



الإسقاطات المستقبلية لدرجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد زوارة

للفترة 1961-2050 وأثرها في التطرف الحراري

أ. عادل المختار الشريف
a.elshereef@zu.edu.ly
قسم الإحصاء/ كلية العلوم
جامعة الزاوية/ ليبيا

د. عبد السلام أحمد إبراهيم
abdalsalam@academy.edu.ly
قسم الجغرافيا/ الأكاديمية الليبية/ ليبيا

أ. أسمهان علي عثمان
a.almukhtar@zu.edu.ly
قسم الجغرافيا/ كلية الآداب
جامعة الزاوية/ ليبيا

الكلمات المفتاحية:

التصغير الإحصائي، التغير المناخي،
درجة الحرارة العظمى، النموذج المناخي،
سيناريوهات المناخ.

الملخص:

يهدف البحث إلى التنبؤ بدرجات الحرارة العظمى للفترة (2021 - 2050). بالاعتماد على درجة الحرارة العظمى لمحطة إرصاد زواره لفترة الأساس (1961-1990) بواسطة تقنية ((Statistical Downscaling Model (SDSM))، واستخدمت كمدخلات بيانات نموذج هادلي HadCM3 وسيناريوهات التغير المناخي (A2a) (B2a)؛ وهي سيناريوهات معتمدة لدى الفريق الدولي المعني بالتغير المناخي IPCC في تقرير عرف بـ SRES في سنة 2000 لوضع توقعات للمناخ والبيئة بالاعتماد على غازات الاحتباس الحراري. إضافة إلى الاعتماد على أساليب التحليل الإحصائي المستخدمة للبيانات المناخية بواسطة برنامج SPSS؛ للكشف عن اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى للفترات الثلاثة، وهي: (1961-1990)، (1991-2020)، (2021-2050). ولتحقيق أهداف الدراسة تم فحص تجانس البيانات وتباين متوسطاتها بواسطة اختبار التباين الأحادي (One Way Anova)، وتطبيق عدة مقاييس إحصائية (الانحراف المعياري، الفروقات المتجمعة)؛ لتكون كمؤشرات لتحليل وتحديد التطرفات الحرارية. وأظهرت النتائج تغير في اتجاهات درجة الحرارة العظمى السنوية والفصلية نحو الزيادة مقارنة بالفترة الأولى وعند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05. واختلاف وتباين في تطرفات الحرارة للفترة المستقبلية (2021-2050) على المستوى الفصلي.

Future Projections of the Maximum Temperature at the Zuwara Meteorological Station for the Period (1961-2050) and its Impact on Thermal Extremes

Asmahan Ali Othman
a.elshereef@zu.edu.ly
Department of Geography
Zawia University/ Libya

Dr. Abdel Salam Ahmed Ibrahim
abdalsalam@academy.edu.ly
Department of Geography
Libyan Academy/ Libya

Adel Al-Mukhtar Al-Sharif
a.almukhtar@zu.edu.ly
Department of Statistics
Zawia University/ Libya

Abstract:

The research aims to predict the maximum temperatures for the period (2021-2050). Depending on the maximum temperature of the Zuwara meteorological station for the base period (1961-1990) by ((Statistical Downscaling Model (SDSM)) technique, and used as data inputs HadCM3 model and climate change scenarios (A2a) (B2a), which are scenarios approved by the International Panel on Change IPCC in a report known as SRES in the year 2000 to develop forecasts for the climate and the environment based on greenhouse gases, in addition to relying on the statistical analysis methods used for climate data by the SPSS program to detect trends of change in the maximum temperatures for the three periods, namely: (1961-1990), (1991-2020), (2021-2050), and to achieve the objectives of the study, the homogeneity of the data and the variance of their averages were examined by means of the One Way ANOVA test, And the application of several statistical measures (standard deviation, accumulated differences), to serve as indicators for the analysis and identification of thermal extremes. The results showed a change in the annual and seasonal maximum temperature trends towards an increase compared to the first period and at a statistical significance level of less than 0.05. And the difference and variation in temperature extremes for the future period (2021-2050) at the quarterly level.

Keywords:

statistical minimization,
climate change, maximum
temperature, climate
model, climate scenarios.

المقدمة:

حظى التغير المناخي خلال العقود الأخيرة باهتمام واسع من معظم الحكومات الدولية ومن كافة شعوب العالم بعد ظهور آثاره على الإنسان والبيئة، حيث أشارت الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ (ipcc)، إلى أن متوسط درجة الحرارة السطحية العالمية قد زادت خلال القرن العشرين بنحو 0.6 درجة مئوية. وأن الاحترار في الخمسين عاما الأخيرة يعزى إلى حد كبير لحد الأنشطة البشرية (تقرير الفريق العامل الأول IPCC، 2014، ص14). والذي ينعكس بتأثيره المباشر على العديد من جوانب الحياة مثل: الصحة والزراعة والاقتصاد والبنية التحتية. ولذلك وجب التنبؤ بأتمات واتجاهات التغيرات المناخية، مما يعزز القدرة للتصدي لها مستقبلا (التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ، 2017، ص17). يعرف المناخ على أنه حالة الطقس لفترة طويلة لا تقل عن ثلاثين عاما؛ لذا غالبا ما يفهم التغير المناخي على أنه تحول في نمط المناخ خلال تلك الفترة الطويلة (عثمان، 2011، ص17). وقد أظهرت الدراسات الحديثة المهمة بالتغير المناخي إلى أنه من خلال نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي بالإمكان التنبؤ بمناخ المستقبل بواسطة نماذج علمية، ومن بينها نموذج الدوران العام (General Circulation Model (GCM) الذي سنعتمد عليه في معرفة تغير واتجاه درجة الحرارة في منطقة الدراسة (Brebish & Othman, 2022, P16). إن الارتفاع في متوسط درجة الحرارة قد لا يؤدي بالضرورة إلى ارتفاع كبير في درجات الحرارة عن المتوسط، ولكنه يؤثر في توزيعها على المستوى اليومي والفصلي فعلى سبيل المثال: تكرار قليل لأيام الصقيع، وزيادة تكرار موجات الحر (Frich, 2002, P193).

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في استخدام تقنية إحصائية مناخية مختصة للتنبؤ بدرجة الحرارة العظمى وتحديد اتجاهاتها، وتقييم مقدار التغير في تأثيرها في تطرف درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد زواره للفترة من (2050-2021) مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)، (1991-2020)، بحسب السيناريوهات المطروحة من قبل المنظمة الحكومية المعنية بالتغير المناخي، بالإضافة لما تقدمه الدراسة من دعم للدراسات العلمية عن المناخ في ليبيا لأهميتها في التخطيط والتنمية المستدامة ووضع الخطط المستقبلية لمختلف القطاعات على ضوء الإسقاطات المستقبلية للمناخ.

أهداف الدراسة:

- 1) تطبيق نموذج التحجيم أو التصغير الإحصائي (SDSM) للإسقاطات المستقبلية لدرجة الحرارة العظمى لمحطة أرصاد زوارة للفترة من 2050-2021
- 2) تحليل السلوك المستقبلي لدرجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد زواره بالاستعانة بنتائج المحاكاة لأهم النماذج العالمية الخاصة بالتنبؤ المستقبلي للمناخ والسيناريوهات المستقبلية للفترة 2050-2021 وتحديد اتجاهاتها.
- 3) معرفة معدل واتجاه التغير في درجة الحرارة العظمى في المحطة خلال فترة الدراسة وبيان حجم تغيرها الفصلي والسنوي.
- 4) بيان أثر تغير درجة الحرارة العظمى في التطرف الحراري خلال الفترة المستقبلية مقارنة بالفترتين الماضيتين.

مشكلة الدراسة:

- هل هناك اتجاه للزيادة في المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد زواره خلال الفترة من 2021 - 2050 مقارنة بفترة الأساس؟
- هل يوجد نمط محدد تتبعه درجة الحرارة العظمى نحو الزيادة في محطة أرصاد زوارة للفترة من 2021 - 2050 وفق سيناريوات A2a أو B2a؟
- ما مقدار التباين والتغير في معدل درجة الحرارة العظمى الشهرية والفصلية والسنوية بالمحطة للفترة من 1961 - 2050؟
- ما مدى تأثير التغير في درجة الحرارة العظمى في معدل تطرفها عن الفترة الماضية؟

فرضيات الدراسة:

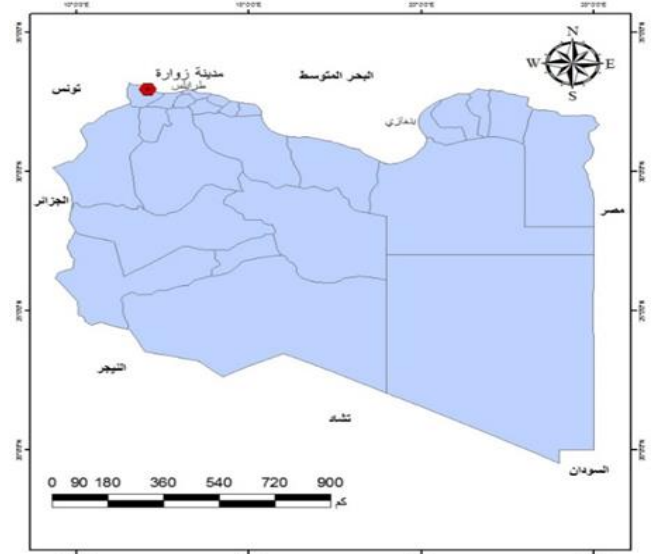
- 1) هناك اتجاه للزيادة في المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجة الحرارة العظمى في المحطة خلال الفترة من 2021 - 2050 مقارنة بفترة الأساس.
- 2) توجد فروقات في درجة الحرارة العظمى في محطة زواره فهي متقاربة من ناحية التغير وفق السيناريوهات (A2a, B2a).
- 3) يمكن تحديد مقدار التباين والتغير في معدل درجة الحرارة العظمى الشهرية والفصلية والسنوية في محطة زوارة للفترة من 2021 - 2050.

(4) يؤدي الارتفاع في درجة الحرارة خلال الفترة المستقبلية إلى تكرار التطرف في درجات الحرارة.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة زوارة في شمال غرب ليبيا، وأقصى غرب سهل الجفارة الذي يغلب عليها الاستواء؛ وتمتد بمحاذاة البحر المتوسط الذي يحدها من الشمال، أما من الشرق فتحدها منطقة العجبات ومن الجنوب منطقتي الجميل ورقداين. أما فلكياً فإنها تقع على دائرة عرض 32.53 درجة شمالاً وخط الطول 12.04 شرقاً كما في الخريطة (1).

الخريطة رقم (1)



المصدر: عمل الباحثين باستخدام GIS اعتماداً على (الأطلس الوطني، 1978، ص25).

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على منهج التحليل الإحصائي لقيم المعدلات العامة الشهرية والفصلية والسنوية لعنصر درجة الحرارة العظمى لمحطة زوارة الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية الليبية للفترة (1961-2009)، واستخدمت البيانات اليومية للفترة (1961-1990)؛ لاستخدامها في عمليات المحاكاة أو النمذجة المستقبلية للفترة 2010-2050، بواسطة تقنية (Statistical Downscaling Model (SDSM)، وهي أداة تستخدم لدعم اتخاذ القرارات في التنبؤات المستقبلية لدرجة الحرارة العظمى معتمدة على نموذج سيناريو الانبعاثات لفهم تغير المناخ عبر الزمن خلال

القرن الحادي والعشرين الصادرة عن مركز هادلي (The Hadley Center HadCM3) التابع لمكتب الأرصاد الجوية بالمملكة المتحدة، وتعد هذه السيناريوهات من أهم السيناريوهات في دراسة التغيرات المناخية، حيث يقوم أساساً على تثبيت معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة التي سجلت عام 2000، إذ أن النظام المناخي وفقها يتعرض لقدرة من التغير بناءً على التركيزات الحالية للعناصر المتنوعة للغلاف الجوي، وهي: السيناريو A2a: الذي يوصف بأنه عالمٌ متنوعٌ جداً، وغير متجانس شديد التباين يعتمد على الذات، بحيث تكون التنمية الاقتصادية موجهة إقليمياً وتختلف بحسب المناطق، ويفترض هذا السيناريو أن هناك تبايناً في أنماط الخصوبة عبر المناطق، مما يعني نمواً مستمراً في عدد سكان العالم وزيادة في الكثافة السكانية. السيناريو: B2a هذا السيناريو موجه نحو الحلول العالمية للاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، ويعتمد على تطورات الطاقة البديلة وتحقيق العدالة الاجتماعية والاقتصادية وتخفيض في كثافة استغلال الموارد، وهو - أيضاً - يفترض أن هناك زيادة مستمرة في عدد السكان ولكن بوتيرة أقل من السيناريو A2a، وبمعدل متوسط من التنمية الاقتصادية، ويتغير تقني أقل سرعة وأكثر تنوعاً (إبراهيم، 2018، ص22). وتضمن العمل على تقنية SDSM

على خمس مراحل هي (عثمان، 2022، ص48):

- 1) مراقبة جودة البيانات: Data Quality Control.
- 2) فحص المتغيرات: Screen variables.
- 3) معايرة النموذج: Calibrate Model.
- 4) توليد السيناريو: Scenario Generation.
- 5) التلخيص الإحصائي: Summary Statistics.

يظهر الشكل (1) الارتباط القوي بين درجة الحرارة العظمى لمحطة زوارة مع المتغير رقم 26 المتمثل في درجة الحرارة عند 2متر من نموذج GCM إذ بلغ (0.779).

تطابق في فصلي الشتاء والربيع في حين كان الاختلاف في فصلي الخريف والصيف بفارق درجة مئوية. الأمر الذي يؤكد لنا صحة البيانات المرصودة من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية في محطة أرصاد زوارة من ناحية، ومن ناحية أخرى يقين بدقة تقنية SDSM في التنبؤ بدرجات الحرارة العظمى مستقبلاً. وبالتالي صلاحية هذه التقنية في النمذجة المستقبلية لدرجة الحرارة العظمى بمحطة زوارة.

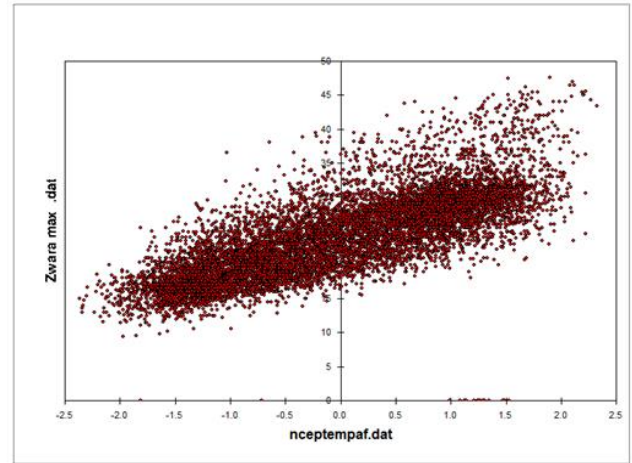
وللحصول على فترة الإسقاط المستقبلية (2021-2050) للدرجة الحرارة العظمى بالمحطة تم تقسيم البيانات ثلاث فترات كل فترة منها تمتد لثلاثين سنة وهي (1961-1990)، (1991-2020)، (2021-2050)، ومن ثم طبقت عدة طرق احصائية عليها مثل حساب المعدل، الانحراف المعياري، وتجانس البيانات، الفروقات المتجمعة، وتحديد الاتجاه، والتباين لما لها فائدة في التنبؤ المناخي باستخدام البرامج الاحصائية (Excel & SPSS).

المبحث الأول: اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى:

أظهرت نتائج الانحدار الخطي البسيط لدرجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد زوارة، اتجاهًا واضحًا للزيادة في المعدلات السنوية وتباين في المعدلات الفصلية بكلا السيناريوهين وهذا دليل ومؤشر بأن درجة الحرارة تتجه نحو الاحترار في زوارة، حيث أظهرت نتائج تحليل الانحدار الخطي - الجدول (1) والشكل (3) إلى وجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترة الثانية والثالثة (المستقبلية) مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)، وبزيادة على مستوى الدلالة الإحصائية. إذ تراوح معامل الانحدار b، بين 0.021 - 0.042.

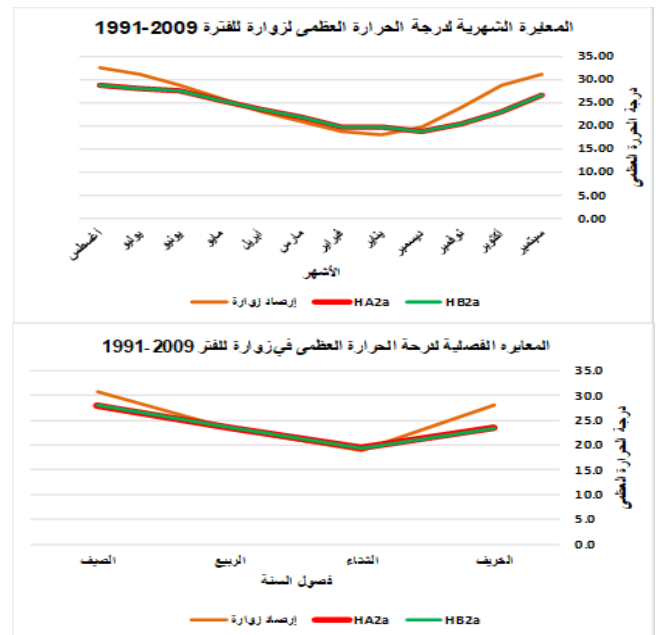
أما على المستوى الفصلي فنجد أن هناك تبايناً واضحاً في التغير، إذ سينتج عن ارتفاع درجة الحرارة تقلب الفصول وتغير خصائصها مستقبلاً مما ينذر بمشكلات بيئية وخيمة مستقبلاً. كما نستنتج من الجدول (1) والشكل (2) أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد زوارة تتجه اتجاهًا واضحاً نحو الانخفاض خلال الفترة الثانية فقط (1991-2020) مقارنة بالفترة الأولى والفترة مستقبلية، إذ شهدت قيمة b سالبة (-0.029)، وتباين مفسر مرتفع بلغ 84% في فصل الخريف.

شكل (1) تمثل شكل الارتباط بين درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد زوارة مع المتغير درجة الحرارة عند 2 متر من نموذج GCM.



المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على: - بيانات درجة الحرارة العظمى الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية الليبية، طرابلس. & SDSM4.2.9

شكل (2) مقارنة معدلات درجة الحرارة العظمى الشهرية والفصلية لمحطة إرصاد زوارة مع البيانات المنمذجة بواسطة SDSM4.2.9 (1991-2009)



المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على: - بيانات درجة الحرارة العظمى الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية الليبية، طرابلس. & SDSM4.2.9

ويظهر من الشكل (2) أن هناك تطابقاً بين البيانات المنمذجة بواسطة SDSM باستخدام سيناريوات A2a, B2a مع البيانات المسجلة في أرشيف الإرصاد الجوية لمحطة زوارة، ويبدأ التطابق في الظهور من ديسمبر وحتى يونيو، أما على المستوى الفصلي هناك

جدول (1). الاتجاه العام لمعدلات درجة الحرارة العظمى الفصلية والسنوية في محطة أرصاد زوارة وفق سيناريو A2a & B2a للفترة (2050-1961)

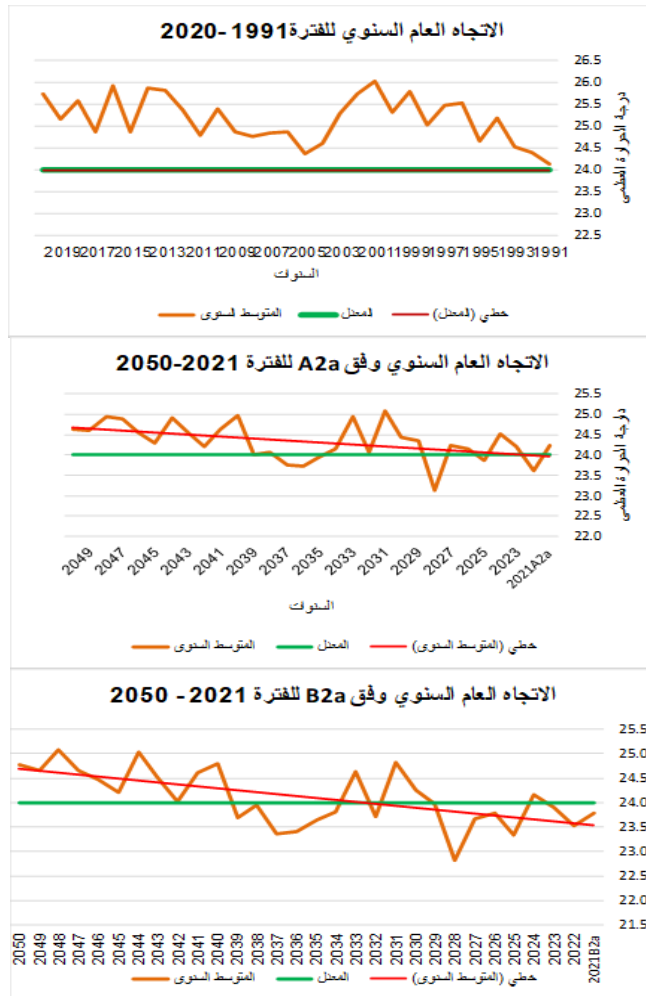
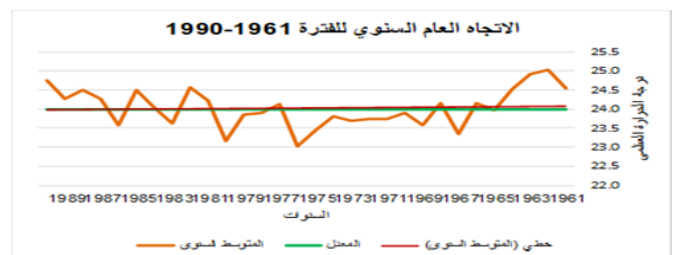
مستوى الدلالة	معامل الإحصائية (sing)	معامل الأختار (b)	نسبة التباين (R ²)	معامل الارتباط (R)	الأخطاء المعياري	معدل درجة الحرارة العظمى	الفترة	فصول السنة
فصل الخريف	0.372	0.018	0.029	0.169	0.830	26.6	1990 - 1961	
	0.120	-0.029	0.084	0.290	0.817	27.9	2020 - 1991	
	0.543	0.016	0.014	0.118	1.138	23.4	2050- 2021 A2a	
	0.629	0.013	0.009	0.094	1.201	23.5	2050- 2021 B2a	
فصل الشتاء	0.890	0.003	0.001	0.026	0.915	18.5	1990 - 1961	
	0.012	-0.062	0.207	0.455	1.202	18.4	2020 - 1991	
	0.000	0.307	0.912	0.955	2.737	21.8	2050- 2021 A2a	
	0.000	0.285	0.908	0.953	2.546	21.7	2050- 2021 B2a	
فصل الربيع	0.493	-0.014	0.017	0.130	0.934	22.3	1961 - 1990	
	0.008	0.060	0.228	0.478	1.111	23.6	2020 - 1991	
	0.001	0.084	0.348	0.590	1.216	24.3	2050- 2021 A2a	
	0.005	0.076	0.258	0.508	1.272	24.3	2050- 2021 B2a	
فصل الصيف	0.371	-0.015	0.029	0.169	0.770	29.3 1	1990 - 1961	
	0.000	0.101	0.430	0.65 6	1.35 6	31.4	2020 - 1991	
	0.000	-0.230	0.909	0.95 4	2.05 0	26.8	2050- 2021 A2a	
	0.000	-0.230	0.906	0.95 2	2.05 9	26.7	2050- 2021 B2a	
السنوية	0.758	-0.003	0.003	0.059	0.449	24.03	1990 - 1961	
	0.055	0.021	0.125	0.354	0.520	25.16	2020 - 1991	
	0.000	0.026	0.228	0.47 7	0.46 9	24.3	2050- 2021 A2a	
	0.000	0.042	0.379	0.61 6	0.57 5	24.1	2050- 2021 B2a	

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية

طرابلس باستخدام SPSS & SDSM

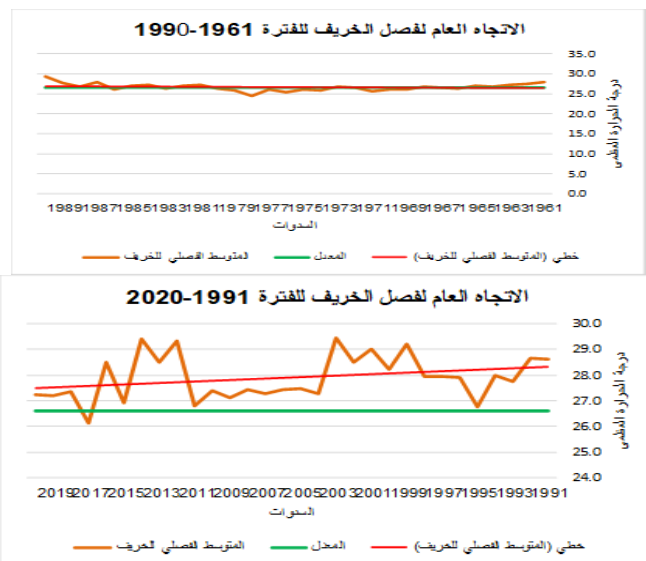
الاتجاه العام للمعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى في محطة زوارة للفترة

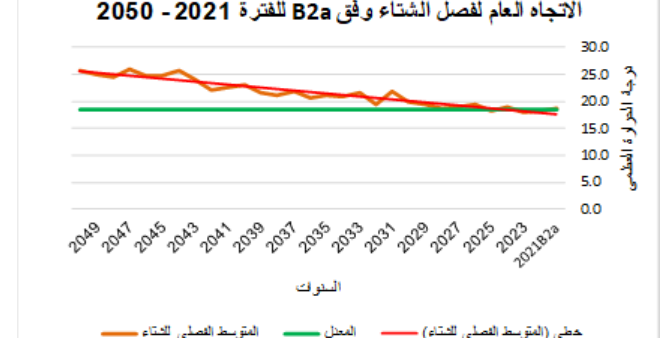
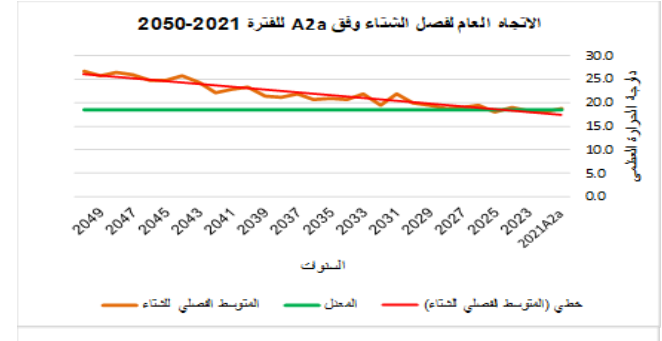
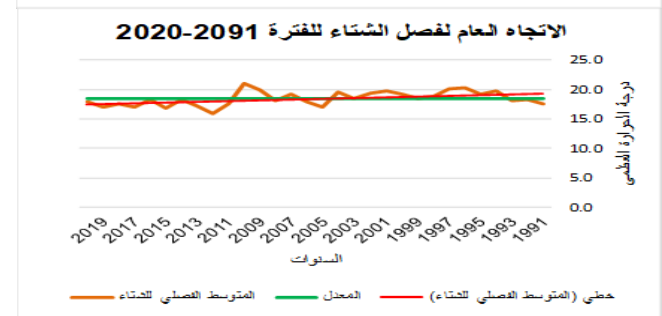
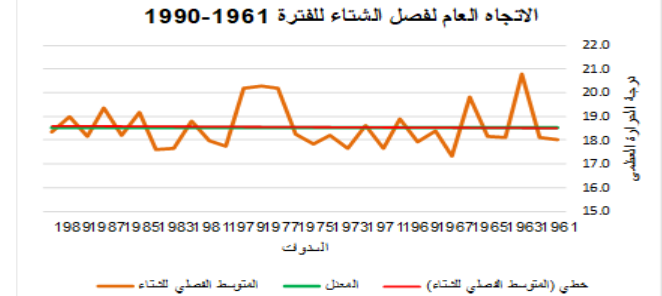
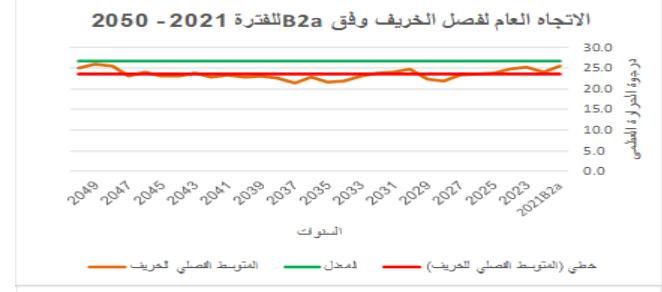
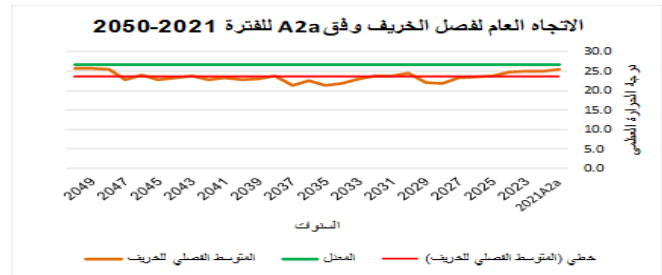
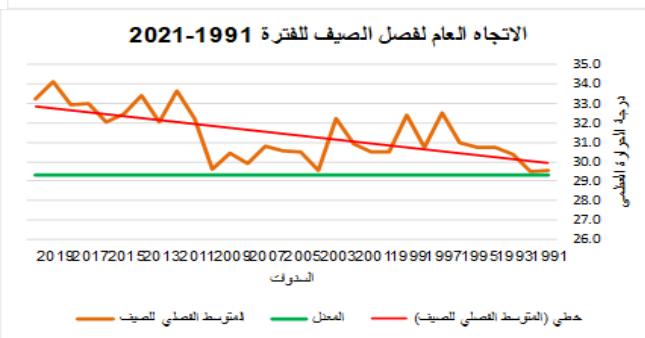
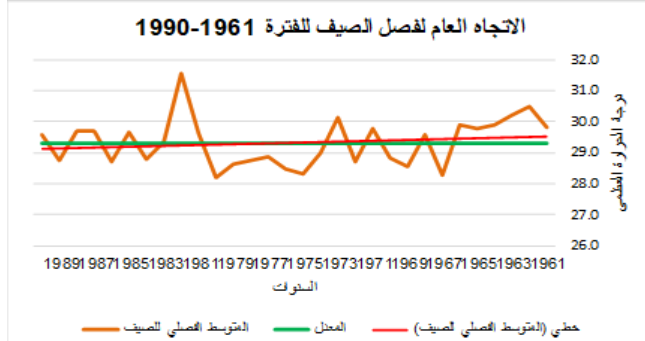
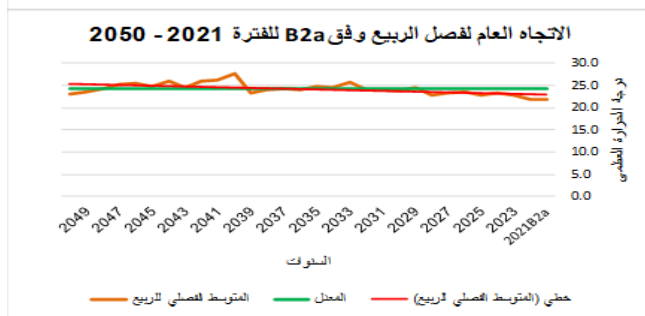
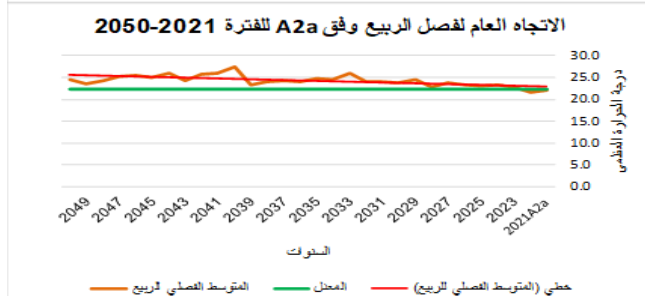
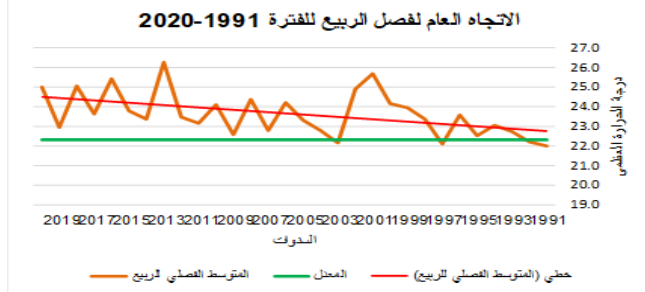
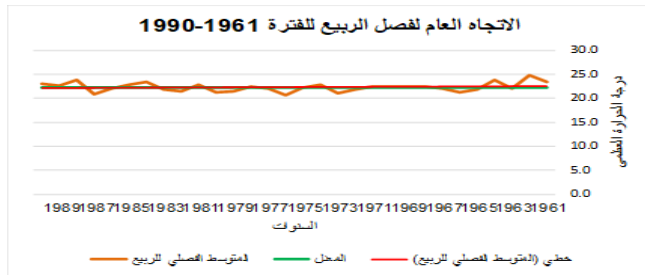
2050-1961



المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على الجدول (1) باستخدام Excel

الشكل (3). الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى الفصلية في محطة زوارة للفترة 1961-2050





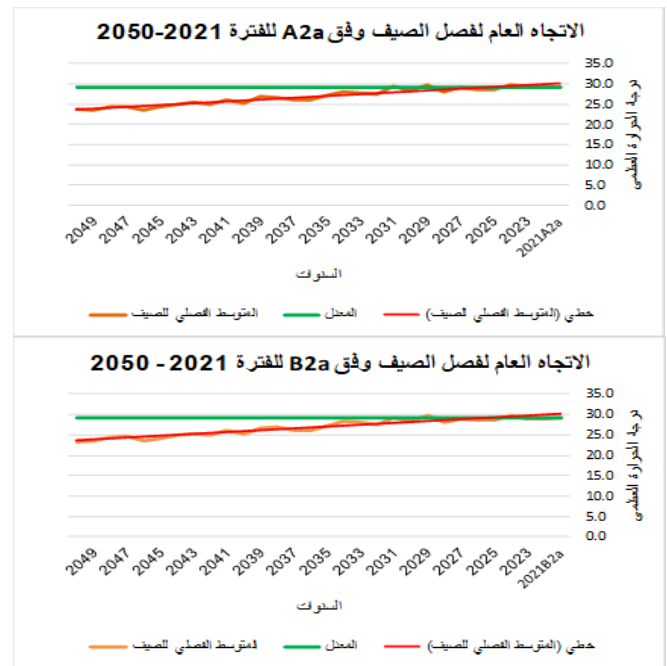
أكدت نتائج التباين لفصل الصيف نفس الاتجاه خلال الفترتين الأخيرتين مع فصل الخريف، حيث شهدت الفترة الثانية ارتفاع في المتوسط بفارق بلغ (4.2) وعلى مستوى دلالة إحصائية. بينما سيكون هناك انخفاض في الفترة المستقبلية في فصل الصيف بفارق قدره (2.4) درجة مئوية وعلى مستوى دلالة أقل من 5%. كما أكدت نتائج الاختبار على الاتجاه نحو الارتفاع لدرجات الحرارة في فصلي الشتاء والربيع، فعند مقارنة متوسطات الفترات الثلاثة نجد أنها ترتفع بفارق وقدره (3.2) في فصل الشتاء وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.001. وبفارق قدره (2) في فصل الربيع وعلى مستوى دلالة 0.000.

الجدول (2). اختبار التباين الاحادي لمتوسطات درجة الحرارة العظمى لسيناريوهات A2a, B2a للفترة (1961-2050).

فصول السنة	الفترات	الانحراف المعياري	متوسط درجة الحرارة العظمى	التجانس sig	الفارق في المتوسط	مستوى الدلالة الاحصائية (sing)
فصل الخريف	1990 - 1961	0.9	26.6	0.201	-	-
	2020 - 1991	0.9	27.9	0.201	1.3*	0.000
	A2a 2050- 2021	1.2	23.5	0.201	3.1*	0.000
فصل الشتاء	1990 - 1961	1	18.5	0.000	-	-
	2020 - 1991	1.2	18.4	0.000	0.1	0.001
	A2a 2050- 2021	2.7	21.7	0.000	3.2*	0.001
فصل الربيع	1961 - 1990	1	22.3	0.440	-	-
	2020 - 1991	1.1	23.6	0.440	1.3*	0.000
	A2a 2050- 2021	1.3	24.3	0.440	1.10*	0.000
فصل الصيف	1990 - 1961	0.8	29.3	0.000	-	-
	2020 - 1991	1.4	31.4	0.000	2.1*	0.000
	A2a 2050- 2021	2.1	26.9	0.000	4.2*	0.000
السوية	1990 - 1961	0.5	24	0.434	-	-
	2020 - 1991	0.5	25.2	0.434	1.1	0.000
	A2a 2050- 2021	0.5	24.3	0.434	0.3	0.000
	B2a 2050- 2021	0.6	24.1	0.434	0.1	0.004

عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس

باستخدام SDSM & SPSS.



المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على الجدول (1) باستخدام Excel 2010 Microsoft

ثانياً: اختبار تباين (One-way ANOVA) في متوسطات درجات الحرارة العظمى:

هو أحد الاختبارات المعملية والتي تستخدم في المقارنة بين المتوسطات، ويطلق عليه تحليل التباين الأحادي (One-Way Analysis of Variance) ANOVA، وهو اختبار يتم استخدامه؛ للحصول على قرار إما بوجود فروق بين المتوسطات أو عدم وجودها، وذلك لمعرفة ما يجعل متوسط ما يختلف عن المتوسطات الأخرى (إبراهيم، 2004، ص350).

من خلال الجدول (2) و (4) دلت النتائج على وجود اختلاف أو تباين في متوسط درجة الحرارة العظمى بين الفترات الثلاثة لصالح الفترة الثانية (1991-2020). إذ بلغ متوسط درجة الحرارة العظمى فيها 25.2 درجة مئوية بفارق عن المتوسط مع الفترة الأولى بلغ 1.1 عن فترة الأساس، بينما لا يوجد فارق واضح مع الفترة المستقبلية إذ بلغ 0.3 وعلى مستوى دلالة إحصائية الشكل (4).

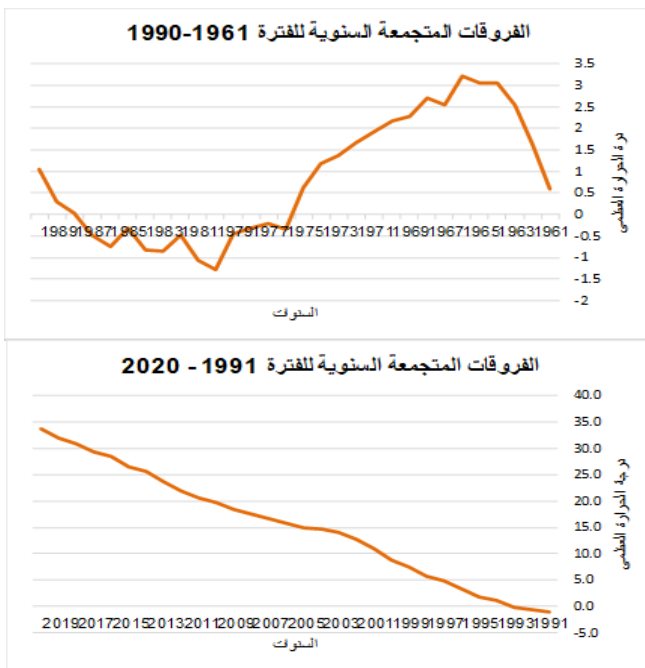
كما دلت نتائج التباين لفصلي الخريف والصيف أن هناك تبايناً في متوسطات درجة الحرارة العظمى، نحو الارتفاع في الفترة الثانية خلال فصل الخريف بفارق في المتوسط مقارنة مع الفترة الأولى بلغ (1.3). ونحو الانخفاض في الفترة المستقبلية (2050-2021) عند مقارنتها بالفترة الأولى، بفارق في المتوسط بلغ في فصل الخريف (3.1) درجة مئوية وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل من 5%. كما

ثالثاً: الفروقات المتجمعة **Cumulated Sums**:

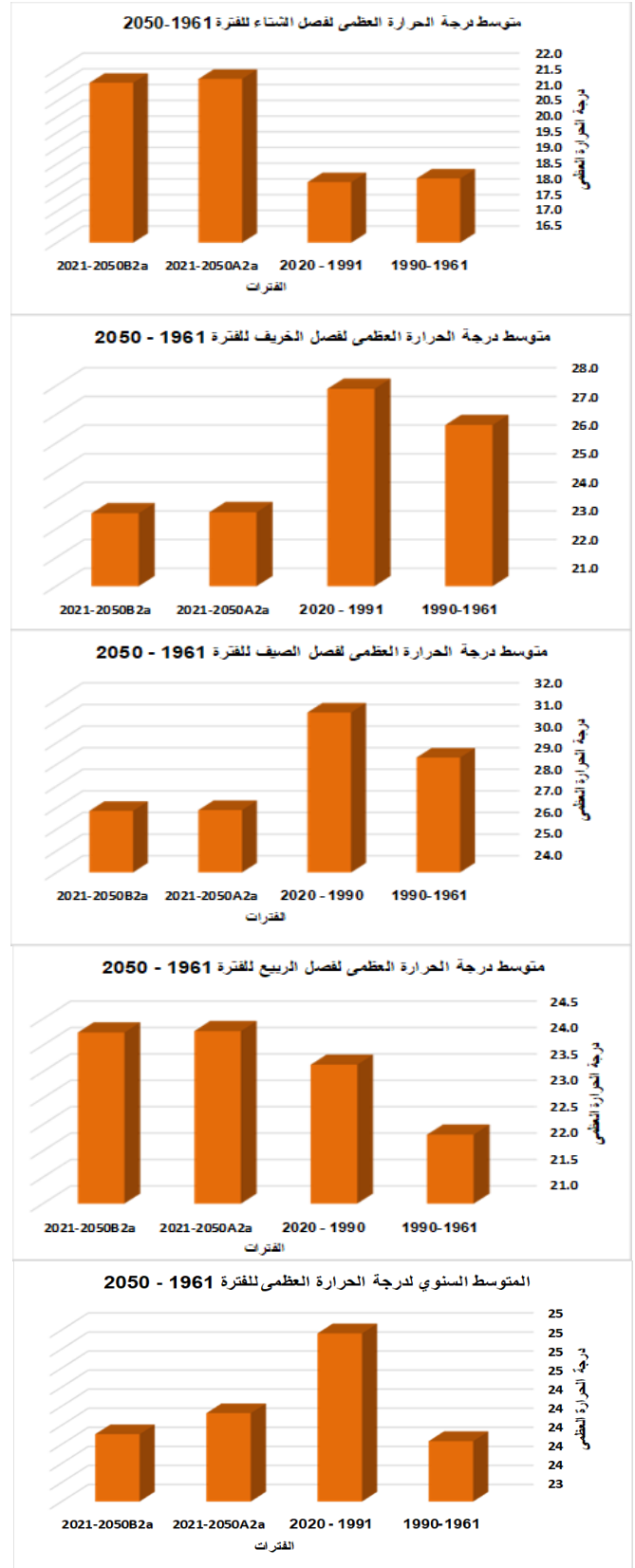
الفروقات المتجمعة أو التراكمية هي أسلوب إحصائي لا يتأثر بمتوسط البيانات أو حجمها وهي حاصل جمع للانحراف المعياري لكل سنة مع السنة اللاحقة، ويستخدم من أجل تأكيد تغيرات الاتجاه التي حدثت في السلسلة الزمنية لدرجة الحرارة العظمى السنوية والفصلية في محطة زواره (سليم، 2019، ص 167).

يظهر الشكل (5) منحنيات الفروق المتجمعة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى للفترة الأولى نحو الزيادة من سنة 1961-1975، في حين نجد أن زواره شهدت انخفاضاً واضحاً في الفترة من 1981-1985. أما خلال الفترة الثانية 1991-2020 نجد أنها شهدت ارتفاعاً بشكل عام، حيث بدأت بارتفاع تدريجي في بداية التسعينيات وزاد بشكل أعلى من الفترة 2010-2019، وعن مقارنة فروق السيناريوهين نجد هناك اختلافاً نوعاً ما- في اتجاه المنحني للسيناريوهين، إذ يشير السيناريو A2a إلى انخفاضها في الفترة من 2021-2029، بينما نجد أن السيناريو المتفائل B2a فترة الانخفاض أطول وهي تقع في فترتين تتطابق مع فترة السيناريو الاول من 2021-2029، ومن 2037-2935. وهذا يرجع إلى انخفاض في درجات الحرارة الممنذجة بالسيناريو الثاني عن المعدل.

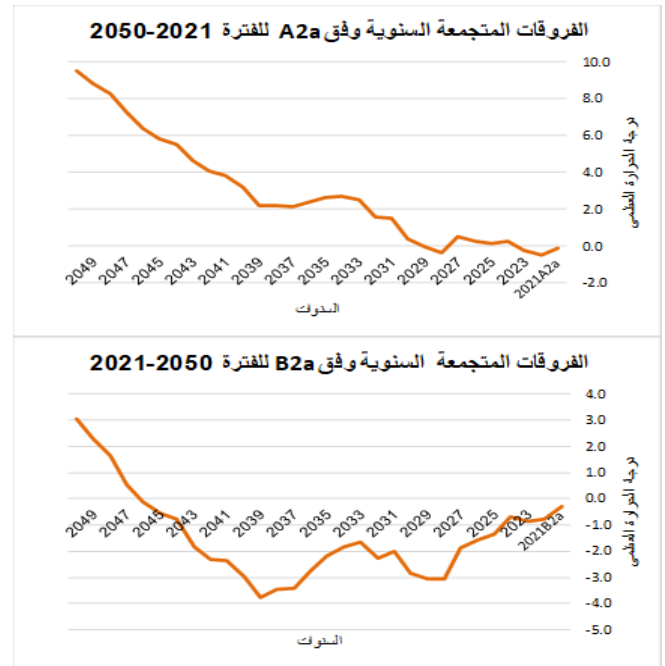
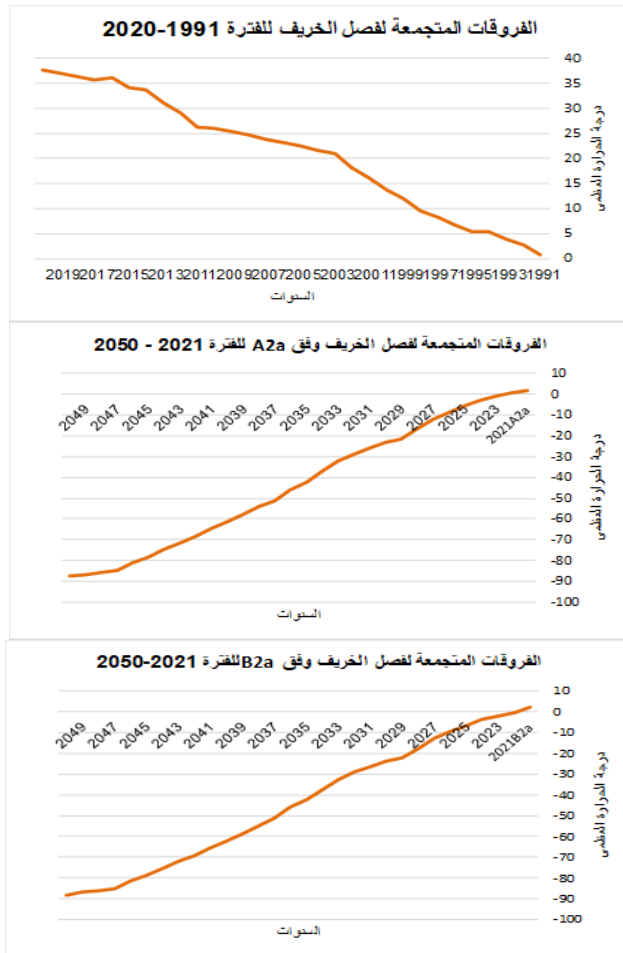
الشكل (5) منحنيات الفروقات المتجمعة السنوية لدرجة الحرارة العظمى للفترة (1961-2050)



الشكل (4). اختبار التباين الاحادي لمتوسطات درجة الحرارة العظمى لفترة (1961-2050)



المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على الجدول (3) باستخدام Excel 2010 Microsoft

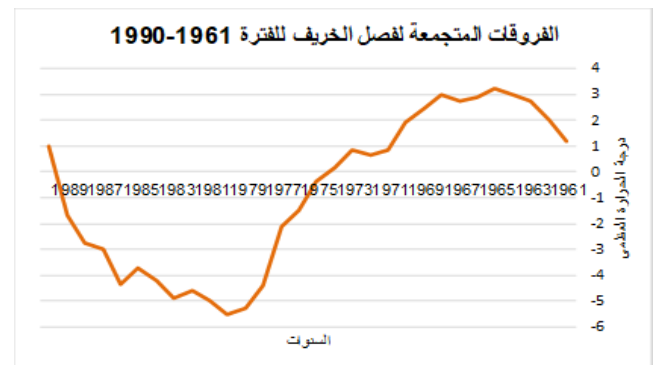


المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية

طرابلس باستخدام SDSM & SPSS

من خلال الشكل (6) بينت منحنيات الفروق المتجمعة أن فصل الخريف في الفترة الأولى 1961-1990 مطابق للمنحنى السنوي في الشكل (5)، وشهدت ارتفاعاً بشكل عام من سنة 1961 إلى 1975، أما في الفترة الثانية فهي -أيضاً- مطابقة للشكل السابق إذ شهدت منذ بداية الفترة في السبعينيات ارتفاعاً وبلغ ذروته في نهاية الفترة، أما في الفترة الثالثة فإن السيناريوهين يتجهان للانخفاض في متوسط درجة الحرارة العظمى لفصل الخريف بشكل واضح وتدرجي من 2021-2050. مما يؤكدان على انخفاض درجة الحرارة في فصل الخريف خلال الفترة المستقبلية.

الشكل (6). منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الخريف للفترة (1961-2050)



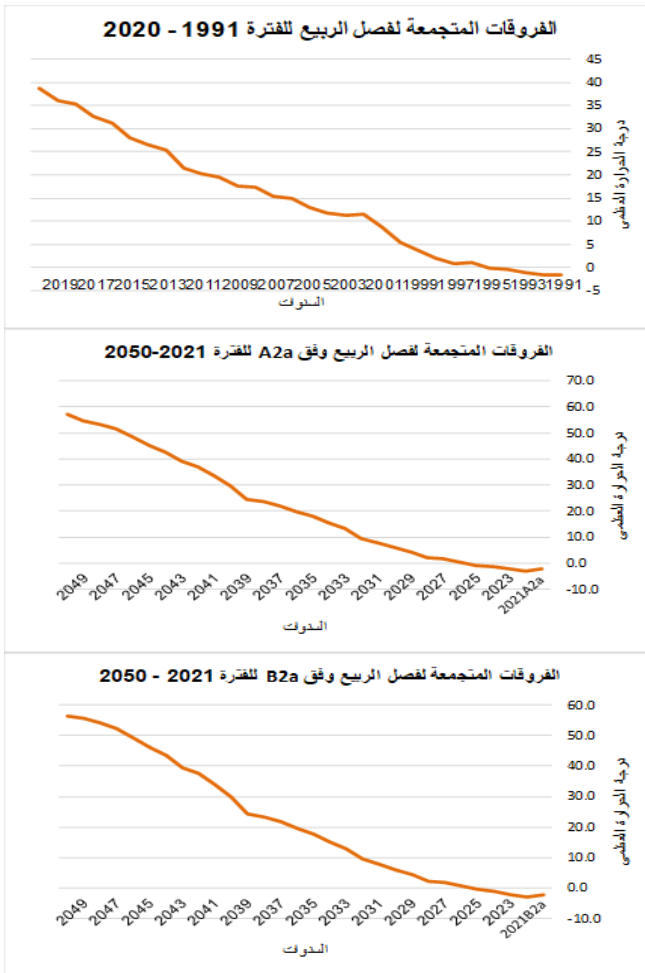
المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية

طرابلس باستخدام SDSM & SPSS

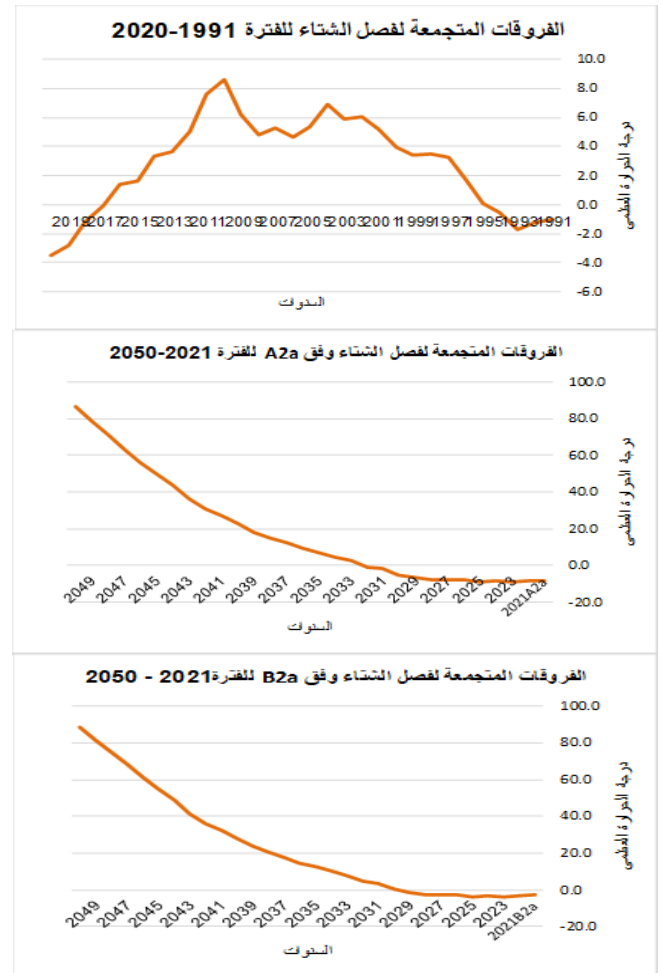
أظهرت نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الشتاء شكل (7) أن هناك تذبذباً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى، بينما شهدت الفترة 1969-1977 انخفاضاً واضحاً في درجات الحرارة العظمى. أما في الفترة الثانية فشهدت ارتفاعاً بشكل عام باستثناء نهاية الفترة نجد أن هناك اتجاه واضحاً نحو الانخفاض من 2012-2019. وتظهر النمذجة للفترة المستقبلية أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة يتجه نحو الارتفاع من الفترة 2031-2050.

الشكل (7) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الشتاء للفترة (1961-2050)





المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية
طرابلس باستخدام SDSM & SPSS



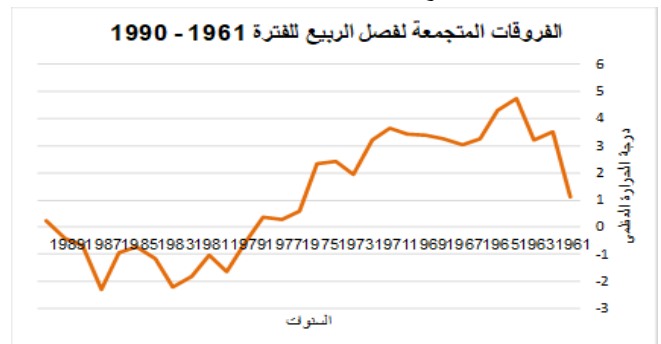
المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية
طرابلس باستخدام SDSM & SPSS

ويظهر الشكل (9) منحنى الفروقات المتجمعة لفصل الصيف مطابق للأشكال (5، 6، 7، 8)، وللتأكيد على النتائج سجل صيف 2019 و2020 معدلات بلغت (34.1، 33.2) درجة مئوية على التوالي، وهي أعلى من المعدل الصيفي في المحطة للفترة المرجعية الذي بلغ 29.3، حيث سجل صيف 2019 موجي حر متتاليتين استمرتا 18 يوماً أدتا إلى اندلاع حرائق مأساوية في الغرب الليبي (عثمان، 2019، ص229). بينما يشير المنحنى في آخر فترتين إلى الانخفاض بشكل عام.

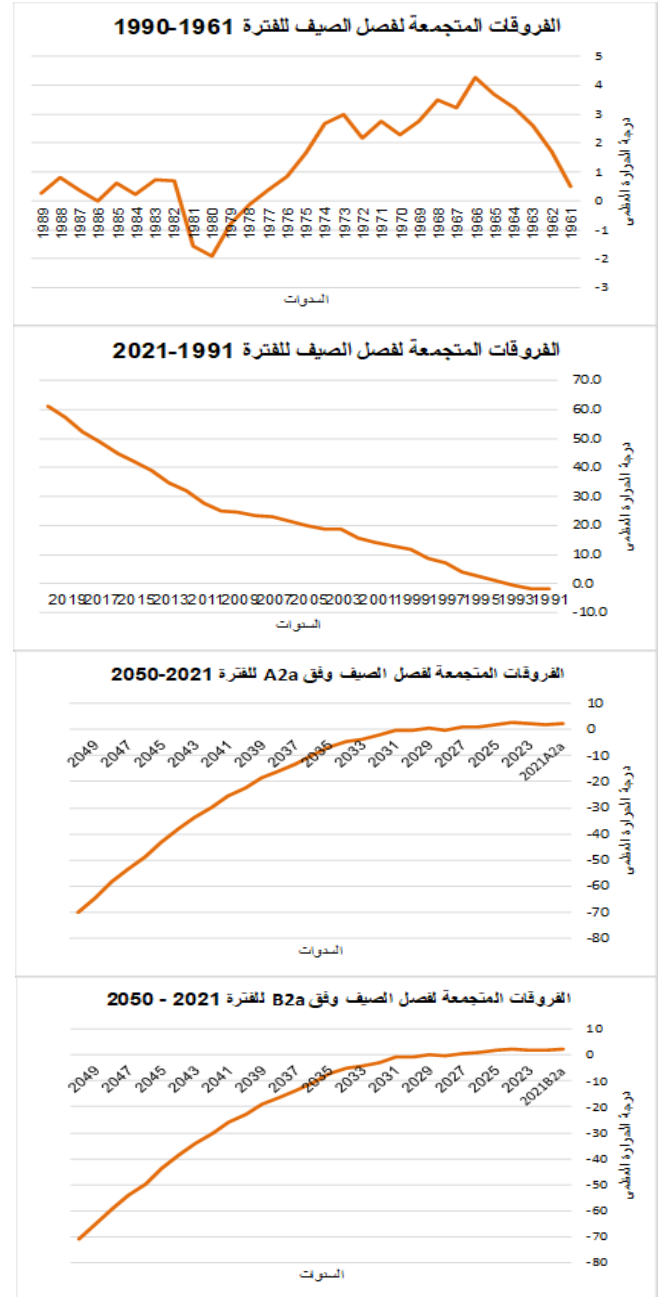
أما في الفترة المستقبلية فإن السيناريوهين يتفقان على درجة حرارة حول المعدل من 2021-2025 ومن ثم يشيران إلى الانخفاض الواضح في درجة الحرارة العظمى في فصل الصيف حتى نهاية الفترة.

كما تؤكد نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الربيع شكل (8) أن اتجاه المنحنى في الفترة الأولى إلى الارتفاع في بداية الفترة ومطابق لنفس الفترة في جميع الفصول، وكما نجد الفترة الثانية- هي أيضا- مطابقة لجميع الفصول. أما في الفترات المستقبلية نجد أن منحنى السيناريوهين يتطابقان في الاتجاه نحو الارتفاع من 2021-2050.

الشكل (8). منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الربيع للفترة (1961-2050)



الشكل (9). منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الصيف للفترة (2050-1961)



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية

طرابلس باستخدام SDSM & SPSS

النتائج:

- 1) ظهر أن هناك ارتباطاً قوياً بين درجة الحرارة العظمى لمحطة أرصاد زوارة مع متغير درجة الحرارة عند 2 متر أحد مخرجات نموذج GCM إذ بلغت قيمة الارتباط (0.779).
- 2) أظهرت المعايرة لقياس دقة البيانات النمذجة أن هناك تطابقاً بين البيانات النمذجة بواسطة SDSM والسيناريو A2a مع البيانات المسجلة في أرشيف الإرساد الجوية، الأمر الذي يؤكد لنا دقة البيانات

المرصودة من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية بطرابلس من ناحية، ومن ناحية أخرى يقين بدقة تقنية SDSM بالتنبؤ في درجات الحرارة العظمى مستقبلاً، وبالتالي الاعتماد على نتائجها.

(3) أظهرت نتائج الانحدار الخطي البسيط لدرجة الحرارة العظمى في محطة زوارة، اتجاهًا واضحًا للزيادة بوجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترات الثانية والثالثة (المستقبلية) مقارنة بفترة الأساس (1990-1961)، وازدياداً على مستوى الدلالة إحصائية. فتراوح معامل الانحدار (b) بين 0.021 - 0.042. أما على المستوى الفصلي فنجد أن هناك تبايناً واضحاً في التغير، إذ سينتج عن ارتفاع درجة الحرارة تقلب الفصول وتغير خصائصها مستقبلاً مما ينذر بمشكلات بيئية وخيمة مستقبلاً.

(4) دلت نتائج اختبار التباين لفصل الخريف أن هناك تبايناً في متوسط درجة الحرارة العظمى، نحو الانخفاض عند مقارنة الفترة الأولى مع الفترات الثانية والثالثة بفارق (1.3) درجة مئوية، وبفارق (3.1) لصالح الفترة الثالثة، وعلى مستوى دلالة إحصائية بلغ 0.000. بينما كان الانخفاض في فصل الصيف بفارق وقدره 1.2 درجة مئوية وعلى مستوى دلالة 0.002 للفترة الثانية، وانخفاض بفارق 4.2 لصالح الفترة الثالثة وعلى مستوى دلالة 0.000.

(5) أظهرت نتائج الاختبار اتجاهها نحو الارتفاع لدرجات الحرارة في فصلي الشتاء والربيع، فعند مقارنة المتوسط للفترات الثلاثة نجد أنه يرتفع بفارق وقدره (3.2) في فصل الشتاء وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.001. وبفارق قدره 2 درجة مئوية في فصل الربيع وعلى مستوى دلالة 0.000.

(6) تظهر منحنيات الفروق المتجمعة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى للفترة الثانية والثالثة تغير في نمط وشكل المنحني عن الفترة الأولى إذ يشيران إلى الارتفاع. إذ أكد التقرير الخاص بحالة المناخ في أفريقيا لعام 2019 بأنها شهدت احتزازاً بارتفاعاً عن المعدل تجاوز 2 درجة مئوية في شمال أفريقيا في سنة 2019 إذ تعتبر على الأرجح ثالث الأعوام الأكثر حرارة على التوالي بعد عامي 2010 و2016 (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2019). وهذا ينطبق مع البيانات التي تم نمذجتها من 2010-2019 حيث سجلت محطة زوارة على التوالي ارتفاع عن المعدل الذي يبلغ 24 درجة مئوية في (2010، 2016، 2019) - (25.4، 25.9، 25.5) على التوالي.

(7) أظهرت منحنيات الفروق المتجمعة على المستوى الفصلي تغير في اتجاهها نحو الانخفاض في فصلي الخريف والصيف في الفترة المستقبلية مقارنة مع الفترة من (1961-2019).

(8) أظهرت منحنيات الفروق المتجمعة لفصلي الشتاء والربيع ارتفاع بشكل عام في الفترة المستقبلية مقارنة بفترة الأساس.

التوصيات:

(1) يجب نشر الوعي بخطورة آثار التغير المناخي. فالارتفاع في متوسط درجة الحرارة العظمى، له آثار مباشرة على صحة الإنسان. والزيادة على طلب الطاقة، كما له أضرار وتلف للمحاصيل الزراعية.

(2) أخذ التدابير اللازمة؛ لتفادي الآثار الخطيرة الناتجة عن تغير المناخ في البلاد. كالتوقف عن استهلاك الوقود الاحفوري والبحث عن مصادر بديلة نظيفة للطاقة.

(3) إلزام المركز الوطني للأرصاد الجوية بطرابلس توفير البيانات اليومية لجميع محطات الرصد في البلاد؛ خدمة للباحثين في مجال المناخ والتغيرات المناخية.

(4) العمل على تدريب العاملين في مجال الأرصاد والباحثين المختصين في مجال الطقس والمناخ على هذا النوع من التقنيات؛ ليتم وضع تنبؤ مستقبلي موسمي وسنوي لمناخ للبلاد وخاصة عنصر درجة الحرارة والهطول المطري لتفادي تطرفات الطقس من موجات حر وبرد ومن تشكل السيول المفاجئة.

قائمة المصادر والمراجع:

أولاً: المراجع العربية:

- تقرير الفريق العامل الأول للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، تغير المناخ 2013 الأساس العلمي الفيزيائي، 2013.
- التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2017.
- أسمهان علي عثمان، تغير المناخ دراسة تطبيقية لاتجاه وتغير درجة الحرارة في ليبيا للفترة (1971-2000)، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا، 2011.
- نجاح عبد جابر الجبوري، تحليل جغرافي لتكرار ظاهرة التطرف الحراري وموجات الحر في محافظة النجف، مجلة كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة المثنى، العراق، .
- عبد السلام أحمد إبراهيم، نمذجة التغير في درجات الحرارة بمنطقة مصراتة باستخدام تقنية (SDSM)، مجلة جامعة الزيتونة، العدد 28، ديسمبر 2018، ترونة، ليبيا.
- 8 أسمهان علي المختار عثمان، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة زوارة للفترة (1961 - 2050) باستخدام تقنية SDSM، كتاب المؤتمر الدولي الأول لكليات العلوم -جامعة الزاوية تحت شعار العلوم الأساسية أساس الإبداع والتألق"، 19-20 ديسمبر 2021.
- عيسى علي إبراهيم، الأساليب الإحصائية في الجغرافيا، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، مصر ط1، 2004.
- علي مصطفى سليم، التغيرات الحديثة في درجة الحرارة بمنطقة جبل نفوسة، مجلة مؤتمر التنمية المكانية للأراض الراعية وسبل الحد من آثار الأخطار التي تهددها، قسم الجغرافيا، كلية التربية ناصر، جامعة الزاوية، ليبيا، ص167.
- أسمهان علي المختار عثمان، الخصائص المناخية لموجات الحر وعلاقتها بالحرارة في غرب ليبيا، مجلة مؤتمر التنمية المكانية للأراض الراعية وسبل الحد من آثار الأخطار التي تهددها، قسم الجغرافيا، كلية التربية ناصر، جامعة الزاوية، ليبيا، 2019.
- المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، حالة المناخ في أفريقيا 2019، مبوع المنظمة رقم 1253.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- Moloud Ali Brebish, Asmahan Ali Othman, Modeling the Change in Maximum Temperature in Zuwara Whether Station for the Period (1961-2009) Using SDSM Technique, Bulletin of the Serbian Geographical Society, May 01, 2022.
- Frich, P.,L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A. Klein-Tank, and T. Peterson, (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th Century,