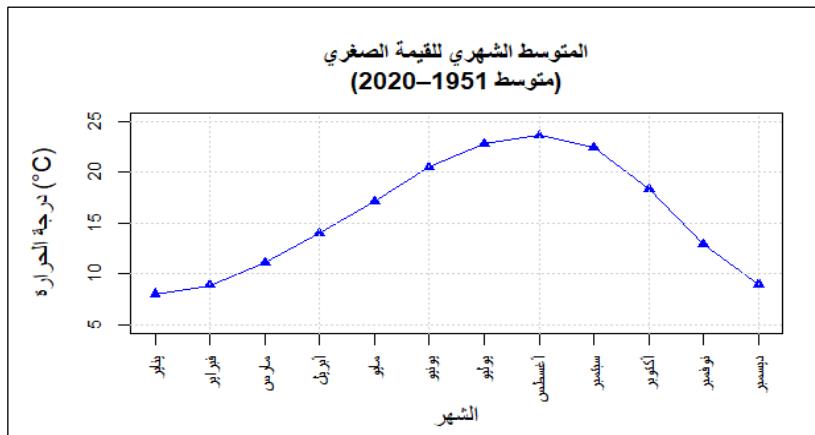


الشكل (3) المتوسط الشهري لدرجة الحرارة العظمى (1951-2020)

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى مخرجات برنامج (اصدار R4.5.1)

يُظهر الشكل (3) النمط السنوي النموذجي لدرجات الحرارة العظمى، والذي يتميز بقلبيات واضحة مرتبطة بالفصول، تبدأ درجات الحرارة في الارتفاع تدريجياً من شهر يناير، إذ تسجل أدنى متوسط شهري لها خلال العام، وتستمر في هذا الارتفاع بشكل مطرد عبر فصل الربيع (مارس، أبريل، مايو).

ويصل الارتفاع إلى ذروته خلال أشهر الصيف، وتحديداً في يوليو وأغسطس، إذ تسجل درجات الحرارة أعلى متوسطاتها الشهرية، لتجاوز 30 درجة مئوية، بعد ذلك تبدأ درجات الحرارة في الانخفاض تدريجياً مع بداية فصل الخريف (سبتمبر، أكتوبر، نوفمبر)، وصولاً إلى أدنى مستوياتها في ديسمبر ويناير، مما يكمل الدورة السنوية، إذ يعكس هذا النمط بوضوح دورة التغيرات الموسمية الطبيعية التي تحدث في المنطقة، حيث تتأثر درجات الحرارة بزاوية سقوط أشعة الشمس وموقع المنطقة من خط الاستواء. هذا التحليل للنمط الموسمي يساعد في فهم السلوك الطبيعي لدرجة الحرارة قبل البدء في دراسة التغيرات طويلة المدى التي قد تكون ناتجة عن عوامل أخرى مثل التغير المناخي.



الشكل (4) المتوسط الشهري للدرجة الحرارة الصغرى (1951-2020)
المصدر: عمل الباحثة استناداً إلى مخرجات برنامج (R4.5.1).

يُظهر الشكل (4) الذي يمثل المتوسط الشهري للقيمة الصغرى نمطاً موسمياً واضحاً للغاية، يعكس تماماً الدورة السنوية لدرجات الحرارة، تبدأ درجات الحرارة الدنيا في الانخفاض لتصل إلى أدنى مستوياتها في شهر يناير، إذ يبلغ متوسطها حوالي 8 درجات مئوية. بعده ذلك، تبدأ في الارتفاع التدريجي مع بداية فصل الربيع، وتستمر في الصعود بشكل ثابت خلال أشهر الصيف. وبعد شهر أبجد الشهور بحسب سيطرة الكتل القطبية الباردة على منطقة حوض البحر المتوسط، وزيادة كمية السحب وانخفاض ساعات سطوع الشمس التي لا يتجاوز متوسطها عن 7 ساعات، وتصل درجة الحرارة أقصاها فصل الصيف؛ وذلك يرجع لزيادة ساعات السطوع الشمسي التي تسجل 11 ساعة وتناقص كمية السحب. (الارصاد الجوية 1951-2020).

ويصل المتوسط الشهري للقيمة الصغرى إلى ذروته في شهر أغسطس، متداولاً 22 درجة مئوية. بعد أغسطس، تبدأ درجات الحرارة في الانخفاض مرة أخرى، لتعود تدريجياً إلى مستوياتها المنخفضة في أشهر الشتاء. هذا النمط الدوري المنتظم يؤكد أن التغيرات الموسمية هي العامل الرئيسي والمحدد للتذبذبات درجات الحرارة الصغرى على المدى القصير (الشهري).

من خلال مقارنة هذا الشكل مع الشكل السابق لدرجات الحرارة العظمى، يتضح أن كلا المتغيرين يتبعان نمطاً موسمياً مشابهاً، إذ تصل ذروة درجات الحرارة في أشهر الصيف، وتتراجع في أشهر الشتاء، ومع ذلك فإن التحليل السابق للاحتجاهات السنوية (الذي أظهر ارتفاعاً واضحاً في درجات الحرارة الصغرى) يشير إلى أن هذه الدورة الموسمية تحدث الآن عند مستويات أعلى مما كانت عليه في بداية فترة الدراسة، مما يؤكد فرضية الاحترار التدريجي في درجات الحرارة الدنيا.

-اتجاهات التغير في درجة الحرارة السنوية بمنطقة الدراسة للفترة (1951-2020)

1- اتجاهات التغير في المتوسطات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى

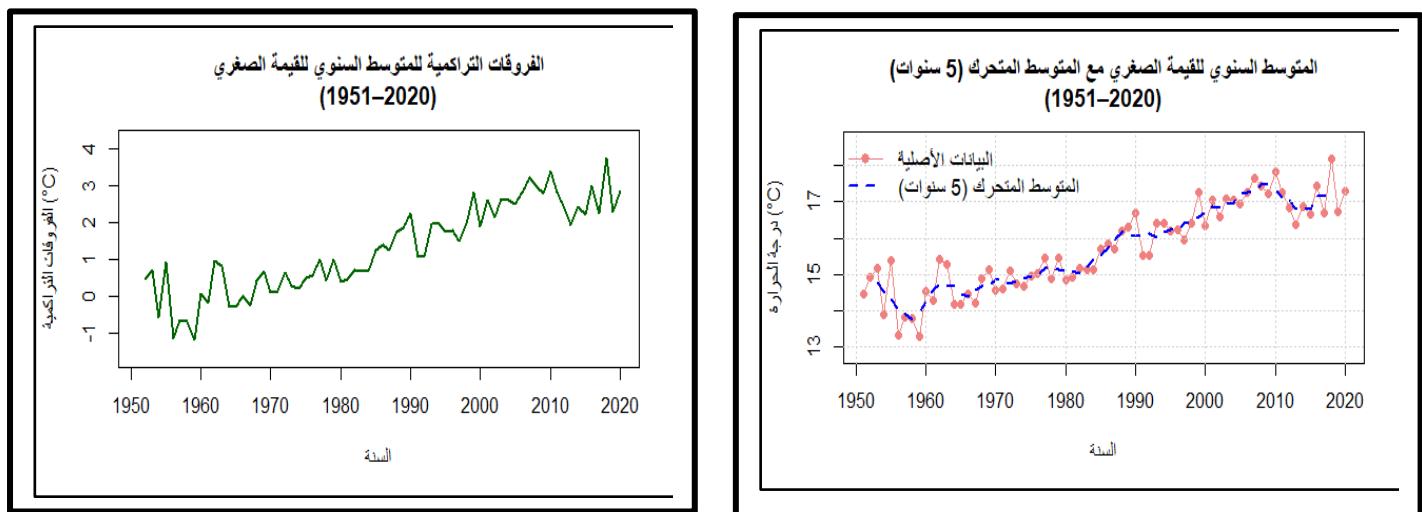
تُعد دراسة الفروقات التراكمية (Cumulative Differences) والمتوسطات المتحركة (Moving Averages) من الأدوات الأساسية في تحليل السلسل الزمنية، إذ يساعد في الكشف عن أنماط التغير التي قد لا تكون واضحة من خلال البيانات الخام.

أ- المتوسطات المتحركة لدرجة الحرارة الصغرى.

من خلال الشكل (5) لوحظ على منحى المتوسطات المتحركة لدرجة الحرارة الصغرى منذ بداية الدراسة إلى نهايتها، إذ بدأ المنحى عند درجة حرارة (13.2) سنة 1959م تم اتجاهه إلى الارتفاع مع التسعينيات حتى بداية الألفية الثالثة إذ وصل 19.19م سنة 2010م، بوجه عام يشير المنحى نحو الزيادة تصاعدياً خلال فترة الدراسة.

ب- الفروقات التراكمية المجمعة :

يتضح من خلال تطبيق الأساليب الإحصائية على بيانات درجات الحرارة الصغرى لمنطقة الدراسة بوضوح وجود اتجاه تصاعدياً ثابتاً ومستمراً في درجات الحرارة من التسعينيات القرن الماضي إلى 2020م، ويُظهر منحني الفروقات التراكمية انحرافاً مستمراً ومحجاً عن الصفر بمزبور الوقت، مما يؤكد ذلك أن الزيادة في درجات الحرارة الصغرى تفوق الانخفاض بشكل مطرد، كما نلاحظ من خط المتوسطات المتحركة الذي يمثل متوسط القيم على فترات زمنية مقطعة دليلاً بصرياً قوياً على هذا الاتجاه التصاعدي، إذ يُظهر ارتفاعاً زمنياً مستمراً ومستقراً من بداية الفترة حتى نهايتها، هذه النتائج تشير بقوة إلى أن منطقة الدراسة شهدت احترازاً ملحوظاً في درجاتها الصغرى على المدى الطويل شكل (6).

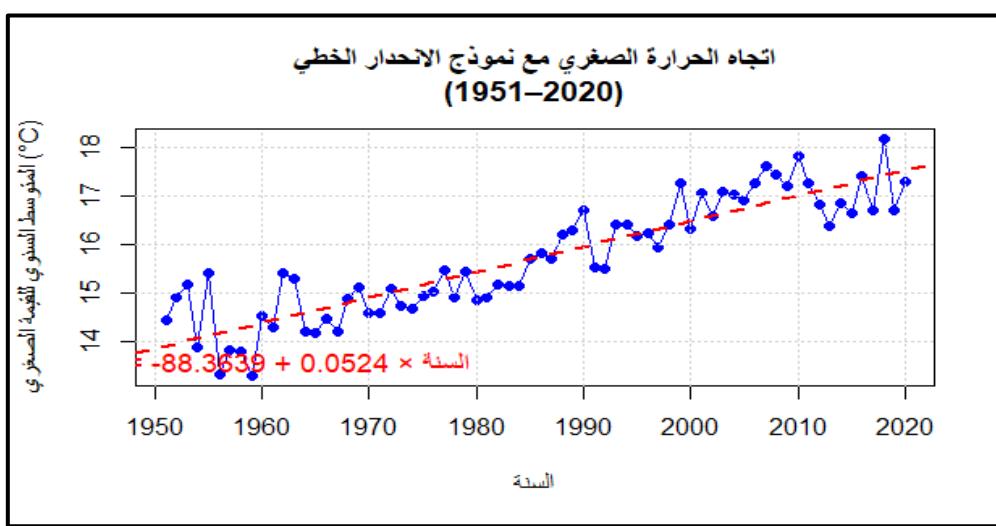


2- الانحدار الخطي البسيط لمتوسط درجة الحرارة السنوية الصغرى:
تم جراء تحليل التوزيع الطبيعي شابيرو- ويلك(Shapiro-Wilk) واختبار كولموغوروف- سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov Test) لبيانات درجة الحرارة السنوية الصغرى وكانت النتائج تتبع التوزيع الطبيعي، فقد أظهرت نتائج الانحدار قيمة موجبة لمعامل التغير(b) بلغت 0.0524، جدول(3)، وهذا يشير إلى أن متوسط درجة الحرارة الصغرى ارتفع بمعدل حوالي 0.052 °م في كل عام خلال فترة الدراسة، عند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.001، وبلغت نسبة التباين المفسر (R^2) نحو 0.8084، أي أن 80.84% من التباين في درجات الحرارة الصغرى تدل وجود اتجاه حراري بمنطقة الدراسة الشكل(7).

جدول (3) الانحدار الخطي لمتوسط السنوي لدرجات الحرارة الصغرى (1951-2020)

نسبة التباين المفسر (R^2)	مستوى الدلالة (p-value)	قيمة T	معامل الانحدار (b)	درجة الحرارة
0.8084	> 0.001 ***	16.94	0.052423	الصغرى

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (R 4.5.1).



شكل (7) الانحدار الخطي المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة زواره
لفترة 1951-2020م

المصدر: من عمل بالاعتماد على بيانات الجدول (3)، باستخدام برنامج (R4.5.1).

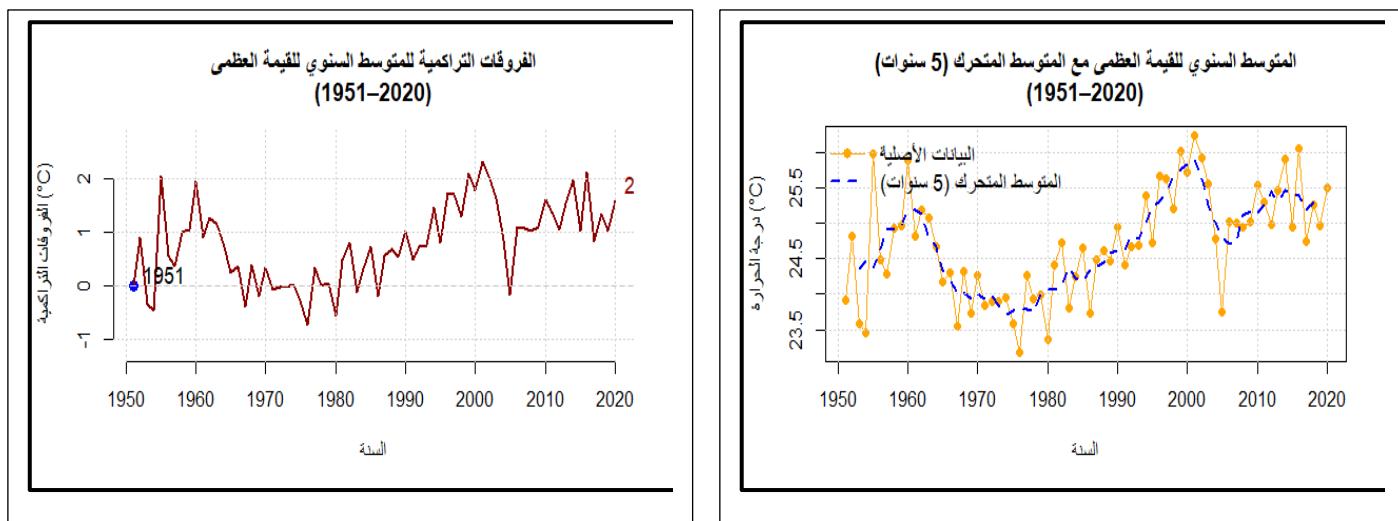
2-اتجاه التغير في المتوسطات السنوية لدرجة الحرارة العظمى.

أ. المتوسطات المتحركة لدرجة الحرارة العظمى.

يلاحظ من الشكل(8) منحى المتوسطات المتحركة السنوية لدرجة الحرارة العظمى الذى يظهر اتجاهها متبيناً واضحاً للزيادة في درجة الحرارة المسجلة في محطة زواره في فترة الدراسة، إذ شهدت المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمى إلى زيادة الواضحة من منتصف الخمسينيات تم اتجاه إلى الانخفاض في بداية الثمانينيات ثم أخذت في الارتفاع، لتعود للانخفاض في سنة 2005 ثم عادت إلى الارتفاع حتى نهاية فترة الدراسة، حيث سجل أعلى ارتفاع لمتوسط درجة الحرارة العظمى في (26.23م) عام 1999 من فيما سجلت سنة 1976 أقل متوسط درجة حرارة عظمى (23.18م).

ب. الفروقات المجمعة والمتوسطات المتحركة:

يظهر منحى الفروقات المجمعة لدرجة الحرارة العظمى السنوية التذبذب بين انخفاض وارتفاع خلال فترة الدراسة، حيث أخذ في الارتفاع بشكل واضح منذ أوآخر عقد نهاية الثمانينيات وببداية التسعينيات حتى 2004م ثم انخفض في 2005م، ثم يعود للارتفاع إلى نهاية فترة الدراسة 2020م، شكل (9).



الشكل (9) الفروقات المجمعة التراكمية لدرجات الحرارة العظمى السنوية للفترة (1951-2020م)
المصدر: عمل الباحثة استناداً إلى بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، باستخدام برنامج R (R4.5.1).

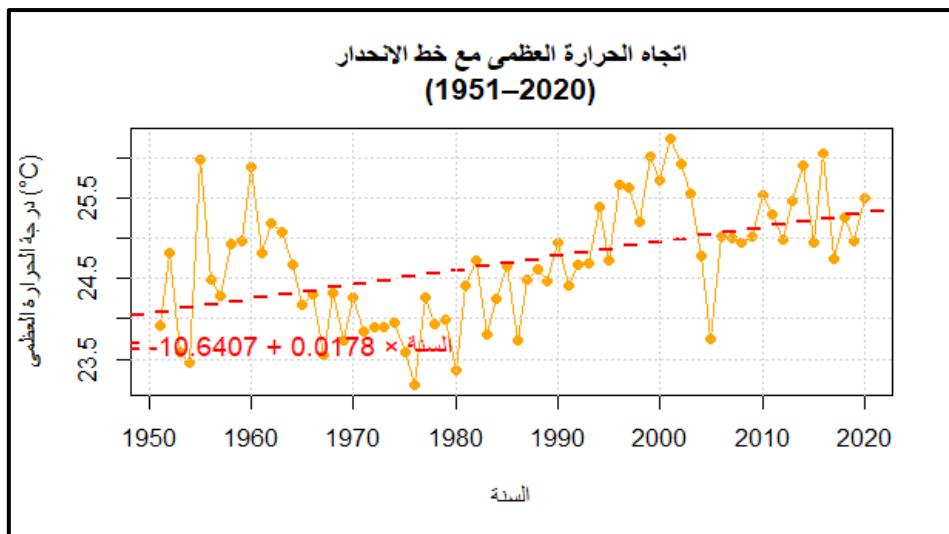
2- الانحدار الخطى لمتوسط درجة الحرارة السنوية العظمى :

أظهر تحليل التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى السنوية أنها تتبع التوزيع الطبيعي عند مستوى دلالة إحصائية أكبر من 0.05، كما أشارت نتائج معامل الانحدار الخطى جدول(4) إلى وجود قيمة موجبة لمعامل التغير(b) بلغت (0.0178)، لتدل على زيادة المعدل السنوى لدرجة الحرارة العظمى أي أن متوسط درجة الحرارة العظمى، قد ارتفع بمعدل (0.018M) في كل عام خلال فترة الدراسة، عند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.001، وقيمة (T) مرتفعة (16.94)، وبلغت نسبة التباين المفسر (R^2) (0.2331)، أي: 23.31% فقط من التباين فى درجات الحرارة تؤكد إلى وجود اتجاه حرارى خلال زمن، وهذا النسبة منخفضة نسبياً مقارنة مع النتائج التي درجة الصغرى، شكل(10).

جدول (4) الانحدار الخطى لمتوسط السنوى لدرجات الحرارة العظمى(1951-2020)

نسبة التباين المفسر (R^2)	مستوى الدلالة (p-value)	قيمة T	معامل الانحدار (b)	درجة الحرارة العظمى
0.2331	0.001>	4.546	0.017802	

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج R (R4.5.1) .



شكل (10) الانحدار الخطي للمعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى في منطقة زواره
المصدر: من عمل بالاعتماد على بيانات الجدول (4)، باستخدام برنامج (R). (R4.5.1).

اختبار t (t-test) :

تم تقسيم فترة الدراسة إلى فترتين زمنيتين الأولى من 1951-1985م والثانية من 1986-2020م، وذلك للكشف عن الفروق بين المتوسطات الحسابية في المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى، وتحديد ما إذا كان هناك فروق ذات دلالة إحصائية، إذ دلت نتائج اختبار (t) على أن هناك فروقاً في المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى بين فترتي الدراسة لصالح الفترة الثانية عند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.001، وكانت الفرق نحو 2.01م، حيث بلغ متوسط درجة الحرارة نحو 14.72م في الفترة الأولى و16.73م في الفترة الثانية من الدراسة 1986-2020م (الجدول 5)، كما كانت الفروق في المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى لصالح الفترة الثانية عند مستوى دلالة 0.0001، فكان الفرق نحو 0.93م، إذ بلغ متوسط درجة الحرارة نحو 24.29م في الفترة الأولى و25.12م في الفترة الثانية، مما يفسر إلى أن الاحترار كان أكثر وضوحاً وقوة في درجات الحرارة في العقود الأخيرة خصوصاً في درجة الحرارة الصغرى لفترة الثانية مقارنة بدرجات الحرارة العظمى.

جدول(5) الفروق في المتوسط الحسابية لدرجة الحرارة السنوية بين فترتي الدراسة

فرق المتوسط	مستوى الدلالة الإحصائية قيمة p	درجات الحرية (df)	إحصائية t	المتوسط السنوي لدرجة الحرارة	فترتا الدراسية	المتغير
C°2.01	0.001>	68	13.558-	C°14.72	1985-1951	درجة الحرارة الصغرى
	0.001>	68	13.558-	C°16.73	2020-1986	
C°0.93	0.0001>	68	5.5402-	C°24.29	198-1951	درجة الحرارة العظمى
	0.0001>	68	5.5402-	C°25.12	2020-1986	

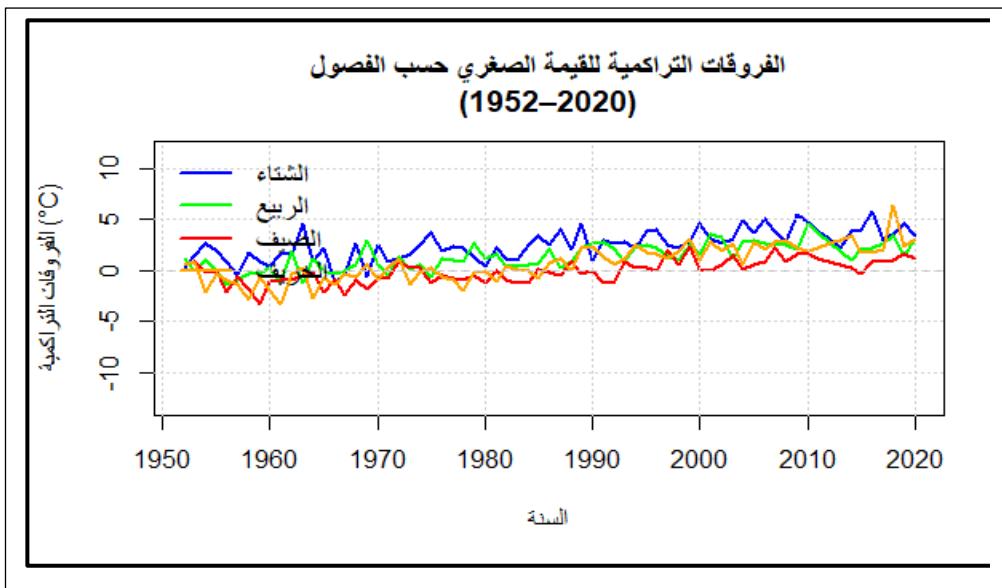
المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (R) 4.5.1.

اتجاهات التغير في درجة الحرارة الفصلية بمنطقة الدراسة للفترة (1951-2020).

أ. اتجاهات التغير في درجة الحرارة الفصلية الصغرى.

1- الفروقات المجمعة والمتوسطات المتحركة لدرجة الحرارة الصغرى الفصلية:

أظهرت منحنيات الفروقات التراكمية (الشكل 11) لدرجة الحرارة الصغراء لدرجة الحرارة الفصلية وهي أداة قوية لتقدير الاتجاهات طويلة المدى وجود اتجاه نحو الزيادة في جميع الفصول ولكنها بدرجة متباعدة، ففي فصلي الشتاء والصيف يظهر منحنى ارتفاعاً مستمراً من عقد التسعينيات إلى نهاية 2020م، مما يدل على وجود اتجاه تصاعدي كبير في درجات الحرارة الصغرى في هذين الفصلين، أما الاعتدالين الخريف والربيع يظهر منحنى الربيع والخريف أيضاً تجاه تصاعدياً ، ولكنه أقل وضوحاً واستمراراً من فصلي الشتاء والصيف بهذه تؤكد الفروقات التراكمية وأن هناك اتجاه نحو الزيادة في درجات الحرارة الصغرى ظاهر شاملة تؤثر في جميع الفصول، ولكنها أكثر وضوحاً من فصلي الشتاء والصيف.



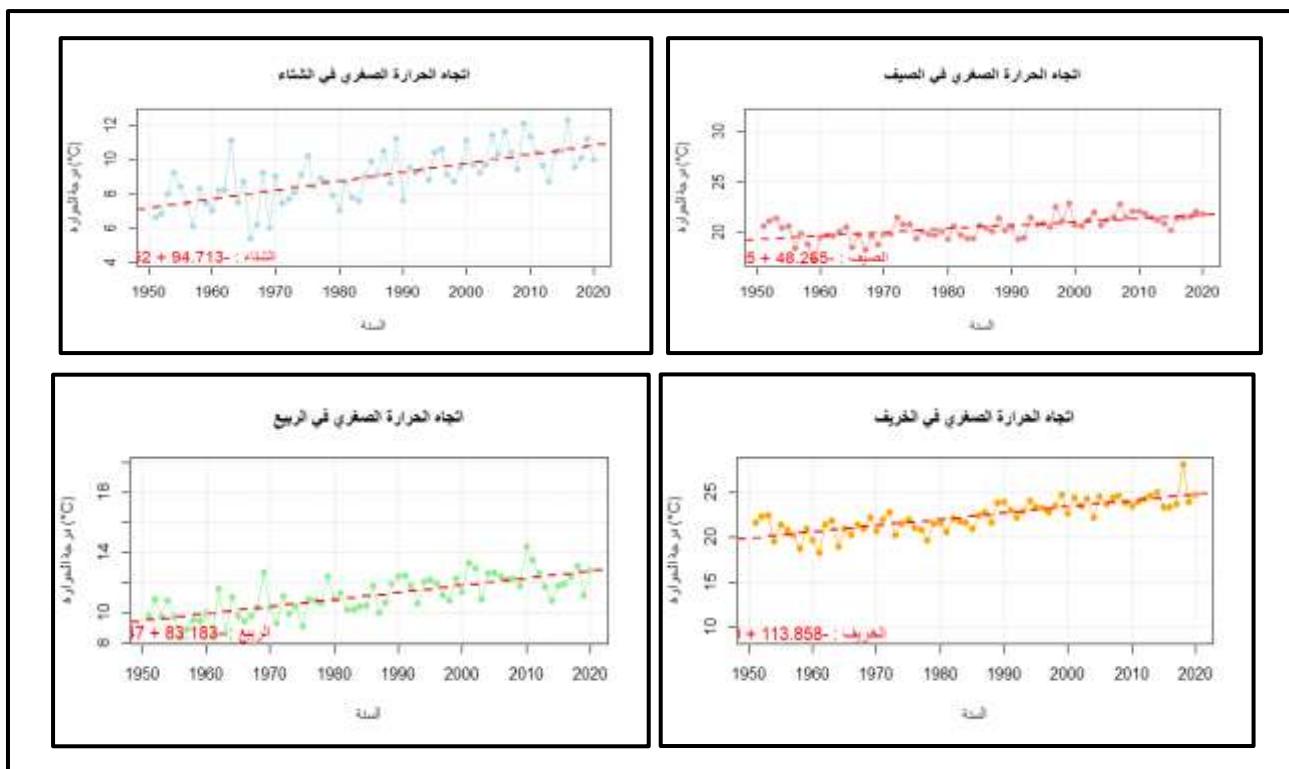
شكل(11) الفروقات التراكمية لقيمة الصغرى حسب الفصول للفترة (1951 – 2020م)
المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، باستخدام برنامج (R4.5.1).

3- الانحدار الخطي البسيط لدرجات الحرارة الفصلية الصغرى
جدول (6) نتائج تحليل الانحدار الخطي لدرجات الحرارة الصغرى الفصلية للفترة 1951-2020م

نسبة التباين المفسر (R^2)	مستوى الدلالة (value-p)	قيمة t	معامل الانحدار (b)	المتغير
0.6371	0.001>	10.93	0.06862	فصل الخريف
0.1549	0.001>	3.528	0.01956	فصل الشتاء
0.0660	0.024	2.311	0.01602	فصل الربيع
0.3956	0.001>	6.672	0.034637	فصل الصيف

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى بيانات تحليل معامل الانحدار باستخدام برنامج (R4.5.1)

تظهر نتائج تحليل معامل الانحدار لبيانات درجة الحرارة الفصلية الصغرى قيم موجبة للتغير(b) الجدول(6) تدل على وجود زيادة في المعدل الفصلي لدرجة الحرارة بمحطة زوارة عند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05، إذ بلغت قيمة الانحدار جميعها قيم نصاعية ، وسجّلت أعلى قيمة للانحدار في فصل الخريف بمقدار 0.069 مما يشير إلى درجات الحرارة الصغرى ارتفعت بمعدل 0.69 درجة مئوية كل عام، وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.001، في حين بلغت نسبة معامل التقسيير(R^2) 63.71 %، يليها فصل الصيف بمقدار 0.035 مما يشير إلى أن درجة الحرارة ارتفعت بمعدل 0.35 درجة مئوية خلال هذا الفصل. وعلى مستوى دلالة أقل من 0.001، بينما سجلت أدنى قيمة في فصل الربيع والشتاء إذ بلغ مقدار الانحدار 0.016 و 0.020 على التوالي و تراوحت نسبة التباين المفسر (R^2) 6.6% في فصل الربيع و 15.49% في الشتاء، ليدل ذلك على تزايد درجة الحرارة الفصلية الصغرى دلالة إحصائية أقل من 0.05، وكانت 0.02 في فصل الربيع و 0.001 في فصل الشتاء، وتشير هذه النتائج إلى أن ارتفاع درجة الحرارة الليلية في فصلي الخريف والصيف يُعد من أبرز مظاهر التغير المناخي بمنطقة الدراسة، شكل (12).



شكل(12) الاتجاه العام للمعدل الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى لفصول السنة بمنطقة زواره للفترة 1981-2020م
المصدر: من عمل الباحثة استنادا إلى بيانات تحليل الانحدار باستخدام برنامج (R4.5.1).

اختبار t (t-test) :
بينت نتائج تحليل اختبار t الجدول(7)، أن هناك فروقاً في المعدل الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى بين فترتي الدراسة لصالح الفترة الثانية(1986-2020) لجميع الفصول، وكانت عند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05 ، وسجل فصل الخريف أعلى فرق بلغ (2.73) مما يجعله أكثر الفصول تأثراً بالتغيير المناخي خلال فترة الدراسة، يليه فصل الشتاء بفارق(2.00) بليه فصل الصيف 1.39 ثم فصل الربيع بفارق 1.83 في، لظهور النتائج اتجاهأً حرارياً موجباً في متوسط الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة زواره، مما يؤكد النتائج صدق اتجاه درجة الحرارة الصغرى الفصلية نحو الزيادة متماشياً مع التغيرات المناخية في شمال غرب ليبيا، إلا أن هذا التغير اختلف بين الفصول فقد بينت النتائج أن فصل الخريف سجل أعلى فرق المتوسطات الفصلية مقارنة ببقية الفصول، مما يشير إلى أنه أكثر الفصول تأثراً بالتغيير المناخي خلال فترة الدراسة، ويعزى هذا التغير الواضح في الخريف إلى تأخر دخول فصل الشتاء واستمرار التأثير الحراري لفصل الصيف لفترات أطول، وهو ما يعكس اتجاهها عاماً نحو ارتفاع درجات الحرارة الليلية في العقود الأخيرة، وتشير هذه النتائج إلى أن التغير المناخي في منطقة زواره تظهر بوضوح أكبر في الفصول الانتقالية، ولاسيما فصل الخريف، الذي يمثل المؤشر الأبرز على تأثير المناخ المحلي بظاهرة الاحترار العالمي.

جدول(7) الفروقات في المتوسطات الحسابية للمعدل الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة زواره بين فترتي الدراسة(1951-1985، 1986-2020)

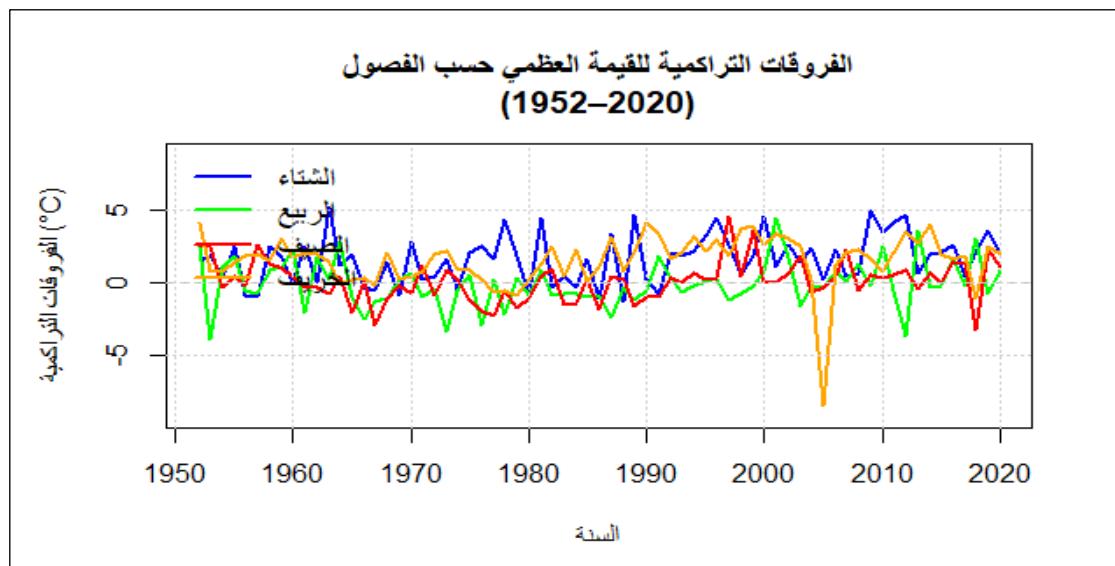
الفتره المتوسط	مستوى الدلالة الإحصائية p	درجات الحرارة (df)	قيمة (T)	المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة	فتره الدراسية	المتغير
$C^{\circ}2.73$	0.001>	68	10.463	$C^{\circ}21.02$	1985-1951	فصل الخريف
	0.001>	68	10.463	$C^{\circ}23.75$	2020-1986	
$C^{\circ}2.00$	0.001>	68	7.2583	$C^{\circ}8.03$	1985-1951	فصل الشتاء
	0.001>	68	7.2583	$C^{\circ}10.03$	2020-1986	
$C^{\circ}1.83$	0.001>	68	8.0036	$C^{\circ}10.20$	1985-1951	فصل الربيع
	0.001>	68	8.0039	$C^{\circ}21.20$	2020-1986	
$C^{\circ}1.39$	0.001>	68	6.5622	$C^{\circ}19.81$	1985-1951	فصل الصيف
	0.001>	68	6.5622	$C^{\circ}21.20$	2020-1986	

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج (R 4.5.1).

بـ-اتجاهات التغير في درجة الحرارة الفصلية العظمى:

الفروقات المجمعة - ١

دللت منحنيات الفروقات المجمعية التراكمية على وجود الزيادة بشكل متواصل في المعدلات الفصلية لدرجة الحرارة العظمى في الفصول كافة مع وجود اختلاف من فصل لأخر، إذ يظهر فصلي الشتاء والصيف اتجاهها تصاعدياً مستمراً من بداية الثمانينيات حتى نهاية 2020م، في حين كان الاتجاه في فصل الخريف والربيع مع نهاية عقد التسعينيات، ولكنها اقل استمراً مقارنة بفصلي الشتاء والصيف، وبشكل عام تؤكد الفروقات التراكمية أن الزيادة في درجة الحرارة العظمى موجود في جميع الفصول ولكنها أكثر وضوحاً في فصلي الشتاء والصيف، شكل (13).



شكل(13) الفروقات التراكمية لدرجة الحرارة الفصلية العظمى فى منطقة زواره للفترة 1951-2020

المصدر: من عمل الباحثة استناداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية بيانات غير منشورة،

• باستخدام برنامج (R 4.5.1).

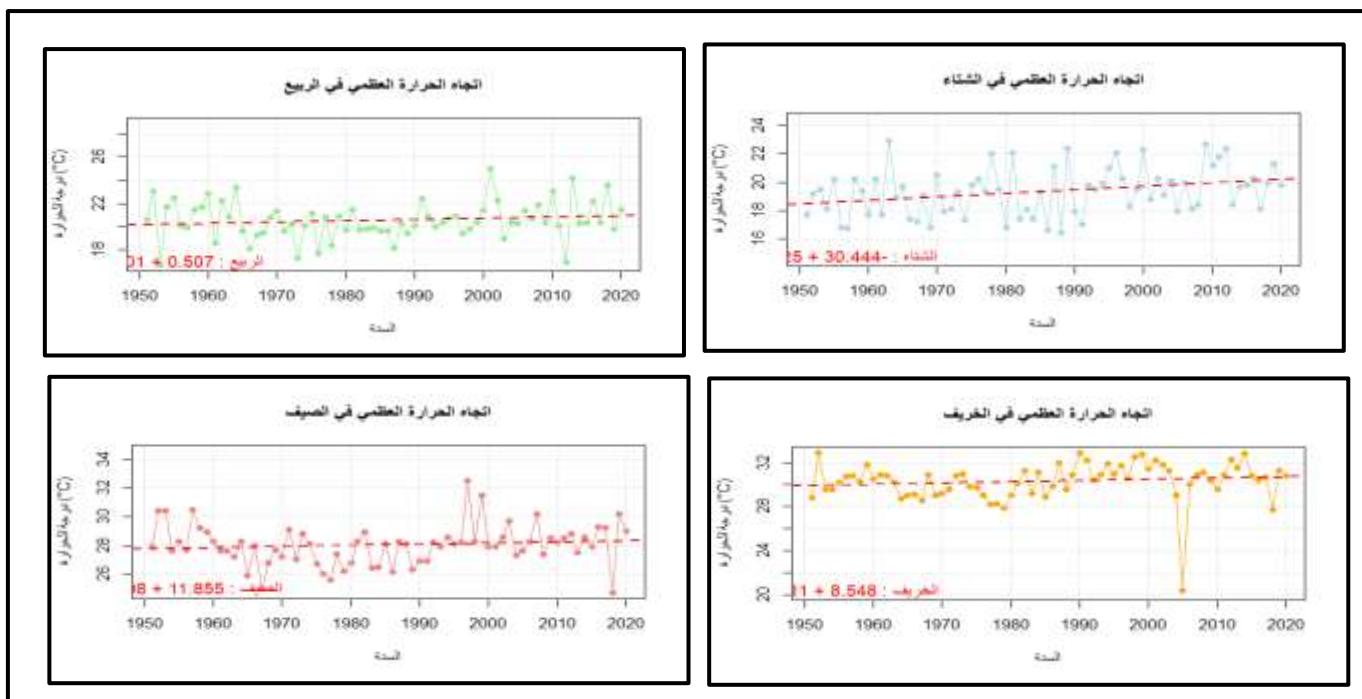
- الانحدار الخطى البسيط:

أظهر نتائج معامل تحليل الانحدار قيم موجة للتغير (b) جدول(8) والشكل(14)، تدل على وجود زيادة في المعدل الفصلي لدرجة الحرارة العظمى الفصلية على مستوى دلالة احصائية أقل من 0.05 في فصل الشتاء(0.0109)، وكانت قيمة التغير (b) 0.025 أي أن درجة الحرارة ارتفعت بمعدل 0.025 درجة مئوية كل عام خلال فصل الشتاء بنسبة التباين المفسر بلغت 0.0164، بينما أظهرت معامل الانحدار قيم موجة لفصل الخريف والصيف والربيع بمستوى دلالة أكبر من 0.05 لتدل على تزايد درجة الحرارة الفصلية دون دلالة إحصائية عند مستوى 0.05، وكانت 0.291 في فصل الخريف و 0.293 في فصل الربيع و 0.329 في فصل الصيف.

حدول (8) نتائج تحليل الانحدار الخطى لدرجات الحرارة العظمى

المتغير	معامل الانحدار (b)	قيمة t	مستوى الدلالة (value-p)	نسبة التباين المفسر (R^2)
فصل الخريف	0.01096	1.064	0.291	0.01639
فصل الشتاء	0.02507	2.616	0.0109	0.09146
فصل الربيع	0.010095	1.061	0.293	0.01627
فصل الصيف	0.008143	0.984	0.329	0.01403

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى بيانات تحليل الانحدار باستخدام برنامج SPSS (R4.5.1).



شكل(14) الاتجاه العام للمعدل الفصلي لدرجة الحرارة العظمى لفصول السنة بمنطقة زواره للفترة 1951-2020م
المصدر: من عمل استناداً الباحثة إلى بيانات جدول تحليل الانحدار باستخدام برنامج R4.5.1).

اختبار t (t-test) :

بين اختبار t وجود فروقات ذات دلالة احصائية في متوسطات درجات الحرارة العظمى بين الفترتين الزمنيتين لصالح الفترة الثانية 1986-2020م، عند مستوى دلالة إحصائية أقل(0.05) في فصل الخريف والشتاء، وكانت في فصل الخريف 0.033 و في فصل الشتاء 0.023، جدول(9)، أن الزيادة في متوسط درجات الحرارة العظمى في الفترة الثانية يُعدّ تغير حقيقي ومؤكد احصائياً، وليس مجرد تغير عشوائي، فقد ارتفع المتوسط بين الفترتين بمقدار 0.91م في الشتاء بليه فصل الخريف 0.89م ثم الصيف 0.59م، لظهور النتائج اتجاهًا حراريًا موجباً في المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة العظمى في منطقة زواره مما يؤكّد صدق اتجاهات التغيير في درجة الحرارة نحو الزيادة في شمال غرب ليبيا، وكان فصل الشتاء أكثر وضوحاً وتأثيراً بما يتوافق مع الاتجاه العام للاحترار المناخي بالمنطقة.

جدول(9) الفروقات في المتوسطات الحسابية للمعدل الفصلي لدرجة الحرارة العظمى في منطقة زواره بين فترتي الدراسة(1985-1951، 1986-2020م)

فرق المتوسط	مستوى الدلالة الإحصائية قيمة p	درجات الحرية (df)	قيمة (T)	المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة	فتره الدراسية	المتغير
C°0.89	0.33	68	2.1826	C°29.87	1985-1951	فصل الخريف
	0.33	68	2.1826	C°30.76	2020-1986	
C°0.91	0.023	68	2.3242	C°18.87	1985-1951	فصل الشتاء
	0.023	68	2.3242	C°19.78	2020-1986	
C°0.49	0.210	68	1.2671	C°20.31	1985-1951	فصل الربيع
	0.210	68	1.2671	C°20.79	2020-1986	
C°0.59	0.075	68	2.1826	C°27.73	1985-1951	فصل الصيف
	0.075	68	2.1826	C°28.32	2020-1986	

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج R 4.5.1).

النتائج:

- توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج، أهمها:
- 1- أظهرت منحنيات الفروقات التراكمية أن هناك تزايداً واضحاً في المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى والعظمى من التسعينيات القرن الماضي إلى 2020م.
 - 2- دلت نتائج تحليل التوزيع الطبيعي شابيرو- ويلك (Shapiro-Wilk Test) وكولموغروف- سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov Test) أنها تتبع التوزيع الطبيعي عند مستوى دلالة أكبر من 0.05 لذلك تم استخدام الاختبارات المعلمية.
 - 3- أظهرت تحليل الانحدار الخطي البسيط وجود قيم موجود للتغير (b) تدل على اتجاهات واضحة للزيادة في درجة الحرارة السنوية الصغرى والعظمى في منطقة الدراسة عند مستوى دلالة أقل من 0.001.
 - 4- بينت نتائج تحليل الانحدار الخطي وجود قيم موجبة للتغير (b) تدل على زيادة المعدل الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى، والعظمى عند مستوى دلالة أصغر من 0.05، لكنها أكثر وضوحاً في درجة الحرارة الصغرى إذ بلغ معامل (b) 0.0524 وهذا يعني أن متوسط درجة الحرارة الصغرى بلغ حوالي 0.052 م° في كل عام ونسبة التباين المفسر (R^2) نحو 80.84 %، بينما بلغ معامل التغير (b) لدرجة الحرارة العظمى 0.018 م°، وهذا يعني أن متوسط درجة الحرارة العظمى ارتفع بمعدل 0.018 م° في كل عام وبلغت نسبة التباين (R^2) 23.31% مما يؤكد وجود اتجاه حراري خلال فترة الدراسة لكنها أكثر تأثراً ووضوحاً في درجة الحرارة الصغرى.
 - 5- أشارت نتائج اختبار لفروق المتوسطات بين الفترتين لدرجة الحرارة السنوية إلى وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.001 لصالح الفترة الثانية من الدراسة للفترة الممتدة من (1986-2020م) لدرجة الحرارة الصغرى، إذ بلغت الفروق بين الفترتين (2.01 م°)، بينما كانت الفروق (0.93 م°) في درجة الحرارة العظمى عند مستوى دلالة أقل من 0.0001.
 - 6- دلت منحنيات الفروق التراكمية على وجود اتجاه للزيادة بشكل متواصل في المعدلات الفصصية في جميع الفصول ولكنها بشكل متباين، فكانت أكثر وضوحاً في فصلي الشتاء والصيف في درجة الحرارة الصغرى، والخريف والربيع في درجة الحرارة العظمى.
 - 7- أظهر تحليل الانحدار وجود قيم موجبة للتغير (b) تدل على زيادة المعدل الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة زوارة عند مستوى دلالة إحصائية أقل من (0.05)، وسجلت أعلى للانحدار في فصل الخريف بمقدار (0.069) مما يشير إلى درجة الحرارة الصغرى ارتفعت بمعدل 0.69 درجة مئوية كل عام، يليه فصل الصيف إذ بلغت قيمة الانحدار (b) بمقدار 0.035 ونسبة التباين المفسر (R^2) 0.3956، مما يشير إلى أن درجة الحرارة الصغرى تتجه نحو الزيادة، وبصورة أوضح في فصلي الخريف والصيف.
 - 8- دلت نتائج اختبار التحليل الإحصائي t على وجود فروق بين متوسطات درجة الحرارة الفصصية الصغرى والعظمى لصالح الفترة الثانية (1986-2020م)، فهناك ما كان عند مستوى دلالة إحصائية أقل من (0.05)، ومنها فروق دون دلالة إحصائية.
 - 9- وجود ارتفاع عام في متوسطات درجة الحرارة بجميع فصول السنة، إلا أن درجة التغير لم تكن ذات وثيره متساوية بين الفصول.
 - 10- بينت نتائج اختبار تحليل t وجود فروق بين متوسطات درجة الحرارة الفصصية الصغرى والعظمى لصالح الفترة الثانية (1986-2020م) إلا أن متوسط فروق لم يكن ذو وثيره متساوية بين الفصول، حيث سجل فصلي الخريف أعلى فروق في متوسط الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى و فصل الشتاء أعلى فرق في المتوسطات الفصصية لدرجة الحرارة العظمى.

التوصيات:

- 1- زيادة الوعي البيئي بخطورة التغيرات المناخية على الموارد البيئة الطبيعية، والاهتمام بالمشاريع التنمية المستدامة بما يتماشى مع خصائص البيئة المحلية.
- 2- دعم البحث العلمي المشترك محلياً وإقليمياً حول موضوع التغيرات المناخية التي حدثت والتي سوف يشهد لها إقليم البحر المتوسط وأسبابها وتأثيراتها البيئية، ووضع استراتيجيات التكيف معها من خلال وضع خطط تنمية شاملة.
- 3- تعزيز التعاون بين المركز الوطني للأرصاد الجوية والجامعات والمعاهد، بما يضمن توفير البيانات المناخية الدقيقة والحديثة للباحثين، دعماً للبحوث والدراسات العلمية.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

المراجع:

- 1- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا(ESCPWA)، تطوير قدرات البلدان العربية للتكيف مع تغير المناخ باستخدام أدوات الإدارة المتكاملة لموارد المالية، دار الأمم المتحدة، بيروت، لبنان.
- 2- الرواندي، عمر حسن حسين(2012)، دراسة التغير المناخي في مدينة أربيل من خلال متابعة درجات الحرارة، بحث مقدم إلى منظمة الأورو عربية لأبحاث البيئة والمياه والصحراء، مؤتمر انطاليا، الجمهورية التركية 14-18/10/2012م.
- 3- السلطاني، هناء مطر مهدي(2024)، أثر التغير المناخي على درجة الحرارة في مدينة النجف الأشرف، مجلة مركز دراسات الكوفة، مجلة الكوفة، العدد(73) المجلد(1).
- 4- المربي، أمال البشير، شلغوم، إيمان أبو القاسم(2022)، أثر التغير المناخي في المعدلات الفصلية والسنوية لدرجة الحرارة بمحطة غدامس للفترة 1971-2020، مجلة ليبيا لدراسات الجغرافية، ينابير العدد (2).
- 5- المركز الوطن للأرصاد الجوية،(1951-2020)، بيانات مناخية غير منشورة، طرابلس، ليبيا.
- 6- شحادة، نعمان عابد(2011) التحليل الإحصائي في الجغرافيا والعلوم الاجتماعية والاقتصادية، عمان، دار صفاء، الأردن.
- 7- شحادة، نعمان عابد(1991)، الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن، مجلة دراسات، المجلد(5)، العدد(1)، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- 8- عزيز، حسين وحيد و عبدالله، علي جبار،(2015)، التغير المناخي وأثاره على صحة وراحة الإنسان، مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية، جامعة بابل، العدد(21).
- 9- فياض، ريم أمير(2025)، أثر التغيرات المناخية في تباين مؤشرات التطرف الحراري في محطة رصد اللاذقية، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، المجلد(5)، العدد(1).
- 10- ناصر، شوقي شحادة(2008)، اتجاهات تغير درجات الحرارة في سبها(1945-2003)، نموذج للتغيرات المناخية في الصحراء الكبرى، مجلة سبها البحثية والتطبيقية، المجلد(7) العدد(1).
- 11- وزارة التخطيط ، مصلحة المساحة(1978م)، الأطلس الوطني للبيبة، ايسيلت، استكهولم، السويد.

المراجع الأجنبية:

- 1-Eitantawi.A.M(2005)Climate in Libya and Extreme Events During The Last Century In Italy Global and Planetary Change.40,141-149.
- 2-Thibault, S.,& Moatti,J-P(Eds).(2016). The Mediterranean Region Under Climate Change: A Scientific Update. IRD Editions/Allenvi.ISBN 978-2-709922219-7.
- 3-IPCC,2022.Climate Change2022:Impacts Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Chang. Cambridge University Press.
- 4- IPCC, Report (2007), Intergovernmental Panel on Climate Change, New Assessment Methods and the Characterization of Future Conditions.(AR4), <http://www.ipcc.ch/>, March 14, 2008. www.ipcc.ch
- 5-World Meteorological Organization (WMO)(2019), ISBN 978-92-63-51248-3, Geneva 2, Switzerland.

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 AJAPAS and/or the editor(s). AJAPAS 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.