

اتجاهات تغير المدى الحراري اليومي في العراق

أحمد لفقة حمد البديري

ahmedlalbudeiri@gmail.comوزارة التربية / المديرية العامة لتربية واسط
الكلية التربوية المفتوحة / فرع الصويرة

الملخص

يُعدّ المدى الحراري اليومي (DTR) مؤشراً حيوياً للتغيرات المناخية، لا سيما في المناطق الجافة، ومن هنا هدفت الدراسة هذه تحليل اتجاهات المدى الحراري اليومي في العراق للمدة (1970 – 2024) بالاعتماد على بيانات درجات الحرارة اليومية الصغرى والعظمى، المستمدة من بيانات إعادة التحليل (ERA5) على المستويين السنوي والفصلي، ولست عشرة نقطة تمثل محطات العراق، باستخدام اختبار (مان-كاندل) ، والارتباط البسيط والجزئي. وقد أظهرت النتائج ارتفاعاً معنوياً في كل من درجات الحرارة الصغرى (Tmin) والعظمى (Tmax) ، بمتوسط (0.55) و (0.46) درجة مئوية لكل عقد على التوالي، هذا الارتفاع أدى بدوره إلى انخفاض المدى الحراري السنوي بمعدل (-0.07) درجة مئوية لكل عقد، على المستوى الفصلي لوحظ أن الانخفاض في المدى الحراري كان أكثر بروزاً خلال فصلي الخريف والصيف، وكانت المناطق الشمالية والوسطى أكثر وضوحاً في فصل الصيف. ويمكن أن يعزى هذا الانخفاض بشكل أساسي إلى ارتفاع درجات الحرارة الصغرى بوتيرة أسرع من نظيرتها العظمى في هذين الفصلين. كشفت تحليلات الارتباط أن تغيرات Tmax و Tmin هي العوامل الأكثر تأثيراً على DTR ، كما لوحظ تأثير مهم لسرعة الرياح علاقة سلبية، والإشعاع الشمسي علاقة إيجابية، بينما كان تأثير الأمطار والرطوبة والغيوم ضعيفاً. تُقدم هذه الدراسة فهماً أساسياً لتغيرات المدى الحراري وعواملها المؤثرة، مما يُعدّ ضرورياً لتقييمات تغير المناخ المستقبلية وتطوير استراتيجيات التكيف في العراق.

الكلمات المفتاحية : المدى الحراري اليومي ، تغير المناخ ، تغير درجة الحرارة ، العراق

Trends in Diurnal Temperature Range Changes in Iraq

Ahmed Lafta Hamad Al-Budeiri

Ministry of Education-Wasit Education Directorate
Open Educational College/Al- Suwairah Branch

Abstract

Diurnal Temperature Range (DTR) is a vital indicator of climate variability, especially in arid regions. Therefore, this study aimed to analyze the trends of the daily temperature range in Iraq over the period 1970–2024, based on daily minimum and maximum temperature data derived from ERA5 reanalysis datasets at both annual and seasonal scales. Sixteen points representing meteorological stations across Iraq were selected. The Mann-Kendall test and simple and partial correlation analyses were employed. The results revealed a significant increase in both minimum temperature (Tmin) and maximum temperature (Tmax), with average rates of 0.55°C and 0.46°C per decade, respectively. This increase consequently led to a decline in the annual DTR at a rate of -0.07°C per decade. Seasonally, the decrease in DTR was more pronounced during autumn and summer, with the northern and central regions exhibiting greater clarity in the summer season. This decline is primarily attributed to the faster rise in Tmin compared to Tmax during these two seasons. Correlation analyses indicated that changes in Tmin and Tmax are the most influential factors affecting DTR. Additionally, wind speed showed a significant negative correlation with DTR, while solar radiation exhibited a positive correlation. The effects of precipitation, humidity, and cloud cover were found to be weak. This study

provides a fundamental understanding of DTR variability and its driving factors, which is essential for future climate change assessments and the development of adaptation strategies in Iraq

Keywords: Diurnal temperature range, climate change, temperature change, Iraq

المقدمة

يُعد تغير درجة الحرارة والمدى الحراري اليومي (Diurnal Temperature Range – DTR) من القضايا المناخية الهامة التي تؤثر بشكل مباشر على النظام البيئي وعلى التوازن المناخي العالمي، يُعرف المدى الحراري اليومي بأنه الفرق بين أعلى وأدنى درجات الحرارة المسجلة خلال فترة زمنية معينة، ويعد مؤشرًا أساسياً لفهم التغيرات المناخية وآثارها المتعددة (Karl et al., 1995)، تؤثر التغيرات في المدى الحراري على صحة الإنسان. (Cheng et al., 2014) والنظم البيئية والمحاصيل الزراعية (Lobell, 2007) وأنظمة الطاقة المتجددة (Tobin et al., 2016)، مما يبرز أهمية دراسته على المستويين الإقليمي والمحلي لفهم التفاعلات المناخية الدقيقة وتقييم آثار تغير المناخ.

وعلى الرغم من ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية، شهد المدى الحراري اليومي انخفاضاً عالمياً منذ خمسينيات القرن الماضي، خاصةً فوق اليابسة في نصف الكرة الشمالي، ويُعزى هذا التغير إلى زيادة درجات الحرارة الصغرى اليومية بوتيرة أسرع من درجات الحرارة العظمى (Easterling et al., 1997)، وقد رُبط هذا الاتجاه بزيادة الغطاء السحابي. (Kaas & Kukla & Karl, 1993) (Frich, 1995)، فضلاً عن التغير في استخدام الأراضي (Hansen et al., 1995)، وزيادة انبعاثات الغازات الدفيئة (L. Liu et al., 2016)، والهباء الجوي (Stenchikov & Robock, 1995)، وزيادة رطوبة التربة (Dai et al., 1999)، والتقلبات في الإشعاع الشمسي (K Makowski et al., 2009)، وإلى جانب هذا فقد أظهرت دراسات أخرى (Knut Makowski et al., 2008) أن الاتجاه العالمي الملحوظ للمدى الحراري اليومي قد انعكس خلال الفترة من 1980 إلى 2021، حيث ازداد بشكل ملحوظ بمعدل 0.008 ± 0.091 درجة مئوية لكل عقد (Huang et al., 2023)، وأشارت دراسات أخرى انخفاض المدى الحراري في المناطق الرطبة وزيادة المدى الحراري في المناطق الجافة (Daramola, 2024)، وفي المقابل شهد المدى الحراري اليومي (DTR) استقراراً نسبياً، نتيجة ارتفاع درجات الحرارة العظمى والصغرى بمعدلات متقاربة خلال فترة التسعينيات (B. Liu et al., 2004)، وأكدت بعض الدراسات الإقليمية خلوها من أي تغير يُذكر في المدى الحراري اليومي، مثل بعض مناطق إفريقيا (Gyuk et al., 2023)، والصين (Shen et al., 2014)، وكندا، و أمريكا الشمالية (Huang et al., 2023)، مما يعكس التباينات الإقليمية، وقد أظهرت تغييرات المدى الحراري اليومي أنماطاً مكانية غير متجانسة وتباينات موسمية (Knut Makowski et al., 2008)، يتميز العراق بمناخه الجاف وشبه الجاف، حيث تتطلب التغيرات المناخية الدقيقة دراسة مفصلة للمدى الحراري اليومي لتقييم تأثيرها على البيئة المحلية والموارد الاقتصادية، لا سيما مع تزايد الظواهر المناخية المتطرفة، وقد أظهرت الدراسات المحلية ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة العظمى والصغرى (Muslih & Błażejczyk, 2017)، مع زيادة أسرع في درجات الحرارة الصغرى (البديري، 2021b، : 912)، وقد أكدت دراسات محلية انخفاض المدى الحراري اليومي في معظم مناطق العراق، لا سيما في الأجزاء الجنوبية والشمالية الشرقية (Y. K. Al-Timimi et al., 2024)، (Salman et al., 2017) هذا يشير إلى تغيرات مناخية كبيرة تتطلب فهماً أعمق لتأثيراتها على القطاعات المختلفة.

رغم تزايد الأبحاث العالمية والإقليمية التي تناولت اتجاهات المدى الحراري اليومي، لا يزال الفهم الدقيق لتغيرات هذا المدى في العراق محدوداً، ويرجع ذلك إلى التباينات المناخية والجغرافية المعقدة التي تؤثر على التوزيع الزمني والمكاني للمدى الحراري، كما تفقر الدراسات المحلية إلى التحليل المتكامل الذي يجمع بين الاتجاهات الزمنية الطويلة والعوامل المناخية والبيئية المؤثرة، مما يشكل فجوة بحثية تعوق وضع استراتيجيات فعالة للتكيف مع آثار تغير المناخ، من المتوقع أن يشهد المدى الحراري اليومي في العراق تغيرات ملحوظة تختلف مكانياً وزمنياً نتيجة للتغيرات المناخية العالمية والإقليمية، مع تأثير واضح للظروف المحلية والعوامل البيئية، توفر هذه الدراسة تحليلاً دقيقاً لاتجاهات المدى الحراري اليومي في العراق، مما يساهم في دعم جهود التكيف مع تغير المناخ، وحماية الموارد الطبيعية، وتحسين التخطيط في القطاعات الزراعية والبيئية والصحية. لذلك، يهدف البحث إلى دراسة اتجاهات تغير المدى

الحراري اليومي خلال الفترات الحديثة ، وتحليل العوامل المناخية والبيئية المساهمة في هذه التغيرات، بغرض توفير قاعدة علمية تدعم السياسات الوطنية للتكيف مع التغيرات المناخية.

منطقة الدراسة

يقع العراق شمال شرق الوطن العربي في الجزء الجنوبي الغربي من قارة اسيا، عند دائرتي عرض (29.6° – 37.27°) وخطي طول (38.39° – 48.36°) شرقاً، تبلغ مساحته الكلية (435052) كم² ويحده ست دول: من الشمال تركيا بحدود يبلغ طولها 377 كم، ومن الشرق إيران بحدود 1300 كم، ومن الجنوب الشرقي الكويت بحدود تبلغ 195 كم، ومن الجنوب المملكة العربية السعودية بحدود تمتد 812 كم، ومن الغرب الأردن بحدود 178 كم، وأخيراً من الشمال الغربي سوريا بحدود 600 كم (السعدي ، 2009: 7) خريطة (1) ، يمكن تقسيم تضاريس العراق إلى أربع مناطق رئيسية: السهول الفيضية في وسط وجنوب شرق البلاد، ومنطقة الجزيرة المرتفعة بين نهري دجلة والفرات، والمناطق الجبلية على طول الحدود الإيرانية والتركية، والمنطقة الصحراوية الواقعة غرب نهر الفرات (Al-Ansari, 2021).

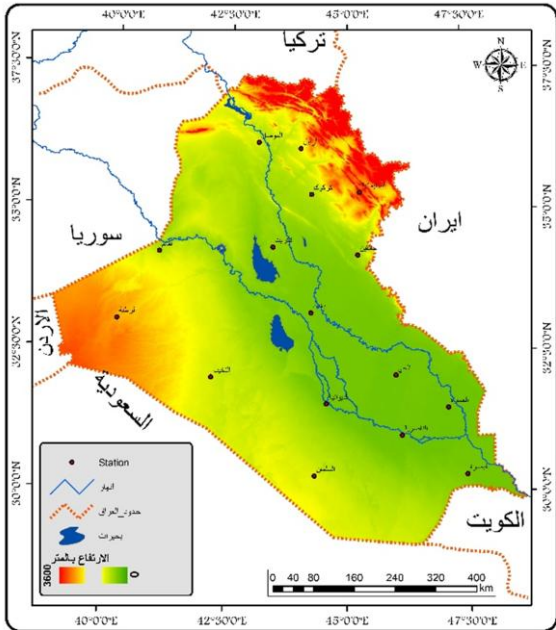
يتميز مناخ العراق بأنه جاف وشبه جاف، إذ تبلغ درجات الحرارة أكثر من 45 درجة مئوية في الصيف، في حين تنخفض إلى ما دون درجة التجمد ليلاً خلال فصل الشتاء، يحدث معظم تساقط الأمطار بين شهري تشرين الثاني وإيار، حيث يكون أعلى معدلاته في الشمال الشرقي، وأدناه في الجنوب الغربي (Muslih & Abbas, 2024)، إذ تتحرك المنخفضات الجوية عبر العراق قادمة من الغرب، حيث يكون مصدرها المحيط الأطلسي، ويختلف عددها حسب الزمن، فقد تتغير تبعاً للفصول أو الأشهر أو المسار الذي تسلكه ، تزداد هذه المنخفضات خلال فصل الشتاء، وتقل في الخريف، وتخفي تماماً في الصيف، كما أن عدد المنخفضات التي تتحرك نحو الجنوب يكون أكبر من تلك التي تمر عبر المناطق الجبلية والمنحدرات، ومع ذلك، فإن المناطق الشمالية والشمالية الشرقية من العراق تستقبل كميات أعلى من الأمطار مقارنة بالمناطق الجنوبية (Yaseen K Al-Timimi & Al-Jiboori, 2013).

البيانات ومنهجية التحليل

اعتمدت الدراسة على بيانات درجات الحرارة اليومية الصغرى والعظمى المستمدة من ERA5 (إعادة تحليل المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى - الإصدار الخامس)، تتضمن هذه البيانات درجات الحرارة المسجلة في مختلف أنحاء العراق للمدة (1971-2024).

يُعرف ERA5 بأنه الجيل الخامس من بيانات إعادة التحليل المناخي العالمية التي ينتجها المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (ECMWF)، بالتعاون مع خدمة كوبرنيكوس لتغير المناخ (C3S). يُعتبر ERA5 أحد أكثر مجموعات البيانات المناخية شمولاً ودقةً المتوفرة حالياً، ويوفر سجلاً موحدًا ومتسقًا للطقس والمناخ العالمي، وتتوفر عبر موقع خدمة كوبرنيكوس لتغير المناخ على الرابط: <https://cds.climate.copernicus.eu>

تتميز هذه البيانات بدقة مكانية تبلغ $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ (خط العرض $\times$ خط الطول)، تم استخراج البيانات اليومية لدرجات الحرارة من ستة عشر نقطة شبكية تمثل محطات مختارة على مدى 55 عاماً لتغطية جميع مناطق العراق جدول (1).

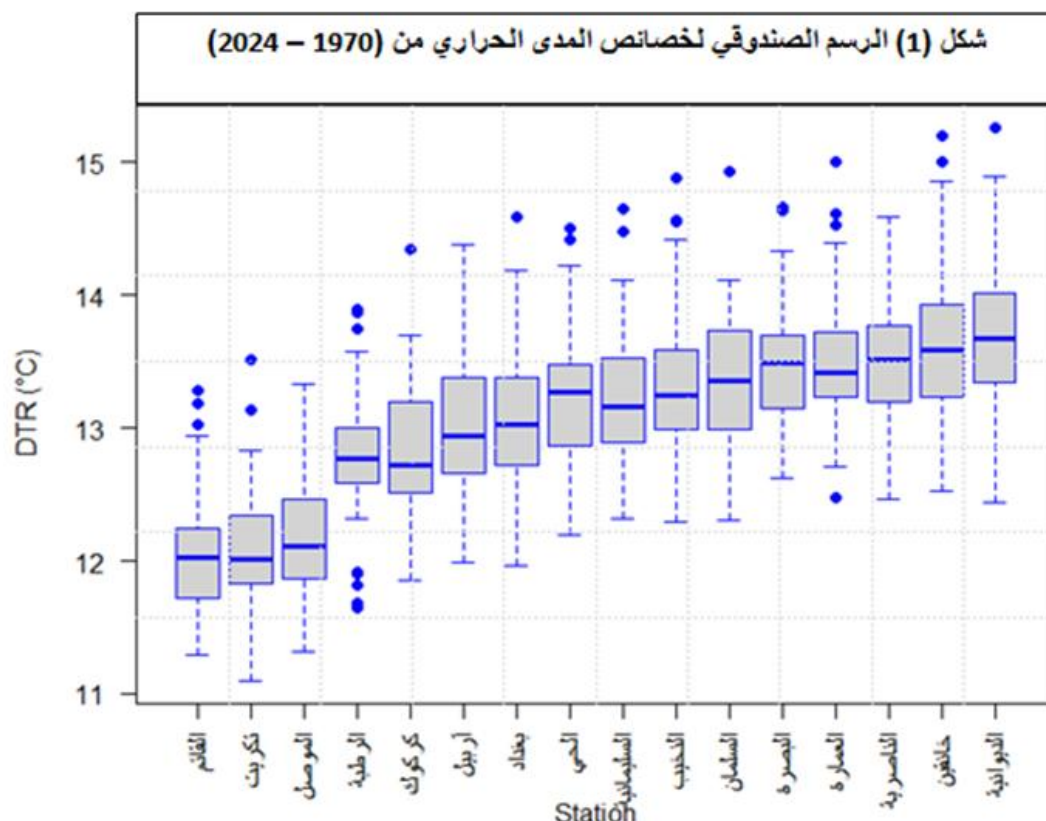
خريطة (1) الخريطة الطبوغرافية للعراق مع محطات الدراسة المختارة	جدول (1) الموقع الفلكي والخصائص المناخية للمحطات المختارة للدراسة																																																																																																						
	<table><tr><th>المحطات</th><th>LAT</th><th>Lon</th><th>TMIN</th><th>TMAX</th><th>DTR</th></tr><tr><td>السلمان</td><td>30.29</td><td>44.33</td><td>16.7</td><td>30.1</td><td>13.2</td></tr><tr><td>البصرة</td><td>30.31</td><td>47.47</td><td>19.7</td><td>33.2</td><td>13.5</td></tr><tr><td>الناصرية</td><td>31.01</td><td>46.14</td><td>19.7</td><td>33.2</td><td>13.5</td></tr><tr><td>العمارة</td><td>31.5</td><td>47.1</td><td>19.8</td><td>33.3</td><td>13.5</td></tr><tr><td>الديوانية</td><td>31.57</td><td>44.57</td><td>18.0</td><td>31.7</td><td>13.7</td></tr><tr><td>النخيب</td><td>32.02</td><td>42.17</td><td>15.9</td><td>29.2</td><td>13.3</td></tr><tr><td>الحي</td><td>32.08</td><td>46.02</td><td>19.7</td><td>32.9</td><td>13.2</td></tr><tr><td>الربطية</td><td>33.02</td><td>40.17</td><td>13.1</td><td>25.9</td><td>12.8</td></tr><tr><td>بغداد</td><td>33.18</td><td>44.24</td><td>18.6</td><td>31.6</td><td>13.1</td></tr><tr><td>خانقين</td><td>34.21</td><td>45.23</td><td>16.8</td><td>30.5</td><td>13.6</td></tr><tr><td>القائم</td><td>34.23</td><td>41.01</td><td>15.3</td><td>27.4</td><td>12.0</td></tr><tr><td>تكريت</td><td>34.34</td><td>43.42</td><td>17.4</td><td>29.4</td><td>12.1</td></tr><tr><td>كركوك</td><td>35.28</td><td>44.24</td><td>16.3</td><td>29.2</td><td>12.9</td></tr><tr><td>السليمانية</td><td>35.32</td><td>45.27</td><td>11.8</td><td>25.0</td><td>13.4</td></tr><tr><td>أربيل</td><td>36.09</td><td>44</td><td>14.3</td><td>27.3</td><td>13.0</td></tr><tr><td>الموصل</td><td>36.19</td><td>43.09</td><td>15.2</td><td>27.3</td><td>12.2</td></tr></table>	المحطات	LAT	Lon	TMIN	TMAX	DTR	السلمان	30.29	44.33	16.7	30.1	13.2	البصرة	30.31	47.47	19.7	33.2	13.5	الناصرية	31.01	46.14	19.7	33.2	13.5	العمارة	31.5	47.1	19.8	33.3	13.5	الديوانية	31.57	44.57	18.0	31.7	13.7	النخيب	32.02	42.17	15.9	29.2	13.3	الحي	32.08	46.02	19.7	32.9	13.2	الربطية	33.02	40.17	13.1	25.9	12.8	بغداد	33.18	44.24	18.6	31.6	13.1	خانقين	34.21	45.23	16.8	30.5	13.6	القائم	34.23	41.01	15.3	27.4	12.0	تكريت	34.34	43.42	17.4	29.4	12.1	كركوك	35.28	44.24	16.3	29.2	12.9	السليمانية	35.32	45.27	11.8	25.0	13.4	أربيل	36.09	44	14.3	27.3	13.0	الموصل	36.19	43.09	15.2	27.3	12.2
المحطات	LAT	Lon	TMIN	TMAX	DTR																																																																																																		
السلمان	30.29	44.33	16.7	30.1	13.2																																																																																																		
البصرة	30.31	47.47	19.7	33.2	13.5																																																																																																		
الناصرية	31.01	46.14	19.7	33.2	13.5																																																																																																		
العمارة	31.5	47.1	19.8	33.3	13.5																																																																																																		
الديوانية	31.57	44.57	18.0	31.7	13.7																																																																																																		
النخيب	32.02	42.17	15.9	29.2	13.3																																																																																																		
الحي	32.08	46.02	19.7	32.9	13.2																																																																																																		
الربطية	33.02	40.17	13.1	25.9	12.8																																																																																																		
بغداد	33.18	44.24	18.6	31.6	13.1																																																																																																		
خانقين	34.21	45.23	16.8	30.5	13.6																																																																																																		
القائم	34.23	41.01	15.3	27.4	12.0																																																																																																		
تكريت	34.34	43.42	17.4	29.4	12.1																																																																																																		
كركوك	35.28	44.24	16.3	29.2	12.9																																																																																																		
السليمانية	35.32	45.27	11.8	25.0	13.4																																																																																																		
أربيل	36.09	44	14.3	27.3	13.0																																																																																																		
الموصل	36.19	43.09	15.2	27.3	12.2																																																																																																		
المصدر / اعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي	المصدر / بالاعتماد على تحليل بيانات ERA5																																																																																																						

تم حساب المدى الحراري اليومي باستخدام برنامج RClimDex، في تحليل مؤشرات التطرف المناخي، وللكشف عن اتجاهات درجات الحرارة، تم تطبيق اختبار مان-كاندل (Mann-Kendall Test) لتحديد دلالة الاتجاهات الزمنية، يعد اختباراً غير معلمي ومناسباً لتحليل البيانات المناخية طويلة الأمد، كما تم استخدام منحدر سين (Sen's Slope) لتقدير معدل التغير في درجات الحرارة، والمدى الحراري على مدى الفترات الزمنية المدروسة، حيث يوفر هذا المنهج تقديراً قوياً لاتجاهات البيانات المناخية مع تقليل تأثير القيم المتطرفة، تم تنفيذ هذه الاختبارات على البيانات السنوية والموسمية، بهدف تقييم مدى وشدة التغيرات المناخية في درجات الحرارة الصغرى والعظمى، وكذلك المدى الحراري اليومي في العراق اعتمدت الدراسة على مجموعة من المتغيرات المناخية، التي تم تمثيلها بالرموز: المدى الحراري اليومي (DTR)، والذي يُعرف بأنه الفرق بين درجة الحرارة العظمى اليومية (TMAX)، ودرجة الحرارة الصغرى اليومية (TMIN)، كما شملت المتغيرات كلاً من سرعة الرياح (WS)، والإشعاع الشمسي (SR)، والأمطار (P)، والرطوبة النسبية (RH)، بالإضافة إلى غطاء السحب الكلي (CCT)، ولتقييم العلاقات بين هذه المتغيرات، تم تطبيق تحليلات ارتباط بيرسون (Pearson correlation) البسيط والجزئي.

نتائج الدراسة

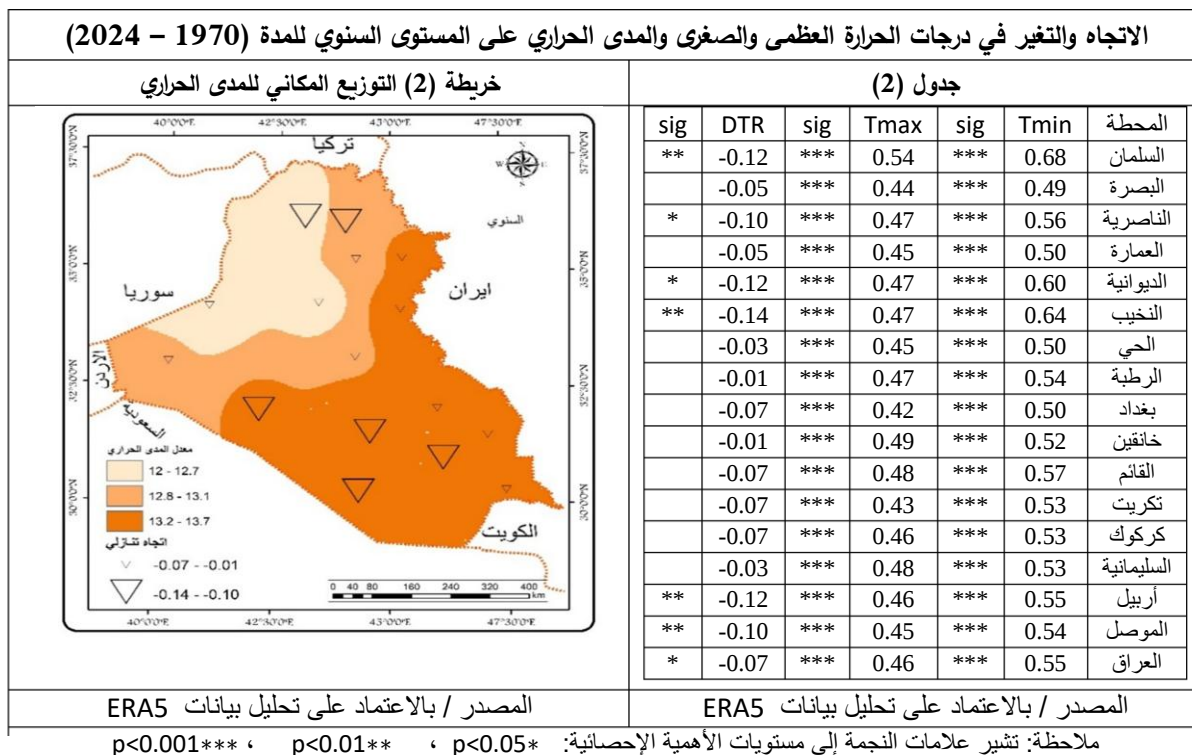
1. خصائص المدى الحراري اليومي في العراق

الخصائص الإحصائية الأساسية للمدى الحراري اليومي (DTR) في الشكل (1) تبيناً ملحوظاً في درجات الحرارة بين المحطات، وسجل أعلى متوسط بلغ (13.68) °م في محطة (الديوانية)، بينما سجل أقل متوسط بلغ (12.05) °م في محطة (القائم) وسجلت أعلى قيمة مدى حراري بواقع (15.3) °م في محطة (الديوانية)، في حين سجل أقل قيمة مدى حراري (11.1) °م في محطة (القائم)، وقد يعود هذا التباين في المدى الحراري اليومي بين (11 - 15) درجة مئوية إلى مجموعة من العوامل المناخية والجغرافية المؤثرة، مثل التنوع التضاريسي والارتفاعات الجبلية، إلى جانب تأثير الرياح والاختلافات في الموقع الجغرافي للمحطات، يضاف إلى ذلك، مجموعة عوامل بيئية تسهم في ذلك، مثل التوسع العمراني، وتأثيرات الغيوم والأمطار التي تشارك في احتباس الحرارة، والإشعاع الشمسي الذي يعد أحد العوامل المهمة في تحديد التباين اليومي في درجات الحرارة.



2. التغيرات السنوية

أظهرت نتائج تحليل السلاسل الزمنية لدرجات الحرارة اليومية كما في الجدول (2) للمدة (1970 - 2024) أن معدل المدى الحراري تراوح بين (12 - 13.7) °م، كما أظهرت التحليلات وجود اتجاهات متزايدة في درجات الحرارة العظمى والصغرى ذات دلالة إحصائية، على مستوى العراق بلغ معدل درجات الحرارة الصغرى (0.55) °م لكل عقد، وفي المقابل بلغ معدل درجة الحرارة العظمى (0.46) °م لكل عقد، وهذا جعل المدى الحراري يتناقص بمقدار (-0.07) °م لكل عقد ذات دلالة إحصائية، أما على المستوى الإقليمي فقد بلغت أعلى درجة حرارة صغرى (0.68) °م لكل عقد في محطة (السلمان)، وسجلت أقل زيادة في محطة (البصرة) بمقدار (0.49) °م لكل عقد، وفي حين سجلت أعلى درجة حرارة عظمى في محطة (السلمان) بمقدار (0.54) °م لكل عقد، بينما سجلت أقل درجة حرارة عظمى في محطة (بغداد) بمقدار (0.39) °م لكل عقد وهذا التباين أدى إلى تباين المدى الحراري اليومي في العراق إذ شهدت جميع المحطات اتجاهات متناقصة، وبلغ أعلى مقدار للتناقص (-0.14) °م لكل عقد في محطة (النخيب)، والواضح أن أسباب انخفاض المدى الحراري هو ارتفاع درجات الحرارة الصغرى بمعدل أعلى من درجات الحرارة العظمى، وتشير الدراسات أن المدى الحراري اليومي في العراق يشهد تغيرات ملحوظة نتيجة لتغير المناخ، بوجه عام، هناك اتجاه نحو زيادة درجات الحرارة الدنيا والعليا، بما يؤدي إلى تقليل المدى الحراري اليومي في معظم مناطق العراق.



3. اتجاهات وتغير المدى الحراري الفصلية

يتضح من الخريطة (3) أن معدل المدى الحراري في فصل الربيع تراوح (12.1 – 13.9) °م ، والجدول (3) يظهر اتجاهات درجات الحرارة الصغرى والعظمى تتجه نحو الارتفاع في جميع المحطات ذات دلالة إحصائية ، وبلغ معدل تغير درجة الحرارة الصغرى في العراق (0.50) °م لكل عقد ، بينما بلغ معدل درجة الحرارة العظمى (0.44) °م لكل عقد ، وهذا أدى إلى انخفاض طفيف في المدى الحراري بمقدار (-0.03) °م لكل عقد ، أما على المستوى الإقليمي فقد سجلت أغلب المحطات اتجاه نحو التناقص بنسبة (63%) بدون دلالة إحصائية ، توزعت أغلبها في المناطق الجنوبية ما عدا محطة (النخيب) أما بقية المحطات فقد سجلت اتجاه طفيف نحو التزايد ، أما فصل الصيف خريطة (4) تراوح معدل المدى الحراري (13.6 – 16.4) °م ، والجدول (4) الذي يوضح أن معدلات التزايد في درجات الحرارة الصغرى أعلى من درجات الحرارة العظمى إذ بلغ معدل درجة الحرارة الصغرى للعراق (0.66) °م لكل عقد ، ودرجة الحرارة العظمى (0.57) °م لكل عقد ، وهذا أدى إلى انخفاض المدى الحراري بمقدار (-0.07) °م لكل عقد ذات دلالة إحصائية ، وعلى المستوى الإقليمي سجلت سبع محطات تغيرات هامة تراوح مقدار التغير (-0.09 – -0.018) °م لكل عقد ، وبلغ أعلى معدل لهذه التغيرات (0.18) °م لكل عقد في محطة (السلمان) ، بينما شهد فصل الخريف خريطة (5) أن معدل المدى الحراري تراوح (12.5 – 14.5) °م ، أما الاتجاهات جدول (5) فقد سجلت في جميع المحطات اتجاه تصاعدياً في درجات الحرارة الصغرى ، حيث بلغ معدل التغير في العراق (0.58) °م لكل عقد ، في حين سجلت درجات الحرارة العظمى تغيراً قدره (0.29) °م لكل عقد ، وقد أدى ذلك إلى تراجع ملحوظ في المدى الحراري ، الذي بلغ (-0.25) °م لكل عقد ، وعلى المستوى الإقليمي نلاحظ أنها سجلت في جميع المحطات اتجاه تنازلياً ذات دلالة إحصائية ، توزعت في جميع أنحاء العراق ، وبلغ أعلى مقدار للتناقص (-0.32) °م لكل عقد في محطة (النخيب) ، وأقل مقدار للتناقص (-0.12) °م لكل عقد في محطة (الموصل) ، أما فصل الشتاء خريطة (6) تراوح معدل المدى الحراري (8.9 – 11.2) °م لكل عقد ، بينما جاءت نتائج الاتجاهات جدول (6) عكس الفصول الأخرى ، إذ سجلت درجة الحرارة الصغرى معدل أقل من درجة الحرارة العظمى ، حيث بلغت درجة الحرارة الصغرى (0.52) °م لكل عقد ، بينما بلغت درجة الحرارة العظمى (0.54) °م لكل عقد أدى ذلك إلى زيادة طفيفة في المدى الحراري بمقدار (0.01) °م لكل عقد ، وعلى المستوى الإقليمي تباينت اتجاهات المدى الحراري ، إذ سجلت تسع محطات اتجاهات إيجابية ، وبلغ أعلى مقدار للتغير (0.13) °م

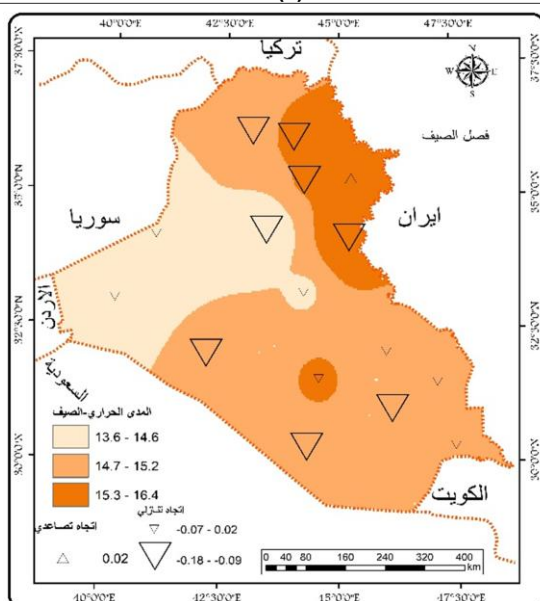
لكل عقد في محطتي (العمارة، الحي) وفي المقابل سجلت سبع محطات اتجاهات سلبية بلغ أعلى مقدار للتغير السليبي (-0.06) °م
لكل عقد في محطتي (أربيل، الموصل)

غير في دالاتجاه والترجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى الحراري للمدة (1970 – 2024)													
جدول (4) فصل الصيف							جدول (3) فصل الربيع						
sig	DTR	sig	Tmax	sig	Tmin	المحطة	sig	DTR	sig	Tmax	sig	Tmin	المحطة
***	-0.18	***	0.73	***	0.90	السلطان		-0.07	***	0.51	***	0.60	السلطان
	-0.05	***	0.60	***	0.64	البصرة		-0.04	***	0.39	***	0.46	البصرة
*	-0.10	***	0.62	***	0.72	الناصرية		-0.05	***	0.44	***	0.49	الناصرية
	-0.02	***	0.60	***	0.60	العمارة		0.00	***	0.47	***	0.51	العمارة
	-0.07	***	0.64	***	0.75	الديوانية		-0.09	***	0.45	***	0.55	الديوانية
**	-0.13	***	0.63	***	0.77	النخيب	+	-0.10	***	0.44	***	0.56	النخيب
	-0.04	***	0.59	***	0.61	الحي		0.02	***	0.48	***	0.50	الحي
	-0.01	***	0.66	***	0.64	الرطبة		0.04	***	0.50	***	0.44	الرطبة
	-0.07	***	0.53	***	0.62	بغداد		-0.01	***	0.39	***	0.45	بغداد
	-0.10	***	0.51	***	0.62	خانقين		0.05	***	0.58	***	0.53	خانقين
	-0.07	***	0.56	***	0.62	القائم		0.03	***	0.52	***	0.47	القائم
*	-0.09	***	0.48	***	0.60	تكريت		-0.01	***	0.44	***	0.43	تكريت
**	-0.13	***	0.44	***	0.58	كر كوك		0.01	***	0.51	***	0.47	كر كوك
	0.02	***	0.56	***	0.56	السليمانية		-0.03	***	0.48	***	0.46	السليمانية
**	-0.14	***	0.42	***	0.57	أربيل		-0.05	***	0.51	***	0.50	أربيل
*	-0.09	***	0.42	***	0.51	الموصل		-0.01	***	0.49	***	0.49	الموصل
*	-0.07	***	0.57	***	0.66	العراق		-0.03	***	0.44	***	0.50	العراق
جدول (6) فصل الشتاء							جدول (5) فصل الخريف						
sig	DTR	sig	Tmax	sig	Tmin	المحطة	sig	DTR	sig	Tmax	sig	Tmin	المحطة
	-0.02	***	0.51	***	0.54	السلطان	***	-0.25	***	0.39	***	0.64	السلطان
+	0.12	***	0.52	***	0.41	البصرة	**	-0.21	***	0.29	***	0.52	البصرة
	0.07	***	0.51	***	0.49	الناصرية	**	-0.27	***	0.30	***	0.58	الناصرية
+	0.13	***	0.51	***	0.43	العمارة	*	-0.21	**	0.26	***	0.48	العمارة
	-0.01	***	0.46	***	0.53	الديوانية	**	-0.31	***	0.35	***	0.62	الديوانية
	-0.01	***	0.47	***	0.52	النخيب	**	-0.32	***	0.36	***	0.72	النخيب
	0.13	***	0.51	***	0.45	الحي	*	-0.20	**	0.25	***	0.48	الحي
	0.03	***	0.50	***	0.44	الرطبة	**	-0.22	***	0.32	***	0.56	الرطبة
	0.04	***	0.50	***	0.48	بغداد	*	-0.23	**	0.25	***	0.54	بغداد
	0.11	***	0.68	***	0.46	خانقين	*	-0.19	**	0.24	***	0.50	خانقين
	-0.01	***	0.56	***	0.55	القائم	***	-0.29	***	0.30	***	0.67	القائم
	0.04	***	0.56	***	0.53	تكريت	**	-0.24	**	0.30	***	0.59	تكريت
	0.02	***	0.58	***	0.57	كر كوك	**	-0.23	*	0.28	***	0.52	كر كوك
	-0.01	***	0.62	***	0.58	السليمانية		-0.12	***	0.35	***	0.50	السليمانية
	-0.06	***	0.52	***	0.62	أربيل	**	-0.26	*	0.29	***	0.57	أربيل
	-0.06	***	0.49	***	0.62	الموصل	***	-0.27	**	0.30	***	0.57	الموصل
	0.01	***	0.54	***	0.52	العراق	**	-0.25	**	0.29	***	0.58	العراق

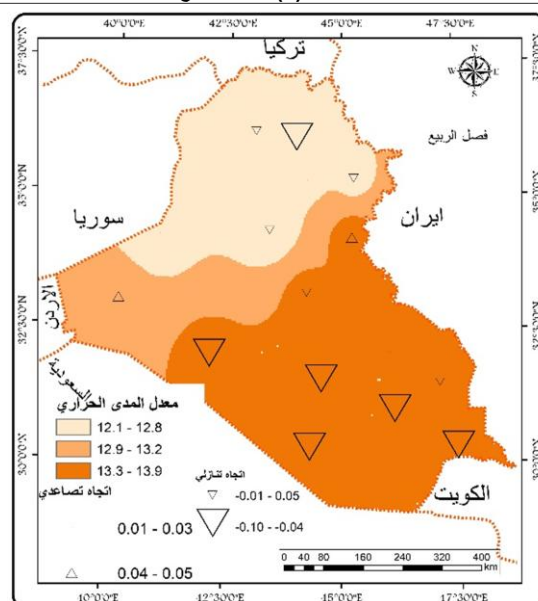
المصدر / بالاعتماد على تحليل بيانات ERA5

التوزيع المكاني والاتجاه الزمني لتغيرات المدى الحراري الفصلية خلال المدة (1970 – 2024)

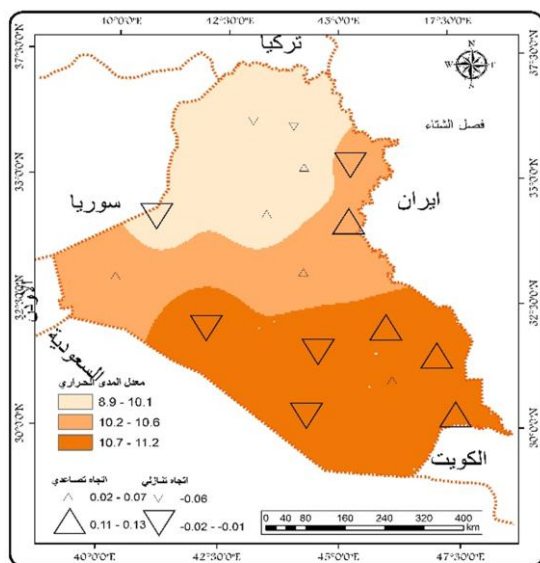
خريطة (4) فصل الصيف



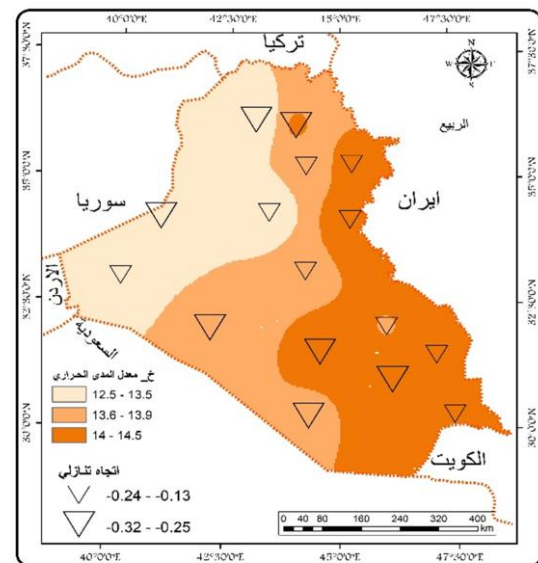
خريطة (3) فصل الربيع



خريطة (6) فصل الشتاء



خريطة (5) فصل الخريف

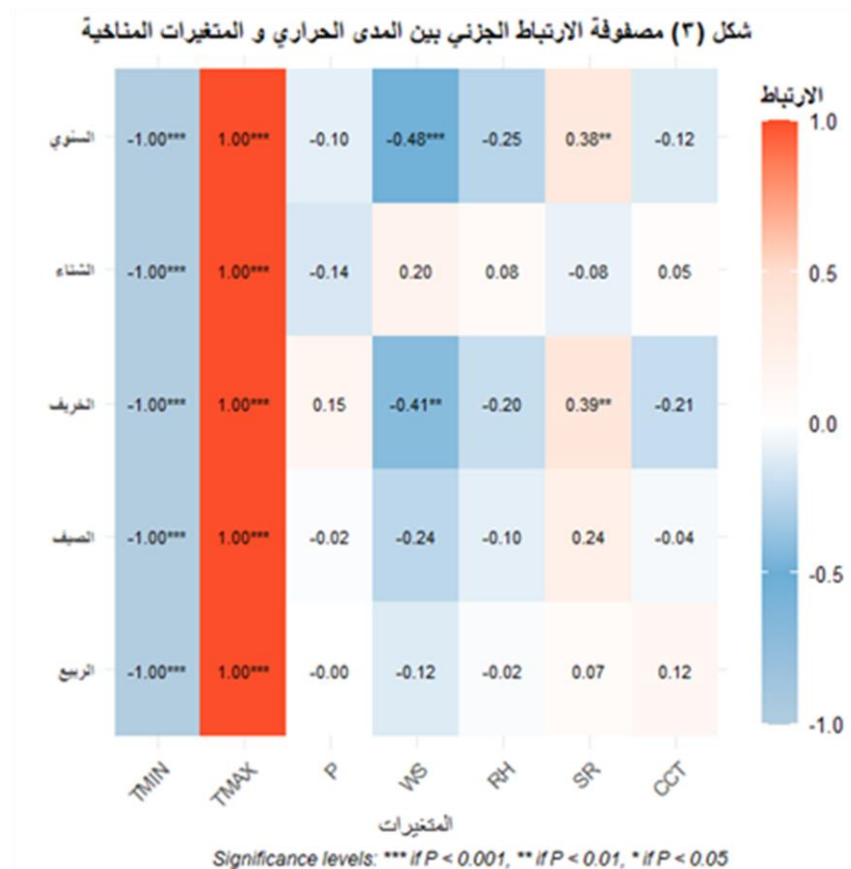
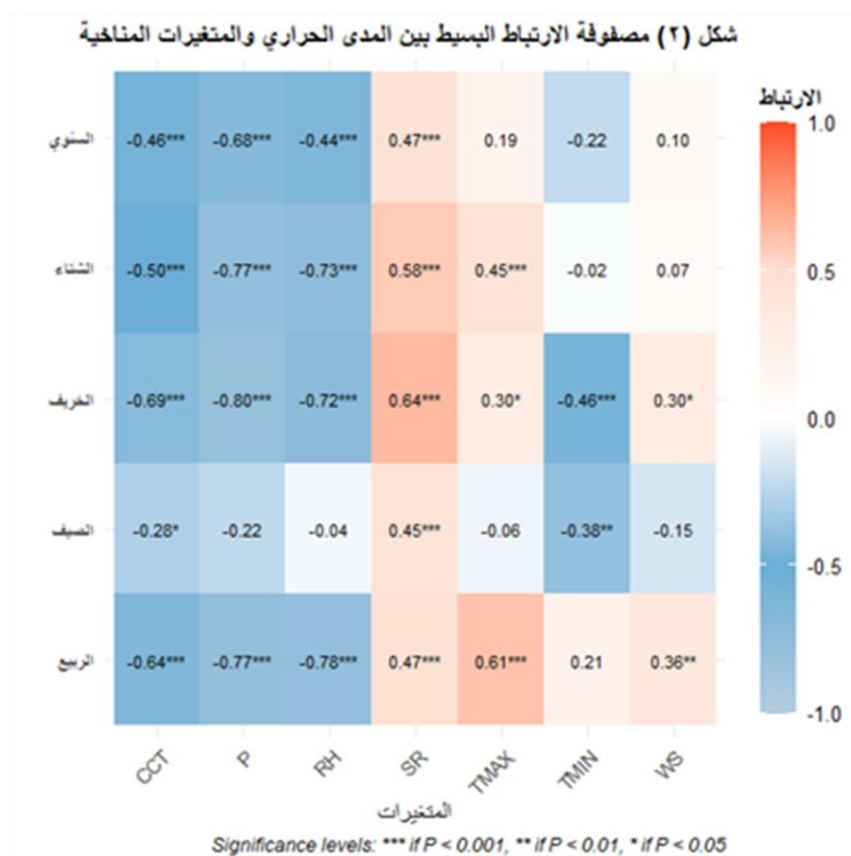


المصدر / بالاعتماد على تحليل بيانات ERA5

4. العلاقة بين المدى الحراري والعناصر المناخية في العراق

تعد العلاقات بين المدى الحراري اليومي (DTR) والعناصر المناخية المختلفة جانباً أساسياً لفهم التغيرات المناخية على المدى الطويل، وهذه العناصر تتمثل في درجات الحرارة الصغرى (T_{min})، ودرجة الحرارة العظمى (T_{max})، والأمطار (P)، والغيوم (CCT)، والرطوبة النسبية (RH) والإشعاع الشمسي (SR)، يختلف أثر هذه العناصر بحسب المنطقة الجغرافية وتأثير العوامل المحلية والإقليمية، ويظهر من الشكل (2) أن العلاقة بين المدى الحراري السنوي والعوامل المناخية المختلفة تتفاوت بحسب طبيعة كل عامل، فقد أظهرت نتائج الارتباط البسيط وجود علاقة سلبية قوية بين المدى الحراري والأمطار، حيث بلغ معامل الارتباط (-0.68) وهذا يعني أن زيادة الأمطار تؤدي إلى تقليل التباين في درجات الحرارة اليومية، و سجلت العلاقة بين المدى الحراري

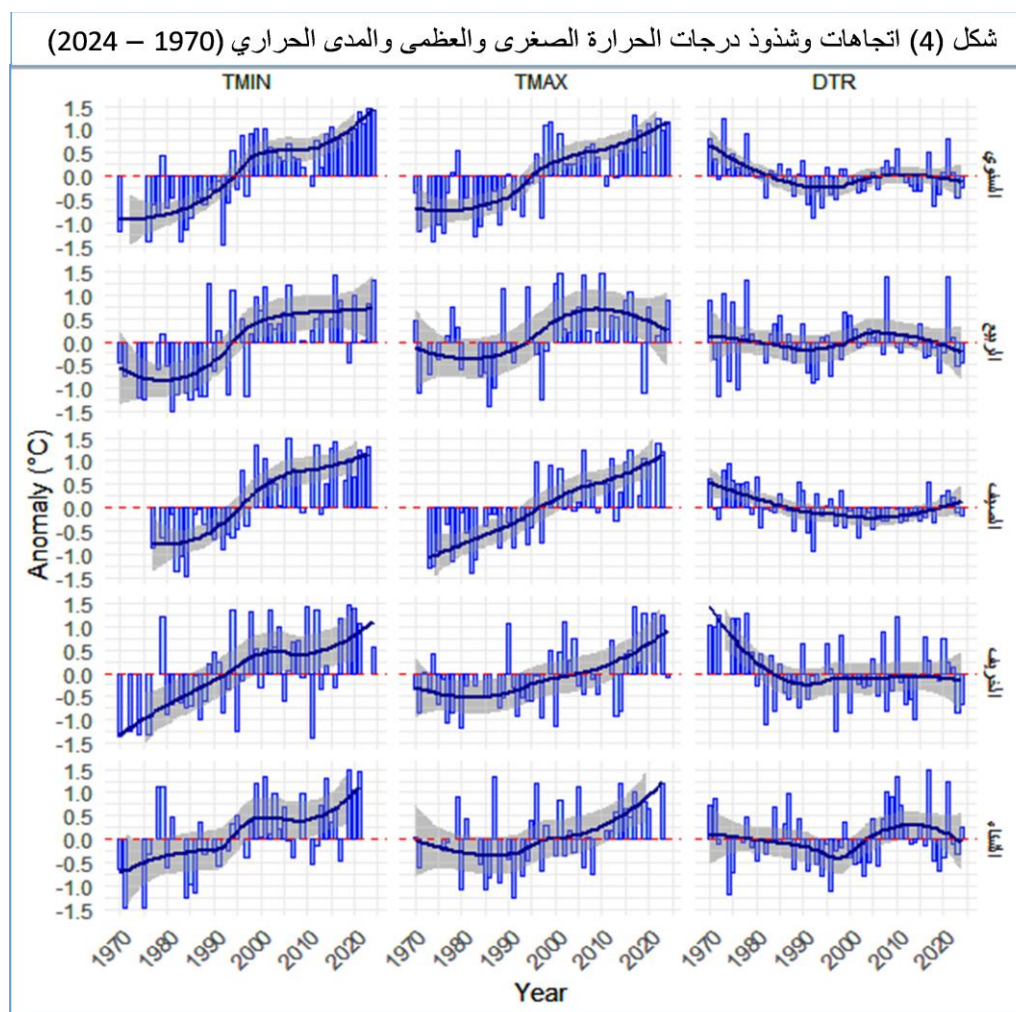
والغيوم ومعامل ارتباط (-0.46)، بما يشير إلى تأثير الغيوم في تقليل التغيرات الحرارية اليومية من خلال حجب الإشعاع الشمسي، بالإضافة إلى ذلك، فقد كانت العلاقة بين المدى الحراري والرطوبة النسبية سلبية أيضاً (-0.44)، بما يؤدي أن ارتفاع الرطوبة يسهم في تقليل الاختلاف بين درجات الحرارة العليا والدنيا، ونرى في المقابل أن العلاقة بين المدى الحراري والإشعاع الشمسي أظهرت علاقة موجبة (0.47)، حيث يشير هذا إلى أن زيادة الإشعاع الشمسي تساهم في زيادة التباين الحراري من خلال تسخين سطح الأرض بسرعة خلال النهار وتبريده بسرعة خلال الليل، والواضح أن جميع هذه العلاقات ذات دلالة إحصائية عالية، مما يثبت بأن هذه العوامل تؤثر بشكل موثوق على المدى الحراري في المنطقة، تشير النتائج الفصلية فصل الربيع إلى وجود علاقات سلبية واضحة بين المدى الحراري و الرطوبة النسبية، الأمطار، والغيوم في فصل الربيع، حيث بلغ معامل الارتباط (-0.78) مع الرطوبة النسبية، و(-0.77) مع الأمطار، و(-0.64) مع الغيوم، هذه العلاقات السلبية تدل على أن زيادة هذه العوامل تؤدي إلى تقليل التباين الحراري، حيث تعمل الغيوم والأمطار على تقليل تسخين الأرض في النهار واحتباس الحرارة في الليل، بينما تؤثر الرطوبة العالية في تقليل التغيرات الحرارية اليومية، وفي المقابل تظهر علاقات إيجابية بين المدى الحراري ودرجة الحرارة العظمى (0.61)، والإشعاع الشمسي (0.47)، وسرعة الرياح (0.36)، بما يعني أن زيادة هذه العوامل تسهم في زيادة التباين الحراري، إذ إن الإشعاع الشمسي يسهم في تسخين الأرض خلال النهار، في حين أن درجة الحرارة العظمى وسرعة الرياح تؤثران في توزيع الحرارة وتغييراتها اليومية، في فصل الصيف يظهر أن الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الصغرى هما العاملان الرئيسيان المؤثران في المدى الحراري، حيث بلغ معامل الارتباط بين المدى الحراري والإشعاع الشمسي (0.45)، وبين المدى الحراري ودرجة الحرارة الصغرى (-0.36)، بما يشير إلى أن زيادة الإشعاع الشمسي يؤدي إلى زيادة التباين الحراري؛ نتيجة لتسخين سطح الأرض بشكل أكبر خلال النهار، بينما تؤثر درجة الحرارة الصغرى سلباً على المدى الحراري، حيث إن انخفاض درجات الحرارة ليلياً يعزز الفروق بين درجات الحرارة العليا والدنيا بشكل أكبر، مما يؤدي إلى تقليل المدى الحراري، في فصل الخريف، تظهر ارتباطات سلبية بين المدى الحراري و الأمطار (-0.80)، الرطوبة النسبية (-0.72)، الغيوم (-0.69)، ودرجة الحرارة الصغرى (-0.46)، مما يعني أن زيادة هذه العوامل تؤدي إلى تقليل التباين الحراري، حيث تعمل الأمطار والغيوم على تبريد الجو ومنع ارتفاع درجات الحرارة خلال النهار، بينما تساعد الرطوبة العالية ودرجة الحرارة الصغرى في تقليص الفارق بين درجات الحرارة العليا والدنيا، وفي المقابل هناك علاقة إيجابية مع الإشعاع الشمسي (0.64)، درجة الحرارة العظمى (0.30)، وسرعة الرياح (0.30)، مما يشير إلى أن زيادة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة العظمى تسهمان في زيادة التباين الحراري، بينما تعمل سرعة الرياح على توزيع الحرارة بشكل أسرع، رغم أن تأثيرها ضعيف مقارنة بالعوامل الأخرى، أما في فصل الشتاء، فقد كانت النتائج مشابهة لتلك التي تم ملاحظتها في فصل الخريف، باستثناء تأثير الرياح التي لم تظهر أي تأثير ملحوظ على المدى الحراري. حيث بلغ معامل الارتباط بين المدى الحراري والأمطار (-0.77)، الرطوبة (-0.73)، الغيوم (-0.50)، وهو ما يشير إلى أن زيادة الأمطار، والرطوبة، والغيوم تؤدي إلى تقليل التباين الحراري، حيث تعمل هذه العوامل على تبريد الجو ومنع زيادة درجات الحرارة خلال النهار، أما الإشعاع الشمسي فكان له تأثير إيجابي، حيث بلغ معامل الارتباط (0.58)، وهذا يشير إلى أن زيادة الإشعاع الشمسي تسهم في زيادة التباين الحراري،



أما تحليلات الارتباط الجزئي، فقد أظهرت علاقات قوية وذات دلالة إحصائية بين المدى الحراري اليومي (DTR) والمتغيرات المناخية المدروسة، حيث وُجدت علاقة سلبية قوية بين DTR ودرجة الحرارة الصغرى (TMIN)، وعلاقة إيجابية قوية بين DTR ودرجة الحرارة العظمى (TMAX) في جميع الفصول. تشير هذه النتائج إلى أن زيادة TMIN تقلل من DTR، بينما تزيد TMAX من DTR، وكان تأثير TMIN أكثر وضوحاً وذو دلالة إحصائية عالية، علاوة على ذلك أظهرت سرعة الرياح (WS) علاقة سلبية قوية مع DTR، بقيمة ارتباط جزئي بلغت -0.48 سنوياً و-0.41 في الخريف، مما يشير إلى أن زيادة سرعة الرياح تؤدي إلى انخفاض DTR، وهذه العلاقة كانت ذات دلالة إحصائية عالية، وفي المقابل لوحظت علاقة إيجابية معتدلة بين DTR والإشعاع الشمسي (SR)، بقيمة ارتباط جزئي بلغت 0.38 سنوياً و0.39 في الخريف، مما يبرز أهمية الإشعاع الشمسي في زيادة DTR، أما الأمطار (P)، والرطوبة النسبية (RH)، وغطاء السحب الكلي (CCT) فقد أظهرت علاقات ضعيفة جداً مع DTR، حيث كانت قيم الدلالة الإحصائية (p-value) أكبر من 0.05، مما يشير إلى أن هذه المتغيرات لا تؤثر بشكل كبير على DTR في هذه الدراسة.

المناقشة

تعد التغيرات في اتجاهات المدى الحراري اليومي (DTR) مؤشراً مهماً للكشف عن التغيرات المناخية، إذ تشير النتائج إلى انخفاض المدى الحراري في العراق للمدة (1970 - 2024) للمحطات المدروسة، وهو ما يتوافق مع اتجاهات عالمية وإقليمية موثقة، فعلى سبيل المثال، بينت دراسة (Sun et al., 2019) أن متوسط الانخفاض العالمي في المدى الحراري اليومي خلال المدة (1951 - 2014) (-0.054 °م لكل عقد)، حيث أظهرت (45%) من الخلايا الشبكية اتجاهات سلبية ذات دلالة إحصائية، وكانت ظاهرة التناقص أكثر وضوحاً في نصف الكرة الشمالي مقارنة بنصف الكرة الجنوبي، وبشكل مماثل، تتوافق نتائجنا أيضاً مع دراسة (Xu et al., 2025) التي أكدت انخفاض المدى الحراري بمعدل (-0.025 °م لكل عقد)، وتتفق مع (Wang et al., 2014) في المناطق الجافة وقد بلغ مقدار الانخفاض (-1.24 °م لكل عقد) للمدة (1957 - 2006)، أما الاتجاهات الفصلية فقد سجلت تبايناً واضحاً، في فصل الربيع، إذ لوحظ انخفاض طفيف في المدى الحراري، لكن هذه التغيرات لم تكن ذات دلالة إحصائية، مما يشير إلى أن التغيرات هي ضمن نطاق التقلبات الموسمية الطبيعية، أما في فصل الصيف، فقد سجل انخفاضاً في المدى الحراري، وهو ما يمكن تفسيره بتباين الرطوبة والغطاء السحابي، مما يقلل من التباين بين درجات الحرارة العظمى والصغرى فضلاً عن زيادة درجات الحرارة الصغرى بمعدل أسرع من درجة الحرارة العظمى كما في الشكل (4) بعد عقد التسعينيات نلاحظ شذوذ واضح في درجات الحرارة الصغرى، وفي فصل الخريف، سجلت أكبر انخفاض في المدى الحراري بلغ (-0.25) درجة مئوية لكل عقد، وهو ما يعكس تأثير التغيرات الموسمية السريعة، وارتفاع درجات الحرارة الصغرى إلى ضعف درجة الحرارة العظمى، أما في فصل الشتاء، فقد سجل ارتفاعاً طفيفاً في المدى الحراري، هذا الارتفاع الطفيف يمكن تفسيره كنتيجة لتأثيرات الاحتباس الحراري، التي تؤدي إلى درجات حرارة أعلى من المعتاد في بعض المناطق، وهذه النتائج تتوافق مع دراسة (Qu et al., 2014) في الولايات المتحدة فقد شهد فصلاً الخريف والصيف انخفاضاً ملحوظاً في المدى الحراري اليومي في جميع المناطق، كذلك تتوافق مع دراسة (Founda et al., 2023) في اليونان، التي أشارت إلى انخفاض المدى الحراري في فصلي الصيف والخريف ذات دلالة إحصائية تراوح مقدار الانخفاض (-0.25 - 0.09) °م لكل عقد للمدة (1960 - 2022)، أيضاً تتفق مع دراسة (Shen et al., 2014) بالانخفاض، في فصل الصيف، وتختلف مع الدراسة نفسها لانخفاض المدى الحراري في فصل الشتاء بينما أشارت دراستنا الحالية إلى الارتفاع في المدى الحراري، وكذلك تتفق مع دراسة (Elnesr & Alazba, 2019) في شبه الجزيرة العربية التي تؤكد أن فصل الخريف وهو لأكثر انخفاضاً.



اما العلاقة بين المدى الحراري اليومي (DTR) والعناصر المناخية علاقة معقدة ومتعددة الجوانب، حيث يؤثر كل منهما في الآخر بطرق مختلفة حيث أظهرت نتائج الارتباط البسيط وجود علاقة سلبية قوية بين المدى الحراري والأمطار، حيث بلغ معامل الارتباط (-0.68)، وهذا يشير إلى أن زيادة الأمطار تؤدي إلى تقليل التباين في درجات الحرارة اليومية، هذه النتيجة تتماشى مع الفهم العام الذي يرى بأن الأمطار يمكن أن تؤدي إلى زيادة الرطوبة في الهواء، مما يعمل على استقرار درجات الحرارة وتقليل التباين بين درجات الحرارة العظمى والصغرى، هذا يعكس أيضًا تأثير السحب على حجب الإشعاع الشمسي، مما يقلل من التسخين السريع لسطح الأرض أثناء النهار، وفي المحصلة الحفاظ على توازن حراري أكثر استقرارًا، بالإضافة إلى ذلك، كانت العلاقة بين المدى الحراري والغيوم سلبية أيضًا معامل ارتباط (-0.46)، تشير هذه النتيجة إلى أن وجود الغيوم يلعب دورًا مهمًا في تقليل التغيرات الحرارية اليومية، يتم ذلك عبر حجب الإشعاع الشمسي، مما يسهم في تقليل الفرق بين درجات الحرارة العظمى والصغرى، وقد تم تأكيد هذه النتيجة من خلال دراسات سابقة، أظهرت الدراسات أن الغيوم تعمل كعازل حراري، مما يقلل من تأثيرات الاختلافات الكبيرة في درجات الحرارة بين النهار والليل، و وجد أن السحب يمكن أن تقلل المدى الحراري اليومي بنسبة (25 - 50 %) ، بالمقارنة بالأيام ذات السماء الصافية فوق معظم المناطق البرية (Dai et al., 1999)

من جهة أخرى، أظهرت العلاقة السلبية بين المدى الحراري والرطوبة النسبية (معامل ارتباط -0.44)، مما يعني أن زيادة الرطوبة في الهواء تقلل من الاختلاف بين درجات الحرارة العظمى والصغرى، هذا التفسير يتطابق مع المفهوم العلمي القائل بأن الهواء الرطب يحتفظ بالحرارة بشكل أفضل، مما يؤدي إلى تقليل التباين الحراري، لا سيما في الليل حيث يمنع الهواء الرطب تبريد السطح بسرعة، في المقابل، فقد أظهرت العلاقة الموجبة بين المدى الحراري والإشعاع الشمسي معامل ارتباط (0.47)، مما يشير إلى أن مقولة الإشعاع الشمسي الذي يؤثر في زيادة التباين الحراري، هذه النتيجة تدعم الفهم التقليدي الذي يتبنى أن الإشعاع الشمسي يسخن

الأرض بسرعة خلال النهار، بينما يشارك في تبريد سطح الأرض بسرعة في الليل، عبر زيادة التباين بين درجات الحرارة العظمى والصغرى، أن أغلب هذه العلاقات كانت ذات دلالة إحصائية عالية، وهذا عزز من مصداقية النتائج، ويؤكد أن العوامل المناخية المختلفة (الأمطار، الغيوم، الرطوبة النسبية، والإشعاع الشمسي) تؤثر بشكل موثوق على المدى الحراري في المنطقة المدروسة، وبوجه عام فإن تلك العلاقات الارتباطية في العراق تشير إلى وجود علاقة سلبية ذات دلالة إحصائية بين المدى الحراري اليومي وكل من الأمطار والرطوبة والغطاء السحابي على المستويين الفصلي والسنوي، ويستنتى من هذه العلاقة فصل الصيف، بينما أظهرت الدراسة علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين الإشعاع الشمسي والمدى الحراري اليومي، كما لوحظت علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين درجة الحرارة العظمى والمدى الحراري اليومي في فصول الربيع والخريف والشتاء، أما العلاقة بين المدى الحراري اليومي ودرجة الحرارة الصغرى، فقد كانت سلبية ذات دلالة إحصائية في فصلي الصيف والخريف، بينما ظهرت علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين المدى الحراري اليومي وسرعة الرياح في فصلي الخريف والربيع، وبهذا يتضح من النتائج أن انخفاض المدى الحراري اليومي (DTR) في العراق خلال فصلي الخريف والصيف، يأتي نتيجة لزيادة درجة الحرارة الصغرى (T_{min})، بمعدل أسرع من درجة الحرارة العظمى (T_{max})، وهذا يتوافق مع دراسات عالمية مثل دراسة (Vose et al., 2005)، ودراسة (Shen et al., 2014)، ودراسة (Zhang et al., 2021)، ويعود إلى تأثير مجموعة من العوامل المناخية المتداخلة، أبرز هذه العوامل هو الاحتباس الحراري الناجم عن الغازات الدفيئة، إضافة إلى تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI)، والإشعاع الشمسي، وقلة السحب، وتباين الأمطار، إذ يؤثر الاحتباس الحراري إلى زيادة T_{min} بوتيرة أسرع من T_{max} ، وهو نمط عالمي ملحوظ في المناطق الجافة مثل العراق، كما تسهم الجزيرة الحرارية الحضرية في رفع درجة الحرارة الصغرى في المدن، حيث تحتفظ المناطق الحضرية بالحرارة بشكل أكبر مقارنة بالمناطق الريفية، من ناحية أخرى، فإن الإشعاع الشمسي يعزز من ارتفاع درجة الحرارة العظمى خلال النهار، في حين أن قلة السحب تسهم في تبريد بطيء في الليل مما يؤدي إلى زيادة درجة الحرارة الصغرى، جميع هذه العوامل مجتمعة تؤدي إلى تخفيض DTR في العراق، مما يؤثر بشكل كبير على المناخ المحلي في المنطقة، هذه النتائج تساعد في تحسين الفهم العلمي لتأثير هذه العوامل المناخية على التباين في المدى الحراري، وتؤكد على أهمية دراسة هذه العوامل بشكل موسع في سياق التغيرات المناخية المستقبلية.

الاستنتاجات :

في هذه الدراسة، تم تحليل اتجاه المدى الحراري اليومي (DTR) للمدة (1970 – 2024)، باستخدام بيانات درجات الحرارة اليومية الصغرى والعظمى المستمدة من (ERA5)، على المستوى السنوي والفصلي في العراق، وأظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة الصغرى (T_{min}) والعظمى (T_{max}) بمعدل (0.55) و (0.46) درجة مئوية لكل عقد على التوالي، مما أدى إلى انخفاض المدى الحراري السنوي بمعدل (-0.07) °م ذات دلالة إحصائية.

وعلى المستوى الفصلي، فإن النتائج تشير إلى أن انخفاض DTR في العراق خلال فصلي الخريف والصيف، وهذا يرجع بشكل رئيسي إلى زيادة T_{min} بوتيرة أسرع من T_{max} ، وهو نمط يتماشى مع الدراسات العالمية في المناطق الجافة، تتداخل في هذا التغيير عوامل مناخية متعددة، أبرزها الاحتباس الحراري، الذي يشارك في زيادة T_{min} بشكل أسرع من T_{max} ، والجزيرة الحرارية الحضرية التي تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة الصغرى في المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية، يزداد على هذا فإن الإشعاع الشمسي يعزز من ارتفاع T_{max} خلال النهار، بينما تساعد قلة السحب في تبريد بطيء في الليل، مما يؤدي إلى زيادة T_{min} ، كما أظهرت نتائج الارتباط الجزئي وجود علاقات قوية بين DTR ودرجات الحرارة الصغرى والعظمى، في المقابل تبينت علاقة سلبية قوية بين DTR و T_{min} ، بما يدل على أن زيادة T_{min} تؤدي إلى تقليل المدى الحراري اليومي، في حين أن هناك علاقة إيجابية قوية بين DTR و T_{max} ، وهذا يشير إلى أن زيادة T_{max} تسهم في زيادة DTR تتضح هذه العلاقات في جميع الفصول، أما المتغيرات الأخرى، فقد أظهرت سرعة الرياح (WS) علاقة سلبية قوية مع DTR، حيث تشير النتائج إلى أن زيادة سرعة الرياح قد تساهم في تقليل DTR. من ناحية أخرى، تم العثور على علاقة إيجابية معتدلة بين DTR، والإشعاع الشمسي (SR)، مما يبرز تأثير الإشعاع الشمسي في زيادة المدى الحراري اليومي، أما المتغيرات مثل الأمطار والرطوبة فقد أظهرت تأثيراً ضعيفاً على DTR في هذه الدراسة، يمكن الاستنتاج أن تغيرات درجات الحرارة الصغرى والعظمى هي العوامل الأكثر تأثيراً على DTR في العراق، في

المقابل تلعب المتغيرات المناخية الأخرى مثل الأمطار والرطوبة دوراً أقل في تحديد DTR ، كما أن سرعة الرياح والإشعاع الشمسي لهما تأثير واضح على DTR ، وهذا يبرز أهمية هذين العاملين في التأثير على المدى الحراري اليومي، هذه النتائج تساعد في تحسين فهم العلاقة بين المدى الحراري اليومي والمتغيرات المناخية المختلفة، وهي أساسية لدراسة تغيرات المناخ والتنبؤات المستقبلية للأحوال الجوية في العراق والمناطق الجافة بشكل عام.

المصادر:

- البديري ، أحمد لفته حمد. (2021). تحليل مؤشرات تطرفات درجات الحرارة اليومية في العراق. مجلة لارك، 13(5)، 902-922.
<https://doi.org/10.31185/lark.Vol4.Iss43.2057>
- السعدي ، عباس فاضل. (2009). جغرافية العراق: إطارها الطبيعي، نشاطها الاقتصادي، جانبها البشري، الدار الجامعية، بغداد، 267 -1.

References

- Al-Budairi, A. L. H. (2021). Analysis of daily temperature extremes indicators in Iraq. *Lark Journal*, 13(5), 902–922. <https://doi.org/10.31185/lark.Vol4.Iss43.2057>
- Al-Saadi, A. F. (2009). *Geography of Iraq: Its natural framework, economic activity, and human aspect* (pp. 1–267). Baghdad: University House.
- Al-Ansari, N. (2021). Topography and climate of Iraq. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 11(2), 1–13.
- Al-Budeiri, A. L. H. (2021). Analysis of daily temperature extremes indicators in Iraq. *Lark*, 13(5), 902–922. <https://doi.org/10.31185/lark.Vol4.Iss43.2057>
- Al-Saadi, A. F.) 2009(Iraq's geography (its natural framework, economic activity, its human side), 1st edition, aldaar aljamieiat for publication, Baghdad.
- Al-Timimi, Y. K., AL-Lami, A. M., Basheer, F. S., & Awad, A. Y. (2024). Impacts of Climate Change on Thermal Bioclimatic Indices Over Iraq. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 55(2), 744–756. <https://doi.org/10.36103/j93nst49>
- Al-Timimi, Yaseen K, & Al-Jiboori, M. H. (2013). Assessment of spatial and temporal drought in Iraq during the period 1980-2010. *Int. J. Energ. Environ*, 4(2), 291–302.
- Cheng, J., Xu, Z., Zhu, R., Wang, X., Jin, L., Song, J., & Su, H. (2014). Impact of diurnal temperature range on human health: a systematic review. *International Journal of Biometeorology*, 58, 2011–2024.
- Dai, A., Trenberth, K. E., & Karl, T. R. (1999). Effects of clouds, soil moisture, precipitation, and water vapor on diurnal temperature range. *Journal of Climate*, 12(8), 2451–2473.
- Daramola, M. T. (2024). *Increased diurnal temperature range in global drylands in more recent decades*. November 2023, 521–533. <https://doi.org/10.1002/joc.8341>
- Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., Salinger, M. J., Razuvayev, V., Plummer, N., & Jamason, P. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 277(5324), 364–367.
- Elnesr, M. N., & Alazba, A. A. (2019). Seasonal trends of air temperature and diurnal range in the Arabian Peninsula, the Levant, and Iraq: a spatiotemporal study and development of an online data visualization tool. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1–2), 1271–1287. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2659-2>
- Founda, D., Mamara, A., Argiriou, A., Pierros, F., & Sarantopoulos, A. (2023). *Spatial and Temporal Changes of Diurnal Temperature Range in Greece—The Urban Effect*. 1.

- <https://doi.org/10.3390/environsciproc2023026001>
- Gyuk, N. J., Ekwezu, C. S., Ezech, C. U., & Ekwezu, J. C. (2023). Changes in Diurnal Temperature Range Over Nigeria from 1960 to 2019. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 8(4b), 92–105. <https://doi.org/10.4314/dujopas.v8i4b.11>
- Hansen, J., Sato, M., & Ruedy, R. (1995). Long-term changes of the diurnal temperature cycle: Implications about mechanisms of global climate change. *Atmospheric Research*, 37(1–3), 175–209.
- Huang, X., Dunn, R. J. H., Li, L. Z. X., McVicar, T. R., Azorin-Molina, C., & Zeng, Z. (2023). Increasing Global Terrestrial Diurnal Temperature Range for 1980–2021. *Geophysical Research Letters*, 50(11). <https://doi.org/10.1029/2023GL103503>
- Kaas, E., & Frich, P. (1995). Diurnal temperature range and cloud cover in the Nordic countries: observed trends and estimates for the future. *Atmospheric Research*, 37(1–3), 211–228.
- Karl, T. R., Knight, R. W., & Plummer, N. (1995). Trends in high-frequency climate variability in the twentieth century. *Nature*, 377(6546), 217–220.
- Kukla, G., & Karl, T. R. (1993). Nighttime warming and the greenhouse effect. *Environmental Science & Technology*, 27(8), 1468–1474.
- Liu, B., Xu, M., Henderson, M., Qi, Y., & Li, Y. (2004). Taking China's temperature: Daily range, warming trends, and regional variations, 1955–2000. *Journal of Climate*, 17(22), 4453–4462. <https://doi.org/10.1175/3230.1>
- Liu, L., Li, Z., Yang, X., Gong, H., Li, C., & Xiong, A. (2016). The long-term trend in the diurnal temperature range over Asia and its natural and anthropogenic causes. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(7), 3519–3533.
- Lobell, D. B. (2007). Changes in diurnal temperature range and national cereal yields. *Agricultural and Forest Meteorology*, 145(3–4), 229–238.
- Makowski, K., Jaeger, E. B., Chiacchio, M., Wild, M., Ewen, T., & Ohmura, A. (2009). *On the relationship between diurnal*.
- Makowski, Knut, Wild, M., & Ohmura, A. (2008). Diurnal temperature range over Europe between 1950 and 2005. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8(21), 6483–6498.
- Muslih, K. D., & Abbas, A. M. (2024). Climate of Iraq. In *The Geography of Iraq* (pp. 19–47). Springer.
- Muslih, K. D., & Błażejczyk, K. (2017). The inter-annual variations and the long-term trends of monthly air temperatures in Iraq over the period 1941–2013. *Theoretical and Applied Climatology*, 130(1–2), 583–596. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1915-6>
- Qu, M., Wan, J., & Hao, X. (2014). Analysis of diurnal air temperature range change in the continental United States. *Weather and Climate Extremes*, 4(August 2014), 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.05.002>
- Salman, S. A., Shahid, S., Ismail, T., Chung, E.-S., & Al-Abadi, A. M. (2017). Long-term trends in daily temperature extremes in Iraq. *Atmospheric Research*, 198, 97–107.
- Shen, X., Liu, B., Li, G., Wu, Z., Jin, Y., Yu, P., & Zhou, D. (2014). Spatiotemporal change of diurnal temperature range and its relationship with sunshine duration and precipitation in China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(23), 13–163.
- Stenchikov, G. L., & Robock, A. (1995). Diurnal asymmetry of climatic response to increased CO₂ and aerosols: Forcings and feedbacks. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 100(D12), 26211–26227.
- Sun, X., Ren, G., You, Q., Ren, Y., Xu, W., Xue, X., Zhan, Y., Zhang, S., & Zhang, P. (2019). Global diurnal temperature range (DTR) changes since 1901. *Climate Dynamics*, 52(5–6), 3343–3356. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4329-6>
- Tobin, I., Jerez, S., Vautard, R., Thais, F., Van Meijgaard, E., Prein, A., Déqué, M., Kotlarski, S.,

- Maule, C. F., & Nikulin, G. (2016). Climate change impacts on the power generation potential of a European mid-century wind farms scenario. *Environmental Research Letters*, 11(3), 34013.
- Vose, R. S., Easterling, D. R., & Gleason, B. (2005). Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004. *Geophysical Research Letters*, 32(23), 1–5. <https://doi.org/10.1029/2005GL024379>
- Wang, F., Zhang, C., Peng, Y., & Zhou, H. (2014). Diurnal temperature range variation and its causes in a semiarid region from 1957 to 2006. *International Journal of Climatology*, 34(2), 343–354. <https://doi.org/10.1002/joc.3690>
- Xu, Q., Wei, S., Li, Z., & Li, Q. (2025). A New Evaluation of Observed Changes in Diurnal Temperature Range. *Geophysical Research Letters*, 52(2). <https://doi.org/10.1029/2024GL113406>
- Zhang, Y., Shen, X., & Fan, G. (2021). Elevation-dependent trend in diurnal temperature range in the northeast china during 1961–2015. *Atmosphere*, 12(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/atmos12030319>.