

التطرف الحراري في المناطق الجافة: مدينة الهفوف بالمملكة العربية السعودية نموذجاً

أستاذ المناخ - قسم الجغرافيا - كلية الآداب
جامعة الملك فيصل - المملكة العربية السعودية

أ.د. محمد أبو الحسن القاسم مختار

أستاذ المناخ المشارك - قسم الجغرافيا - كلية الآداب
جامعة الملك فيصل - المملكة العربية السعودية

د. محمد النور يس أحمد

أستاذ الدراسات البيئية - قسم الجغرافيا - كلية
الآداب - جامعة الملك فيصل
المملكة العربية السعودية

أ.د. عمر أحمد المصطفى حياتي

المستخلص:

هدف هذا البحث للكشف عن وجود تطرف حراري في المناطق الجافة، متخذاً من مدينة الهفوف شرقي المملكة العربية السعودية نموذجاً، ولإبراز الاتجاه العام لمعدلات درجة الحرارة الفصلية والسنوية خلال الفترة من 1979 إلى 2023م. وتتمحور مشكلته في الإجابة عن سؤالين هما: هل يوجد تطرف حراري في المدينة لوقوعها في منطقة جافة؟، وما اتجاه ذلك التطرف إن وجد؟ تتبع أهمية البحث من تتبعه للتطرف الحراري في المدينة، بغية الاستفادة من الخصائص المناخية في منطقة الدراسة وأثرها على النشاط البشري. استخدم في إجراء البحث المنهجين الاستقرائي والاستدلالي، وجمعت بياناته من سجلات درجة الحرارة في محطة الهفوف. وتم تحليل البيانات ومقارنة المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة مدينة الهفوف الواقعة على دائرة عرض (36°25ش)، مع درجة الحرارة القياسية لدائرة العرض التي تقع عليها محطة الهفوف. توصل البحث إلى أن أعلى درجة تطرف حراري سنوي حدث عام 2021، ويفرق 5.5 م°، عن متوسط درجة الحرارة في المدينة (28.2 م°)، وأدنى تطرف عام 1992م، ويفرق 2.1 م°، عن متوسط درجة الحرارة في المدينة (24.8 م°). وتراوح التطرف السنوي لدرجات الحرارة خلال الفترة 1979-2023 بين 2.1-5.5 م° مائلاً نحو الزيادة. وأن التغيرات في درجات الحرارة في فصل الشتاء (يناير) وتراوحت بين 0.1-3.5 م°، وكانت أكثر تبايناً من فصل الصيف (يونيو) وتراوحت بين 0.2-1.8 م°. وبميل الاتجاه العام للتطرف الحراري نحو الزيادة في أكثر من ثلي فترة الدراسة، إذ شهدت الفترة من 1979 - 1993 تطرفاً قدره 3,09م°، والفترة من 1994-2008 تطرفاً قدره 4,09 م°، وفي الفترة من 2009 - 2023 تطرفاً قدره 4,78 م°. ولمواجهة التطرف الحراري في المناطق الجافة وشبه الجافة عامة وفي مدينة الهفوف خاصة يوصي البحث بإجراء أبحاث بيئية لربط التطرف الحراري بالنشاط البشري، والتوسع في المساحات الخضراء، والحد من إطلاق الغازات الدفيئة، تمشياً مع مبادرة «السعودية الخضراء» وسياسة «صفر انبعاث» التان أطلقتها المملكة العربية. تتبع أهمية هذا البحث من تتبعه للتطرف الحراري في مدينة الهفوف، بغية الاستفادة من الخصائص المناخية في منطقة الدراسة وأثرها على النشاط البشري

الكلمات المفتاحية: المناطق الجافة وشبه الجافة، التطرف الحراري، الهفوف، المتوسطات السنوية.

Thermal extremes in Arid Area: Al Hofuf City of Saudi Arabia as a model

Prof. Mohamed Abuelhassan Elgasim

Dr. Mohamed Elnour Yassen Ahmed

Prof. Omar Ahmed Elmustafa Hayati

Abstract:

The aim of this research is to reveal the presence of thermal extremes in dry areas, taking the city of Al-Hofuf in Eastern Saudi Arabia as a model, and to highlight the general trend of seasonal and annual temperature rates during the period from 1979 to 2023 AD. The research is problem lies in answering two questions: Is there a temperature extremes in the city because it is located in a arid area? What is the general trend of this temperature extremes ? The importance of the research stems from its tracking of temperature extremes in the city, in order to benefit from the climatic characteristics in the study area and their impact on human activity. The researcher used inductive and deductive approaches and collected data from temperature records at the Hofuf station. The data was analyzed and compared to the annual temperature averages for the city of Al-Hofuf, which is located on a latitude ($25^{\circ}36^{\circ}\text{C}$), with the standard temperature for the latitude area on which Al-Hofuf station is located. The researcher found that the highest degree of annual temperature extremes occurred in the year 2021, with a difference of 5.5°C from the average temperature in the city (28.2°C), and the lowest degree of temperature extremes occurred in 1992 AD, with a difference of 2.1°C from the average temperature in the city (24.8°C). The annual temperature extremes during the period 1979-2023 ranged between $2.1-5.5^{\circ}\text{C}$, tending towards an increase. Temperature changes in the winter (January) ranged between -0.1 and 3.5°C and were more variable than the summer (June) when they ranged between -0.2 and 1.8°C . The general trend of temperature extremes tends towards an increase in more than two-thirds of the study period, as the period from 1979 - 1993 witnessed a temperature extremes of 3.09°C , and the period from 1994-2008 witnessed a variation of 4.09°C , and in the period from 2009 - 2023 an extreme of 4.78°C , and to confront the temperature extremes in dry and semi-arid areas in general and in the

city of Al-Hofuf in particular, the researcher recommends conducting interdisciplinary research to link thermal variation with human activity, expanding green spaces, and reducing the release of warm gases in line with the “Green Saudi Arabia” initiative and the “Zero Emission” policy launched by the Kingdom of Saudi Arabia.

Keywords: Arid and semi-arid Areas, Thermal extremes), Al Hofuf, Annual Averages.

مقدمة:

يشهد مناخ العالم في العقود الأخيرة تغيرات في عناصره لأسباب عدة، تتعلق بالتقدم الصناعي والزيادة السكانية، والتي كان لها تأثير سلبي على أجزاء كثيرة من العالم، بما في ذلك المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتميز أصلاً بخصائص مناخية عدة، أهمها تذبذب وعدم انتظام كميات الأمطار، وارتفاع متوسط درجات الحرارة الموسمية ومعدلات التبخر السنوية (Alredaisy, 2023). وعلى الرغم من أنه ليس هناك تعريف واضح للمناطق الجافة وشبه الجافة من حيث الموقع الجغرافي بين القارات إلا أن المتفق عليه هو أن الميزة الأساسية لها هو الجفاف. تتأثر درجات الحرارة، في أي مكان على سطح الأرض، بعدة عوامل مكانية ثابتة مثل الموقع الفلكي والموقع الجغرافي، ومكونات سطح الأرض، وتأثير المسطحات المائية أو اليابسة، والغطاء النباتي، والنشاط البشري. كما تتأثر بعوامل أخرى حركية مثل نوع الرياح، الكتل والجهات الهوائية، المنخفضات والمرتفعات الجوية. وينعكس اختلاف هذه المؤثرات من مكان إلى آخر على تباين الخصائص الإشعاعية والموازنة الحرارية حتى في المناطق التي تقع على دائرة العرض الواحدة. وتشير كثير من الدراسات أن كوكب الأرض قد مر بفترات مناخية شديدة وقاسية. فقد شهدت العقود المنصرمة تذبذباً كبيراً في درجات الحرارة وارتفاعاً وانخفاضاً، بالإضافة إلى عدة أشكال أخرى من المناخ المتطرف مثل الحرارة الشديدة، الأمطار الشديدة، وتكرار سنوات الجفاف (البركي وآخرون, 2023).

يعرف التطرف الحراري بأنه الفارق بين معدل درجة حرارة المكان، وتحديد درجة حرارة كنقطة مرجعية يقاس على ضوءها التطرف الحراري (Haurwitz and Austin, 1944)، عليه فقد قاما بتحديد معدل درجة حرارة قياسية لدوائر العرض المختلفة، ليصبح الانحراف عن هذه المعدلات سلباً أو إيجاباً ضرباً من أنواع التطرف الحراري (الجدول 1). وللتطرف الحراري ارتباط وثيق بالتطرف المناخي الذي يعرف على أنه: عبارة عن حالة جوية متغيرة تكون متطرفة، وغير متوقعة، ولم يخطط لها، وتتميز هذه الحالة بقوتها الشديدة، وحدوث تغيرات مناخية فجائية. وتتمثل في حركة الرياح، ودرجة الحرارة ونسبة الهطول، وتؤدي إلى ظهور مشاكل عدة لها تأثير سلبي على البيئة (جمال، 2020). وتتميز بعض المناطق بتطرف حراري عال مثل منطقة نورنز هافن شمال شرق المحيط الأطلسي التي يصل التطرف الحراري فيها إلى أكثر من (10) م°، ومنطقة فيرخوياسك في سيبيريا إذ يصل التطرف الحراري فيها شتاءً إلى (-24) م° (السامرائي، 2008).

تُعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية لما لها من تأثير على جميع عناصر المناخ الأخرى، ويكون لك أكثر وضوحاً عندما ترتفع درجات الحرارة في أي منطقة جغرافية كانت، وفي فترات زمنية طال أمدها أم قصر. ويكمن السبب في أن موجات الحرارة هي أقل الظواهر المعروفة من التطرف المناخي كونها غير مرئية، على العكس من الظواهر الأخرى مثل الأعاصير، الزوابع، والعواصف الرعدية. فيؤدي ارتفاع درجات الحرارة للعديد من الأضرار، فعلى سبيل المثال لا الحصر: ارتفاع حالات ضربات الشمس والتشنجات بين السكان، وتلف المحاصيل الزراعية، ونفوق الحيوانات، فضلاً عن ارتفاع ملحوظ في حرائق الغابات في كثير من مناطق العالم (Dowd et al, 2015). لقد حظي التغير في درجات الحرارة العالمية والإقليمية، خلال الخمسين عاماً الماضية، باهتمام كبير باعتبارها أحد أهم المؤشرات لدراسة تغير المناخ (Rodrigo 2011 & Fernández). وتشير أدلة عدة على أن هناك علاقة بين ارتفاع درجة حرارة الهواء وحدوث التقلبات الجوية (Alexander et al, 2006). ويؤكد تقرير التقييم الرابع (AR4) الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC 2007)، إلى أن ارتفاع متوسط درجات الحرارة السطحية العالمية بمقدار 0.74 درجة مئوية في القرن الماضي. وعلى وجه الخصوص، في الخمسين عاماً الماضية التي تضاعف خلالها معدل الاحترار (0.13 درجة مئوية لكل عقد). ويرجح التقرير الخامس (AR5) الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن السبب الرئيس للاحتراز الملحوظ منذ منتصف القرن العشرين هو التأثير البشري (IPCC, 2013).

تشهد كثير من دول العالم في الوقت الحالي تأثيرات تغير المناخ ممثلة بشكل واضح في ارتفاع درجات الحرارة. فقد شهدت المملكة العربية السعودية، بشكل عام، والمنطقة الشرقية، بشكل خاص، خلال فصول السنة في السنوات الأخيرة ارتفاعاً غير مألوف في درجات الحرارة في فصل الصيف، وانخفضت انخفاضاً كبيراً في فصل الشتاء، وتزايدت في تكرار العواصف الترابية، وهطول أمطار غزيرة، وموجات باردة (العتيبي، 2020).

تتصف الحرارة في المملكة العربية السعودية بتباينها بين الصيف والشتاء وسعة هذا التباين جعل مناخ المملكة يتسم بالصفة القارية، ويتميز فصل الصيف بكونه أطول من بقية الفصول الأخرى. ولكن إلى أي مدى يختلف تباين درجات الحرارة في مدن المملكة الممتدة في 17 درجة عرضية (16° - 33° ش). ولعل مدن المملكة الواقعة شمالياً، بحكم موقعها في منطقة صحراوية، أكثر عرضة للتطرف الحراري. سؤالان يشكلان مشكلة هذا البحث ويحاول الإجابة عليهما هما: هل يوجد تطرف حراري في مدينة الهفوف الواقعة شرقي المملكة في الفترة 1979-2023؟، وإن وجد ما اتجاهه؟ ويهدف للكشف عن وجود وطبيعة التطرف الحراري في المدينة، فضلاً عن إبراز الاتجاه العام له. معتمداً في ذلك على تحليل معدلات درجة الحرارة الشهرية والفصلية والسنوية في ذات الفترة. تتبع أهمية هذا البحث من تتبعه للتطرف الحراري في مدينة الهفوف، بغية الاستفادة من الخصائص المناخية في منطقة الدراسة وأثرها على النشاط البشري. وتقصي أثر العوامل المحلية والمتحركة على ظاهرة التطرف الحراري في المدينة. وتتبع أهمية هذا البحث من تتبعه للتطرف

الحراري في مدينة الهفوف، بغية الاستفادة من الخصائص المناخية في منطقة الدراسة وأثرها على النشاط البشري، فضلا عن أن مخرجاته ستساعد في تطبيق مشروعات مبادرات المملكة العربية السعودية (السعودية الخضراء والحد من إطلاق الغازات الدفيئة).

الدراسات السابقة:

حظي موضوع التطرف الحراري بدراسات مكثفة في العقود الأخيرة لارتباطه بعوامل طبيعية وأخرى بشرية ولأثاره في مناخ حياتية مختلفة. وأشارت بعض من هذه الدراسات إلى أن أسباب هذا التطرف تعود لتغيرات في دورة الغلاف الجوي وظاهرة النينو، وإن موجة الحر والتي اجتاحت معظم دول قارة آسيا خلال نهاية شهر مايو وبداية شهر يونيو 1998، خاصة غربي الهند وباكستان ومعظم جنوب شرق آسيا والمحيط الهادي ما هي إلا نتيجة لذلك (Kripalani & Kulkarni, 1999, Eggeling, et al, 2024). وأرجأت دراسات أخرى أسبابه لتغير نمط استخدام الأرض وإحلال مناطق الغابات والأراضي الزراعية بمناطق سكنية وصناعية، في اتجاه التحضر (المبارك والحجي, 2019, Vorobyova, et al, 2023). وأن الحالات الشاذة الإيجابية من التطرف الحراري قد تكررت بشكل متزايد في المساحات الكبيرة في أوروبا بعد عام 2010. وكانت التشوهات الحرارية الكبيرة هي الأكثر شيوعاً بشكل عام في أوروبا الوسطى (Twardosz, et al, 2021). بينما حللت دراسات التطرف الحراري للمدن في ضوء صور للأقمار الصناعية في نطاق الأشعة تحت الحمراء الحرارية، بهدف إنشاء خرائط للحالات الحرارية الشاذة في تلك المدن في مواسم مختلفة وأثرها على البيئة وتحديد الجزر الحرارية، وتوصلت إلى أن الاختلافات في درجة الحرارة والإشعاع الحراري المرتبط بها أقل حدة أو دون تغيير تقريباً (Panasyuk, et al, 2024, Zargari, et al 2024).

على مستوى الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أوضحت دراسات في مؤشرات التطرف الحراري وجود تغيرات ذات دلالة إحصائية في درجات الحرارة اليومية الصغرى والعظمى في خمسة عشر دولة في الشرق الأوسط بالتركيز على البيانات اليومية (Zhang, et al, 2005). ففي الأردن على سبيل المثال، وجد أن اتجاه التطرف الحراري في تزايد مستمر في متوسطات الحرارة السنوية الصغرى والعظمى على مدى 35 عاما (1964-1999)، وتسبب نظام الضغط الجوي السطحي للمنخفض الحراري السعودي ونتوء المرتفعات الجوية في زيادة موجات الحر في الأردن في فصل الصيف في الفترة (1963-1987) (شحادة، 1990، Domi, 2005). وفي العراق أكد الجبوري (2016) تكرار ظاهرة التطرف الحراري وموجات الحر في الفترة 2010-1981م عدا 1988، وأن هذه الظاهرة متباينة مكانيا في العراق بدرجات تراوحت بين 1,6 م° إلى 1,3 م° على المستوى المحلي، وبين 2,2- م° إلى 1,9 م° على المستوى الشهري (الكناني وعبود، 2018). ويرجع السبب في ذلك، حسب دراسات تقييم التغيرات الزمانية والمكانية لمؤشرات تطرف درجات الحرارة اليومية، إلى ظاهرة الاحترار العالمي وسيادة الكتل الهوائية المدارية القارية الجافة، المتزامن مع امتداد منخفض الهند الحراري الموسمي (الراوي ونايل، 2016، البديري، 2021). وأن هذا التطرف قد أثر على إنتاجية القمح في محافظة واسط بالعراق (الشمري، 2021). وفي شمالي إفريقيا وجدت دراسات ربطت اتجاه التطرف الحراري بتغير

المناخ في ليبيا في الفترة من 1960 إلى 2000، تذبذباً واضحاً في معدلات درجة الحرارة على مستوى المحطات المناخية الواقعة في مناطق جغرافية مختلفة واتجاهاً إيجابياً نحو الارتفاع (زكري، 2013)، فعلى سبيل المثال ظهر هذا التزايد في الاتجاه المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية الصغرى والعظمى لدرجات الحرارة في 2010م (سليم، 2017). كما زادت شدة وتكرار التطرف الحراري في قيم الحرارة الصغرى في منطقة سرت في الفترة بين (1971-1997) (مقيلي، 2024)

محلياً، على مستوى المملكة العربية السعودية، عالجت كثير من الدراسات موضوع التطرف الحراري من عدة أوجه بدأ بالتغير في اتجاه درجات الحرارة العظمى التي وجدت زيادة فيها بمعدل لكل عقد 0,60 م° في الفترة بين (2011-1983) وبزيادة قدرها 0,64 في درجة الحرارة الصغرى درجة مئوية لكل عقد في الفترة (2000-2019)، في جميع أنحاء المملكة (Almazroui, et al 2012)، الحسبان، 2013، 2020، (Almazroui، 2020). مع وجود تباين معتبر في خصائص التوزيع الزماني والمكاني للموجات الحارة والباردة شمالي المملكة في الفترة بين 1985 - 2017 (حشر، 2022)، ومعدل شذوذ حراري سنوي موجب ومتزايد تراوح بين (0.07- و 0.31 م°) خلال الفترة 1985 - 2016 على مستوى المملكة باستثناء محطة جازان التي انخفضت بها درجة الحرارة. وعلى المستوى الفصلي تبين وجود تباين في مقدار التغير بين فصول السنة، في معظم شهور السنة عدا أبريل ويونيو وديسمبر في محطتي أبها والباحة (الشمري، 2022، الشمري، 2024). كما وجدت علاقة طردية بين معدلات درجة الحرارة والزمن، وذلك بقيمة بلغت 0.68 م° عن اتجاهات التغير في معدل درجة الحرارة في مدينة مكة المكرمة في الفترة من عام 1984 إلى 2018م (عريشي، 2020). وارجعت دراسة تطبيقية أجريت في محافظة الأحساء الاختلافات المكانية في درجات الحرارة لعامل الارتفاع والتمدد العمراني الأفقي الأمر الذي ساهم في خلق الجزيرة الحرارية في محافظة الأحساء في إشارة واضحة للعلاقة بين درجة الحرارة وعناصر المناخ الأخرى (المبارك والحاجي، 2019).

استخدمت الدراسات أعلاه أساليب متعددة لدراسة التطرف الحراري منها ما بني على استخدام متوسط سجلات درجات حرارة الهواء الشهرية من محطات أرصاد جوية، واعتمدت أخرى على صور الأقمار الصناعية في نطاق الأشعة تحت الحمراء الحرارية وحرارة سطح الأرض (LST) عبر معالجة صور مستشعر الأشعة تحت الحمراء الحراري (TIRS) (Landsat 8 (L8)). واستعرضت نتائجها، بعد أن حلت باستخدام قوانين الإحصاء، عبر جداول وأشكال وخرائط استخدم فيها نظم المعلومات الجغرافية (MultiSpec, ArcGISPro, QGIS)

تناولت الدراسات السابقة عدداً من المحاور المتعلقة بدرجة الحرارة مثل التحليل الزمني والمكاني لتطرف درجة حرارة وخصائص التوزيع الزماني والمكاني للموجات الحارة والباردة، التطرف والتغير واتجاهات درجات الحرارة على مستويات مختلفة ومتباينة. ويتفق هذا البحث مع بعض الدراسات السابقة في عدد من المحاور، كدراسة التوزيع الشهري والفصلي، والسنوي لدرجة الحرارة، ومدى فعاليتها، واتجاهاتها. وما يميزه عنها هو أن معظم الدراسات التي تم تناولها أنها اعتمدت على فترات زمنية أقل من الفترة التي أخضعت للدراسة في هذا البحث (45 سنة) وأنها لم تتطرق

إلى الزيادة والنقصان في درجات الحرارة ومقارنتها بمعدلات درجة حرارة لدوائر العرض التي تقع عليها.

منهجية البحث:

استخدم المنهجين الاستقرائي والاستدلالي لإجراء البحث وتحقيق أغراضه، وتم الاعتماد في جمع البيانات المناخية لمدينة الهفوف على البيانات التي يوفرها الجيل الخامس (ERA5) من عمليات إعادة التحليل الجوي التي يقوم بها المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى للمناخ العالمي، وذلك خلال فترة الدراسة الممتدة لخمس وأربعين سنة من 1979 حتى 2023م. ولتحقيق أغراض البحث وتحليل البيانات اتبعت الخطوات التالية:

لحساب التطرف الحراري السنوي والفصلي في مدينة الهفوف، لابد من حساب انحراف المتوسطات السنوية والفصيلة للحرارة في المدينة، ثم مقارنتها مع المعدل العام لدرجة الحرارة القياسية الإحداثيات (25° N 36' و 49° E 59') التي اعتمدها تقع عليها مدينة الهفوف، والتي أخذت منها البيانات المناخية من الجيل الخامس (ERA5). ولتحديد المعدل العام القياسي لدرجة الحرارة في مدينة الهفوف تم الاعتماد بناء على نموذج (Haurwitz, B. and Austin, J.M. (1944) كما في الجدول (1).

جدول (1): المعدلات القياسية السنوية لدرجات الحرارة المثوية والمدى الحراري القياسي

لشهرَي يناير ويوليو على دوائر عرض المناطق الجافة وشبه الجافة

| المدى | يونيو | يناير | السنوي | دائرة العرض |
|-------|-------|-------|--------|----------------|
| 12.8 | 27.3 | 14.5 | 20.4 | 03° شمال |
| 6.2 | 28.0 | 21.8 | 25.3 | 02° شمال |
| 1.4 | 27.2 | 25.8 | 26.7 | 01° شمال |
| 0.8 | 25.6 | 26.4 | 26.2 | دائرة الاستواء |
| 2.4 | 23.9 | 26.3 | 25.3 | 01° جنوب |
| 5.4 | 20.0 | 25.4 | 22.9 | 02° جنوب |
| 7.2 | 14.7 | 21.9 | 16.6 | 03° جنوب |

(Source: Haurwitz, B. and Austin, J.M. (1944

تم حساب الفرق في درجات الحرارة، حسب الإحداثيات الحقيقية، حيث إن المعدلات القياسية الواردة في الجدول (1) لدائرتي العرض 530 و 520 دائرة. وبما أن منطقة الدراسة تقع عند دائرة العرض (25° N 36')، فقد تم إجراء التعديل المطلوب لحساب المعدلات القياسية السنوية والشهرية والمدى الحراري وذلك بإضافة أو حسم الفارق الحراري، وذلك بتحويل موقع مدينة الهفوف على دائرة عرض (25° N 36') للنظام العشري، فتصبح إحداثياتها (25.6° ش، ويصبح الفرق في الإحداثيات بينها وبين دائرة 20° شمال هو: 25.6 - 20.0 = 5.6 م° تم حساب المعدل القياسي السنوي لدرجة الحرارة في مدينة الهفوف، كما يلي:

الفرق في المعدل القياسي لدرجة الحرارة (لدرجات) = $0.49 \times 5 = 2.45$ ° الفرق في المعدل القياسي لدرجة الحرارة (للدقائق) = $0.008 = 60 \div 0.49$ و $0.008 = 6 \times 0.008$
الفرق في المعدل القياسي لدرجة الحرارة = $2.45 + 0.05 = 2.50$ م°

المعدل القياسي السنوي لدرجة الحرارة في محطة الأحساء = $25.3 - 2.50 = 22.7$ م°
لحساب التطرف الحراري السنوي في مدينة الهفوف حسب معدلات الحرارة القياسية حساب متوسطات الحرارة السنوية حسب البيانات الواردة في موقع الجيل الخامس (ERA5) ومقارنتها بالمعدلات القياسية لدرجة الحرارة حسب دائرة العرض (36° 25' ش)،

لحساب التطرف الحراري في شهر يناير بمدينة الهفوف (1979 - 2023م) تم تحديد المعدل العام لدرجة الحرارة القياسية لشهر يناير لدائرة العرض (36° 25' ش) والتي تقع عليها مدينة الهفوف بناءً على الجدول (2) الذي تم فيه حساب الفوارق في المعدلات العامة للحرارة القياسية استناداً على الجدول (1)، ليتم حساب المعدل العام القياسي لدائرة العرض (36° 25' ش) لشهر يناير والذي يمثل فصل الشتاء كما يلي:

الفارق في درجات العرض بين منطقة الدراسة والدائرة القياسية (20° ش) أو (30° ش) الواردة في الجدول (1) هو:

$$30^\circ - 25^\circ 36' = 4^\circ 24'$$

$$24' \times 0.73 = 3.2^\circ$$

عليه يصبح المعدل القياسي العام لدرجة الحرارة لشهر يناير في محطة الأحساء = $21.8 - 3.2 = 18.6$ م°.

لحساب التطرف الحراري في شهر يونيو بمدينة الهفوف (1979 - 2023م) تم تحديد المعدل العام لدرجة الحرارة القياسية لشهر يونيو لدائرة العرض (36° 25' ش) والتي تقع عليها مدينة الهفوف بناءً على الجدول (2) الذي تم فيه حساب الفوارق في المعدلات العامة للحرارة القياسية استناداً على الجدول (1)، ليتم حساب المعدل العام القياسي لدائرة العرض (36° 25' ش) لشهر يونيو والذي يمثل فصل الصيف كما يلي:

الفارق في درجات العرض بين منطقة الدراسة والدائرة القياسية (20° ش) أو (30° ش) الواردة في الجدول (1) هو:

$$30^\circ - 25^\circ 36' = 4^\circ 24'$$

$$24' \times 0.07 = 0.28^\circ$$

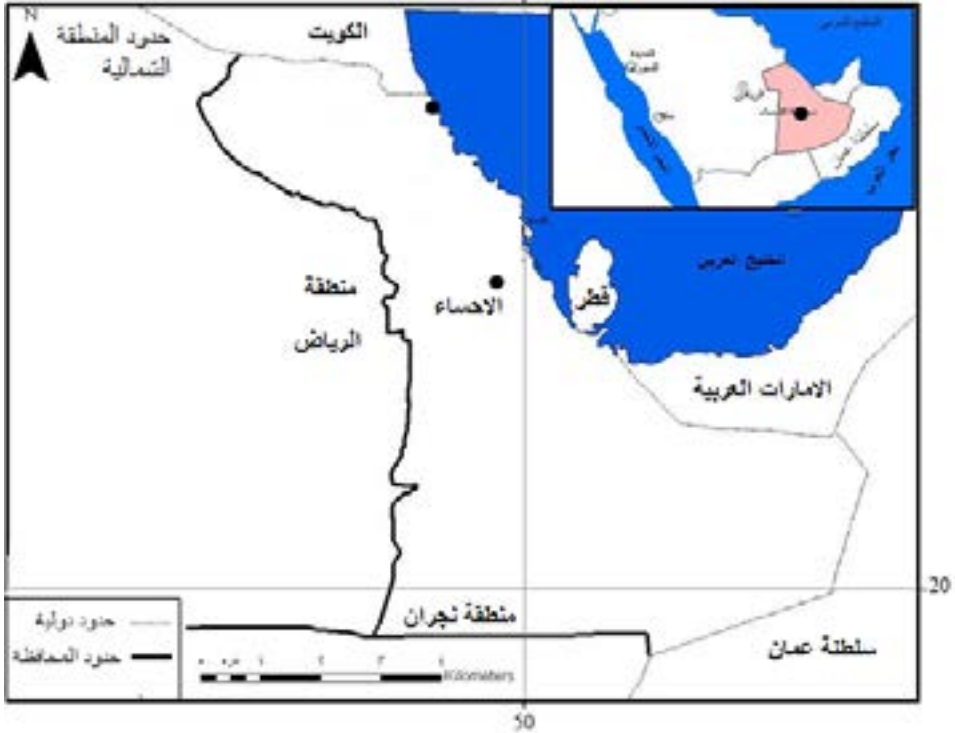
عليه يصبح المعدل القياسي العام لدرجة الحرارة لشهر يناير في محطة الأحساء = $28 - 0.3 = 27.7$ م°.

منطقة الدراسة:

هي إحدى محافظات المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية، وتقع فلكياً بين خطي طول 44°:47' - 64°:55' شرقاً، ودائري عرض 14°:17' - 25°:78' شمالاً. يحدها جغرافياً من الشمال

محافظات بقيق والنعيرية والقرية العليا، وتحدها حدود دولية تتمثل في الخليج العربي، ودولتي قطر والإمارات العربية المتحدة من الشرق وسلطنة عمان من الجنوب، أما غربا فتحدها منطقة الرياض (خريطة 1). وتمتد في مساحة تبلغ 379 ألف كم² بما يمثل 18% من مساحة المملكة. أهم ما يميز المحافظة جغرافيا الصحراء وواحة الأحساء، إذ أن 18% فقط من مساحتها مأهولة بالسكان موزعين على أهم مدنها كالهفوف والمبرز وبقيق، وقراها (32 قرية) التي تنتشر متقاربة شمالي وشرقي واحة الأحساء، وما خلا ذلك (82%) تغطيها رمال الصحراء (الفوزان، 2011).

وتقع مدينة الهفوف - موضع الدراسة - على تقاطع خط طول 59°:49 شرقا، ودائرة عرض 36°:25. وهذه الإحداثيات تجعلها تحتل الجزء الجنوبي الغربي من واحة الأحساء التي تحدها صحراء الجافورة شرقا وهضبة الصمان غربا. تتميز بمناخ قاري تتباين فيه درجات الحرارة صيفا وشتاء، كغيرها من المناطق التي تسودها الصحاري. بيد أن هنالك عوامل تؤثر في مناخ المدينة الموسمي، خاصة في عنصرَي الحرارة والرطوبة، فالحرارة يقلل من تأثيرها الغطاء النباتي الكثيف ممثل في غابة النخيل الذي تتمتع بها الواحة (2,5 مليون نخلة) والبساتين في وسطها وشرقها وشمالها. أما الرطوبة التي تؤثر في درجة الحرارة المحسوسة فترتفع وتيرتها في شهر سبتمبر. بالإضافة لعوامل ذات تأثير أقل كالتضاريس، والعواصف الترابية، والأمطار، وغيرها.



المصدر: أطلس المملكة العربية السعودية، 1999
خريطة رقم (1) موقع منطقة الدراسة

النتائج:

للكشف عن التطرف الحراري السنوي والشهري في مدينة الهفوف وتوزيعه الزمني وتبايناته خلال فترة الدراسة (1979-2023م)، تم الاعتماد حساب المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة ومقارنتها مع معدل درجة الحرارة القياسية لدائرة العرض (36' 25° ش)، التي تقع عليها مدينة الهفوف. كما تمت مقارنة المتوسطات السنوية والشهرية لدرجة الحرارة في المدينة مع المعدلات القياسية السنوية والشهرية خلال فترة الدراسة.

5.1 التطرف الحراري في مدينة الهفوف حسب معدلات الحرارة القياسية:

باعتبار أن التطرف الحراري هو الفرق بين متوسط درجات الحرارة لأي منطقة ودرجة الحرارة القياسية لدائرة العرض التي تقع عليها، تم حساب التطرف الحراري بتحويل موقع مدينة الهفوف على دائرة عرض (25° 36' N) للنظام العشري، فتصبح إحداثياتها (25.6° ش، ويصبح الفرق في الإحداثيات بينها وبين دائرة 20° شمال هو: 25.6 - 20,00 = 5.6 م° تم حساب المعدل القياسي السنوي لدرجة الحرارة في مدينة الهفوف، كما موضح في الجدول (2).

الجدول (2) الفرق في المعدلات الحرارية القياسية السنوية والشهرية والمدى الحراري بين

دائرتي عرض 20 م° - 30 م° شمال.

| المدى الحراري | يونيو | يناير | السنوي | دائرة العرض |
|---------------|-------|-------|--------|--------------------|
| 12.8 | 27.3 | 14.5 | 20.4 | 30° ش |
| 6.2 | 28 | 21.8 | 25.3 | 20° ش |
| 6.4 | 0.7 | 7.3 | 4.9 | الفرق في المعدل |
| 0.64 | 0.07 | 0.73 | 0.49 | الفرق لكل درجة عرض |
| 2.8 | 27.6 | 18.1 | 22.7 | مدينة الهفوف |

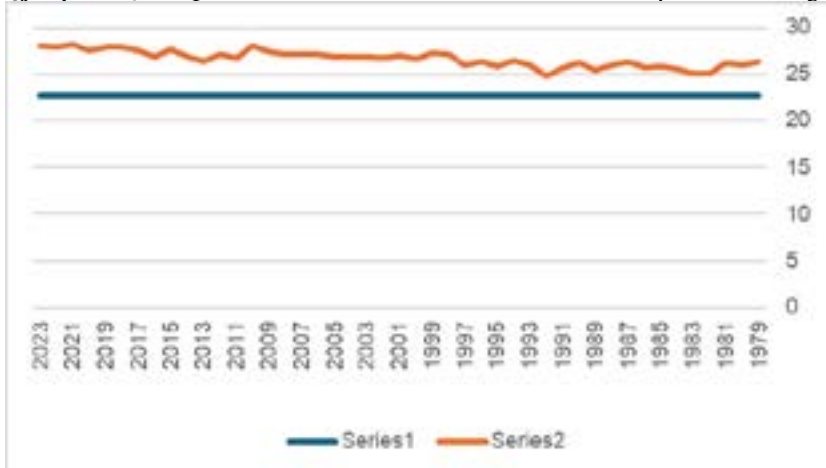
المصدر: عمل الباحثين (2024)

ومقارنة بالمعدلات القياسية للدرجة الحرارة حسب دائرة العرض (36' 25° ش)، حيث بلغ معدل الدرجة القياسية لهذه الدائرة (22.7 م°) كما في الجدول (2)، وقد جاءت نتائج التطرف القياسي كما في الجدول (3):

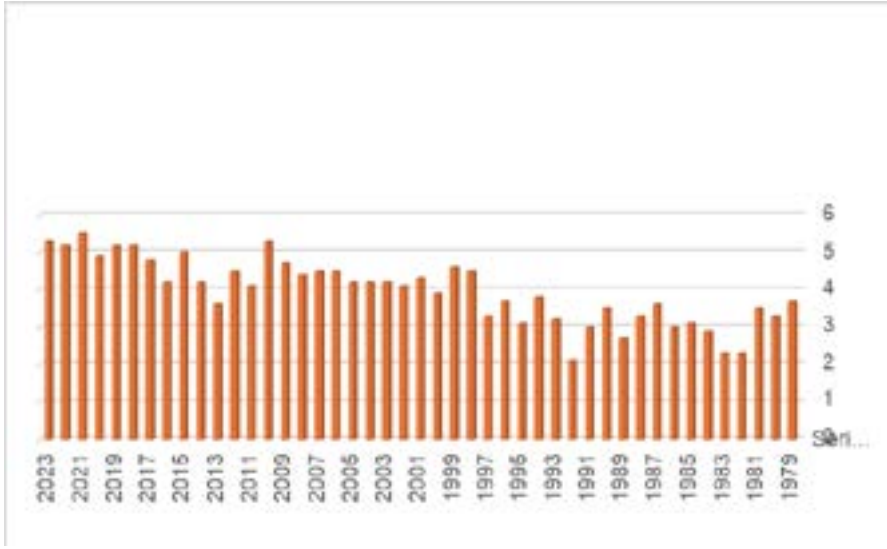
جدول (3) التطرف الحراري السنوي في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م)

| درجة التطرف الحراري | متوسط درجة الحرارة | لسنة | درجة التطرف الحراري | متوسط درجة الحرارة | لسنة | درجة التطرف الحراري | متوسط درجة الحرارة | لسنة |
|---------------------------|--------------------------|------|------------------------|-----------------------|------|---------------------------|--------------------------|------|
| 4.7 | 27.4 | 2009 | 3.8 | 26.5 | 1994 | 3.7 | 26.4 | 1979 |
| 5.3 | 28 | 2010 | 3.1 | 25.8 | 1995 | 3.3 | 26 | 1980 |
| 4.1 | 26.8 | 2011 | 3.7 | 26.4 | 1996 | 3.5 | 26.2 | 1981 |
| 4.5 | 27.2 | 2012 | 3.3 | 26 | 1997 | 2.3 | 25 | 1982 |
| 3.6 | 26.3 | 2013 | 4.5 | 27.2 | 1998 | 2.3 | 25 | 1983 |
| 4.2 | 26.9 | 2014 | 4.6 | 27.3 | 1999 | 2.9 | 25.6 | 1984 |
| 5 | 27.7 | 2015 | 3.9 | 26.6 | 2000 | 3.1 | 25.8 | 1985 |
| 4.2 | 26.9 | 2016 | 4.3 | 27 | 2001 | 3 | 25.7 | 1986 |
| 4.8 | 27.5 | 2017 | 4.1 | 26.8 | 2002 | 3.6 | 26.3 | 1987 |
| 5.2 | 27.9 | 2018 | 4.2 | 26.9 | 2003 | 3.3 | 26 | 1988 |
| 5.2 | 27.9 | 2019 | 4.2 | 26.9 | 2004 | 2.7 | 25.4 | 1989 |
| 4.9 | 27.6 | 2020 | 4.2 | 26.9 | 2005 | 3.5 | 26.2 | 1990 |
| 5.5 | 28.2 | 2021 | 4.5 | 27.2 | 2006 | 3 | 25.7 | 1991 |
| 5.2 | 27.9 | 2022 | 4.5 | 27.2 | 2007 | 2.1 | 24.8 | 1992 |
| 5.3 | 28 | 2023 | 4.4 | 27.1 | 2008 | 3.2 | 25.9 | 1993 |

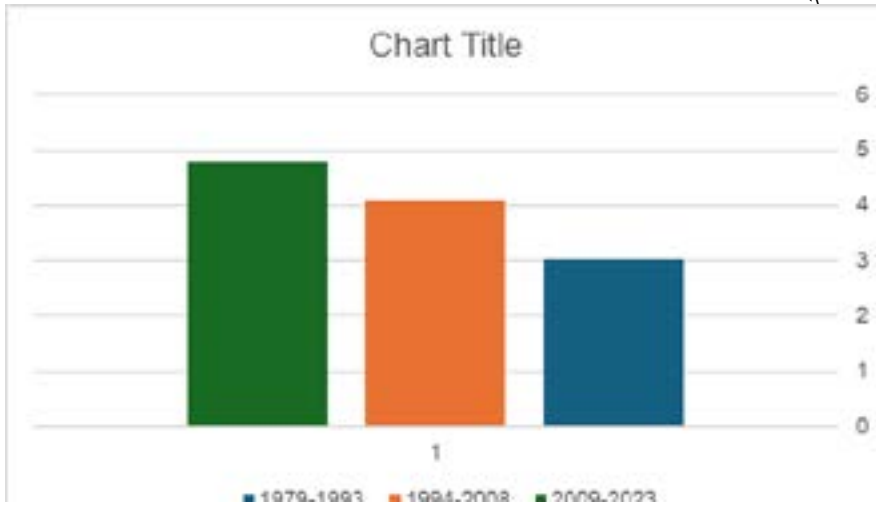
المصدر: (https://www.meteoblue.com/ar/weather/historyclimate/change), وعمل الباحثين, 2024



شكل (1) اتجاه التطرف الحراري السنوي في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م)



شكل (2) اتجاه التطرف الحراري السنوي في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م)



شكل (3) اتجاه التطرف الحراري السنوي في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م) لثلاث فترات زمنية.

5.2 التطرف الحراري لشهري يناير ويونيو:

للكشف عن التطرف الشهري في درجات الحرارة بمدينة الهفوف وتوزيعه الزمني وتبايناته خلال فترة الدراسة، تم الاعتماد على حساب المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة ومقارنتها مع معدل درجة الحرارة القياسية لدائرة العرض التي تقع عليها مدينة الهفوف، وذلك خلال شهري يناير ويونيو ليمثلا فصلي الشتاء والصيف.

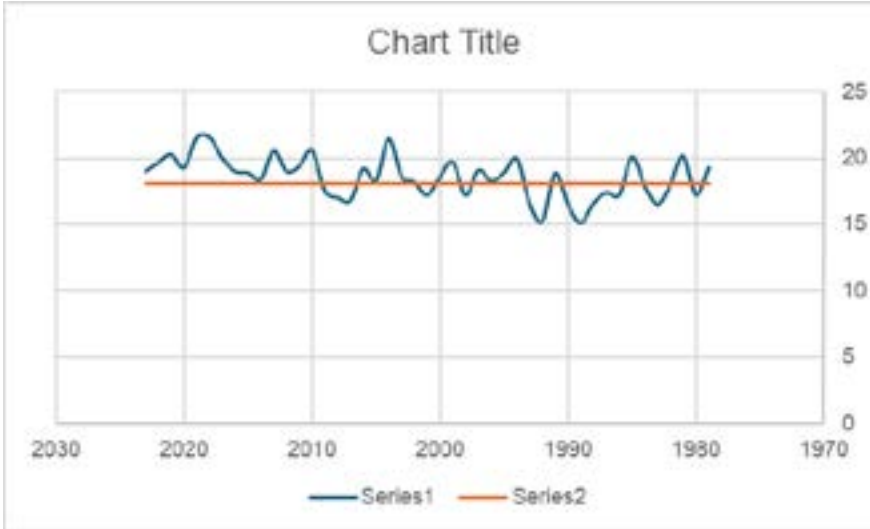
5.2.1 التطرف الحراري في شهر يناير بمدينة الهفوف (1979 – 2023م):

تم تحديد المعدل العام لدرجة الحرارة القياسية لشهر يناير لدائرة العرض (36° 25' ش) والتي تقع عليها مدينة الهفوف بناءً على الجدول (2) الذي تم فيه حساب الفوارق في المعدلات العامة للحرارة القياسية استناداً على الجدول (1)، ليتم حساب المعدل العام القياسي لدائرة العرض (36° 25' ش) لشهر يناير والذي يمثل فصل الشتاء، وجاءت نتائج التطرف كما هو وارد في الجدول رقم (4):
يعد شهر يناير أكثر شهور السنة انخفاضاً لدرجات الحرارة في مدينة الهفوف، إذ بلغ معدل درجة الحرارة خلال فترة الدراسة (15 م°)، لذا تم اعتماده في هذا البحث ليمثل التطرف الحراري خلال فصل الشتاء.

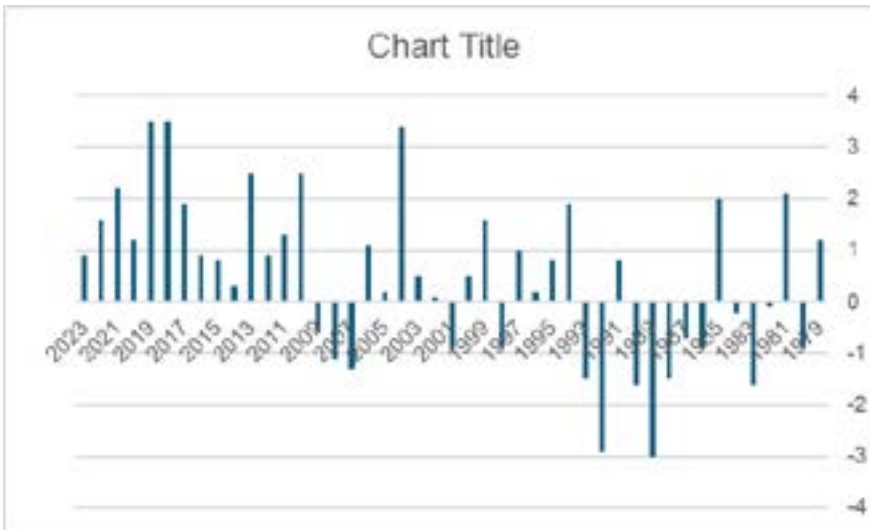
جدول (4) التطرف الحراري لشهر يناير في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م)

| السنة | متوسط درجة الحرارة | درجة التطرف الحراري | السنة | متوسط درجة الحرارة | درجة التطرف الحراري |
|-------|--------------------|---------------------|-------|--------------------|---------------------|
| 1979 | 19.3 | 1.2 | 1994 | 20 | -0.6 |
| 1980 | 17.2 | -0.9 | 1995 | 18.9 | 2.5 |
| 1981 | 20.2 | 2.1 | 1996 | 18.3 | 1.3 |
| 1982 | 18 | -0.1 | 1997 | 19.1 | 0.9 |
| 1983 | 16.5 | -1.6 | 1998 | 17.2 | 2.5 |
| 1984 | 17.9 | -0.2 | 1999 | 19.7 | 0.3 |
| 1985 | 20.1 | 2 | 2000 | 18.6 | 0.8 |
| 1986 | 17.2 | -0.9 | 2001 | 17.2 | 0.9 |
| 1987 | 17.4 | -0.7 | 2002 | 18.2 | 1.9 |
| 1988 | 16.6 | -1.5 | 2003 | 18.6 | 3.5 |
| 1989 | 15.1 | -3 | 2004 | 21.5 | 3.5 |
| 1990 | 16.5 | -1.6 | 2005 | 18.3 | 1.2 |
| 1991 | 18.9 | 0.8 | 2006 | 19.2 | 2.2 |
| 1992 | 15.2 | -2.9 | 2007 | 16.8 | 1.6 |
| 1993 | 16.6 | -1.5 | 2008 | 17 | 0.9 |

المصدر: (https://www.meteoblue.com/ar/weather/historyclimate/change) وعمل الباحثين: 2024.



شكل (4) التطرف الحراري لشهر يناير في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م)



شكل (5) التطرف الحراري لشهر يناير في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م)

5.2.2 التطرف الحراري في شهر يونيو بمدينة الهفوف (1979 – 2023م):

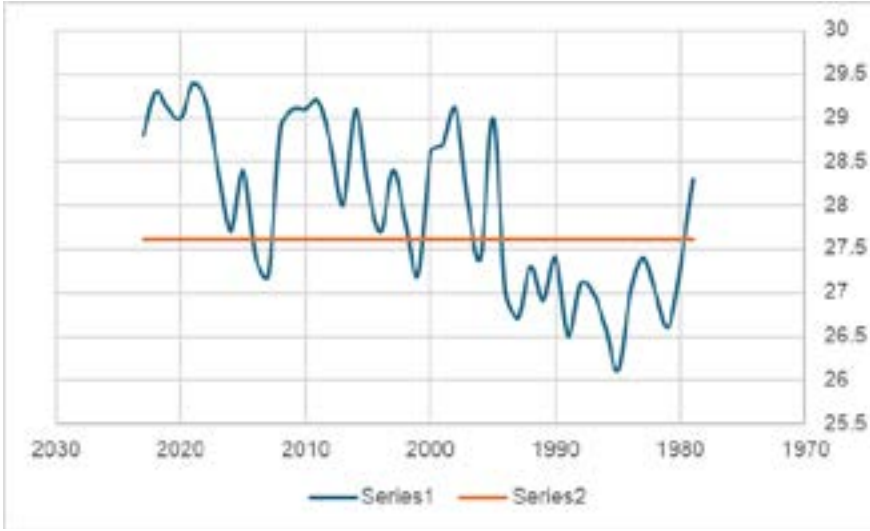
تم تحديد المعدل العام لدرجة الحرارة القياسية لشهر يونيو لدائرة العرض (36 ° 25 ش) والتي تقع عليها مدينة الهفوف بناءً على الجدول (2) الذي تم فيه حساب الفوارق في المعدلات العامة للحرارة القياسية استناداً على الجدول (1)، ليتم حساب المعدل العام القياسي لدائرة العرض (36 ° 25 ش) لشهر يونيو والذي يمثل فصل الصيف، والذي يشهد ارتفاعاً ملموساً في درجات الحرارة، ولقد بلغ معدل درجة الحرارة القياسية لدائرة العرض التي تقع عليها مدينة الهفوف

27.6 م°. جدول (5) وشكل (6) يوضحان حالات التطرف الحراري الشهري لشهر يونيو خلال سنوات الدراسة.

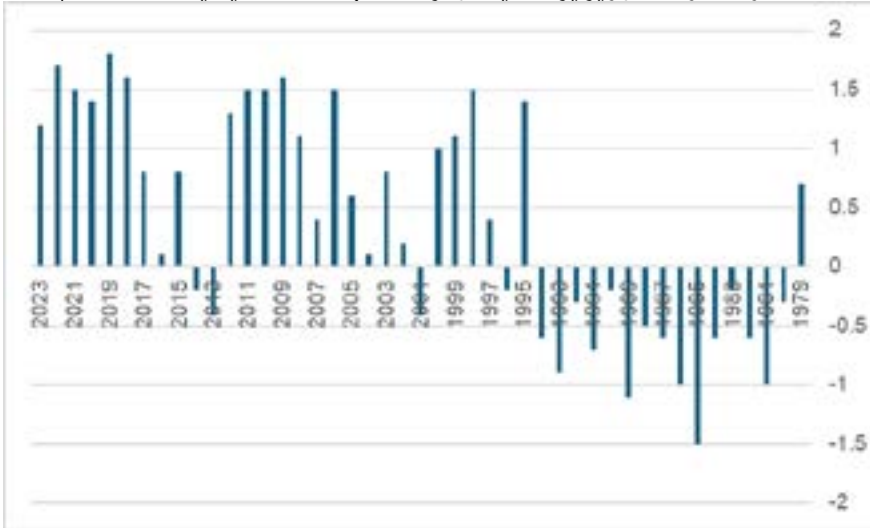
جدول (5) التطرف الحراري لشهر يونيو في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية

(1979-2023م)

| درجة التطرف الحراري | متوسط درجة الحرارة | السنة | درجة التطرف الحراري | متوسط درجة الحرارة | السنة | درجة التطرف الحراري | متوسط درجة الحرارة | السنة |
|---------------------------|--------------------------|-------|---------------------------|--------------------------|-------|---------------------------|--------------------------|-------|
| 1.6 | 29.2 | 2009 | -0.6 | 27 | 1994 | 0.7 | 28.3 | 1979 |
| 1.5 | 29.1 | 2010 | 1.4 | 29 | 1995 | -0.3 | 27.3 | 1980 |
| 1.5 | 29.1 | 2011 | -0.2 | 27.4 | 1996 | -1 | 26.6 | 1981 |
| 1.3 | 28.9 | 2012 | 0.4 | 28 | 1997 | -0.6 | 27 | 1982 |
| -0.4 | 27.2 | 2013 | 1.5 | 29.1 | 1998 | -0.2 | 27.4 | 1983 |
| -0.2 | 27.4 | 2014 | 1.1 | 28.7 | 1999 | -0.6 | 27 | 1984 |
| 0.8 | 28.4 | 2015 | 1 | 28.6 | 2000 | -1.5 | 26.1 | 1985 |
| 0.1 | 27.7 | 2016 | -0.4 | 27.2 | 2001 | -1 | 26.6 | 1986 |
| 0.8 | 28.4 | 2017 | 0.2 | 27.8 | 2002 | -0.6 | 27 | 1987 |
| 1.6 | 29.2 | 2018 | 0.8 | 28.4 | 2003 | -0.5 | 27.1 | 1988 |
| 1.8 | 29.4 | 2019 | 0.1 | 27.7 | 2004 | -1.1 | 26.5 | 1989 |
| 1.4 | 29 | 2020 | 0.6 | 28.2 | 2005 | -0.2 | 27.4 | 1990 |
| 1.5 | 29.1 | 2021 | 1.5 | 29.1 | 2006 | -0.7 | 26.9 | 1991 |
| 1.7 | 29.3 | 2022 | 0.4 | 28 | 2007 | -0.3 | 27.3 | 1992 |
| 1.2 | 28.8 | 2023 | 1.1 | 28.7 | 2008 | -0.9 | 26.7 | 1993 |



شكل (6) التطرف الحراري لشهر يونيو في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م)



شكل (7) التطرف الحراري لشهر يونيو في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية (1979-2023م)

مناقشة النتائج:

يوضح الجدول (3) والشكل (1) أن جميع سنوات الدراسة في مدينة شهدت تطرفاً حرارياً سنوياً ملحوظاً حسب المعدلات القياسية خلال الفترة (1979-2023م)، إذ بلغ (4 م°). وهذه القيمة تمثل الفرق بين معدل الحرارة خلال الخمس وأربعون سنة مقارنة بدرجة الحرارة القياسية لدائرة العرض (36' 25° م) التي تقع عليها مدينة الهفوف والتي بلغت (22.7° م). وبمقارنة التوزيع السنوي للتطرف الحراري في مدينة الهفوف بمعدل درجة الحرارة القياسية لدائرة العرض (36'

(25°)، فقد بلغ التطرف الحراري قمته في 2021م، إذ كان متوسط درجة حرارة الهفوف (28.2°م) وبلغ التطرف الحراري أقصاه في هذه السنة بفارق (5.5°م). بينما بلغ أدنى تطرف حراري في مدينة الهفوف في 1992م، حيث بلغ متوسط درجة الحرارة (24.8°م)، وبلغ التطرف الحراري (2.1°م). وعلى الرغم من أن هذه الدرجة كانت هي الأدنى خلال فترة الدراسة، إلا أنها من المعدلات المرتفعة جداً في بقية أنحاء الكرة الأرضية. ويشير الاتجاه العام نحو التطرف الحراري إلى تباين فترات ارتفاع وانخفاض، ولكنه بشكل عام يميل نحو الزيادة في أكثر من ثلثي فترة الدراسة. وتشير نتائج البحث إلى أن الفترة من 1979 - 1993 إلى تطرف مقداره 3,03°م، وفي الفترة من 1994-2008 إلى تطرف مقداره 4,09°م، وفي الفترة من 2009 - 2023 إلى تطرف مقداره 4,78°م. ويعزى هذا التطرف في منطقة الدراسة إلى المنخفضات الجوية التي تؤثر في مناخها بإحداثها تغيرات حادة في درجات الحرارة، واتجاهات الرياح وتكون السحب، وسقوط الأمطار، وحدوث العواصف الرعدية، والعواصف الرملية وغيرها. ومن أهم تلك المنخفضات الجوية التي تتأثر بها منطقة الدراسة تأتي خلال فصل الشتاء عبر حوض البحر المتوسط (المبارك والحاجي، 2019). ويعزى تذبذب التطرف الحراري في مدينة الهفوف من عام لآخر وفقاً للمعدلات القياسية خلال فترة الدراسة إلى الموقع الفلكي لمدينة الهفوف وتأثير زاوية سقوط الأشعة الشمسية، كما يتأثر موقع مدينة الهفوف بالاختلاف الحراري اليومي والفصلي والسنوي بين المسطحات المائية واليابسة، ومن ثم أدى إلى التباين في درجات الحرارة. فضلاً عن طبيعة منطقة الدراسة الصحراوية وارتفاع الحرارة نهاراً وانخفاضها ليلاً. ويعود التطرف الحراري في منطقة الدراسة أيضاً لتغيير نمط استخدام الأرض من زراعي إلى سكني، ولقد شهدت مدينة الهفوف توسعاً عمرانياً كبيراً في السنوات الأخيرة، ويتطلب ذلك تغيير المساحات الخضراء إلى مبان خرسانية وشوارع مسفلتة وأرصفتة ومواقف سيارات وغيرها، مما يزيد من معدلات امتصاص الأشعة الشمسية (المبارك والحاجي، 2019). ويعزى البحث أن التطرف الحراري في منطقة الدراسة في الفترة من 2009 إلى 2023 بجانب التوسع العمراني إلى ظاهرة الاحترار العالمي (الراوي ونايل، 2016، البديري، 2021). كما يساهم سطح المنطقة الشرقية، بصفة عامة، المتسم بقلّة غطاءه النباتي والصخري وتغطي معظمه الرمال وتعرضه، من ثم، للعواصف الترابية والرملية في تباين درجات الحرارة فقداً واكتساباً وبالتالي وجود تباين حراري محلي.

يوضح الجدول (4) والأشكال (4، 5) التطرف الحراري لشهر يناير في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية خلال فترة الدراسة، والتي بلغ معدلها 18.6°م. وعلى الرغم من اتسام التطرف الحراري خلال هذه الفترة بالتذبذب الواضح من عام لآخر، إلا أنه يظهر زيادة مضطربة خلال فترة الدراسة، ويظهر ذلك جلياً خلال فترة الخمسة عشر سنة الأولى من سنوات الدراسة (1979-1993م)، إذ لم يلاحظ ارتفاع في درجات الحرارة، وكانت دون الدرجة القياسية بنحو - 0.6°م، وكان متوسط درجة الحرارة خلال هذه المدة 17.5°م. أما فترة الخمسة عشر سنة التالية (1994 - 2008م) من سنوات الدراسة، فقد شهدت تطرفاً حرارياً بزيادة ملحوظة بلغت + 0.5°م، وكان متوسط درجة الحرارة خلال هذه الفترة 18.6°م بزيادة 1.1°م عن الفترة الأولى، وهذه السنوات

تعد البداية الحقيقية لتطرف الحرارة خلال فصل الشتاء. كما بلغ التطرف أقصاه خلال فترة الخمسة عشر السنة الأخيرة (2009 - 2023م) من سنوات الدراسة 1.6 °م ، وكان متوسط درجة الحرارة خلال هذه الفترة 19.7 °م ، بزيادة 1.1 °م عن الفترة الوسطى، وبزيادة 2.2 °م عن الفترة الأولى، وهذه تعد من الزيادات المرتفعة في أدبيات التغير المناخي، وذات قيمة كبيرة (الكناني وعبود، 2018).

أوضحت نتائج الدراسة أن التوزيع الشهري للتطرف الحراري في شهر يناير خلال فترة الدراسة في مدينة الهفوف مقارنة بمعدل درجة الحرارة القياسية لدائرة العرض التي تقع عليها، قد بلغ قمته في السنوات 2003م، 2018م، 2019م حيث بلغ متوسط درجات الحرارة 18.3 °م، 21.6 °م، 21.6 °م على التوالي، أم التطرف الحراري فقد بلغ 0.5 °م، 3.5 °م، 3.5 °م على التوالي. بينما سجلت أدنى درجة للتطرف الحراري في شهر يناير في سنتي 1989م، 1992م حيث بلغت حيث بلغ متوسط درجات الحرارة 15.1 °م، 15.2 °م على التوالي، أما التطرف الحراري فقد بلغ - 3 °م، -2.9 °م على التوالي. ويرد ازدياد تباين معدلات التطرف الحراري لشهر يناير عن يوليو إلى موقع منطقة الدراسة المتميز بصيف حار وشتاء بارد، فتتخفف درجة الحرارة في شهر يناير لتعرضها للكتل هوائية باردة وسيطرة الرياح الشمالية والشمالية الشرقية شتاءً، فتتخفف درجات الحرارة بشكل ملموس، وقد تصل إلى ما دون الصفر المئوي في بعض الليالي (الجبوري، 2016، حشر 2022). فضلا عن وجود فروق واضحة في درجات الحرارة نهاراً وليلاً، خصوصاً في الأجزاء الداخلية منها. وهذا يعني أن المنطقة يسودها بشكل عام مدى حراري يومي كبير في فصل الشتاء.

من الجدول (5) والشكلين (6)، (7) يتضح أن التطرف الحراري لشهر يونيو في مدينة الهفوف حسب المعدلات القياسية خلال فترة الدراسة قد بلغ معدلها 27.6 °م واتسم بانخفاض كبير خلال الفترة من 1980-1994م، بمتوسط قدره -0.7 °م. وتلي تلك الفترة ارتفاع في درجات التطرف الحراري لشهر يونيو في الفترة من 1995-2023م التطرف في تلك الفترة + 0.9 °م .

أما بالنسبة للتوزيع الشهري للتطرف الحراري لشهر يونيو خلال سنوات الدراسة في مدينة الهفوف مقارنة بمعدل درجة الحرارة القياسية لدائرة العرض التي تقع عليها مدينة الهفوف، فقد بلغ قمته في سنتي 2019م، 2022م حيث بلغ + 1.8 °م، و +1.7 °م، على التوالي. بينما سجلت أدنى درجة للتطرف الحراري في سنتي 1985م، 1989م، إذ بلغت - 1.5 °م و- 1.1 °م، على التوالي. ويفسر معدل التطرف الحراري صيفا في منطقة الدراسة إلى نظام الضغط الجوي المنخفض الموسمي في الهند والمنخفضات الحرارية المحلية، ورغم عن سيادة الرياح الشمالية الشرقية تتميز المنطقة بالاستقرار الحراري وعدم التغير الواضح لدرجة حرارة الهواء مقارنة بفصل الشتاء (العتيبي، 2020، الشهري، 2024). كما يؤثر سطح المنطقة المتميز بطبيعته الصحراوية وسيادة الكتلان الرملية وارتفاع معدلات العواصف الترابية الرملية وتأثره بالكتل الهوائية المدارية القارية الجافة، وتعتمد أشعة الشمس عليها، الأمر الذي يجعل الحالة الجوية شديدة الحرارة (الشهري، 2024).

الخاتمة:

حظي التغير في درجات الحرارة العالمية والإقليمية، خلال الخمسين عاما الماضية، باهتمام كبير باعتبارها أحد أهم المؤشرات لدراسة تغير المناخ، وأوضحت نتائج هذا البحث أنه يوجد تطرف حراري في المناطق الجافة وشبه الجافة، والذي تعبر عنه مدينة الهفوف في المملكة العربية السعودية بحكم موقعها في هذه الدراسة في الفترة -1979 2023، والذي تراوح خلال هذه الفترة بين 2.1-5.5 م° مائلا نحو الزيادة. وأن أعلى درجة تطرف حراري سنوي حدث عام 2021، وأدناها عام 1992م. وتراوح التغير في درجات الحرارة في فصل الشتاء (يناير) بين -0.1 و 3.5 م°، وكان أكثر تبايناً من فصل الصيف (يونيو)، إذ تراوح بين -0.2 و 1.8 م°، الذي تميز بالاستقرار الحراري. كما أشار نتائج الدراسة أن الاتجاه العام للتطرف الحراري، يميل بشكل عام نحو الزيادة في أكثر من ثلثي فترة الدراسة. ونتج ذلك عن عدة عوامل طبيعية كالموقعين الفلكي والجغرافي، ونطاقات الضغط الجوي كمنخفض الهند الحراري الموسمي، وسيادة الكتل الهوائية المدارية القارية الجافة. كما تلعب عوامل بشرية أخرى في ذلك كتغير استخدامات الأرض المتمثلة في التوسع العمراني. ويفرض هذا التطرف الحراري في المناطق الجافة وشبه الجافة تحديا للدول الواقعة في هذه المناطق. ولمواجهته يوصي البحث بإجراء أبحاث بينية لربط التطرف الحراري بالنشاط البشري، والتوسع في المساحات الخضراء، والحد من إطلاق الغازات الدفيئة، تمشيا مع مبادرة «السعودية الخضراء» وسياسة «صفر انبعاث» التان أطلقتها المملكة العربية.

المصادر والمراجع:

- (1) البديري، حمد لفته حمد (2021)، تحليل مؤشرات تطرفات درجات الحرارة اليومية في العراق، مجلة لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية 4 (43)، 902-922.
- (2) البركي، عصام. نجاح، علي، الهباط، ناجي (2023)، التغير في درجات الحرارة وانعكاسه على ملامح القارية في شمال غرب ليبيا خلال الفترة (1981-2021) Journal of Humanitarian and Applied Sciences, 8(15), 320-327. Retrieved from <https://khsj.elmergib.edu.ly/index.php/jhas/article/view/153>
- (3) الجبوري، نجاح عبد جابر (2016)، تحليل جغرافي لتكرار ظاهرة التطرف الحراري وموجات الحر في محافظة النجف. جامعة الكوفة - كلية الآداب، 9(2)، 403-420. 10.36317/0826-009-DOI. <http://search.mandumah.com/Record/836565> 027-013
- (4) جمال، هشام (2020)، ما هو التطرف المناخي وماهي تأثيراته على العالم؟ ، <https://www.arabiaweather.com/ar/content>
- (5) الحسبان، يسرى عبد الكريم (2013)، تغير المتوسط السنوي لدرجة الحرارة الصغرى في المملكة العربية السعودية: محطات مختارة خلال الفترة 1983-2011. مجلة الآداب، جامعة الملك سعود. 25(3)، 777-800. <http://search.mandumah.com/Record/521166>.
- (6) حشر، فهده فلاح (2022)، خصائص التوزيع الزماني والمكاني للموجات الحارة والباردة بالمنطقة الشمالية من المملكة العربية السعودية خلال الفترة 1985-2017م. حوليات آداب عين شمس، جامعة عين شمس-كلية الآداب، مج 50، 34-1. DOI: 10.21608/aafu.2022.254200. <http://search.mandumah.com/Record/1308454>
- (7) الراوي، صباح محمود علي، نايل، محمد محمود سليمان (2016). موجات الحر في العراق للمدة 1981-2014. مجلة جامعة الانبار للعلوم الإنسانية. 1، 167-184. <http://search.mandumah.com/record/922861>
- (8) الزقراطي، إبراهيم موسى (2007)، معجم المفاهيم والمصطلحات الجغرافية، دار مجدولاي للنشر، عمان
- (9) زكري، يوسف محمد (2013)، تأثير تغير المناخ على اتجاه درجات الحرارة في ليبيا، مجلة العلوم الإنسانية، جامعة المرقب - كلية الآداب والعلوم بالخميس. MD: 778673. <http://search.mandumah.com/Record/778673> .330-348

- (10) السامرائي، قصي عبد المجيد (2008)، مبادئ الطقس والمناخ، دار البازوري، عمان
- (11) سليم، علي مصطفى علي (2017)، الاتجاهات العامة لدرجة الحرارة في منطقة سرت خلال الفترة 2010-1946م. مجلة أبحاث، جامعة سرت - كلية الآداب،
10، 201-232. DOI: 10.37375/1573-000-010-008 .. <http://search.mandumah.com/Record/879725>.
- (12) شحادة، نعمان (1990) موجات الحر في الأردن خلال الصيف، سلسلة رسائل جغرافية، العدد 138، الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت.
- (13) الشمري، صالح عبد المحسن (2022)، دراسة إحصائية تحليلية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى اليومية المتطرفة بمنطقتي عسير والباحة كمؤشرات لمظاهر التغير المناخي خلال الفترة 1985-2017. المجلة العربية للدراسات الجغرافية، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب.
ع13، 67-107. <http://search.mandumah.com/Record/1267725>.
- (14) الشمري، عباس حمزة (2021)، التطرف الحراري واثره في إنتاجية محصول القمح في محافظة واسط، مديرية تربية الديوانية، مجلة القادسية، المجلد الحادي والعشرون العدد 3، الجزء 2، 121-158.
- (15) الشهري، ريم محمد (2024)، التحليل الزمني والمكاني لاتجاهات تغير درجة حرارة الهواء «الشذوذ الحراري» في المملكة العربية السعودية خلال الفترة الزمنية 2016-1985م. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية. المركز القومي للبحوث غزة.
8 (3): 88-98. <http://search.mandumah.com/Record/1467072>
- (16) العتيبي، مشاعل فهد (2020). التغيرات الفصلية للعناصر الجوية المؤثرة في تردد العواصف الترابية في المملكة العربية السعودية. المجلة الجغرافية العربية، 51(الجزء الأول)، 429-470.
- (17) عريشي، عائشة علي محمد (2020)، اتجاهات درجة الحرارة في مدينة مكة المكرمة خلال الفترة 2018-1984. مجلة العلوم العربية والإنسانية، جامعة القصيم، 13(3): 1569-1629.
- (18) الفوزان، خالد بن فوزان (2011)، الأخبار عما في الأحساء من التراث والآثار، مكتبة التوبة للنشر والتوزيع.
- (19) الكناني، مالك ناصر وعبود، صدام. (2018). التباين المكاني للشذوذ الحراري في العراق. مجلة كلية التربية، جامعة واسط 1 (30): 420-443.
- (20) المبارك، حصة عبد العزيز والحاجي، زكية راضي (2019)، تحليل أثر ارتفاع درجة الحرارة على التوسعات العمرانية بمحافظة الأحساء دراسة تطبيقية باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. المجلة العربية للدراسات الجغرافية، 2: 73-110.
- (21) مقيلي، محمد عياد، (2024)، الاحتباس الحراري العالمي وأثره على التطرف المطري والحراري

محطتي أرساد ليبية، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، مجلد 4 عدد 2 (2024): المجلد الرابع العدد الثاني..

(22) هو موقع يقوم بإعادة التحليل الجوي للعمليات التي يقوم بها المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى للمناخ العالمي، والذي يغطي الفترة من يناير 1940 حتى الوقت الحاضر. ويوفر مجموعة بيانات لكل ساعة (ساعية) عن معلمات السطح والهواء العلوي بدقة عالمية تبلغ حوالي 31 كم على 137 مستوى تصل إلى 1 باسكال. كما تتضمن أيضاً 10 أعضاء من نظام استيعاب بيانات 4 D-Var المستخدم لإنتاج إعادة التحليل، بدقة مخفضة (كل 3 ساعات، 63 كم).

(23) Alexander LV, Zhang X, Peterson TC, Caesar J, Gleason B, Klein Tank A, Haylock M, Collins D, Trewin B, Rahimzadeh F, Tagipour A, Ambenje P, Rupa Kumar K, Revadekar J, Griffiths G, Vincent L, Stephenson D, Burn J, Aguilar E, Brunet M, Taylor M, New M, Zhai P, Rusticucci M, Vazquez-Aguirre JL. (2006) Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation J. Geophys. Res., 111: D05109, DOI:10.1029/2005JD006290.

(24) Almazroui M. (2020), Changes in Temperature Trends and Extremes over Saudi Arabia for the Period 1978–2019. Hindawi, Advances in Meteorology, Volume 2020, 1-21. Article ID 8828421, <https://doi.org/10.1155/2020/8828421>.

(25) Almazroui M., M Nazrul Islam, H Athar, PD Jones, M Ashfaqur Rahman (2012). Recent climate change in the Arabian Peninsula: annual rainfall and temperature analysis of Saudi Arabia for 1978–2009. Int. J. Climatol. 32: 953–966. Wileyonlinelibrary.com. DOI: 10.1002/joc.3446.

(26) Alredaisy, S. M. A. H. (2023). Reviewing indicators of climate change and their environmental impacts in Sudan. International Journal of Recent Research in Interdisciplinary Sciences, 10(4), 7-16.

(27) Domi (2005), Trends Analysis of Temperature and Precipitation in Jordan. Umm Al-Qura University Journal of Educational, Social Sciences & Humanities.

(28) 1(14-36. <http://search.mandumah.com/Record/656646>.

(29) Dowd, W. W., King, F. A., & Denny, M. W. (2015). Thermal variation, thermal extremes and the physiological performance of individuals. The Journal of exper-

- imental biology, 218(12), 1956-1967.
- (30) Eggeling, J., Gao, C., An, D., Cruz-Cano, R., He, H., Zhang, L., ... & Sapkota, A. (2024). Spatiotemporal link between El Niño Southern Oscillation (ENSO), extreme heat, and thermal stress in the Asia-Pacific region. *Scientific Reports*, 14(1), 7448.
- (31). Fernández-Montes S, Rodrigo FS. (2011) Trends in seasonal indices of daily temperature extremes in the Iberian Peninsula, 1929–2005. *Int. J. Climatol.* 32: 2320–2332, DOI: 10.1002/joc.3399.
- (32) <https://www.meteoblue.com/ar/weather/historyclimate/change>
- (33) Haurwitz, B. and Austin, J.M. (1944) *Climatology*. McGraw-Hill Book Company, Incorporated, New York, London. In Gerhard Kramm, Ralph Dlugi, (2020) Martina Berger, Nicole Mölders: Meridional Distributions of Historical Zonal Averages and Their Use to Quantify the Global and Spheroidal Mean Near-Surface Temperature of the Terrestrial Atmosphere.
- (34) <https://www.scirp.org/journal/Paperabs?PaperID=98786>
- (35) IPCC (2007). Summary for Policymakers. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M. Miller HL (eds). Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York.
- (36) IPCC (2013). Summary for Policymakers. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Stocker, T., F., Qin, D., Plattner, G-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M., (eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY.
- (37) Kripalani, R., Kulkarni, A. (1999), Heat Waves and Floods Across Asia. Was El Nino, Then La Nina the Cause? *Drought Network News*, 11 (1) 18-24.

- (38) Panasyuk, M., Pudovik, E., Malganova, I., & Berezova, I. (2024). Using space images for analysis of thermal anomalies in the city. In E3S Web of Conferences (Vol. 524, p. 02009). EDP Sciences.
- (39) Twardosz, R., & Kossowska-Cezak, U. (2021). Large-area thermal anomalies in Europe (1951–2018). Temporal and spatial patterns. *Atmospheric Research*, 251, 105434.
- (40) Vorobyova, T. A., Kirillov, S. N., Slipenchuk, M. V., & Sorokina, T. I. (2023, August). Formation of thermal anomalies in large industrial cities. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3011, No. 1). AIP Publishing. www.nat-hazards-earth-sys-sci.net/11/1099/2011 doi:10.5194/nhess-11-1099-2011
- (41) Zargari, M., Mofidi, A., Entezari, A., & Baaghdeh, M. (2024). Climatic comparison of surface urban heat island using satellite remote sensing in Tehran and suburbs. *Scientific Reports*, 14(1), 643.
- (42) Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., Kuttaladze, N., Rahimzadeh, F., Taghipour, A., & Hantosh, T. H. (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D22).