

التباينات الزمانية والمكانية والتحليل التكراري لمتوسطات درجات الحرارة اليومية للفترة 1990-2022

بمحمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية

Temporal and spatial variations and frequency analysis of daily temperature averages for the period 1990-2022 in the Imam Turki bin Abdullah Royal Reserve

إعداد الباحثة/ عهود عامر حمد الشهراني

طالبة دكتوراه في قسم الجغرافيا، كلية اللغة العربية والعلوم الاجتماعية، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

Email: aamoury3760@gmail.com

المخلص

تتناول هذه الدراسة تحليل التباينات الزمنية والمكانية لدرجات الحرارة الدنيا والقصى والمتوسطة اليومية باستخدام بيانات الرصد المسجلة خلال الفترة 1990 - 2022 بخمس محطات مناخية هي الجوف (40361) وحائل (40394) والقصيم (40405) والقيصومة (40373) ورفحاء (40362) تابعة للمكتب الوطني للارصاد. ولقد تم اختيار هذه المحطات لكونها تحيط بمحمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية، شمال شرق مدينة الرياض. وتتطرق هذه الدراسة للتحليل التكراري لتوزيع درجات الحرارة الدنيا والقصى والمتوسطة اليومية بهدف تقدير درجات الحرارة المماثلة لها خلال فترات الرجوع 5 و10 و25 و50 و100 سنة.

وقد اعتمد التحليل التكراري لدرجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة على بيانات سجلات درجات الحرارة اليومية التي تم رصدها بمحطات الجوف وحائل وبريدة والقيصومة ورفحاء خلال الفترة الممتدة من 1 يناير 1990 حتى 31 ديسمبر 2022 م على فحص توزيع البيانات بتطبيق اختبار كولموغوروف-سميرنوف Kolmogorov-Smirnov المناسب لحجم العينة الكبيرة التي يفوق عدد قراءتها 30 قياس وفحص الأهمية الإحصائية لتباين التوزيع التكراري بدرجات الحرارة اليومية بتطبيق ثلاثة اختبارات هي (أ)- اختبار هارتلي Hartley's $F_{max-ratio}$ و(ب)- اختبار التباين الأحادي Binomial test و(ج)- اختبار T-student. كما تم تطبيق لفترات الرجوع من 5 إلى 100 سنة كلاً من نموذج غامبل Gumbel (نموذج القيم القصوى - نوع 1) لتقدير درجات الحرارة اليومية المناسبة ودرجات الحرارة اليومية المتطرفة، ونموذج التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal distribution لتقدير متوسطات درجات الحرارة اليومية.

الكلمات المفتاحية: درجات الحرارة اليومية، التحليل التكراري، التباين، الفحص الإحصائي، محمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية، المملكة العربية السعودية.

Temporal and spatial variations and frequency analysis of daily temperature averages for the period 1990-2022 in the Imam Turki bin Abdullah Royal Reserve

Abstract:

This study deals with the analysis of temporal and spatial variations of daily minimum, maximum and average temperatures using observation data recorded during the period 1990 - 2022 at five climate stations: Al-Jawf (40361), Hail (40394), Qassim (40405), Qaisumah (40373) and Rafha (40362) affiliated with the National Office of Meteorology. These stations were chosen because they surround the Imam Turki bin Abdullah Royal Reserve, northeast of Riyadh. This study deals with the iterative analysis of the distribution of daily minimum, maximum and average temperatures with the aim of estimating similar temperatures during the return periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years. The recurrence analysis of daily maximum, minimum and average temperatures was based on data from daily temperature records recorded at Al-Jawf, Hail, Rabda, Al-Qaisumah and Rafha stations during the period from January 1, 1990 to December 31, 2022 AD. The data distribution was examined by applying the Kolmogorov-Smirnov test suitable for a large sample size exceeding 30 readings, and the statistical significance of the variance of the frequency distribution of daily temperatures was examined by applying three tests: (a) Hartley's Fmax-ratio test, (b) Binomial test, and (c) Student's T-test. The Gumbel model (extreme values model - type 1) was also applied for periods of 5 to 100 years to estimate suitable daily temperatures and extreme daily temperatures, and the Normal distribution model was used to estimate daily average temperatures.

Keywords: Daily temperature, frequency analysis, variance, statistical examination, Imam Turki bin Abdullah Royal Reserve, Kingdom of Saudi Arabia.

1. المقدمة

تعتبر الحرارة أكثر العناصر المناخية تأثيراً على حياة الإنسان وصحته خاصة بالمناطق المدارية الجافة كما تشير إليه الكثير من التقارير والدراسات والبحوث العلمية. وترتبط زيادة الطلب على الموارد المائية بارتفاع درجة الحرارة. كما يتعرض الأمن الغذائي إلى تهديدات مباشرة بسبب تقلص الموارد المائية الضرورية للإنتاج الزراعي. ولقد أدى ارتفاع المعدلات الحرارية بكثير من مناطق العالم إلى ارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات وتدهور الأنظمة البيئية وتعرض الأنواع النباتية والحيوانية للمخاطر مع تعرض صحة الإنسان لتأثيرات الكوارث المناخية كالأعاصير والعواصف والفيضانات والسيول (توفيق، 2010).

وفي هذا السياق يتزايد الاهتمام بدراسة ظاهرة ارتفاع المعدلات الحرارية ومدى ارتباطها بالتغير المناخي المحتمل الذي تتعرض له الكرة الأرضية في كثير من المناطق كما كشفته العديد من الدراسات الأجنبية (Robinson, 2001; Barnett et al., 2012; Guido et al., 2016; Piticar et al., 2017; Besson et al., 2019; Nori-Sarma et al., 2019).

وفي المنطقة العربية تناولت العديد من الدراسات المناخية تأثير التغير المناخي على تطرف درجات الحرارة وموجات الحر في المنطقة العربية كدراسات (الطراونه، 2011) و (الزغول، 2011) و (محمد والشطاوي، 2016) و (البدر، 2017). وهناك أيضاً بعض الدراسات التي تناولت تحليل مدى تأثير التغير المناخي على حالات الجفاف (زيتون، 2013) وعلى المنخفضات الجوية (الرواشدة، 2016) وعلى معدل الأمطار السنوي (سقا الله، 2017) وعلى الموارد المائية (بلال وبدر، 2012) وعلى البيئة (الموسوي، 2016).

كما تناولت الكثير من الدراسات المناخية تحليل موجات الحر وتطرف درجة الحرارة (الفضلي والحسبان، 2011) و (أبو الليل، 2012) و (الحسبان، 2012) و (عبد الرحمن ووهاب، 2015) و (الصالح وآخرون، 2005) و (ناصر، 2017) و (عزوز وصالح، 2018) و (زيتون وآخرون، 2019). بالإضافة إلى ذلك هناك بعض الدراسات التي حاولت الاعتماد على اتجاهات التغير لدرجة الحرارة في رصد مظاهر التغير المناخي (الروندازي، 2012).

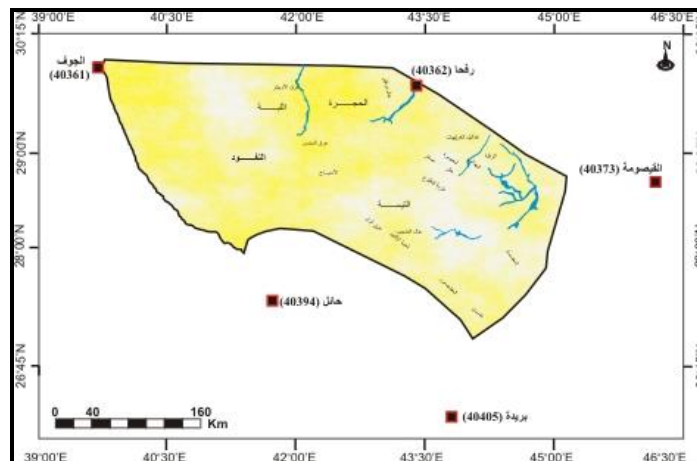
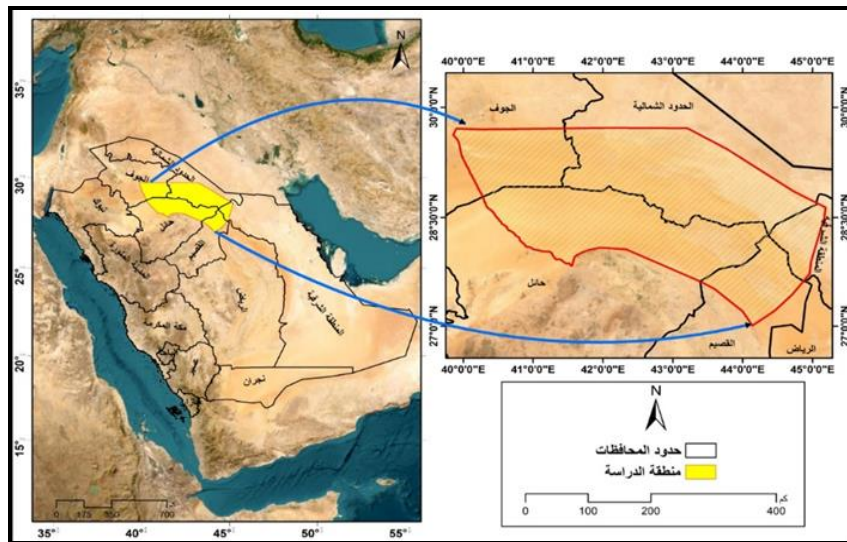
وفي المملكة العربية السعودية تناولت كذلك العديد من الدراسات تحليل اتجاه التغير لدرجات الحرارة القصوى (Shafiqur Rahman and Al-Hadrami, 2012) و (Al Mazroui et al., 2014) وتأثير اتجاه التغير المناخي على الموارد المائية (Tarawneh and Chowdhury., 2018) واتجاه التغير لدرجات الحرارة على المدى البعيد (Krishna, 2014) وعلاقة تغير درجات الحرارة بمؤشرات التغير المناخي (Al Mazroui, 2012) و (Abdou, 2014) واتجاه التغير لدرجات الحرارة ببعض المناطق (Abdou, 2012) و (Al-Ghamdi and Moore, 2014).

2. منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة والمحطات المناخية المدروسة التي تم اختيارها بين دائرتي العرض 26° و 30° شمالاً وبين خطي الطول 40° و 46° شرقاً. وتعتبر محطة الجوف أبعد محطة بالشمال ومحطة بريدة أبعد محطة بالجنوب ومحطة القيصومة أبعد محطة شرقاً ومحطة الجوف أبعد محطة غرباً (الجدول 1 والشكل 1).

الجدول 1: إحداثيات مواقع المحطات المناخية المدروسة.

رقم المحطة	اسم المحطة	دائرة العرض (شمالاً)	خط الطول (شرقاً)	تاريخ بداية الرصد
40361	الجوف	29°47'19"	40°05'55"	1974/05
40373	القيصومة	28°19'08"	46°07'49"	1963/03
40405	القصيم	26°18'28"	43°46'03"	1973/01
40394	حائل	27°26'04"	41°41'28"	1963/03
40362	رفحاء	29°37'17"	43°29'41"	1963/03



الشكل 1: الموقع الجغرافي لمحمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية

ولقد تم اختيار المحطات المناخية المدروسة لتغطية مساحة محمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية من الشمال إلى الجنوب ومن الشرق إلى الغرب.

3. أهمية الدراسة

تكمن أهمية هذه الدراسة:

- 1- في كونها تقدم تحليلاً تكرارياً لدرجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة لفترة 33 سنة مشتركة بخمس محطات تحيط بمحمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية بشمال مدينة الرياض.
- 2- في كونها تتناول تحليل خصائص التوزيع المكاني لدرجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة خلال الفترة المدروسة بالاعتماد على سلسلة زمنية لبيانات الرصد اليومي للفترة المذكورة لم تتطرق لها أي دراسة حتى الآن.
- 3- في كونها تتزامن أيضاً مع اهتمامات الدراسات البيئية التي تسعى إلى تحقيقها رؤية 2030 من أجل تحقيق تنمية مستدامة لا تعتمد على موارد المحروقات ومشتقاتها.

4. أهداف الدراسة

مما تقدم، تتلخص أهداف هذا البحث فيما يلي:

- 1- تحليل الخصائص الإحصائية لتوزيع بيانات درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة وإخضاعها لفحص حسن المطابقة مع التوزيع الطبيعي Normality test بتطبيق اختبار كوامو غوروف-سميرنوف Kolmogorov-Smirnov.
- 2- تطبيق طريقة التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal Probability Distribution والتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى -نوع 1- Extreme Value Type 1 Probability Distribution لتقدير درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة لفترات الرجوع الممتدة من 5 سنوات حتى 100 سنة بالمحطات.
- 3- تقدير فترات الرجوع لأعلى درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة.

5. الخطوات المنهجية للبحث

- تتناول هذه الدراسة تحليل بيانات سجلات درجات الحرارة اليومية التي تم رصدها بمحطات الجوف وحائل وبريدة والقيصومة ورفحاء خلال الفترة الممتدة من 1 يناير 1990 حتى 31 ديسمبر 2022 م بإتباع الخطوات المنهجية التالية:
- 1- فحص توزيع بيانات درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة بتطبيق اختبار كولموغوروف-سميرنوف Kolmogorov-Smirnov المناسب لحجم العينة الكبيرة التي يفوق عدد قراءتها 30 قياس.
 - 2- التحليل التكراري لدرجات الحرارة اليومية بواسطة تصنيف درجات الحرارة اليومية القصوى في 4 فئات هي (أقل من 20، 20-30، 30-40، أكبر من 40) وتصنيف درجات الحرارة اليومية الدنيا والمتوسطة في 7 فئات هي (5-10، 10-15، 15-20، 20-25، 25-30، 30-35، أكبر من 35).
 - 3- فحص الأهمية الإحصائية لتباين التوزيع التكراري بدرجات الحرارة اليومية بتطبيق ثلاث اختبارات هي:
(أ) اختبار هارتلي Hartley's $F_{\max}$ -ratio لفحص تجانس التباين.
(ب) اختبار التباين الأحادي Binomial test المناسب لتوزيع البيانات الذي يخالف عن التوزيع الطبيعي.
(ج) اختبار T-student المناسب لتوزيع البيانات الطبيعي.
 - 6- تقدير درجات الحرارة اليومية المناسبة لفترات الرجوع من 5 إلى 100 سنة بواسطة نموذج غامبل Gumbel (نموذج القيم القصوى - نوع 1) المناسب لتوزيع درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة. ولقد تم تطبيق نموذج (شو) Chow لتقدير درجات الحرارة اليومية باستخدام المعادلة التالية:

$$P(T_i) = T' + K_t S_d(T_i) \quad (\text{Chow, 1951})$$

وفيها يمثل $P(T_i)$ درجة الحرارة لفترة الرجوع و T' و $S_d(T_i)$ المتوسط والانحراف المعياري لدرجات الحرارة للسلسلة الزمنية المدروسة و K_t معامل التكرار لنموذج التقدير وهو يساوي (الجدول 2).

7- تقدير متوسطات درجات الحرارة اليومية المناسبة لفترات الرجوع من 5 إلى 100 سنة بتطبيق نموذج التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal distribution المناسب لتوزيع متوسطات درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة.

الجدول 2 : قيم معامل التكرار النموذجي للتوزيع الاحتمالي الطبيعي والقيم القصوى – نوع 1

معامل التكرار K_T		فترة الرجوع
التوزيع EV 1	التوزيع الطبيعي	
0.7195	0.8415	5 سنوات
1.3046	1.2817	10 سنوات
2.0439	1.7511	25 سنة
2.5923	2.0542	50 سنة
3.1367	2.3268	100 سنة

8- تقدير فترات الرجوع لدرجات الحرارة المتطرفة بتطبيق نموذج غلمبل Gumbel باتباع الخطوات التالية: (Dubreuil, 1974)

$$T = \frac{1}{1 - F(T_i)}$$

وفيها يمثل $F(T_i)$ التكرارية المناسبة لفترات الرجوع وهي تساوي:

$$F(T_i) = e^{-e^{-u}}$$

وفيها يمثل u متغير غوس المخفض Gauss variate وهو يساوي:

$$u = \frac{T_i - T'}{\sigma T_i}$$

وفيها يمثل T_i درجة الحرارة اليومية ($^{\circ}\text{C}$) و T' و σT_i متوسط درجة الحرارة اليومية والانحراف المعياري للسلسلة الزمنية على التوالي.

6. تحليل النتائج والمناقشة

1.6. فحص البيانات ومعالجتها

قبل الشروع في تطبيق الأساليب الإحصائية المستخدمة في التحليل التكراري لدرجات الحرارة القصوى (T_x) والدنيا (T_m) والمتوسطة (T_{aver})، تم فحص حسن مطابقة توزيع البيانات المرصودة خلال الفترة 1990-2022 بالمحطات المناخية المدروسة بواسطة اختبار كولموغوروف-سميرنوف Komogorov-Smirnov المناسبة لحجم العينات الكبيرة التي تفوق قراءتها 31 قيمة ($n > 30$). وهذا الاختبار متاح بأدوات التحليل Analyze لبرنامج الحزمة الإحصائية SPSS.

ولقد أظهرت نتائج هذا الاختبار أن قيمة مستوى الدلالة Sig. لتوزيع درجات الحرارة اليومية (القصى والدنيا والمتوسطة) تساوي 0.000 بجميع المحطات عند درجة الحرية 12053. وتدل قيمة مستوى الدلالة الأقل من القيمة الحرجة 0.05 على أن توزيع بيانات الرصد اليومي لمختلف درجات الحرارة يختلف عن التوزيع الطبيعي بجميع المحطات المدروسة. وعليه فإنه لا يمكننا قبول فرضية العدم التي تعتبر أن توزيع البيانات لا يختلف عن التوزيع الطبيعي (الجدول 3).

الجدول 3: نتائج فحص حسن مطابقة توزيع درجات الحرارة للتوزيع الطبيعي (اختبار كولموغوروف - سمينوف)

المحطات المناخية						مستوى الدلالة Sig. لدرجات الحرارة اليومية
رفحاء	القيصومة	بريدة	حائل	الجوف	عدد القياسات	
12053	12053	12053	12053	12053	درجة الحرية	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	درجة الحرارة (°C)	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	القصى (Tx)	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	الدنيا (Tm)	مستوى الدلالة Sig. للمتوسط اليومي لدرجات الحرارة
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	المتوسطة (Taver)	
33	33	33	33	33	عدد القياسات	
33	33	33	33	33	درجة الحرية	
0.200	0.115	0.018	0.157	0.200	درجة الحرارة (°C)	
0.081	0.074	0.126	0.174	0.151	القصى (Tx)	مستوى الدلالة Sig. للمتوسط اليومي لدرجات الحرارة
0.164	0.200	0.137	0.140	0.200	الدنيا (Tm)	
					المتوسطة (Taver)	
					عدد القياسات	
					درجة الحرية	

وعلى العكس من توزيع درجات الحرارة اليومية، نجد أن قيم مستوى الدلالة للتوزيع السنوي للمتوسطات اليومية لدرجات الحرارة القصوى والدنيا والمتوسطة تفوق القيمة الحرجة 0.005 بجميع المحطات، عدا متوسط درجة الحرارة القصوى بمحطة القصيم. وعليه فإنه لا يمكننا رفض فرضية العدم التي تفيد بعدم اختلاف توزيع البيانات الحرارية عن التوزيع الطبيعي بجميع المحطات باستثناء الحالة المذكورة.

2.6. تحليل تباين التوزيع التكراري لدرجات الحرارة اليومية

لتحليل تباين التوزيع التكراري لدرجات الحرارة تم تصنيف البيانات اليومية لدرجات القصوى والدنيا والمتوسطة على

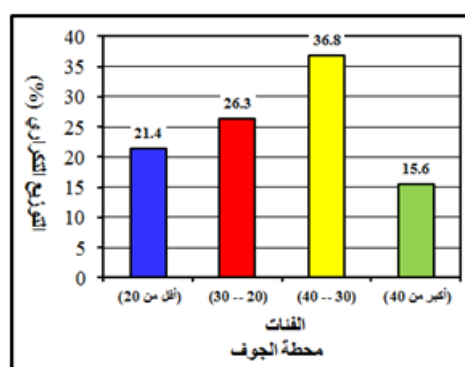
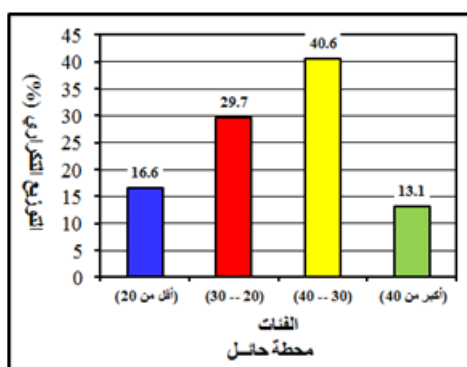
النحو التالي: (الجدول 4)

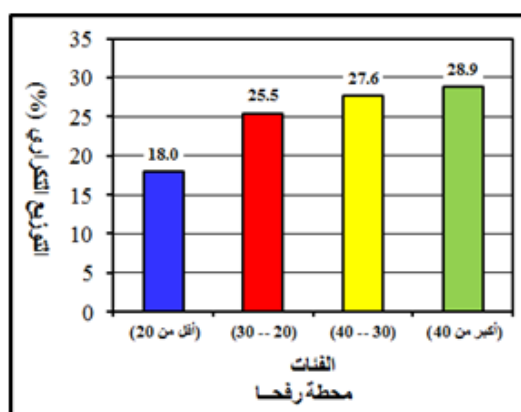
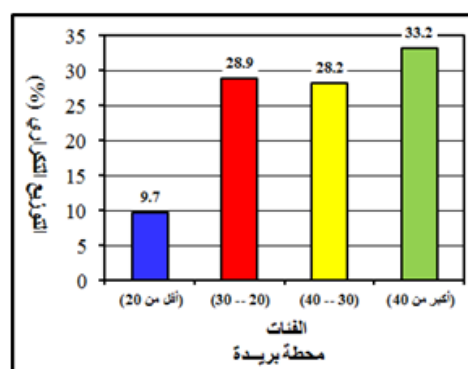
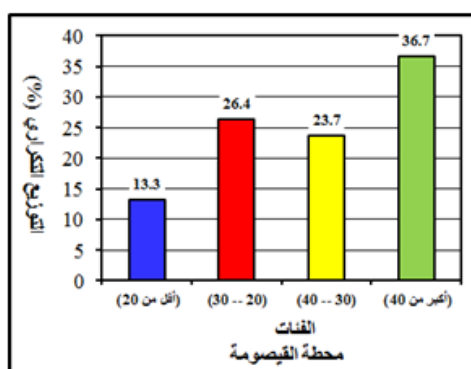
الجدول 4: تصنيف بيانات درجات الحرارة بالمحطات المناخية المدروسة

المجموع	رفحاء	القيصومة	بريدة	حائل	الجوف	الفئة	درجة الحرارة (°C)
9519	2170	1603	1169	2000	2576	أقل من 20	القصوى (Tx)
16489	3074	3182	3483	3580	3170	20 – 30	
18894	3326	2845	3399	4894	4430	30 – 40	
15364	3483	4423	4002	1579	1877	أكبر من 40	

60265	12053	12053	12053	12053	12053	المجموع	
5253	1259	668	565	1475	1286	10 - 5	الدنيا (T _x)
10953	2179	2050	2074	2289	2361	15 - 10	
9535	1790	1944	2040	1975	1786	20 - 15	
9467	1741	1538	2073	2209	1906	25 - 20	
13559	2926	2038	2819	3011	2765	30 - 25	
10235	1986	3149	2275	1019	1806	35 - 30	
1263	172	667	207	74	143	أكبر من 35	
60265	12053	12053	12053	12053	12053	المجموع	
5276	931	509	565	893	1129	10 - 5	المتوسطة (T _x)
9740	1933	1753	2074	1969	2073	15 - 10	
8826	1759	1845	2040	1918	1667	20 - 15	
7465	1348	1349	2073	1575	1490	25 - 20	
9943	1670	1463	2819	1946	2095	30 - 25	
13266	2897	2141	2275	3250	2861	35 - 30	
7562	1515	2993	207	502	738	أكبر من 35	
60265	12053	12053	12053	12053	12053	المجموع	

ويتضح من بيانات الجدول 4 أن درجات الحرارة اليومية القصوى الأكثر تكراراً بالمحطات المدروسة تتراوح بين 30 و 40 م° بمجموع 18894 يوم وتليها درجات الحرارة التي تتراوح بين 20 و 30 م° بمجموع 16489 يوم، أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي 31.4% و 27.4% من إجمالي أيام الرصد اليومي بالمحطات المدروسة. ويتباين التوزيع التكراري لدرجات الحرارة القصوى على مستوى كل محطة، بحيث يشكل تكرار درجات التي تتراوح بين 20 و 30 م° نسبة 36.8% و 40.6% من إجمالي أيام الرصد اليومي بمحطتي الجوف وحائل على التوالي، بينما يشكل تكرار درجات التي تفوق 40 م° نسبة قدرها 33.2% و 36.7% و 28.9% من إجمالي أيام الرصد اليومي بمحطات بريدة والقيصومة ورفحاء على التوالي (الشكل 2).





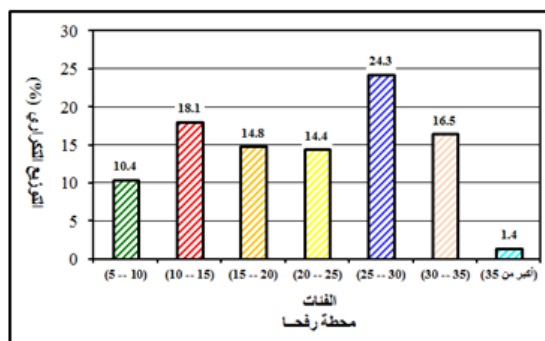
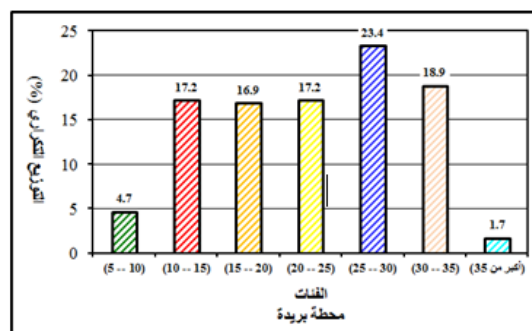
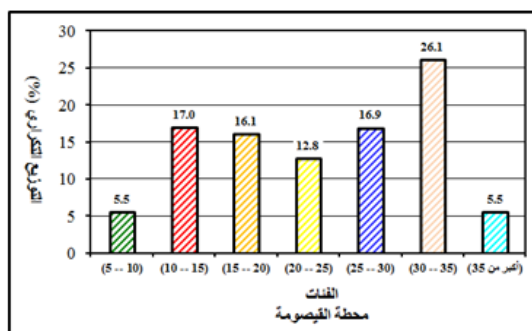
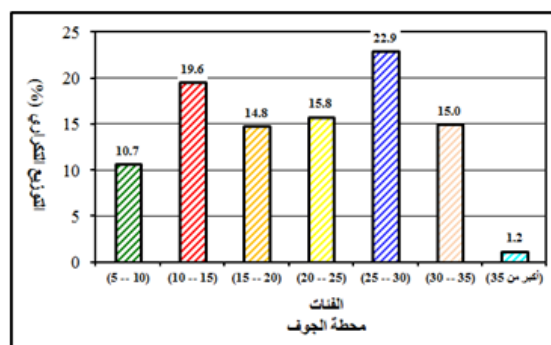
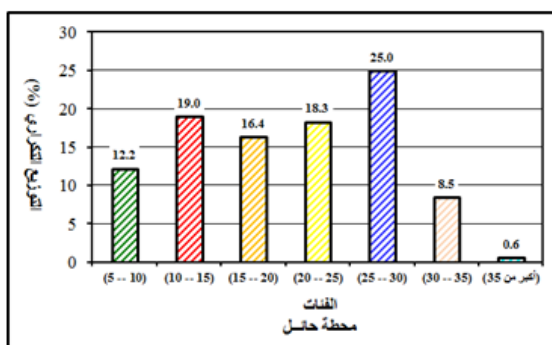
الشكل 2: التوزيع التكراري لدرجة الحرارة القصوى بالمحطات المناخية المدروسة

أما بالنسبة لدرجات الحرارة الدنيا، فنجد أن درجات الحرارة اليومية الدنيا الأكثر تكراراً بالمحطات المدروسة تتراوح بين 25 و 30 م° بمجموع 13559 يوم وتليها درجات الحرارة التي تتراوح بين 10 و 15 م° بمجموع 10953 يوم، أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي 22.5% و 17.7% من إجمالي أيام الرصد اليومي بالمحطات المدروسة. ويتباين التوزيع التكراري لدرجات الحرارة الدنيا على مستوى كل محطة، بحيث يشكل تكرار درجات التي تتراوح بين 30 و 35 م° نسبة 26.1% من إجمالي أيام الرصد اليومي بمحطة القيصومة، بينما يشكل تكرار درجات التي تتراوح بين 25 و 30 م° نسبة قدرها 24.3% و 23.4% و 25.0% و 22.9% من إجمالي أيام الرصد اليومي بمحطات رفحاء وبريدة وحائل والجوف على التوالي (الجدول 5 والشكل 3).

الجدول 5: التوزيع التكراري لدرجات الحرارة اليومية الدنيا بالمحطات المناخية المدروسة خلال الفترة 1990-2022

المجموع	رقحا	القيصومة	بريدة	حائل	الجوف	الفئة (مم)	
5253	1259	668	565	1475	1286	التكرار	10 - 5
8.7	10.4	5.5	4.7	12.2	10.7	%	
10953	2179	2050	2074	2289	2361	التكرار	15 - 10
18.2	18.1	17.0	17.2	19.0	19.6	%	
9535	1790	1944	2040	1975	1786	التكرار	20 - 15
15.8	14.9	16.1	16.9	16.4	14.8	%	

9467	1741	1538	2073	2209	1906	التكرار	25 – 20
15.7	14.4	12.8	17.2	18.3	15.8	%	
13559	2926	2038	2819	3011	2765	التكرار	30 – 25
22.5	24.3	16.9	23.4	25.0	22.9	%	
10235	1986	3149	2275	1019	1806	التكرار	35 – 30
17.0	16.5	26.1	18.9	8.5	15.0	%	
1263	172	667	207	74	143	التكرار	أكبر من 35
2.1	1.4	5.5	1.7	0.6	1.2	%	
60265	12053	12054	12053	12052	12053	التكرار	المجموع
100	100	100	100	100	100	%	

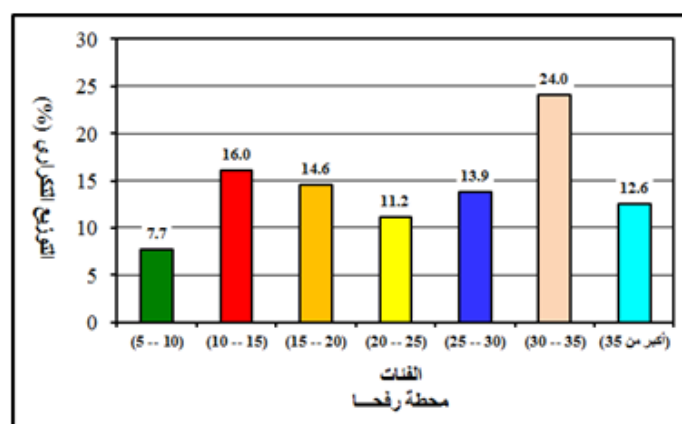
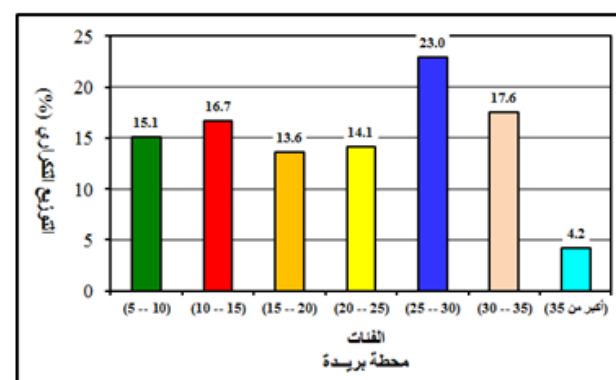
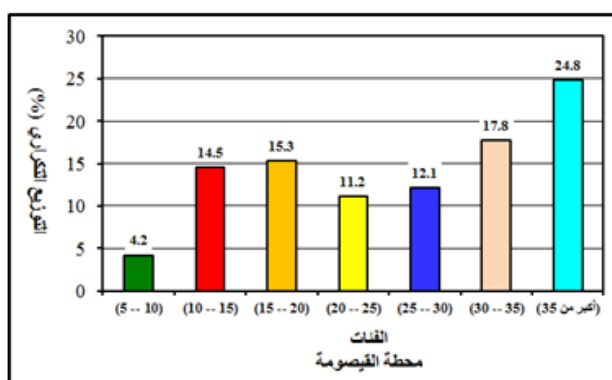
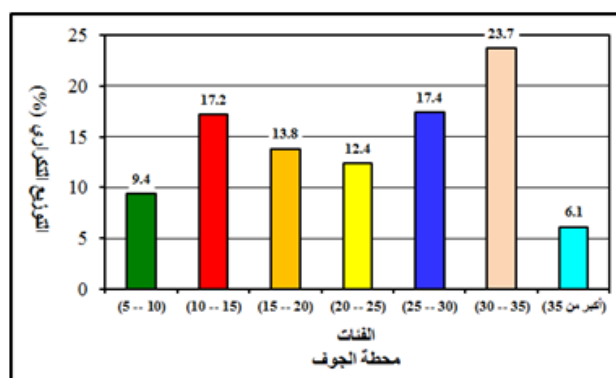
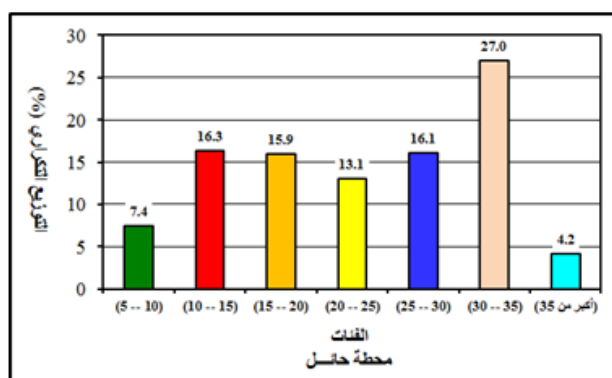


الشكل 3: التوزيع التكراري لدرجة الحرارة الدنيا بالمحطات المناخية المدروسة

أما بالنسبة لدرجات الحرارة المتوسطة، فنجد أن درجات الحرارة اليومية المتوسطة الأكثر تكراراً بالمحطات المدروسة تتراوح بين 30 و 35 م° بمجموع 13424 يوم وتليها درجات الحرارة التي تتراوح بين 25 و 30 م° بمجموع 9993 يوم، أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي 22.3% و 16.6% من إجمالي أيام الرصد اليومي بالمحطات المدروسة. ويتباين التوزيع التكراري لدرجات الحرارة المتوسطة على مستوى كل محطة، بحيث يشكل تكرار درجات التي تتراوح بين 30 و 35 م° نسبة 24.0% و 23.7% و 27.0% من إجمالي أيام الرصد اليومي بمحطات رفحاء والجوف وحائل على التوالي، بينما يشكل تكرار درجات التي تتراوح بين 25 و 30 م° نسبة قدرها 23.4% من إجمالي أيام الرصد اليومي بمحطة بريدة في حين يشكل تكرار درجات التي تتراوح بين 35 و 40 م° نسبة قدرها 24.8% من إجمالي أيام الرصد اليومي بمحطة القيصومة (الجدول 6 والشكل 4).

الجدول 6: التوزيع التكراري لدرجات الحرارة اليومية المتوسطة بالمحطات المناخية المدروسة خلال الفترة 1990-2022

المجموع	رقحا	القيصومة	بريدة	حائل	الجوف	الفئة (م)	
4027	931	509	565	893	1129	التكرار	10 - 5
6.7	7.7	4.2	4.7	7.4	9.4	%	
9802	1933	1753	2074	1969	2073	التكرار	15 - 10
16.3	16.0	14.5	17.2	16.3	17.2	%	
9229	1759	1845	2040	1918	1667	التكرار	20 - 15
15.3	14.6	15.3	16.9	15.9	13.8	%	
7835	1348	1349	2073	1575	1490	التكرار	25 - 20
13.0	11.2	11.2	17.2	13.1	12.4	%	
9993	1670	1463	2819	1946	2095	التكرار	30 - 25
16.6	13.9	12.1	23.4	16.1	17.4	%	
13424	2897	2141	2275	3250	2861	التكرار	35 - 30
22.3	24.0	17.8	18.9	27.0	23.7	%	
5955	1515	2993	207	502	738	التكرار	أكبر من 35
9.9	12.6	24.8	1.7	4.2	6.1	%	
60265	12053	12053	12053	12053	12053	التكرار	المجموع
100	100	100	100	100	100	%	



الشكل 4: التوزيع التكراري لدرجة الحرارة المتوسطة بالمحطات المناخية المدروسة

3.6. فحص الأهمية الإحصائية لتباين التوزيع التكراري لدرجات الحرارة اليومية

للتأكد من الأهمية الإحصائية لتباين توزيع درجات الحرارة بالمحطات المدروسة تم إخضاع توزيع البيانات لاختبارين

إحصائيين هما:

1- اختبار هارتلي Fmax-ratio لفحص تجانس التباين

يتطلب تطبيق هذا الاختبار تقسيم بيانات السلسلة الزمنية (12053 قراءة) إلى فترتين متساويتين، الفترة الأولى بمجموع

6027 قراءة (من 1-1-1990 إلى 2-2-2006) والفترة بمجموع 6026 قراءة الثانية (من 3-7-2006 إلى 31-12-2022).

ويلخص الجدول 7 نتائج هذا الاختبار.

الجدول 7: نتائج اختبار هارتلي لفحص تجانس التباين لدرجات الحرارة المرصودة خلال الفترة 1990-2022 بالمحطات المناخية المدروسة

المحطة	متغيرات الفترة الأولى			متغيرات الفترة الثانية			اختبار هارتلي
	Var ₁	Sd ₁	X' ₁	Var ₂	Sd ₂	X' ₂	F _{max-ratio}
الجوف	93.3	9.7	29.0	91.5	9.6	30.3	1.02
حائل	79.4	8.9	29.6	77.5	8.8	30.6	1.02
بريدة	91.5	9.6	32.9	86.3	9.3	34.0	1.06
القيصومة	109.8	10.5	32.8	106.2	10.3	34.1	1.03
رفحاء	106.5	10.3	31.1	104.2	10.2	32.0	1.02

ويتضح من بيانات الجدول 7 أن قيمة هذا الاختبار تتراوح بين 1.02 و 1.06 وهي أصغر من القيمة الحرجة لنظيرتها F_{max-ratio} الجدولية (1.67) عند درجتى الحرية 2 بالنسبة للفترتين و 12053 بالنسبة لعدد القراءات. وعليه فإن هذه النتيجة تدل على أن تباين توزيع درجات الحرارة (القصى والدنيا والمتوسطة) متجانس بجميع المحطات خلال الفترة 1990-2022.

2- اختبار التباين الأحادي Binomial

يتناسب هذا الاختبار اللامعلمي Non Parametric مع توزيع البيانات الذي يختلف عن التوزيع الطبيعي كما هو الحال بالنسبة لبيانات درجات الحرارة (القصى والدنيا والمتوسطة) بالمحطات المدروسة. وهذا الاختبار متاح بأدوات التحليل لبرنامج SPSS. ويلخص الجدول 8 نتائج هذا الاختبار.

الجدول 8: نتائج الاختبار الأحادي Binomial لتوزيع درجات الحرارة خلال الفترة 1990-2022 بالمحطات المناخية المدروسة

درجة الحرارة القصوى T _x (°C)			درجة الحرارة الدنيا T _m (°C)			درجة الحرارة المتوسطة T _{aver} (°C)			درجات الحرارة
المتوسط X'			المتوسط X'			المتوسط X'			
30.4 °C			17.5 °C			24.0 °C			
Sig.	> X'	≤ X'	Sig.	> X'	≤ X'	Sig.	> X'	≤ X'	المحطة
0.001	6207	5846	0.000	5802	6251	0.743	6008	6045	الجوف
0.000	6517	5536	0.000	6301	5752	0.000	9946	2107	حائل
0.000	6520	5533	0.000	6446	5607	0.000	6375	5678	بريدة
0.000	6524	5529	0.000	6385	5668	0.000	6387	5656	القصومة
0.000	6433	5620	0.000	6421	5632	0.000	6357	5696	رفحاء

ويتضح من بيانات الجدول 8 أن قيم مستوى الدلالة أصغر من القيمة الحرجة 0.05 لتوزيع جميع درجات الحرارة، عدا درجة الحرارة المتوسطة بمحطة الجوف. وتدل هذه النتيجة على أن توزيع درجات الحرارة (القصى والدنيا والمتوسطة) يختلف اختلافاً حقيقياً بالمحطات المدروسة. وتتوافق هذه النتيجة مع نتيجة فحص هارتلي لتحديد تجانس التباين لتوزيع درجات الحرارة خلال الفترة 1990-2022.

3.6. تحليل تباين التوزيع التكراري للمتوسطات اليومية

تباين توزيع درجات الحرارة القصوى والدنيا والمتوسطة من سنة لأخرى بنفس المحطة ومن محطة لأخرى بنفس السنة كما تلخصه بيانات الجدول 9.

الجدول 9: التوزيع السنوي للمتوسطات اليومية لدرجات الحرارة بالمحطات المناخية المدروسة

بريدة			حائل			الجوف			السنة
T _{aver}	T _m	T _x	T _{aver}	T _m	T _x	T _{aver}	T _m	T _x	
24.5	16.7	32.3	22.0	14.2	29.7	22.5	14.4	29.1	1990
24.3	17.0	31.6	21.9	14.5	29.2	21.4	14.5	28.6	1991
23.0	15.5	30.4	20.4	13.3	27.5	20.2	13.4	27.2	1992
24.1	16.5	31.7	21.6	14.4	28.9	21.3	14.4	28.6	1993
24.5	17.0	32.1	21.5	14.3	28.8	21.6	14.9	28.6	1994
24.6	17.0	32.1	21.9	14.6	29.2	21.7	14.7	28.8	1995
25.5	17.6	33.3	22.5	15.1	29.8	22.5	15.3	30.0	1996
24.4	16.8	32.0	21.4	14.1	28.6	21.2	14.2	28.3	1997
25.8	17.4	34.1	22.8	15.0	30.5	23.0	15.9	30.4	1998
25.9	17.7	34.1	23.0	15.4	30.6	22.7	15.6	30.0	1999
25.5	17.5	33.5	22.5	15.0	30.0	22.1	15.3	28.9	2000
26.0	17.5	34.5	22.9	15.3	30.6	22.5	15.2	29.8	2001
25.5	17.2	33.8	22.6	14.9	30.3	22.1	15.0	29.1	2002
25.6	17.0	34.2	22.9	15.2	30.6	22.3	15.1	29.4	2003
25.3	16.8	33.8	22.6	14.7	30.4	22.2	15.1	29.1	2004
25.4	17.4	33.4	22.5	14.9	30.1	22.1	15.2	28.9	2005
25.6	17.8	33.4	22.6	15.1	30.1	22.7	15.8	29.5	2006
25.9	17.7	34.1	22.6	14.7	30.5	23.0	15.9	30.0	2007
25.3	17.3	33.4	22.3	14.7	29.9	23.2	16.4	29.9	2008
26.0	17.8	34.1	22.7	15.0	30.4	23.2	16.3	29.8	2009
26.8	18.4	35.1	24.0	16.2	31.8	25.2	17.9	32.2	2010
25.9	18.2	33.6	22.4	14.8	29.9	22.8	15.9	29.7	2011
26.6	18.7	34.5	22.9	15.1	30.8	23.8	17.3	30.1	2012
26.2	18.4	34.0	22.6	15.2	30.1	23.1	16.7	29.5	2013

26.8	19.3	34.4	23.0	15.6	30.4	23.6	17.1	30.2	2014
27.2	19.8	34.5	23.5	16.2	30.7	23.9	17.3	30.4	2015
26.8	19.1	34.4	23.0	15.2	30.9	24.0	17.3	30.7	2016
27.1	19.2	35.0	23.7	16.1	31.2	22.4	18.2	27.3	2017
26.7	19.2	34.1	23.7	16.8	30.5	24.3	18.1	30.7	2018
25.8	18.0	33.6	23.3	16.4	30.2	23.8	17.4	30.3	2019
25.6	18.5	32.7	23.0	16.0	30.0	24.0	17.2	30.6	2020
26.7	19.6	33.8	24.3	17.2	31.3	24.6	17.8	31.4	2021
26.3	19.5	33.1	23.7	16.9	30.5	24.0	17.5	30.4	2022

الجدول 9: التوزيع السنوي للمتوسطات اليومية لدرجات الحرارة بالمحطات المناخية المدروسة

المجموع			رفحاء			القيصومة			السنة
T _{aver}	T _m	T _x	T _{aver}	T _m	T _x	T _{aver}	T _m	T _x	
23.8	23.1	24.1	23.6	15.7	31.5	25.4	18.0	32.8	1990
23.5	22.8	23.8	23.2	15.7	30.8	25.3	18.2	32.4	1991
22.0	21.4	22.4	21.5	13.8	29.3	23.7	16.8	30.7	1992
23.2	22.5	23.6	22.9	15.0	30.8	24.7	17.9	31.6	1993
23.4	22.8	23.8	23.1	15.3	30.9	25.0	18.0	32.0	1994
23.4	22.8	23.8	23.0	15.3	30.6	24.9	17.5	32.2	1995
24.3	23.7	24.7	24.0	16.4	31.7	26.0	18.6	33.4	1996
23.1	22.5	23.5	22.8	15.4	30.1	24.7	17.4	32.0	1997
24.7	24.0	25.1	24.3	16.4	32.3	26.3	18.5	34.1	1998
24.7	24.0	25.1	24.2	16.4	32.1	26.3	18.6	33.9	1999
24.2	23.5	24.5	23.7	16.1	31.3	25.7	18.3	33.1	2000
24.5	23.9	25.0	23.7	15.3	32.1	26.1	18.2	33.9	2001
24.1	23.5	24.6	22.9	14.5	31.3	26.0	18.4	33.5	2002
24.4	23.7	24.8	23.4	15.5	31.4	26.2	18.9	33.5	2003
24.2	23.5	24.5	23.6	15.7	31.5	25.8	18.4	33.3	2004
24.2	23.5	24.5	23.7	16.3	31.2	25.7	18.4	32.9	2005
24.4	23.7	24.8	23.9	16.4	31.4	25.9	18.5	33.3	2006

24.5	23.9	25.0	24.0	16.3	31.7	26.1	18.6	33.6	2007
24.3	23.7	24.7	23.8	16.5	31.0	26.0	18.4	33.7	2008
24.5	23.9	24.9	23.9	16.8	31.1	26.0	18.2	33.7	2009
25.9	25.3	26.4	25.7	18.2	33.2	27.4	19.5	35.3	2010
24.2	23.6	24.6	23.5	16.0	30.9	25.5	17.8	33.2	2011
25.0	24.4	25.4	24.3	17.1	31.6	26.4	18.8	33.9	2012
24.4	23.9	24.9	23.5	16.5	30.6	25.8	18.2	33.5	2013
25.0	24.5	25.5	24.3	17.2	31.3	26.5	18.9	34.1	2014
25.4	24.8	25.8	24.6	17.4	31.8	26.7	19.2	34.3	2015
25.1	24.6	25.6	24.6	17.4	31.7	26.6	19.1	34.1	2016
25.5	25.0	25.7	25.0	17.8	32.3	27.1	19.4	34.8	2017
25.7	25.1	26.0	25.7	18.9	32.6	27.2	20.2	34.3	2018
25.5	24.8	25.6	26.6	19.5	33.7	26.8	19.6	33.9	2019
25.2	24.5	25.5	25.9	18.4	33.4	26.7	19.3	34.2	2020
25.9	25.3	26.3	25.6	18.2	33.0	27.5	20.1	34.9	2021
25.4	24.8	25.8	24.9	17.9	32.0	27.0	20.5	33.6	2022

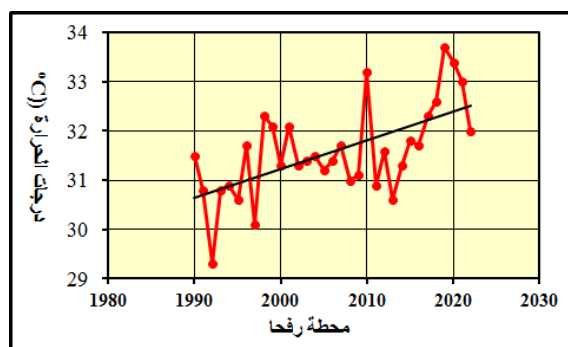
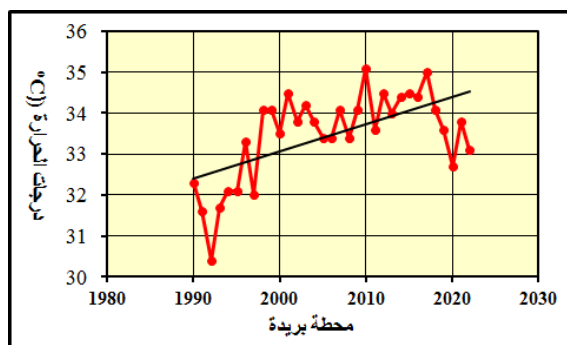
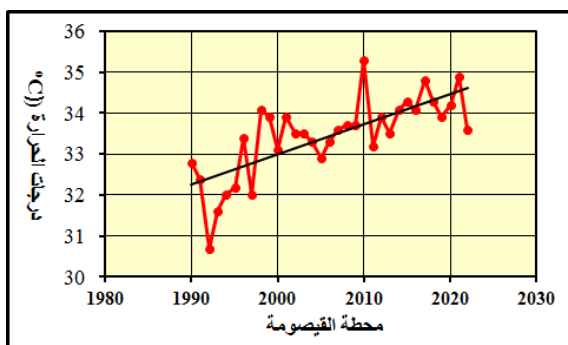
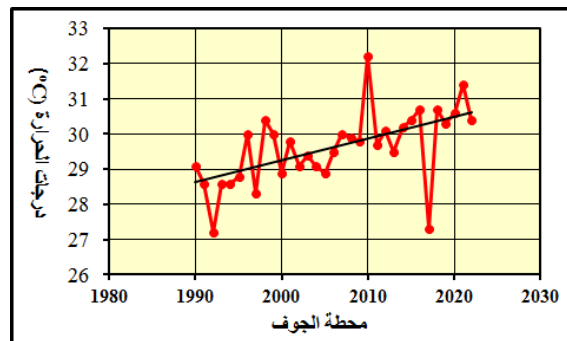
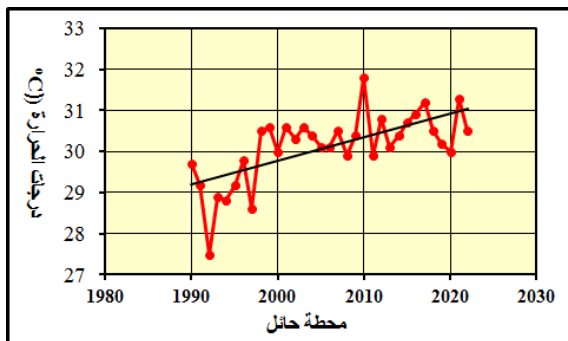
وتظهر نتائج اختبار كولموغوروف - سميرونوف لفحص حسن مطابقة توزيع المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة مع التوزيع الطبيعي ما يلي: (الجدول 10).

1- هناك تبانيات واضحة في شكل توزيع درجات الحرارة القصوى من محطة لأخرى، بحيث تفوق قيم مستوى الدلالة لهذا الاختبار القيمة الحرجة 0.05 بمحطتي الجوف ورفحاء، وهي تدل على أن توزيع المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة القصوى لا يختلف عن التوزيع الطبيعي بالمحطتين. وعلى العكس من ذلك جاءت قيم مستوى الدلالة أصغر من القيمة الحرجة 0.05 بباقي المحطات القيصومة والجوف وحائل دالة على أن توزيع المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة القصوى يختلف عن التوزيع الطبيعي بهذه المحطات (الشكل 5).

الجدول 10: نتائج اختبار حسن مطابقة توزيع البيانات للتوزيع الطبيعي (اختبار كولموغوروف-سميرونوف)

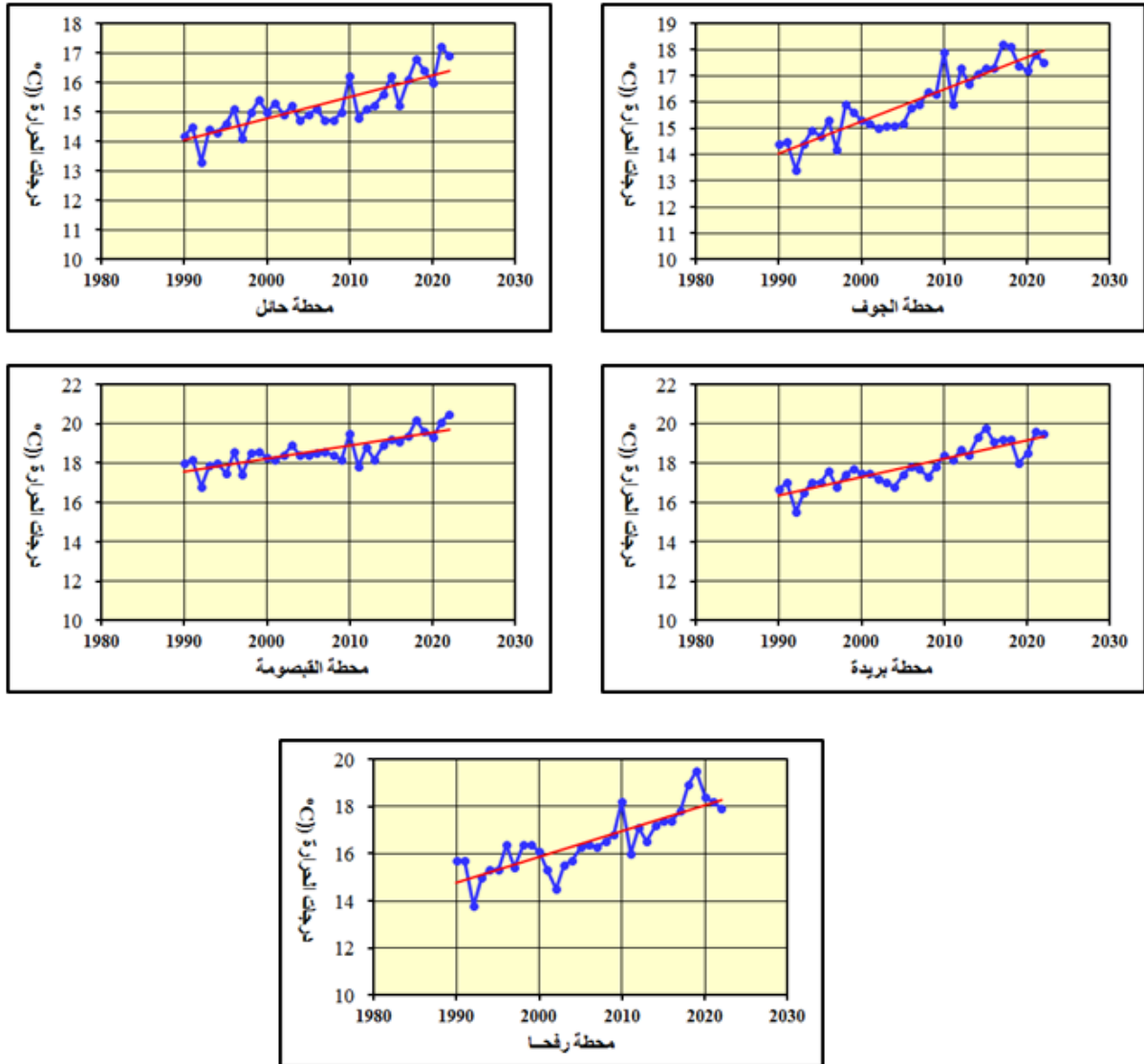
الحرارة القصوى (Tx)			الحرارة الدنيا (Tm)			الحرارة المتوسطة (Taver)			المحطة
df	Sig.	Stat	df	Sig.	Stat	df	Sig.	Stat	
33	0.200	0.091	33	0.151	0.132	33	0.200	0.087	الجوف
33	0.045	0.154	33	0.013	0.174	33	0.097	0.140	حائل
33	0.018	0.169	33	0.200	0.126	33	0.118	0.137	بريدة
33	0.115	0.138	33	0.074	0.145	33	0.200	0.105	القيصومة

33	0.164	0.131	33	0.081	0.144	33	0.200	0.116	رفحاء
33	0.127	0.136	33	0.036	0.158	33	0.037	0.157	المجموع



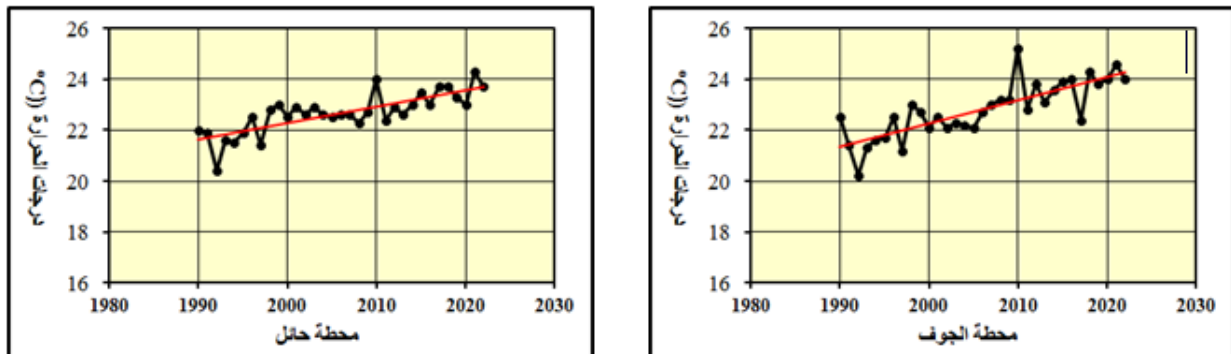
الشكل 5: التوزيع السنوي للمتوسطات اليومية لدرجات الحرارة القصوى خلال الفترة 1990-2022 بالمحطات المناخية المدروسة

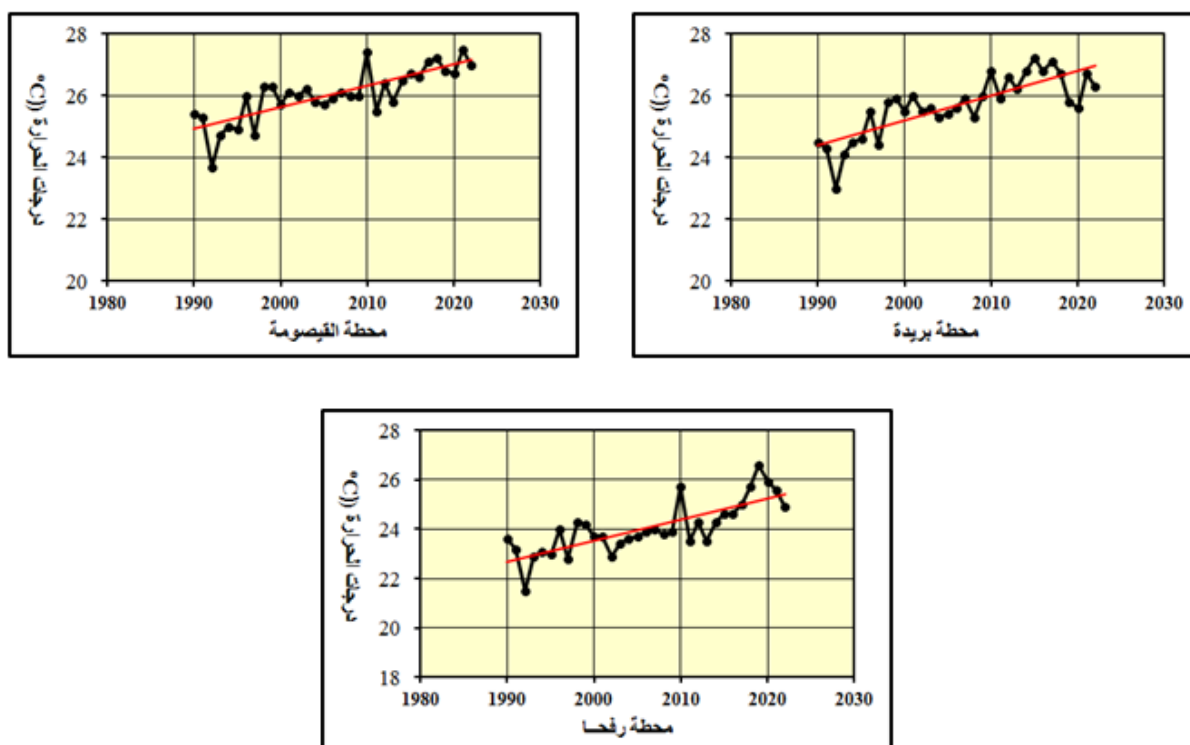
2- هناك تباينات واضحة في شكل توزيع درجات الحرارة الدنيا من محطة لأخرى، بحيث تفوق قيم مستوى الدلالة لهذا الاختبار القيمة الحرجة 0.05 بجميع المحطات، عدا محطة حائل، وهي تدل على أن توزيع المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة الدنيا لا يختلف عن التوزيع الطبيعي بهذه المحطات. وعلى العكس من ذلك جاءت قيمة مستوى أصغر من القيمة الحرجة 0.05 بمحطة حائل دالة على أن توزيع المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة الدنيا يختلف عن التوزيع الطبيعي بهذه المحطة (الشكل 6).



الشكل 6: التوزيع السنوي للمتوسطات اليومية لدرجات الحرارة الدنيا خلال الفترة 1990-2022 بالمحطات المناخية المدروسة

3- هناك تجانس واضح في شكل توزيع درجات الحرارة المتوسطة، بحيث تفوق قيم مستوى الدلالة لهذا الاختبار القيمة الحرجة 0.05 بجميع المحطات، وجاءت تتراوح بين 0.097 ومحطة حائل و0.200 بمحطتي الجوف والقيصومة. وتدل هذه القيم على أن التوزيع السنوي لدرجات الحرارة المتوسطة لا يختلف عن التوزيع الطبيعي بجميع المحطات (الشكل 7).





الشكل 7: التوزيع السنوي لدرجات الحرارة المتوسطة خلال الفترة 1990-2022 بالمحطات المناخية المدروسة

5.6. تحليل الأهمية الإحصائية لتباين التوزيع التكراري للمتوسطات اليومية

لتحليل الأهمية الإحصائية للفروق بين درجات الحرارة ومتوسطاتها بكل محطة، لم تطبيق اختبار T-student كما تلخصه بيانات الجدول 11. ويتضح من بيانات هذا الجدول ما يلي:

1- بفوق عدد القيم التي تتجاوز متوسط درجة الحرارة القصوى نظيره لعدد القيم التي تقل عن المتوسط بجميع المحطات، عدا محطة رفحاء. ويتسم اختبار T-student بقيم تتراوح بين 162.1 بمحطة الجوف و204.8 بمحطة حائل عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 32 بجميع المحطات. وعليه فإن درجات الحرارة القصوى تختلف عن متوسطاتها بجميع المحطات وأن الفرق بينها وبين المتوسط في كل محطة هو فرق حقيقي وذو دلالة إحصائية.

2- يقل عدد القيم التي تتجاوز متوسط درجة الحرارة الدنيا نظيره لعدد القيم التي تقل عن المتوسط بجميع المحطات. ويتسم اختبار T-student بقيم تتراوح بين 70.7 بمحطة الجوف و132.6 بمحطة القيصومة عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 32 بجميع المحطات.

الجدول 11: نتائج اختبار T ستودنت لفحص الأهمية الإحصائية للفرق بين درجات الحرارة ومتوسطاتها للفترة 1990-2022

درجة الحرارة (°C)	المحطة	$\leq X'$	$> X'$	X'	T-test	Sig.
القصوى	الجوف	29.6	15	18	162.1	0.000
	حائل	30.1	15	18	204.8	0.000
	بريدة	33.5	14	19	178.4	0.000

0.000	197.1	20	13	33.4	القيصومة	الدنيا
0.000	194.6	14	19	31.6	رفحاء	
0.000	70.7	14	19	16.0	الجوف	
0.000	101.1	11	22	15.2	حائل	
0.000	99.4	13	20	17.9	بريدة	
0.000	132.6	12	21	18.6	القيصومة	المتوسطة
0.000	73.9	12	21	16.5	رفحاء	
0.000	119.3	15	18	22.8	الجوف	
0.000	162.6	15	18	22.7	حائل	
0.000	153.1	17	16	25.7	بريدة	
0.000	177.5	16	17	26.0	القيصومة	المتوسطة
0.000	131.0	13	20	24.0	رفحاء	

وعليه فإن درجات الحرارة الدنيا تختلف عن متوسطاتها بجميع المحطات وأن الفرق بينها وبين المتوسط في كل محطة هو فرق حقيقي وذو دلالة إحصائية.

3- يقل عدد القيم التي تتجاوز متوسط درجة الحرارة المتوسطة نظيره لعدد القيم التي تقل عن المتوسط بجميع المحطات. ويتسم اختبار T-student بقيم تتراوح بين 119.3 بمحطة الجوف و177.5 بمحطة القيصومة عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 32 بجميع المحطات. وعليه فإن درجات الحرارة الدنيا تختلف عن متوسطاتها بجميع المحطات وأن الفرق بينها وبين المتوسط في كل محطة هو فرق حقيقي وذو دلالة إحصائية.

7. تقدير درجات الحرارة لفترات الرجوع

تم تقدير المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة القصوى والدنيا والمتوسطة المناسبة لفترات الرجوع الممتدة من 5 إلى 100 سنة. ويلخص الجدول 12 تقديرات المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة القصوى.

الجدول 12: تقدير متوسطات درجات الحرارة اليومية القصوى المناسبة

لفترات الرجوع بالمحطات المناخية المدروسة

معامل التكرار K_T					نموذج التقدير	Sd	X'	المحطة
100 سنة	50 سنة	25 سنة	10 سنوات	5 سنوات				
3.137	2.592	2.044	1.305	0.719				
59.7	54.5	49.2	42.1	36.5	$PT_x=29.7+(9.6K_T)$	9.6	29.7	الجوف
58.0	53.2	48.3	41.7	36.5	$PT_x=30.1+(8.9K_T)$	8.9	30.1	حائل

63.0	57.9	52.7	45.8	40.3	$PT_x=33.5+(9.4K_T)$	9.4	33.5	بريدة
66.0	60.4	54.7	47.0	40.9	$PT_x=33.4+(10.4K_T)$	10.4	33.4	القيصومة
63.9	58.3	52.7	45.0	39.0	$PT_x=31.6+(10.3K_T)$	10.3	31.6	رفحاء

ويتضح من بيانات الجدول 12 أن المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة القصوى قد تتجاوز 36 م° خلال 5 سنوات و 42 م° خلال 10 سنوات قادمة. كما يتوقع أن تتجاوز المتوسطات اليومية لدرجة الحرارة القصوى 48 م° خلال فترة الرجوع من 25 إلى 100 سنة مع حدوث تطرف واضح في ارتفاع درجات الحرارة بعد 25 سنة. وتجدر الإشارة إلى أن سجل الرصد اليومي لدرجات الحرارة اليومية القصوى يحتوي على قيم مماثلة بما يعادل 47.7 م° سجلات خلال يوم 28 يوليو 2020 بمحطة الجوف و 46.0 م° سجلات خلال يوم 21 أغسطس 2009 بمحطة حائل و 49.0 م° سجلات خلال يوم 10 أغسطس 2001 بمحطة بريدة و 51.0 م° سجلات خلال يوم 19 أغسطس 1998 بمحطة القيصومة و 51.1 م° سجلات خلال يوم 30 يوليو 2020 بمحطة رفحاء.

كما يتضح من بيانات الجدول 13 أن المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة الدنيا قد تتجاوز 21 م° خلال 5 سنوات و 25 م° خلال 10 سنوات و 31 م° خلال 25 سنة قادمة. وخلال فترة الرجوع من 50 إلى 100 سنة قد تفوق المتوسطات اليومية لدرجة الحرارة الدنيا 35 م°. وتجدر الإشارة إلى أن درجات الحرارة الدنيا تجاوزت هذه المتوسطات بما يعادل 35.3 م° خلال يوم 3 يوليو 2022 بمحطة الجوف و 33.4 م° خلال يوم 7 أغسطس 2022 بمحطة حائل و 35.0 م° خلال يوم 17 يوليو 2012 بمحطة بريدة و 36.4 م° خلال يوم 5 أغسطس 2022 بمحطة القيصومة و 35.9 م° خلال يوم 25 يوليو 2020 بمحطة رفحاء.

الجدول 13: تقدير متوسطات درجات الحرارة اليومية الدنيا المناسبة

لفترات الرجوع بالمحطات المناخية المدروسة

معامل التكرار K_T					نموذج التقدير	Sd	X'	المحطة
100 سنة	50 سنة	25 سنة	10 سنوات	5 سنوات				
3.137	2.592	2.044	1.305	0.719				
42.0	37.5	33.0	26.8	22.0	$PT_x=16.0+(8.3K_T)$	8.3	16.0	الجوف
40.3	35.9	31.6	25.6	21.0	$PT_x=15.2+(8.0K_T)$	8.0	15.2	حائل
42.3	38.0	33.7	28.0	23.4	$PT_x=17.8+(7.8K_T)$	7.8	17.8	بريدة
46.1	41.4	36.6	30.2	25.1	$PT_x=18.0+(8.7K_T)$	8.7	18.8	القيصومة
42.8	38.3	33.7	27.5	22.5	$PT_x=16.5+(8.4K_T)$	8.4	16.5	رفحاء

بالإضافة إلى ما تم ذكره، فإن بيانات الجدول 14 تشير إلى أن المتوسط اليومي لدرجات الحرارة قد يتجاوز 29 م° خلال 5 سنوات وتتجاوز 34 م° خلال 10 سنوات و 41 م° خلال 25 سنة قادمة. وتجدر الإشارة إلى أن درجات الحرارة المتوسطة بلغت 41.6 م° خلال يوم 30 يوليو 2020 بمحطة الجوف و 39.1 م° خلال يوم 31 يوليو 2020 بمحطة حائل و 41.3 م° خلال

يوم 9 سبتمبر 2008 بمحطة بريدة و 42.9م° خلال يوم 31 يوليو 2020 بمحطة القيصومة و 44.0م° خلال يوم 30 يوليو 2020 بمحطة رفحاء. وخلال فترة الرجوع من 50 إلى 100 سنة قد تفوق المتوسطات اليومية لدرجة الحرارة 45 م°.

الجدول 14: تقدير متوسطات درجات الحرارة اليومية المتوسطة المناسبة

لفترات الرجوع بالمحطات المناخية المدروسة

معامل التكرار K_T					نموذج التقدير	Sd	X'	المحطة
100 سنة	50 سنة	25 سنة	10 سنوات	5 سنوات				
3.137	2.592	2.044	1.305	0.719				
51.4	46.5	41.5	34.8	29.4	$PT_x=22.9+(9.1K_T)$	9.1	22.9	الجوف
50.5	45.8	41.0	34.6	29.5	$PT_x=23.2+(8.7K_T)$	8.7	23.2	حائل
53.1	48.4	43.6	37.2	32.1	$PT_x=25.8+(8.7K_T)$	8.7	25.8	بريدة
56.4	51.1	45.8	38.7	33.0	$PT_x=26.0+(9.7K_T)$	9.7	26.0	القيصومة
53.9	48.7	43.5	36.5	30.9	$PT_x=24.1+(9.5K_T)$	9.5	24.1	رفحاء

8. تقدير فترات الرجوع لدرجات الحرارة المتطرفة

تم تقدير فترات الرجوع لدرجات الحرارة اليومية القصوى بتطبيق نموذج غامبل Gumbel.

الجدول 15: تقدير فترات الرجوع لأعلى درجات الحرارة اليومية القصوى

المرصودة خلال الفترة 2022-1990

فترة الرجوع (سنة)	$F(T_i)$	u	σT_i (°C)	T' (°C)	تاريخ الرصد	T_i (°C)	المحطة	درجة الحرارة (°C)
7	0.858	1.875	9.6	29.7	2020-7-28	47.7	الجوف	القصوى
6	0.846	1.787	8.9	30.1	2009-8-21	46.0	حائل	
6	0.825	1.649	9.4	33.5	2001-8-10	49.0	بريدة	
6	0.832	1.692	10.4	33.4	1998-8-19	51.0	القيصومة	
7	0.860	1.893	10.3	31.6	2020-7-30	51.1	رفحاء	
11	0.907	2.325	8.3	16.0	2022-7-3	35.3	الجوف	الدنيا
10	0.902	2.275	8.0	15.2	2022-8-7	33.4	حائل	
10	0.896	2.205	7.8	17.8	2012-7-17	35.0	بريدة	
8	0.876	2.023	8.7	18.8	2022-8-5	36.4	القيصومة	

11	0.905	2.310	8.4	16.5	2020-7-25	35.9	رفحاء	المتوسطة
5	0.785	1.419	9.1	22.9	2020-7-30	41.6	الجوف	
4	0.764	1.310	8.7	23.2	2020-7-31	39.1	حائل	
4	0.754	1.264	8.7	25.8	2008-9-9	41.3	بريدة	
4	0.757	1.277	9.7	26.0	2020-7-31	42.9	القيصومة	
5	0.787	1.432	9.5	24.1	2020-7-30	44.0	رفحاء	

ويتبين من الجدول 15 أن فترات الرجوع لأعلى درجات الحرارة اليومية القصوى تتراوح بين 6 و 7 سنوات خلال الفترة المدروسة (33 سنة)، أي أنه بالإمكان أن يتكرر حدوث درجات حرارة مماثلة مرة واحدة خلال كل 10 سنوات و 3 مرات خلال كل 25 سنة و 7 مرات خلال كل 50 سنة. وتتوافق هذه التقديرات مع تقديرات درجات الحرارة اليومية القصوى المحسوبة بنموذج (شو) لنموذج التوزيع الاحتمالي الطبيعي (الجدول 12).

ويتضح كذلك من بيانات الجدول 15 أن فترات الرجوع لأعلى درجات الحرارة اليومية الدنيا تتراوح بين 8 و 11 سنة خلال الفترة المدروسة (33 سنة)، أي أنه بالإمكان أن يتكرر حدوث درجات حرارة مماثلة مرة واحدة خلال كل 10 سنوات و 3 مرات خلال كل 25 سنة و 5 مرات خلال كل 50 سنة. وتتوافق هذه التقديرات مع تقديرات درجات الحرارة اليومية الدنيا المحسوبة بنموذج (شو) لنموذج التوزيع الاحتمالي الطبيعي والمناسبة لفترات الرجوع من 25 إلى 50 سنة (الجدول 13).

أما بالنسبة لفترات الرجوع لدرجات الحرارة اليومية المتوسطة فإن فترات الرجوع تتراوح بين 4 و 5 سنوات خلال الفترة المدروسة (33 سنة)، أي أنه بالإمكان أن يتكرر حدوث درجات حرارة مماثلة مرة واحدة خلال كل 5 سنوات ومرتين خلال كل 10 سنوات و 5 مرات خلال كل 25 سنة و 10 مرات خلال كل 50 سنة. وبمقارنة هذه التقديرات مع تقديرات درجات الحرارة اليومية المتوسطة المحسوبة بنموذج (شو) لنموذج التوزيع الاحتمالي الطبيعي نجد أن درجات الحرارة المماثلة تنسم بفترات رجوع تعادل 25 سنة فأكثر. ويبدو أن هناك توافق بين فترات الرجوع لدرجات الحرارة المتوسطة الفعلية والتقديرية (الجدول 14).

9. الخلاصة

توصلت هذه الدراسة إلى جملة من النتائج تتلخص فيما يلي:

- 1- أظهر فحص البيانات ومعالجتها أن درجات الحرارة القصوى الأكثر تكراراً تتراوح بين 30 و 40 م° وأن درجات الحرارة الدنيا الأكثر تكراراً تتراوح بين 25 و 34 م° وأن درجات الحرارة المتوسطة الأكثر تكراراً تتراوح بين 30 و 35 م°.
- 2- تبين من فحص هارتلي أن تباين درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة متجانساً بجميع المحطات عند درجتي الحرية $k=2$ و $n=12053$.
- 3- أكد الاختبار الأحادي Binomial أن توزيع درجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة يختلف اختلافاً حقيقياً عن المتوسطات.
- 4- أكد الاختبار T-student أن التوزيع السنوي لدرجات الحرارة اليومية القصوى والدنيا والمتوسطة لا يختلف عن التوزيع الطبيعي لجميع المحطات.

5- تبين أن درجات الحرارة القصوى المناسبة لفترة الرجوع 5 سنوات تتراوح بين 36.5 (محطتي الجوف وحائل) و40.9 م° (القيصونة) ولفترة الرجوع 10 سنوات تتراوح بين 41.7 م° (محطة حائل) و47.0 م° (القيصونة)، بينما تفوق 48 م° خلال فترات الرجوع الممتدة من 25 إلى 100 سنة. وتتسم محطة حائل ومحطة القيصومة بأصغر وبأعلى درجات الحرارة الدنيا والمتوسطة على التوالي خلال مختلف فترات الرجوع.

6- تتسم درجات الحرارة القصوى المتطرفة بفترات رجوع تتراوح بين 6 و7 سنوات ودرجات الحرارة الدنيا بفترات رجوع تتراوح بين 8 و11 سنة ودرجات الحرارة المتوسطة بفترات رجوع تتراوح بين 4 و5 سنوات.

8. المراجع

1.8. المراجع العربية

- أبو الليل، محمد جبر (2012): التحليل الجغرافي لدرجات الحرارة في الضفة الغربية: دراسة تطبيقية باستخدام GIS، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.
- البدر، علي ضعيف (2017): التغير المناخي وأثره في درجتي الحرارة وقارية المناخ في العراق، مجلة آداب ذي قار، المجلد (22): 161-189، جامعة ذي قار، العراق.
- بلال، عادل علي؛ بدر، هدى هاشم (2012): التغير المناخي والموارد المائية في محافظة نينوى، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد (28)، العدد 1: 53-65، سوريا.
- توفيق، أماني مصطفى (2010): تفويم أهم أخطار التغير المناخي المحتملة في مصر، المؤتمر السنوي الخامس عشر: إدارة أزمات المياه والموارد المائية (السيناريوهات المحتملة والاستراتيجيات المتوازنة البناءة)، المجلد (2): 556-597، مصر.
- الحسبان، يسري عبد الكريم (2012): تغير المتوسط السنوي لدرجة الحرارة الصغرى في المملكة العربية السعودية: محطات مختارة خلال الفترة 1983-2011، مجلة الآداب، المجلد (25)، العدد 3، جامعة الملك سعود.
- الرواشدة، شذا حسين (2016): أثر التغير المناخي على المنخفضات الجوية في شمال الأردن للفترة 1980-2013، مجلة العلوم والدراسات الانسانية، المجلد (17): 10-20، جامعة بنغازي، ليبيا.
- الرواندي، عمر حسين (2012): دراسة التغير المناخي لمدينة أربيل من خلال متابعة اتجاهات درجة الحرارة، بحث مقدم إلى منظمة الأورو عربية لأبحاث البيئة والمياه والصحراء، مؤتمر أنطاليا، 14-18/10/2012، الجمهورية التركية.
- زيتون، محمد عبد الكريم (2013): تقييم أثر التغير المناخي على حالات الجفاف في شمال الأردن باستخدام الاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية.
- زيتون، محمد؛ الصباحة، نوح: المقبل، علي (2019): تقييم الظروف السينوبتيكية المرافقة لموجة الحر التي أثرت على الأردن خلال الفترة 30 حزيران-6 تموز 2017، مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات الانسانية، المجلد (27)، العدد 02: 213-239.
- الزغول، ميسون بركات حسين (2011): أثر التغير المناخي على درجة الحرارة الصغرى وحدوث الصقيع في محافظة إربد خلال الفترة (1970-2010)، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية.

- سقا الله، شهد حسني (2017): أثر التغير المناخي المحتمل على معدل الأمطار السنوية في جنوب الأردن خلال الفترة 1983-2013، مجلة مؤتة للبحوث والدراسات (العلوم الإنسانية والاجتماعية)، المجلد (32)، العدد 2: 123-160، الأردن.
- الصالح، رجاء؛ أبوزخم، عبد الله؛ الشهاوي، محمد؛ عيد، إبراهيم (2005): تحليل التغيرات الفصلية والسنوية لدرجة حرارة الهواء السطحية في سورية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (21)، العدد 1: 401-424، سوريا.
- الطراونة، فاطمة عبده مفلح (2011): أثر التغير المناخي على موجات الحر التي يتعرض لها الأردن خلال فصل الصيف، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية.
- عبد الرحمن، ميسرة عدنان؛ وهاب، باسم إبراهيم (2015): خصائص الموجات الحرارية المؤثرة في مناخ العراق، مجلة كلية التربية للبنات، المجلد (36)، العدد 3: 765-774، العراق.
- عزوز، أياد شذر؛ صالح، بشرى أحمد (2018): الموجات الحارة الرطبة في محطة البصرة، مجلة الأدب، المجلد (1): 335-354، العراق.
- الفضلي، سعود عبد العزيز؛ الحسان، أحمد جاسم (2011): الاتجاهات العامة لتكرار موجات الحر في محافظة البصرة، مجلة آداب البصرة، العدد 57: 247-280، العراق.
- محمد، سعد جاسم؛ الشطاوي، دنيا حمزة (2016): التغير المناخي وأثره على تغير درجات الحرارة في العراق، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، المجلد (54): 193-216، العراق.
- الموسوي، علي صاحب (2016): خصائص موجات الحر وتأثيراتها البيئية في العراق، مجلة مركز دراسات الكوفة، المجلد (41): 199-232، العراق.
- ناصر، شوقي شحده (2017): موجات الحر في أوباري خلال العشرية الأولى من القرن الحادي والعشرين، المؤتمر العلمي الأول للبيئة وتنمية المجتمعات الصحراوية، الكفرة.

2.8. المراجع الأجنبية

- Abdou, A.E.A. (2012): **Recent trends in surface air temperature over Al-Taif, Saudi Arabia**, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Vol. (3), Issue 9: 1324-1343.
- Abdou, A.E.A. (2014): **Temperature trend on Mekkah, Saudi Arabia**, *Atmospheric and Climate Sciences*, 4, pp. 457-481, <http://www.scirp.org/journal>.
- Al Ghamdi, A.S. and Moore, T.W. (2014): **Analysis and Comparison of Trends in Extreme Temperature Indices in Riyadh City, Kingdom of Saudi Arabia, 1985–2010**, *Journal of Climatology*, Volume 2014, Article ID 560985, 10 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/560985>.

- Al Mazroui, M. (2012): **Temperature Variability over Saudi Arabia and its Association with Global Climate Indices**, *JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci.*, Vol. (23), No. 1, pp: 85-108.
- Al Mazroui, M. ; Nazrul Islam, M. ; Dambula, R. and Jones, P.D. (2014): **Trends of temperature extremes in Saudi Arabia**, *International Journal of Climatology*, 34: 808–826.
- Barnett, A. G.; Hajat, S.; Gasparrini, A. and Rocklöv, J. (2012): **Cold and heat waves in USA**, *Environmental Research*, (112): 218-224 <http://doi:10.1016/j.envres.2011.12.010>.
- Besson, F.; Dubuisson, B.; Etchevers, P.; Gibelin, A. L.; Lassegues, P.; Schneider, M. and Vincendon, B. (2019): **Climate monitoring and heat and cold waves detection over France using a new spatialization of daily temperature extremes from 1947 to present**. *Advances in Science & Research*, (16): 149-156. <https://doi.org/10.5194/asr-16-149-2019>.
- Chow, V. T., (1951), **A General Formula for hydrologic frequency Analysis**, *Trans. Amer. Geophys. Union*, Vol. 32, pp. 231-237.
- Dubreuil, P., (1974), **Initiation à l'analyse hydrologique**, Masson & Cie Editeurs, ORSTOM, Paris.
- Guido, C.; Russo, S.; Amezttoy, I. ; Romero, C.P. and Carmona-Moreno, C. (2016): **Magnitude and frequency of heat and cold waves in recent decades: the case of South America**, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, (16): 821-831.
- Krishna, L.V. (2014): **Long term temperature trends in four different climatic zones of Saudi Arabia**, *International Journal of Applied Sciences and Technology*, Vol. (14), Issue 5:, pp. 233-242: 1324-1343.
- Nori-Sarma, Amruta; Benmarhnia, Tarik; Rajiva, Ajit; Azhar, Gulrez Shah; Gupta, Prakash; Pednekar, Mangesh S. and Bell, Michelle L. (2019): **Advancing our Understanding of Heat Wave Criteria and Associated Health Impacts to Improve Heat Wave Alerts in Developing Country Settings**. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, (16): 1-13, <https://doi:10.3390/ijerph16122089>.

- Piticar, A; Croitoru, A.E; Ciupertea, Flavius, A. and Harpa, G.V. (2017): **Recent changes in heat waves and cold waves detected based on excess heat factor and excess cold factor in Romania.** *International Journal of Climatology*, <https://DOI:10.1002/joc.5295>.
- Robinson, Peter J. (2001): **On the Definition of a Heat Wave.** *Journal of Applied Meteorology*, (40): 762-775. American Meteorological Society.
- Shafiqur Rahman and Al-Hadrami, L.M. (2012): **Extreme temperature trends on the West coast of Saudi Arabia,** *Atmospheric and Climate Sciences*, 2, pp.351-361
<http://dx.doi.org/10.4236/acs.2012.23031> Published Online July 2012
(<http://www.SciRP.org/journal/acs>).
- Tawarneh, Q.Y. and Chodhury, S. (2018): **Trends of climate change in Saudi Arabia: Implications on water resources,** *Climate*, 6, 8; doi:10.3390/cli6010008.

جميع الحقوق محفوظة © 2024، الباحثة/ عهود عامر حمد الشهراني، المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي

(CC BY NC)

Doi: doi.org/10.52132/Ajrsp/v6.65.10