تحليل اتجاهات التغير في درجات الحرار في منطقة بني وليد خلال الفترة (1959 – 2024)

أ. أحمد حسن أبوشعالة[1*]، د. عبدالمولى رمضان عبدالمولى محمد 2
[1] قسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا
[2] قسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة بني وليد، بني وليد ، ليبيا
[*] البريد الإلكتروني (للباحث المرجعي): ahaboshaala@elmergib.edu.ly

Trend Analysis of Temperature Variations in the Bani Walid Region for the Period 1959–2024

Ahmed Hasan Abo Shaala [1*], Dr. Abdulmola Ramadhan Abdulmola [2]
[1] Department of Geography, Faculty of Education, University of El-Marqab, Al-Khums, Libya
[2] Department of Geography, Faculty of Education, University of Bani Walid, Bani Walid, Libya

Received: 30-06-2025; Accepted: 20-08-2025; Published: 01-09-2025

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل اتجاهات التغير في معدلات درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسطة في منطقة بني وليد خلال للفترة الممتدة من عام 1959 إلى 2024، أي على مدى 65 سنة. وقد تم الحصول على بيانات درجات الحرارة من المركز الوطني للأرصاد الجوية، مع استكمال القيم المفقودة باستخدام منصة (Google Earth Engine)، تم الاعتماد على أسلوب تحليل الانحدار الخطي البسيط Simple Linear Regression: لمعرفة ما إذا كان الاتجاه العام General Trend لمعدلات درجة الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة خلال فترة الدراسة يأخذ اتجاهاً معنوياً وذو دلالة إحصائية ام لا، كما تم تقسيم مدة الدراسة إلى فترتين باستخدام الفروقات التراكمية والتي من خلالها تم تحديد نقطة التغير في السلسة الزمنية، ولتحديد دلالة الفروقات في درجات الحرارة بين الفترتين تم استخدام اختبار التباين للعينات المستقلة (Independent Samples T-Test).

أظهرت نتائج التحليل وجود اتجاهاً واضحاً للارتفاع في معدلات درجات الحرارة (العظمى والصغرى والمتوسطة)، حيث دلت نتائج التحليل وجود قيم موجبة للمتغير b ، مما يدل على وجود اتجاه تصاعدي معنوي وهو ما يتفق مع جميع المؤشرات العالمية للتغير المناخي. اذ سجلت درجة الحرارة العظمي زيادة سنوية مع الزمن بمعدل (0.029°م/سنة) والصغرى (0.035°م/سنة) والمتوسطة (0.032°م/سنة)

بينت نتائج التحليل ان هناك ارتفاع واضح في درجات الحرارة خلال الفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى، وقد بلغ الفرق في المتوسط 1.0°م للحرارة العظمى، و1.1°م للحرارة الصغرى، و1.2°م للمتوسطة، وكانت هذه الفروق ذات دلالة إحصائية في متوسطات درجات الحرارة بين الفترتين. وعليه أثبتت النتائج إلى وجود اتجاه واضح نحو ارتفاع درجات الحرارة خلال فترة الدراسة، ما يعكس وجود مؤشرات واضحة لظاهرة الاحترار المناخي المحلي في المنطقة.

يتضح من نتائج الدراسة أن درجة الحرارة الصغرى سجلت اعلى معدل للزيادة السنوية وأكبر الفروقات بين فترتي الدراسة مقارنة بدرجات الحرارة العظمى والمتوسطة وبالتالي يمكن أن نقول إن درجات الحرارة الصغرى (الليلية) هي الأكثر تأثراً بالتغيرات المُناخية وتأخذ اتجاها أكثر حدة وتطرف ناحية الزيادة.

الكلمات المفتاحية: التغير المُناخي، درجات الحرارة، الاحترار المُناخي، درجة الحرارة الصغرى، درجة الحرارة العظمى.

Abstract:
This study aims to analyze the trends in minimum, maximum, and mean temperature variations in the Bani Walid region over the period from 1959 to 2024, spanning 65 years. Temperature data were obtained from the National Center of Meteorology, with missing values supplemented using the Google Earth Engine platform. Simple Linear Regression was applied to assess whether the general trends of maximum, minimum, and mean temperatures during the study period exhibit statistically significant directional changes. The study period was divided into two sub-periods using cumulative differences to identify the change point within the time series. To determine the statistical significance of temperature differences between the two sub-periods, the Independent Samples T-Test was employed.
The analysis revealed a clear upward trend in temperature (maximum, minimum, and mean), indicated by positive values of the slope coefficient (b), reflecting a statistically significant increasing trend consistent with global climate change indicators. The annual rate of increase was 0.029°C/year for maximum temperature, 0.035°C/year for minimum temperature, and 0.032°C/year for mean temperature. The results also showed higher temperatures in the second period compared to the first, with mean differences of 1.0°C for maximum, 1.1°C for minimum, and 1.2°C for mean temperatures. These differences were statistically significant, supporting the evidence of a notable warming trend in the region, indicative of local climate warming phenomena.
Furthermore, the findings highlight that minimum (nighttime) temperatures recorded the highest annual rate of increase and the greatest differences between the two study periods compared to maximum and mean temperatures. This suggests that minimum temperatures are more sensitive to climatic changes, exhibiting a sharper and more extreme upward trend.

Keywords: Climate change, Temperature, Climate warming, Minimum temperature, Maximum temperature.

المقدمة:

حظيت دراسات التغير المُناخي بأهمية كبيرة خلال العقود الأخيرة من قبل الباحثين والهيئات والمنظمات الحكومية والعالمية، وذلك لما يشكله المُناخ وتذبذباته أحد أهم وأخطر التحديات الحالية والمستقبلية لتأثيره المباشر وغير المباشر على النظم البيئية والتنوع الحيوي في مختلف الدول على مستوى العالم، فبسبب الاحتباس الحراري الذي واكب الثورة الصناعية ارتفعت درجات الحرارة السطحية مع زيادة غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وغيرها من الغازات الأخرى ما أدى إلى انخفاض قدرة النباتات والحيوانات على التكيف مع بيئاتها، الأمر الذي أدى إلى تعرض العديد منها للتدهور بشكل أو بأخر.

تُعدُّ الحرارة أحد أهم عناصر المُناخ المؤثرة والبالغة الأهمية، لتأثيرها الواضح على راحة الإنسان ونشاطاته فإلى جانب آثارها المُناخية المباشرة على صورة الحياة المختلفة على سطح الأرض، فإن لها تأثيراتها المتباينة على كافة عناصر المُناخ الأخرى (الجلاد، 2000، ص50.)، ونظرا لأن جميع العناصر الجوية تتأثر بالحرارة الجوية كان لزاما دراسة درجات الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة فهي تساعد في فهم المُناخ وتغيراته والتخطيط الزراعي، بالإضافة إلى إدارة الموارد المائية، وتقييم تأثيرات التغيرات المُناخية على البيئة وصحة الإنسان، فما نشاهده اليوم من ارتفاع درجة الحرارة والاحترار العالمي علي البيئة سببه الارتفاع الكبير في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في طبقات الجو نتيجة الانبعاثات المستمرة وبكميات

كبيرة للأنشطة الصناعية مثل المصانع، وحرق الوقود لتوليد الكهرباء، بالإضافة إلى وسائل النقل وغيرها من الأنشطة، والتي ساهمت وبقوة في ظاهرة الاحترار العالمي ما نشأ عنها العديد من التغيرات على سطح الأرض، ومنها ازدياد المياه في سطح البحر، بالإضافة إلى تغير الطقس في العديد من المناطق حيث اصبحت العواصف متكررة واعنف من دي قبل في أماكن متفرقة من الكرة الأرضية، وايضا حرائق الغابات المتكررة وتغير كمية ونمط هطول الامطار، بالإضافة الى توسع رقعت الصحاري وانحسار الأنهار الجليدية.

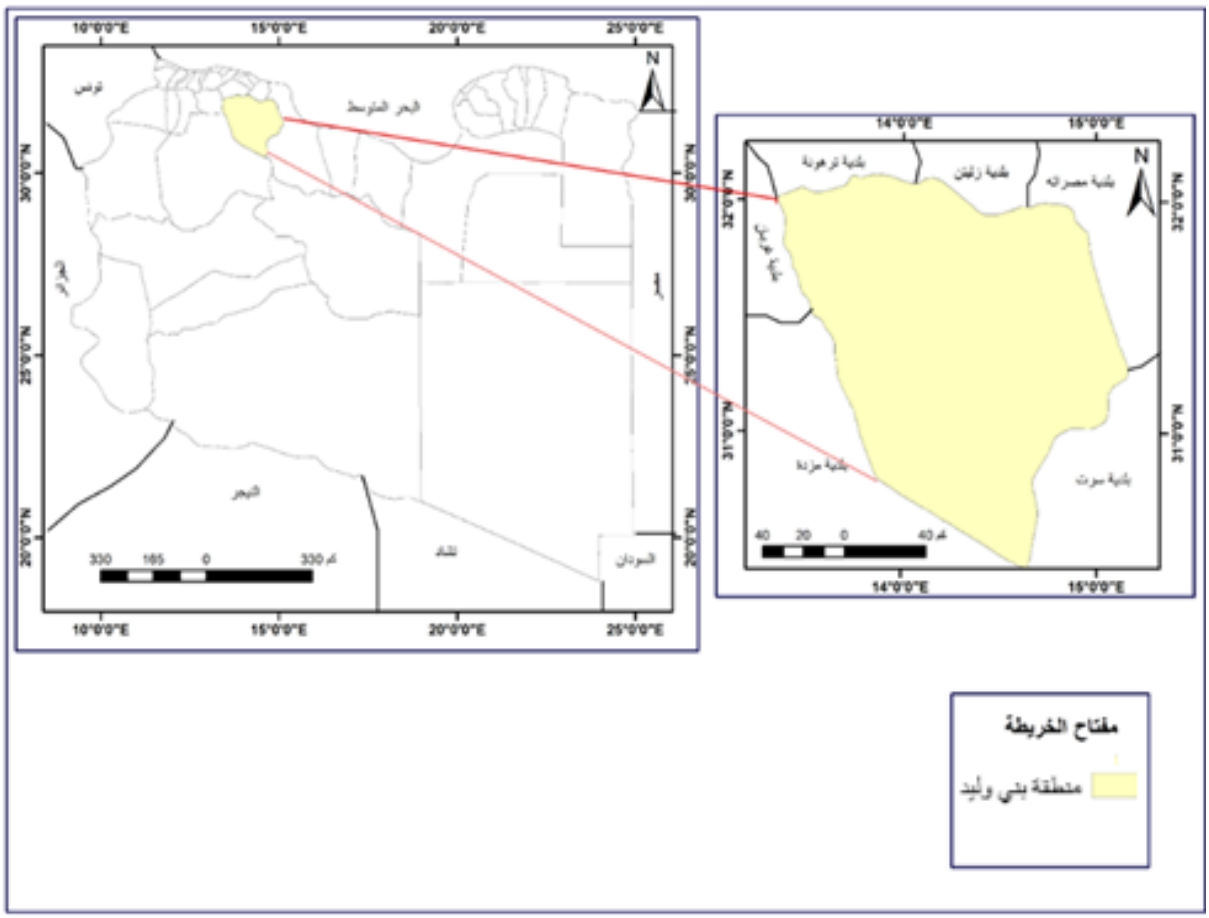
وحيث أن التغير في درجة الحرارة العالمية هو أبرز أنواع التغير الذي تهتم به منظمة الأرصاد الجوية العالمية بشكل عام، والهيئة الحكومية المعنية بتغير المُناخ (IPCC) بشكل خاص فقد اشارت الاخيرة في تقريرها إلى أن متوسط درجة الحرارة السطحية العالمية قد ازداد خلال القرن العشرين بنحو 0.6 درجة مئوية، (عثمان وآخرون،2023، ص185.)

ووفقاً للتقارير الدولية فان ليبيا معرضة بشدة لتأثيرات تغير المُناخ مما يؤثر على أنماط الحياة المختلفة بها، كما أكدت التقارير ان البلاد تشهد ارتفاع في درجة الحرارة والاشعاع الشمسي وزيادة في وتيرة موجات الحر والجفاف، ومن المتوقع ان تزداد درجة الحرارة بما يعادل 1.5 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الصناعة. (International Organization for Migration..2024.p18).

تشهد منطقة بني وليد كغيرها من المناطق في ليبيا اثاراً متزايدة للتغيرات المُناخية، والتي باتت تشكل تحديات بيئية وإنسانية كبيرة، حيث أن هذه التغيرات لم تعد مجرد مسألة نظرية فحسب بل أصبحت واقع يومي يتجلى في التغيرات الملحوظة في الطقس وزيادة درجات الحرارة وطول فترات الجفاف، هذا التغير يؤدي إلى تداعيات خطرة على البيئة الزراعية والمائية مما يؤثر بشكل مباشر في حياة المواطنين والاقتصاد المحلي بالمنطقة. لذلك جاءت هذه الدراسة لتسلط الضوء على تحليل اتجاهات التغير في درجات الحرارة بمنطقة بني وليد خلال الفترة 1959 – 2024 وكشف اتجاهات التغير فيها زمانيا، لفهم ودراسة طبيعة العناصر المُناخية وسلوكها المستقبلي، وذلك لما تسببه الحرارة من تأثيرات على تدهور الغطاء النباتي وزيادة ارتفاع الطلب على الموارد المائية ما يعرض الأنواع النباتية والحيوانية للمخاطر بشكل أو بأخر، واتاحتها امام جهات الاختصاص من المهتمين بشؤون المُناخ وتغيراته في اتخاذ التدابير التي تساهم في خفض الأسباب التي تؤدي إلى تغير المُناخ ووضع الاستراتيجيات وبناء الخطط التنموية لمواجهة آثاره على الإنتاج الزراعي والموارد المائية.

موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة بني وليد والتي تبلغ مساحتها 19710كم^2، في شمال غرب ليبيا، تحدها من الشمال الشرقي بلدية مصراته، ومن الجنوب الشرقي بلدية سرت، ومن الشمال بلديتا زليتن وترهونة، ومن الشمال الغربي بلدية غريان، ومن الجنوب والغرب بلدية مزدة، وتقع فلكيا بين دائرتي عرض 31^{0}و8$^-$.32^0 شمالاً وبين خطي طول 30$^-$13.^{0} و 15^{0}شرقاً، (مركز البحوث الصناعية، 1977، ص1.) والخريطة رقم (1) توضح ذلك.



خريطة رقم (1) موقع منطقة الدراسة.

المصدر: من عمل الباحثين بواسطة برنامج Arc Map 10.8 استنادا إلى: أمانة التخطيط – مصلحة المساحة، الأطلس الوطني، 1978، ص33.

مشكلة البحث:

1. هل هناك تغير في اتجاهات درجة الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة منطقة الدراسة؟
2. ماهوا مقدار التغير في درجات الحرارة. وهل هو دال احصائيا؟

فرضية البحث:

1. نتيجة التغيرات المُناخية تشهد منطقة الدراسة اتجاه واضح نحو الزيادة في معدلات درجة الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة.
2. تجاوز الفارق في الارتفاع 1°م لصالح الفترة الثانية وعلى مستوى دلالة إحصائية.

أهداف البحث:

1. الكشف عن آثار التغير المُناخي في تغير درجة الحرارة في منطقة بني وليد.
2. معرفة اتجاهات ومقدار التغير في معدلات درجة الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة بمنطقة بني وليد.

أهمية البحث:

تكمن أهمية الدراسة في تقييم آثار اتجاهات المعدل السنوي لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة من خلال تحليل بيانات الحرارة عن الفترة 1959 – 2024 لفهم ودراسة طبيعة تغيرات المُناخ وسلوكه المستقبلي، واتاحتها امام جهات الاختصاص من المهتمين بشؤون المُناخ وتغيراته في اتخاذ التدابير التي تساهم في خفض الأسباب التي تؤدي إلى تغير المُناخ ووضع الاستراتيجيات وبناء الخطط التنموية لمواجهة آثاره على الإنتاج الزراعي والموارد المائية بمنطقة الدراسة.

منهجية البحث:

اعتمد البحث على استخدام الطرق العلمية الحديثة في عملية جمع المادة العلمية، وتبويبها، وجدولتها، ووصفها، وتحليلها، وذلك باعتمادها مجموعة من المناهج متمثلة في الآتي:

1. **المنهج التاريخي:** ويفيد ذلك المنهج التطوري في تتبع التغيرات الحاصلة في درجات الحرارة خلال الفترة من (1959 – 2024)، والتي تم الحصول عليها من المركز الوطني للأرصاد الجوية وتعويض الفاقد منها بوسطة منصة (Google Earth Engine) من خلال الحوسبة السحابية لبيانات المُناخ والاستشعار عن بعد لتوفر أرشيف متكامل ودقيق لبياناتها تغطي فترة الدراسة، وذلك بهدف الوصول إلى حقائق وتعميمات تساعد في فهم حاضر منطقة الدراسة وامكانية التنبؤ بمستقبلها.
2. **المنهج الكمي:** وتم فيه تحليل البيانات المُناخية من خلال استخدام المعادلات الرياضية لتحديد مقدار التغير في معدلات درجة الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة عن الفترة 1959 – 2024 والتي تم الحصول عليها من المركز الوطني للأرصاد الجوية وتعويض الفاقد منها بوسطة منصة (Google Earth Engine) باستخدام أساليب التحليل الكمي والمتمثلة في برنامج Spss وبرنامج Excel.

الأساليب المتبعة:

لمعرفة اتجاهات الحرارة وخصائصها خلال الفترة (1959 – 2024) بمنطقة الدراسة، كان لزاما دراسة وتحليل معدلات الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة وكشف اتجاهات التغير فيها باستخدام عدة طرق احصائية في تحليل اتجاهات التغير في درجات الحرارة وهي ما يلي:

1. تم الاعتماد على أسلوب **تحليل الانحدار الخطي البسيط Simple Linear Regression:** لمعرفة ما إذا كان الاتجاه العام General Trend لمعدلات درجة الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة للفترة (1959 – 2024) يأخذ اتجاهاً معنوياً وذو دلالة إحصائية، على اعتبار أن معدلات درجات الحرارة متغيرا تابعاً، والفترة الزمنية متغيراً مستقلاً. ولقياس الاتجاه العام نحسب مقدار التغير الذي يحدث للظاهرة أثناء وحدة الزمن في المتوسط، أي بعد استبعاد تأثير التغيرات

العرضية، لأننا بذلك نقصد بالاتجاه العام (معدل التغير في المتوسط بالنسبة لوحدة الزمن) (داود،2004، ص80).

2. **الفروق المتجمعة (التراكمية):** وظفت الدراسة منحنيات الفروق التراكمية والتي تمثل منحنى تراكميا أو تجميعيا لانحراف القيم أو بيانات درجة الحرارة عن وسطها الحسابي للتأكد من الاتجاه زيادة أو نقصان أو تذبذب البيانات حول المتوسط (سليم، وحويل، 2024، ص117.)
3. **اختبار مستوى التباين باستخدام اختبار (Independent –Samples T Test)** لعينتين مستقلتين: اعتمدت الدراسة اختبار T للكشف عن معنوية الفروق في المتوسطات الحرارية بمنطقة الدراسة للمعدلات السنوية لدرجات الحرارة بعد تقسيمها إلى فترتين الأولى من 1959 – 1991 والثانية 1992 – 2004 وذلك من اجل تحديد مقدار التغير لكل مدة زمنية زيادة ونقصان باستخدام حزمة التحليل الاحصائي (Spss.v.26).

المناقشة والنتائج

أولا: تحليل اتجاهات تغير في معدلات درجة الحرارة بمنطقة الدراسة للفترة (1959 – 2024).

أظهرت نتائج الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) الجدول (1) اتجاهاً واضحاً للارتفاع في معدلات درجات الحرارة (العظمى والصغرى والمتوسطة)، حيث دلت نتائج التحليل وجود قيم موجبة للمتغير b، مما يدل على وجود اتجاه تصاعدي معنوي وهو ما يتفق مع جميع المؤشرات العالمية للتغير المُناخي، وفيما يلي استعراض لنتائج التحليل الاحصائي:

1- درجة الحرارة العظمى (Maximum Temperature)

بلغ المعدل العام لدرجة الحرارة العظمى خلال فترة الدراسة 27.8°م، وسجل معامل الارتباط (R) قيمة 0.818، ما يشير إلى وجود علاقة قوية وإيجابية بين الزمن وارتفاع القيم درجة الحرارة العظمى. كما أظهر معامل التحديد (R^2) أن 66.8% من التغيرات في هذه الدرجات يمكن تفسيرها بالعامل الزمني. ويشير معامل الانحدار (b) البالغ 0.029°م/سنة، إلى زيادة سنوية طفيفة ولكن ثابتة في درجات الحرارة النهارية.

2- درجة الحرارة الصغرى:(Minimum Temperature)

سجلت درجة الحرارة الصغرى معدلًا عامًا قدره 14.61°م، مع أعلى قيمة لمعامل الارتباط (R = 0.897) مقارنة ببقية العناصر، ما يدل على قوة للعلاقة بين الزمن والاتجاه التصاعدي لدرجات الحرارة الدنيا. وأظهر معامل التحديد (R^2) أن 80.5% من التغيرات مفسرة بالعامل الزمني، بينما بلغ معدل الزيادة السنوية (b) 0.035م°/سنة، وهو أكبر من معدل الزيادة من الدرجات العظمى والمتوسطة.

3- درجة الحرارة المتوسطة: (Average Temperature)

بلغ المعدل العام لدرجة الحرارة المتوسطة 21.24°م، وسجل معامل الارتباط (R) قيمة 0.873، ما يشير إلى علاقة قوية بين الزمن وارتفاع القيم المتوسطة. وأوضح معامل التحديد (R^2) أن 76.1%

من التغيرات في المتوسطات مفسرة بالزمن، في حين بلغ معدل الزيادة السنوي (b) 0.032 م°/سنة، وهو معدل وسطي بين العظمى والصغرى.

مما سبق يتضح ان منطقة الدراسة تشهد ارتفاعاً ملحوظا في درجات الحرارة (العظمى والصغرى والمتوسطة) مما يشير إلى ان المنطقة تتأثر بظاهرة الاحترار العالمي، والتي من اهم مظاهرها زيادة حدة الجفاف بسبب ارتفاع درجات الحرارة (مقيلي،2025، ص15) حيث سجلت درجة الحرارة الصغرى اعلى معدل للزيادة السنوية الأمر الذ ي يمكن أن يؤدي إلى زيادة حدة تفاقم المشاكل البيئة في المنطقة، خاصة فيما يتعلق بنقص المياه وتدهور الأراضي وتصحرها وفقدان التنوع البيولوجي.

كما تؤكد التقارير الدولية، ان ظاهرة الاحتباس الحراري تؤدي إلى زيادة درجات الحرارة المصحوبة بارتفاع أسرع في درجات الحرارة الصغرى مقارنة بالعظمى في المناطق الصحراوية والجافة، بسبب تراكم غازات الدفيئة وتأثيرها على الديناميكا الحرارية الليلية (IPCC، 2021، P.12–15).

جدول (1) اتجاهات التغير في درجة الحرارة للفترة (1959 – 2024).

العنصر	متوسط درجة الحرارة (a)	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R^2)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الاحصائية (sing)
العظمى	27.8	0.678	0.818	0.668	0.029	0.000
الصغرى	14.61	0.751	0.897	0.805	0.035	0.000
المتوسطة	21.24	0.704	0.873	0.761	0.032	0.000

من عمل الباحثان باستخدام SPSS

لمعرفة مقدار التباين في معدلات درجة الحرارة العظمي والصغرى والمتوسطة إحصائيًا تم اتباع الخطوات الاتية:

1- رسم منحنى الفروقات المتجمعة وذلك لغرض تحديد وقت التغير داخل السلسلة الزمنية والتي من خلالها تم تقسيم مدة الدراسة إلى فترتين لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة.

2- اختبار مقدار التباين بين فترتي الدراسة باستخدام اختبار (**Independent –Samples T Test**) لعينتين مستقلتين.

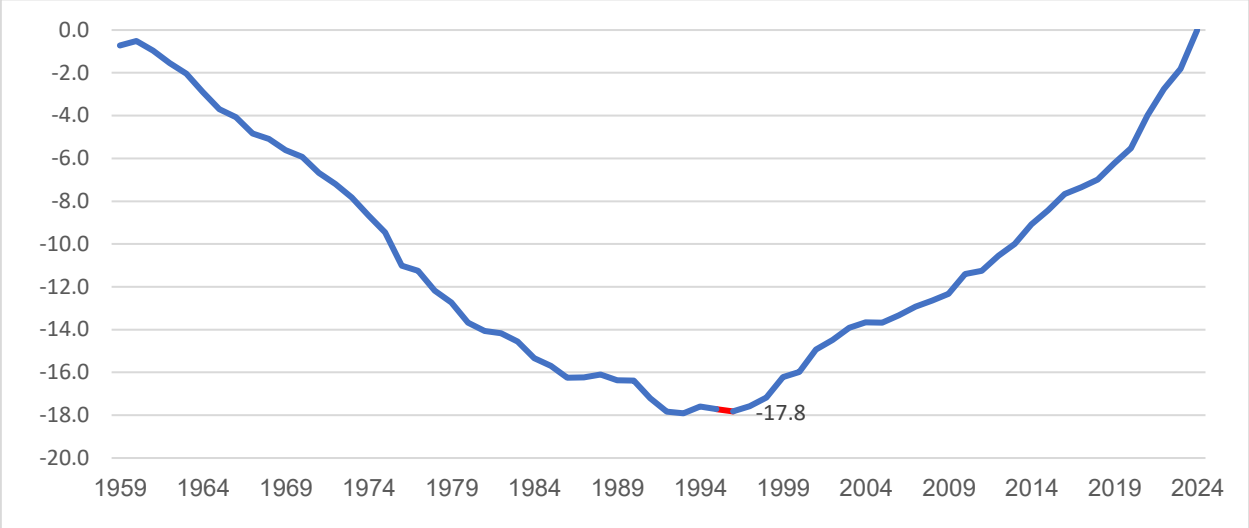
أولا: الفروقات المتجمعة Cumulated sums:

هي طريقة إحصائية تُستخدم لتحليل الانحرافات المستمرة عن متوسط مرجعي خلال فترة زمنية. وتُعبّر عن مجموع الفروقات بين القيم المرصودة والمتوسط المُناخي الطويل الأمد، وهي مفيدة للكشف عن التغيرات التدريجية في المُناخ مثل الجفاف أو الاحترار. وكل قيمة تمثل تراكم الفروقات حتى نقطة زمنية معينة، (Wilks, D. S. (2011) ويمكن رسم هذه القيم لتحديد الاتجاهات والانحرافات في السلسلة الزمنية لدرجة

الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة في منطقة الدراسة وتحديد نقطة التغير في السلسلة الزمنية والتي من خلالها قسمت مدة الدراسة إلى فترتين على هذا الأساس، وهي على النحو الاتي:

1. درجات الحرارة العظمي:

وهي أعلى درجة حرارة يصل اليها الهواء خلال اليوم، وهي تحدث عادة بعد الظهيرة فيما بين الساعة الواحدة والثالثة مساء، من خلال الشكل (1) نلاحظ ان منحنيات الفروق المتجمعة لمعدلات درجة الحرارة العظمى في منطقة الدراسة كانت تأخذ اتجاها نحو الانخفاض حتى عام 1995 ثم بدأت تميل إلى الارتفاع من عام 1996 حتى نهاية الفترة، وبذلك قسمت مدة الدراسة إلى فترتين، الفترة الاولي من 1959-1995 والفترة الثانية 1996-2024 وهاتان الفترتان تم اعتمادهما في تحليل اختبار التباين.



شكل (1) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجات الحرارة العظمى للفترة من1959-2024.

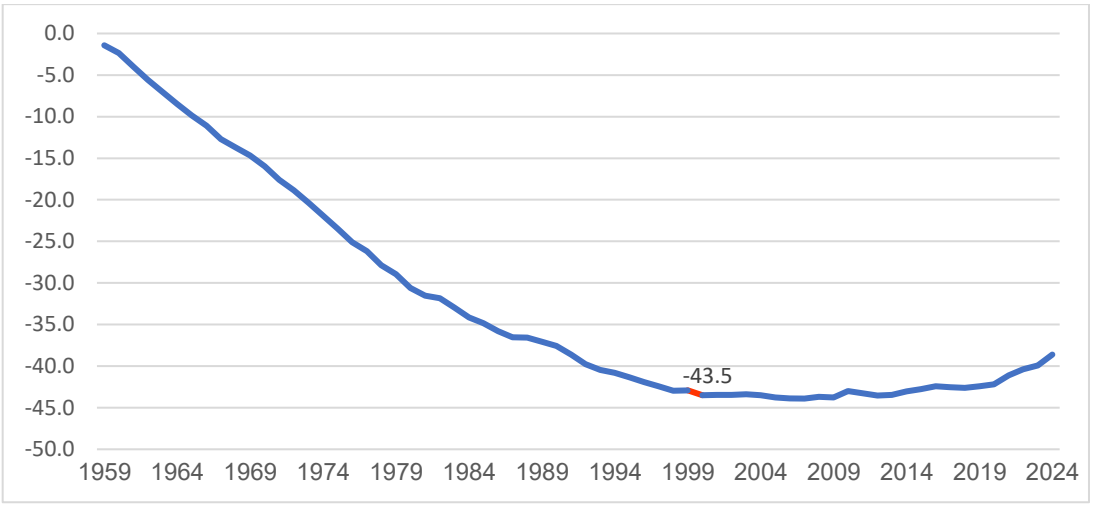
المصدر: 1- بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية

2- منصة Google Earth Engine

https://app.climateengine.com/climateEngine

2-درجة الحرارة الصغرى:

وهي أدنى درجة حرارة يصل اليها الهواء خلال اليوم، ويتم تسجيلها في الدقائق الأولى من النهار عندما يفقد سطح الأرض معظم المخزون الحراري الذي اكتسبه اثناء ساعات النهار (الموسى، 2002، ص67.)، عليه ومن خلال التحليل الاحصائي للبيانات تبين من الشكل (2) ان منحنيات الفروق المتجمعة لمعدلات درجة الحرارة الصغرى كانت تأخذ اتجاها واضحا نحو التناقص في بداية الفترة وحتى عام 1999، تم بدأت في الارتفاع التدريجي منذ عام 2000 وحتى نهاية فترة الدراسة، وبذلك قسمت مدة الدراسة إلى فترتين الأولى من سنة 1959- 1999، والثانية من سنة 2000- 2024.



شكل (2) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجات الحرارة الصغرى للفترة من1959-2024.

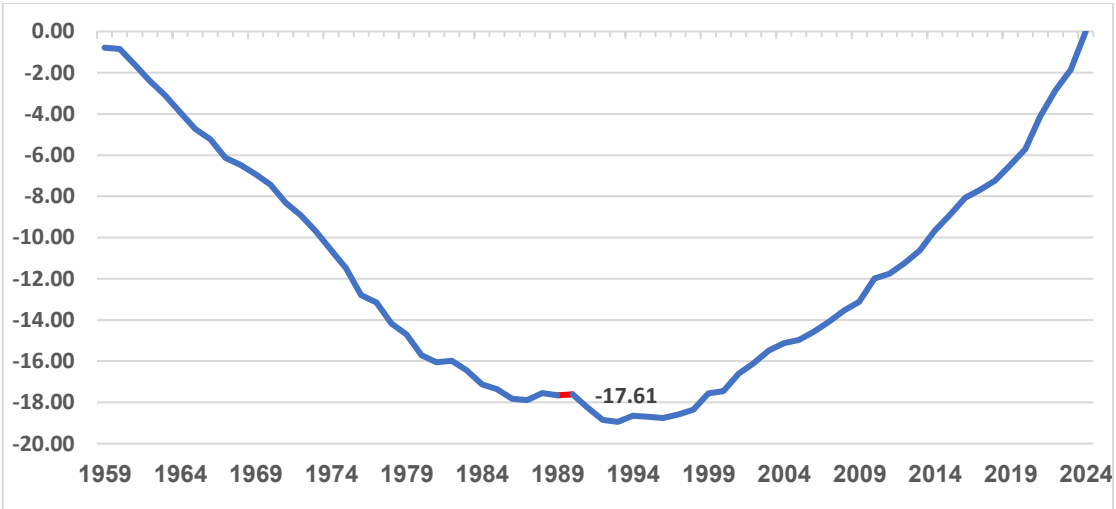
المصدر: 1- بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية

2- منصة Google Earth Engine

https://app.climateengine.com/climateEngine

3-درجة الحرارة المتوسطة:

وهي متوسط درجات الحرارة المسجلة خلال فترة زمنية معينة، ويمكن حسابها بجمع درجات الحرارة وتقسيمها على عدد الأيام أو الأشهر أو السنوات، من خلال الشكل (3) نلاحظ ان معدلات درجة الحرارة المتوسطة كانت تأخذ اتجاها نحو التناقص في بداية الفترة وحتى عام 1989 تم اخذت في الارتفاع إلى نهاية فترة الدراسة وبهذا قسمت مدة الدراسة إلى فترتين، الأولى تمتد من 1959-1989 والفترة الثانية 1990-2024.



شكل (3) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجات الحرارة المتوسطة للفترة من1959-2024.

المصدر: 1- بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية

2- منصة Google Earth Engine

https://app.climateengine.com/climateEngine

التباين في تغير درجة الحرارة باستخدام اختبار (Independent Samples T– Test)

يستخدم اختبار **(Independent Samples T– Test)** للمقارنة بين متوسطين من مجموعتين مستقلتين أو أكثر لتحديد ما إذا كانت هناك فروقات ذات دلالة معنوية بينهما من خلال الفرضية الصفرية (H_0) عدم وجود تغير معنوي في المتوسطات درجة الحرارة السنوية بين الفترتين، في حين تفترض الفرضية البديلة (H_1) وجود هذا التغير.

1. معدلات درجة الحرارة العظمي:

قبل الشروع في تطبيق الأساليب الإحصائية على البيانات المناخية، من الضروري اختبار مدى اعتدال توزيعها(Normality) ، وذلك لتحديد نوع الاختبار الإحصائي المناسب (معلمي أو لا معلمي). وبالنظر إلى الجدول (2)، يتضح أن فترة الدراسة تمتد لفترة 65 سنة، وهو ما يُعد حجم عينة كبير نسبيًا، تم استخدام اختبار Kolmogorov–Smirnov للتحقق من مدى اتساق البيانات مع التوزيع الطبيعي. وفي حال عدم تحقق الاعتدالية، يتم اللجوء إلى استخدام الاختبارات اللامعلمية المناسبة (عبيد 2022. ص 145–150). وعند اختبار البيانات نلاحظ ان قيمة الدلالة المعنوية sig 0.200 وهي أكبر من مستوي الدلالة 0.05 أي ان البيانات تتبع التوزيع الطبيعي.

جدول (2) التحليل الاحصائي لاعتدالية البيانات.

كلوموجروف – سمينروف		
sig مستوى المعنوية	درجة الحرية	التحليل
0.200	64	0.78

من عمل الباحثان استنادا إلى spss

ومن الجدول (3) الذي يمثل نتائج التحليل الاحصائي لاختبار **(Independent Samples T– Test)** نجد ان قيمة الدلالة المعنوية 0.00 وهي أقل من مستوي الدلالة الإحصائية 0.05 إذاً نرفض الفرضية الصفرية ونقبل الفرضية البديلة، وان الفترة الثانية سجلت فروقات في درجات الحرارة عن الفترة الأولى حيث كان الفارق في المتوسط 1°م وهذا ما يتطابق مع ما جاء في تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المُناخية IPCC الذي اشارت فيه إلى ان درجة الحرارة تزداد في الجزء الغربي من ليبيا بمعدل من 0.5 – 1°م (IPCC. 2013 ص22)

جدول (3) اختبار T–test للمتوسط لدرجات الحرارة العظمى للفترة 1959–2024.

الفترة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	T المحسوبة	درجة المعنوية sig	مستوي الدلالة	القرار
الفترة الاولي 1959 – 1995	27.4	0.37	10.8	0.000	0.05	دال احصائيا
الفترة الثانية 1996 – 2024	28.4	0.43				

من عمل الباحثان استنادا إلى spss

2. معدلات درجة الحرارة الصغرى:

لاختبار اعتدالية البيانات تم استخدام اختبار (كلوموجروف سيمنروف Kolmogorov–Smirnova) حيث نلاحظ من الجدول (4) ان قيمة الدلالة المعنوية sig 0.200 وهي أكبر من مستوي الدلالة الاحصائية 0.05 أي ان البيانات تتبع التوزيع الطبيعي وبالتالي نقوم باختبار التباين (**Independent Samples T– Test**) لمعرفة ما إذا كانت هنالك فروقات معنوية بين الفترتين خلال مدة الدراسة.

جدول (4) التحليل الاحصائي لاعتدالية البيانات.

كلوموجروف – سيمنروف		
sig مستوى المعنوية	درجة الحرية	التحليل
0.200	66	0.89

من عمل الباحثان استنادا إلى spss

من الجدول (5) نجد أن قيمة الدلالة المعنوية 0.000 وهي اقل من مستوي الدلالة الإحصائية 0.05 إذاً نرفض الفرضية الصفرية ونقبل الفرضية البديلة وان الفترة الثانية سجلت فروقات في متوسطات درجة الحرارة عن الفترة الأولى حيث كان الفارق في المتوسط 1.2م° هذا الفارق يدل على وجود تغير نحو الزيادة في درجة الحرارة الصغرى خلال فترة الدراسة، وهو ما توصل الية (مقيلي،2024،ص107) عند دراسته لمحطة ارصاد اغدامس حيث سجلت الفترة الثانية ارتفاعاً اكبر في درجة الحرارة الصغرى وعزى ذلك الى زيادة نسبة الغطاء السحابي اثناء الليل والذي يؤدي إلى التقليل من الفاقد في الاشعاع الشمسي الأمر الذي يكون له إيجابيات على الزراعة الشتوية حيث يقلل من فرص تكون الصقيع.

جدول (5) اختبار T– Test للمتوسط لدرجات الحرارة الصغرى للفترة 1959–2024.

الفترة	**المتوسط الحسابي**	**الانحراف المعياري**	**T المحسوبة**	**درجة المعنوية sig**	**مستوي الدلالة**	**القرار**
الفترة الاولي 1959 – 1999	14.1	0.47	10.36–	0.000	0.05	دال احصائيا
الفترة الثانية 2000 – 2024	15.3	0.43				

من عمل الباحثان استنادا إلى spss

3. معدلات درجة الحرارة المتوسطة:

من الجدول (6) الذي يمثل اختبار (كلوموجروف سيمنروف Kolmogorov–Smirnova) حيث نلاحظ ان قيمة الدلالة المعنوية sig 0.086 وهي أكبر من مستوي الدلالة الاحصائية 0.05 أي ان البيانات تتبع التوزيع الطبيعي، وبالتالي نقوم باختبار التباين (**Independent Samples T– Test**) لمعرفة ما إذا كانت هنالك فروقات معنوية بين الفترتين خلال مدة الدراسة.

جدول (6) التحليل الاحصائي لاعتدالية البيانات.

كلوموجروف – سيمنروف		
sigمستوى المعنوية	**درجة الحرية**	**التحليل**
0.086	**64**	**0.102**

من عمل الباحثان استنادا إلى spss

من الجدول (7) نجد ان قيمة الدلالة المعنوية 0.000 وهي اقل من مستوي الدلالة الإحصائية 0.05 إذا نرفض الفرضية الصفرية ونقبل الفرضية البديلة وان الفترة الثانية سجلت فروقات في متوسط درجة الحرارة عن الفترة الأولى حيث كان الفارق في المتوسط 1.1 م°

جدول (7) اختبار T– Test للمتوسط لدرجات الحرارة المتوسطة للفترة 1959–2024.

الفترة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	T المحسوبة	درجة المعنوية sig	مستوي الدلالة	القرار
الفترة الاولي - 1959 1989	**20.6**	**0.36**	**9.56–**	**0.000**	**0.05**	**دال احصائيا**
الفترة الثانية - 1990 2024	**21.7**	**0.52**				

من عمل الباحثان استنادا إلى spss

النتائج:

1. أظهرت نتائج الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) اتجاهاً واضحاً للارتفاع في معدلات درجات الحرارة (العظمى والصغرى والمتوسطة)، حيث دلت نتائج التحليل وجود قيم موجبة للمتغير b، مما يدل على وجود اتجاه تصاعدي معنوي وهو ما يتفق مع جميع المؤشرات العالمية للتغير المُناخي. اذ سجلت درجة الحرارة العظمي زيادة سنوية مع الزمن بمعدل (0.029°م/سنة) والصغرى (0.035م°/سنة) والمتوسطة (0.032م°/سنة)

2. أظهرت نتائج اختبار (Independent Samples T-Test) وجود فرق معنوي ذا دلالة احصائية في درجات الحرارة (العظمى والصغرى المتوسطة) بين الفترتين الزمنيتين مما يدل على تغير واضح في الظروف المُناخية المحلية للمنطقة. حيث أكدت نتائج التحليل بأن هناك زيادة في متوسط درجات الحرارة بلغت في العظمى حوالي1.0°م، وفي الصغرى 1.2°م، والمتوسطة 1.1°م، مما يعكس اتجاهًا عامًا نحو ارتفاع معدلات الحرارة خلال فترة الدراسة، وهو أحد المؤشرات الرئيسية لظاهرة الاحترار المُناخي المحلي.
3. يتضح من نتائج الدراسة ان درجة الحرارة الصغرى سجلت اعلى معدل للزيادة السنوية وأكبر الفروقات بين فترتي الدراسة مقارنة بدرجات الحرارة العظمى والمتوسطة، وبالتالي يمكن ان نقول ان درجات الحرارة الصغرى (الليلية) هي الأكثر تأثرا بالتغيرات المُناخية وتأخذ اتجاها اكثر حدة وتطرف ناحية الزيادة.

التوصيات:

من خلال النتائج التي توصلت اليها الدراسة، والتي اكدت على ان درجة الحرارة العظمى والصغرى والمتوسطة تتجه بشكل ملحوظ نحو الارتفاع وهو امر بالغ الأهمية والخطورة، عليه فإن الدراسة توصى بالآتي:

1. الاهتمام بنتائج البحوث العلمية والأخذ بتوصياتها بمحمل الجد ووضع هذه النتائج ضمن السياسات والخطط البديلة لإقامة مشاريع نستطيع من خلالها الحد من المخاطر التي تهدد النظم البيئية في المنطقة.
2. نشر الوعي بخطورة التغيرات المُناخية وما يصاحبها من آثار بيئية تؤثر على صحة الإنسان والحيوان والنبات
3. من بين اهم المشاريع التي توصى الدراسة الاهتمام بها، مشاريع التشجير وإقامة المسطحات الخضراء والمشاريع الزراعية للتقليل من حدة ارتفاع درجات الحرارة ومكافحة التصحر والجفاف.
4. دعم المشاريع الزراعة الموجودة حاليا سواء العامة أو الخاصة وتوفير كل مستلزماتهم بما يضمن استمراريتها، وبالتالي زيادة مساحة الأراضي الزراعية دخل المنطقة.
5. توصي الدراسة بإجراء تحليلات مماثلة لعناصر مُناخية أخرى مثل الأمطار والرطوبة والرياح، لفهم التأثير المتكامل لتغير المُناخ على البيئة المحلية.

قائمة المراجع:

أولاً: المراجع العربية

1. الجلاد، أحمد (2000)، البيئة والسياحة العلاجية، عالم الكتب للنشر والتوزيع، القاهرة.
2. المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية (2023)، إدارة المناخ والتغيرات المناخية، طرابلس، ليبيا، بيانات مناخية غير منشورة.
3. الموسى، فواز أحمد (2002)، الخصائص المناخية للحرارة والامطار في منطقة شرقي البحر المتوسط، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة عين شمس.
4. الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ،2013، IPCC، تغير المناخ 2013، الأساس العلمي الفيزيائي، ملخص صانعي السياسات، التقرير الخامس.
5. داود، جمال إبراهيم، سمسر سليم فال،2004، تحليل الارتباط ونماذج الانحدار البسيط، ط1، دار الكتب الوطنية، بنغازي، ليبيا.
6. سليم، على مصطفى، حويل، عادل أحميد، (2024) تحليل اتجاهات الحرارة في منطقة شحات بشمال شرق ليبيا للمدة 1970 – 2020، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، مجلة علمية محكمة تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية فرع المنطقة الوسطى، المجلد الرابع، العدد الثاني.
7. عبيد، مصطفى فؤاد. التحليل الاحصائي باستخدام برنامج spss . مركز البحوث والدراسات متعدد التخصصات. إسطنبول– تركيا. 2022.
8. عثمان، اسمهان على وآخرون، (2023) الاسقاطات المستقبلية لدرجات الحرارة العظمى في محطة ارصاد زوارة للفترة 1961 – 2050 وأثرها في التطرف الحراري، مجلة أبحاث بكلية الآداب جامعة سرت، المجلد 15، العدد الثاني.
9. أمانة التخطيط – مصلحة المساحة، (1978)، الأطلس الوطني.
10. مقيلي، إمحمد عياد، الاحتباس الحراري واثره على تكرار العواصف الصحراوية بالصحراء الليبية (محطة سبها دراسة حالة)، مجلة ليبيا لدراسات الجغرافية، المجلد الخامس، العدد الاول،2025.
11. مقيلي، إمحمد عياد، الاحتباس الحراري العالمي واثرة على التطرف المطري والحراري بمحطتي ارصاد ليبية، مجلة ليبيا لدراسات الجغرافية، المجلد الرابع، العدد الثاني،2024.

ثانياً: المراجع الاجنبية

1. Wilks, D. S. (2011). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (3rd Edition). Academic Press. **P**250–260

2. International Organization for Migration. Regional Office For Middle East and North Africa IOM. Country report on migrationenvironment and climate change in libya. Ali Geath Eljadid and Dr. Erin Mcfee.2024.

3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press.