

الإسقاطات المستقبلية لدرجة الحرارة في محطة إرصاد بنينا للفترة (1961 – 2099) باستخدام تقنية SDSM.

أ. عاشور صالح ساسي صالح

أ. أسهمان علي المختار عثمان

أستاذ محاضر/ كلية تقنية الطيران المدني/ قسم الأرصاد الجوية
ashoursassi@gmail.com

أستاذ مساعد/ جامعة الزاوية/ كلية الآداب/ قسم الجغرافيا
a_almukhtar@zu.edu.ly

Future projections of temperature in Benina weather station for the period (1961-2099) using SDSM technology.

Abstract:

The research aims to predict an increase or decrease in temperatures in the future for the period (2010-2099), based on the maximum temperature data of the Benina weather station for the base period (1961-1990) by using the Statistical Downscaling Model (SDSM) technique, which was used as HadCM3 data inputs and Climate Change Scenarios (A2a) (B2a); scenarios adopted by the IPCC in a report known as SRES in 2000 to make projections of climate and the environment based on greenhouse gases.

The results of the study proved that the annual average temperature in the Benina meteorological station will take an upward trend during the future periods compared to the base period (1961-1990). This is consistent with all IPCC scenarios, especially during the third period (2070-2099AD) with an increase of 1.8 m° from the base period. °m. In the spring, the rate of increase will reach 8°C, and it is expected that the summer will witness a decrease in the maximum temperature by 1°C, as well as the case in the autumn, at a rate of 2.7°C, compared to the base period, which threatens the inability of the countries of the world to control and reduce greenhouse gas emissions.

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

الملخص:

يهدف البحث إلى التنبؤ بزيادة أو نقصان درجات الحرارة مستقبلاً للفترة (2010 – 2099)، اعتماداً على بيانات درجة الحرارة العظمى لمحطة إرصاد بنينا لفترة الأساس (1961 – 1990) وذلك باستخدام تقنية Statistical Downscaling Model SDSM، حيث استخدمت كمدخلات بيانات نموذج هادلي HadCM3 وسيناريوهات التغير المناخي (A2a) (B2a)؛ وهي سيناريوهات معتمدة لدى الفريق المعني بالتغير المناخي IPCC في تقرير عرف بـ SRES في سنة 2000 لوضع توقعات للمناخ والبيئة بالاعتماد على غازات الاحتباس الحراري.

أثبتت نتائج الدراسة أن المعدل السنوي لدرجة الحرارة في محطة إرصاد بنينا سيأخذ اتجاهًا نحو الارتفاع خلال الفترات المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)، وهذا يتفق مع جميع سيناريوهات IPCC، لاسيما خلال الفترة الثالثة (2070-2099م) وازيادة مقدارها 1.8 م° عن فترة الأساس، كما دلت النتائج على الزيادة في معدل درجة الحرارة الفصلية بحسب السيناريوهان H3A2a و H3B2a خلال فصل الشتاء في (2070-2099) بمعدل 2.8م°، أما في فصل الربيع فسيصل معدل الزيادة إلى 8م°، ومن المتوقع أن يشهد فصل الصيف انخفاضًا في معدل الحرارة العظمى بمقدار 1م° وكذلك الحال في فصل الخريف بمعدل 2.7م°، مقارنة بفترة الأساس، مما ما ينذر بعدم قدرة دول العالم على السيطرة والتخفيف من الانبعاثات للغازات الدفيئة.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، درجة الحرارة العظمى، النموذج المناخي، سيناريوهات المناخ، التصغير الاحصائي.

المقدمة:

يعد النظام المناخي نظامًا معقدًا وهو محصلة لتفاعل مجموعة من العناصر الطبيعية المتشابكة والمتداخلة في عمليات ودورات طبيعية منتظمة، فكل منها يتفاعل ويتداخل مع الآخر؛ وبالتالي فإن أي تغير وتذبذب في خصائصها الطبيعية سيؤدي إلى تغير النظام المناخي نفسه، وهو ما يحدث بالفعل، فمناخ الأرض نجده متقلبًا ومتغيرًا يتصف بعدم الاستقرار، فقد تغير لمرات عديدة في الماضي البعيد والقريب، ومن المتوقع أن يظل كذلك في المستقبل (شرف، 2001، ص270)، وقد تسببت الأنشطة البشرية في إخلال توازن هذا النظام، لاسيما الاستخدام المفرط للوقود الأحفوري الذي أدى إلى زيادة التركيز في نسبة غازات الدفيئة، ما أسهم في تغير وتطرف المناخ وبخاصة ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي للأرض والمحيطات بمقدار 3 درجات مئوية حتى عام 2100 (سيما، 2015، ص30).

إن التغير المناخي العالمي أصبح اليوم أمرًا محتّمًا ولا مفر منه، وسيؤدي إلى تغيرات في الكون بأكمله، وحدوث كوارث طبيعية أكثر تأثيرًا؛ الأمر الذي يحتم علينا تغيير نمط حياتنا وإنتاجنا واستهلاكنا، وخاصة أن التحكم بحجم هذه التغيرات لا يزال في متناول أيدينا.

أظهرت الدراسات الحديثة المهمة بفهم المناخ والتنبؤ بالتغير المناخي أنه من خلال الدورة الهوائية العامة بالإمكان التنبؤ بمناخ المستقبل بواسطة النماذج العالمية، وهي عبارة عن نماذج رقمية تجمع بين التفاعل المادي على سطح الأرض وفي المحيط والجو والغلاف الجليدي، ومنها على سبيل الذكر نموذج الدوران العام للغلاف الجوي ((GCM General Circulation Model، والنماذج المناخية الإقليمية (Regional Climate Models (RCM؛ حيث إنها تعتبر كمدخلات في تحليل وتحديد قوة العلاقات بين العناصر المناخية المختلفة، ولذا تعد من أشهر النماذج التي تستخدم في إنشاء

قواعد البيانات العالمية وإعداد تقارير التغير المناخي على مستوى العالم (التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ، 2017، ص41).

اهتم العلماء لعقود عديدة بإمكانية تعديل مناخ الأرض من خلال تقليل بعض الأنشطة البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري والزراعة وإزالة الغابات، خلال القرن العشرين زادت درجة حرارة سطح الأرض بأكثر من نصف درجة مئوية، وكان عقد التسعينيات في المتوسط، العقد الأكثر سخونة خلال الألف عام ماضية (Othman,2022,P160 & Brebish).
أهمية الدراسة:

- 1 - تبرز أهمية الدراسة في تسليط الضوء على إحدى التقنيات الإحصائية التي تختص بالتنبؤ المستقبلي بالعناصر المناخية.
- 2 - تقييم مقدار التغير في درجة الحرارة العظمى في محطة إرصاد بنينا خلال القرن الحادي والعشرين بحسب السيناريوهات المطروحة.
- 3- دعم الدراسات عن مستقبل المناخ في ليبيا.

أهداف الدراسة:

- 1- تطبيق نموذج التحجيم الإحصائي (SDSM) لاشتقاق سلسلة بيانات لدرجة الحرارة المحلية لمحطة إرصاد بنينا.
- 2 - التعرف على السلوك المستقبلي لدرجة الحرارة العظمى في محطة بنينا اعتماداً على محاكاة لأهم النماذج العالمية الخاصة بالتنبؤ المستقبلي للمناخ وسيناريوهاته خلال الفترة 2019-2099.
- 3 - معرفة معدل التغير في درجة الحرارة العظمى خلال فترة الدراسة وبيان حجم تباينها الفصلي والسنوي.

مشكلاتها:

- 1 - هل هناك اتجاه لتغير المعدلات الشهرية والفصلية لدرجة الحرارة العظمى خلال فترات الدراسة مقارنة بفترة الأساس؟.
- 2 - ما هو السلوك الذي تتبعه الزيادة في درجة الحرارة في الفترة 2019-2099 وفق سيناريو A2a أو B2a؟.
- 3 - ما مقدار التباين في معدل درجة الحرارة العظمى في بنينا على المستوى الشهري والفصلي والسنوي؟

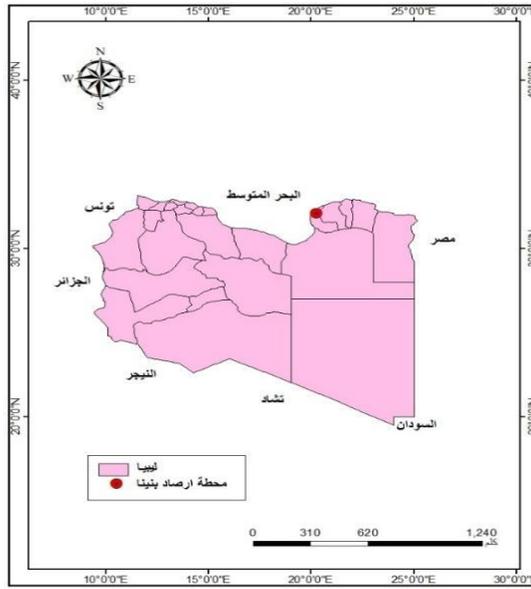
فرضياتها:

- 1 - هناك تغير في معدل درجات الحرارة العظمى نحو الارتفاع مقارنة بفترة الأساس حتى عام 2099.
- 2 - يتبع السلوك المستقبلي لدرجة الحرارة العظمى في محطة بنينا سيناريو A2a المتشائم أكثر من السيناريو B2a.
- 3 - تتباين المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجة الحرارة العظمى في محطة بنينا خلال فترات الدراسة (1961-2099).

حدودها:

تقع محطة بنينا بمدينة بنغازي، وتتبع المركز الوطني للإرصاد الجوية، تحمل الرقم الدولي 62053 والواقعة على دائرة عرض 32.091660° شمالاً وخط طول 20.246889° شرقاً، وعلى ارتفاع 129 متر فوق مستوى سطح البحر خلال الفترة 1980 – 2009 (عيسى، 2022، ص305)، كما في الخريطة (1).

الخريطة (1) منطقة الدراسة.



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

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي الإحصائي للمتوسطات اليومية لدرجة الحرارة لمحطة إرساد بنينا الصادرة عن المركز الوطني للإرصاد الجوية الليبية للفترة (1961-1990)، لاستخدامها في عمليات المحاكاة أو النمذجة المستقبلية للفترة (2010-2099)، باستخدام تقنية SDSM، وهي أداة تستخدم لدعم اتخاذ القرارات في التنبؤ المستقبلي لدرجات الحرارة معتمدة على سيناريوهات الانبعاثات لفهم تغير المناخ عبر الزمن خلال القرن الحادي والعشرين ((HadCM3 الصادرة عن مركز هادلي (The Hadley Center) التابع لمكتب الإرصاد الجوية بالمملكة المتحدة، ويتم تشغيل جوانب أدائه في محاكاة المناخ للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (T. C. JOHNSM, 2006, p13-27)، والذي يعد من أهم السيناريوهات في دراسة التغيرات المناخية ويقوم هذا السيناريو أساساً على تثبيت معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة التي سجلت عام 2000؛ حيث إن النظام المناخي وفق هذا السيناريو يتعرض لقدرة من التغير بناءً على التراكيز الحالية للعناصر المتنوعة

للغلاف الجوي، وفي مجال المناخ تستخدم السيناريوهات بسبب حالة عدم التأكد الكبيرة من التغيير على المستوى الإقليمي الذي يتمثل في (شبه قارة، منطقة أول بلدة) (خرقان، 2007، ص8). وتمثل سيناريوها (HadCM3) في:

السيناريو A2a: يصف هذا السيناريو عالماً متنوع جداً وغير متجانس شديد التباين يعتمد على الذات، بحيث تكون التنمية الاقتصادية موجهة إقليمياً وتختلف بحسب المناطق، يفترض أن هناك تباين 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، وبتغيير تقني أقل سرعة والأكثر تنوعاً (إبراهيم، 2018، ص22-23).

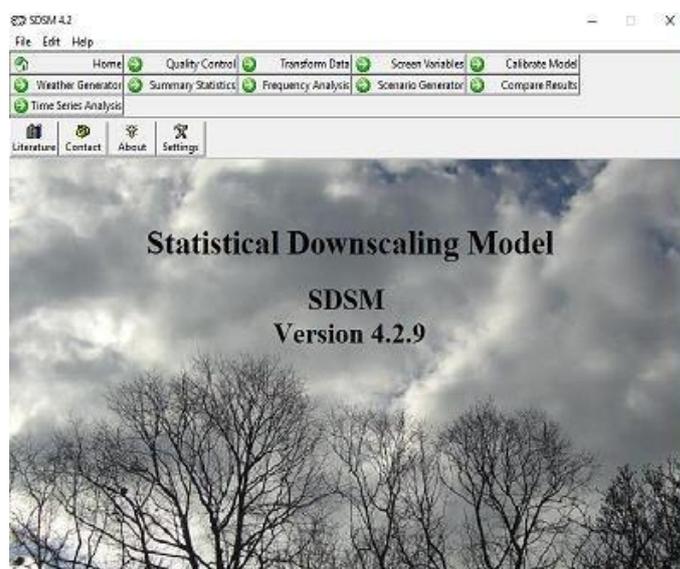
المبحث الأول

نموذج التصغير الإحصائي SDSM وطرق استعماله في التنبؤ بدرجات الحرارة.

تعد تقنية Model Downscaling Statistical (SDSM) إحدى التقنيات المعتمدة لدى الفريق الدولي المعني بتغيير المناخ IPCC - الصورة (1)، تستخدم هذه التقنية للتعامل مع بيانات العناصر المناخية المختلفة لتقييم تأثيرات تغيير المناخ الإقليمي ودعم اتخاذ القرارات المتعلقة بالتنبؤ المستقبلي لحالة المناخ والتغيرات المناخية وما ستكون عليه مستقبلاً، كذلك لتقييم الإحصاءات المحلية وتأثيراتها على تغيير المناخ، ويستخدم أيضاً من خلال هذا البرنامج سيناريوهات للمساعدة في تحديد متغيرات الطقس اليومية والشهرية والسنوية لحالة المناخ الحالية والمستقبلية (المليان، 2021، ص37)، وذلك بالاعتماد على محاكاة للنماذج العالمية، ومنها نموذج الدوران العام للغلاف الجوي ((Model Circulation General GCM والنماذج المناخية الإقليمية (RCM) Models Climate Regional كمدخلات في تحليل وتحديد قوة العلاقات بين العناصر المناخية المختلفة لتحديد أيهما أقوى تأثيراً على الإسقاطات المستقبلية لدرجة الحرارة لمحطة إرصاد بنينا، وتم الاعتماد على المتغيرات المؤثرة في المناخ بحسب نموذج GCM)) والتي ترتبط بدرجة الحرارة العظمى، كما هو مبين بالجدول (1).

يعد نموذج التصغير الإحصائي SDSM موثوق به لاشتقاق سلسلة بيانات لدرجة الحرارة من بيانات النماذج العالمية

لتمثيلها محلياً.



(Source: Wilby and Dawson (2007

جدول (1) متغيرات التنبؤ لسيناريوهات المناخ.

No	Predictor variables	predictor description	No	Predictor variables	predictor description
1	mslpaf	mean sea level pressure	14	p5zhaf	500hpa divergence
2	p_faf	surface air flow strength	15	p8_faf	850hpa air flow strength
3	p_uaf	surface zonal velocity	16	p8_uaf	hpa zonal velocity 850
4	p_vaf	Surface meridional velocity	17	p8_vaf	hpa meridional velocity850
5	p_zaf	surface vorticity	18	p8_zaf	850_hpa vorticity
6	p_thaf	surface wind direction	19	af850p	850 hpa geopotential height
7	p_zhaf	surface divergent	20	p8thaf	850hpa wind direction
8	p5_faf	hpa airflow strength500	21	p8zhaf	850hpa divergence
9	p5_uaf	hpa zonal velocity500	22	af500pr	Relative humidity at 500hpa
10	p5_vaf	hpa meridional velocity 500	23	af850pr	hpa850 Relative humidity at
11	p5_zaf	hpa vorticity500	24	rhumaf	Near surface relative humidity
12	af500p	hpa geopotential height500	25	shumaf	Surface specific humidity
13	P5thaf	hpa wind direction500	26	tempaf	Mean temperature at 2 meter

Source: Wilby and Dawson (2007) p. 17.

يتضمن البرنامج العمل على ست مراحل، تبدأ من التأكد من صحة البيانات من خلال أيقونة Quality Control إلى Statistics Summary وهي المرحلة الأخيرة التي تلخص البيانات التنبؤ إحصائياً (Wilby, 2007). وفيما يلي نذكر هذه المراحل بالترتيب:

1 - مراقبة جودة البيانات Control Quality Data

2 - فحص المتغيرات Variables Screen

3 - معايرة النموذج Model Calibrate

4 - توليد الطقس Weather Generation

5 - توليد السيناريو Generation Scenario

6 - التلخيص الإحصائي Statistics Summary

في المرحلة الأولى والتي تتضمن مرحلة مراقبة الجودة، يتم التحقق من البيانات اليومية لمعدلات درجات الحرارة في المحطة والتأكد من تطابقها مع القيم العددية لفترة الأساس (1961-1990) والتي تمثل 10957 يوماً، إضافة إلى ذلك يتم التحقق من القيم المفقودة وغير الكاملة ومعالجتها وكذلك ضبط القيم المتطرفة، أما في المرحلة الثانية فيتم فحص قوة متغيرات التوقع مثل الارتفاع على مستوى سطح البحر وقيم الضغط الجوي لاختلافها من حيث المكان والزمان، ومن خلالها يتم التعرف على قيمة الارتباط بين درجة الحرارة في محطة بنينا والمتغيرات الستة وعشرون المذكورة في الجدول (1).

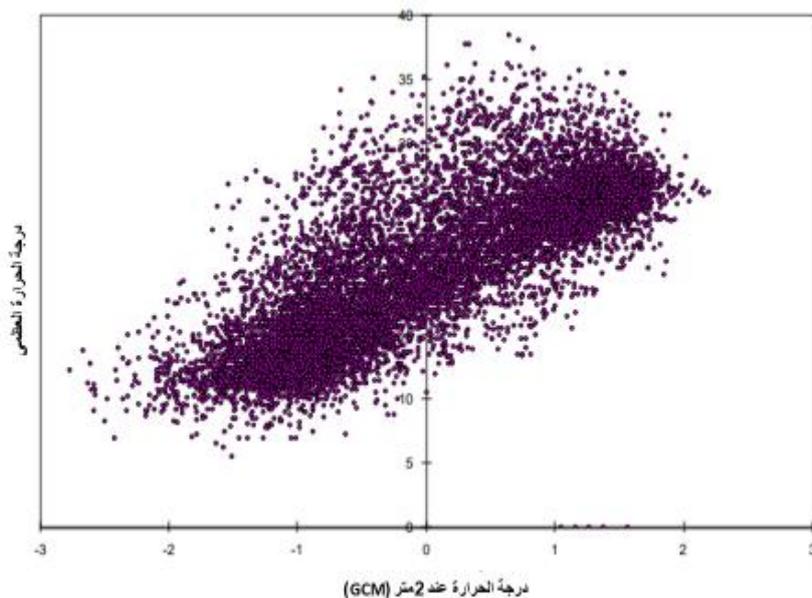
اتضح وجود ثمانية متغيرات من أصل 26 متغيراً لها علاقة ارتباط وثيق بمحاكاة درجة الحرارة لمحطة بنينا - الجدول (2)، سجلت العلاقة بين متوسط درجة الحرارة على ارتفاع 2 متر من مستوى سطح الأرض مع درجة الحرارة لمحطة بنينا أعلى قيمة ارتباط بلغت 0.818. كما هو مبين بالصورة (2).

جدول (2) يوضح المتغيرات الثمانية لنموذج (GCM) التي ترتبط بدرجة الحرارة في محطة إرساد بنينا

الارتباط	الرمز	المتغير	ترتيب
0.818	tempaf	Mean temperature at 2 meter	26
0.776	p500af	Surface specific humidity	25
0.728	shumaf	hpa geopotential height500	12
0.414	p_vaf	hpa geopotential850	19
0.159	p850af	surface divergence	7
0.076	p8_vaf	hpa divergence850	21
0.057	p_thaf	surface vorticity	5
0.21	P5thaf	hpa wind direction850	20

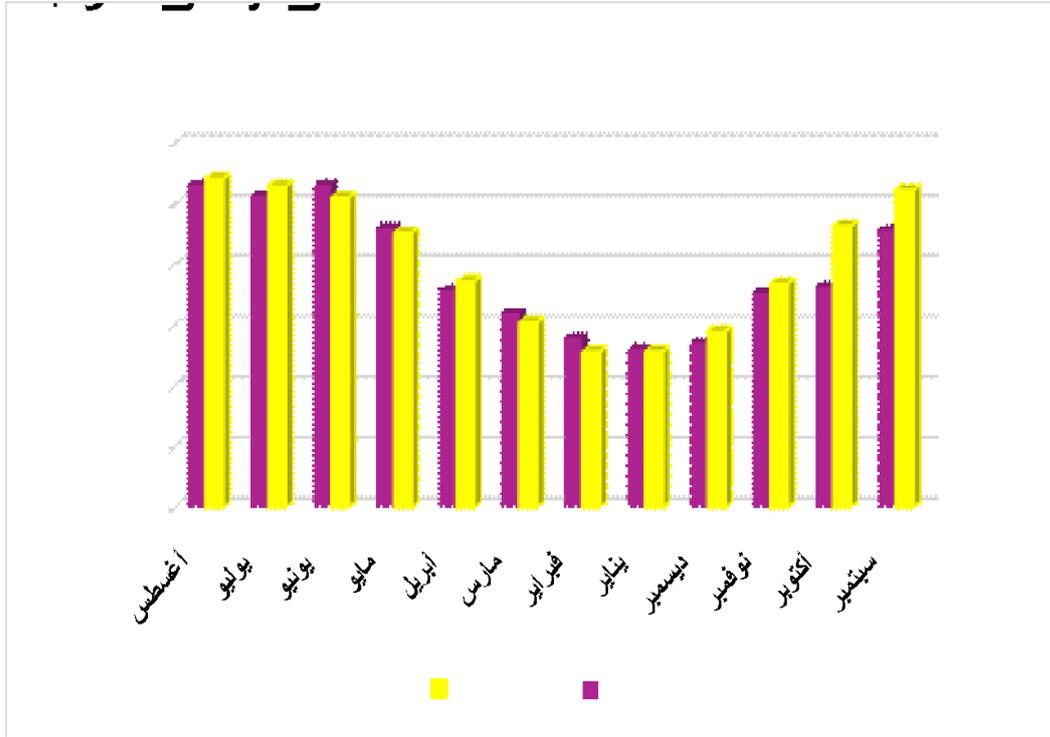
عمل الباحثان استناداً على: SDSM4.2.9.

الصورة (2) يوضح الارتباط بين درجة الحرارة العظمى لمحطة بنينا مع المتغير رقم 26.



عمل الباحثان استنادًا على: SDSM 4.2.9

في المرحلة الثالثة وقبل البدء في نمذجة درجة الحرارة المستقبلية لفترات الدراسة (2010-2039) و(2040-2069) و(2070-2099) لمحطة بنينا تمت معايرة نموذج المحاكاة من خلال مقارنة بيانات المحطة المرصودة خلال الفترة (1991-2009) الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية مع نتيجة عملية النمذجة بواسطة تقنية SDSM للفترة نفسها؛ حيث اتضح شبه تطابق للبيانات المسجلة في أغلب شهور السنة وباختلاف لا يتجاوز 0.5 لصالح السيناريو A2a، هو من يسجل القيمة الأقل في درجة الحرارة في بنينا، وهذا دليل على دقة النمذجة حتى لو كانت غير متطابقة في شهري (أبريل) إذ تجاوز الفارق أربع درجات مئوية، ومن ذلك نرجح عدم التطابق هذا إلى عدم الدقة في القياس أو قلة تسجيل البيانات في باقي الأشهر من قبل الراصدین في تلك المحطة واعتمادهم على تقديرات شخصية. الشكل (1).



الشكل (1) معايرة النموذج لدرجة الحرارة في محطة بنينا للفترة (1991-2009)

المصدر: عمل الباحثان استنادًا على بيانات الإرساد الجوية و SDSM4.2.9

المبحث الثاني

التغير في درجات الحرارة في محطة إرساد بنينا خلال الفترة (1961 – 2009م).

أولاً: التغير في درجات الحرارة الشهرية والسنوية وفق السيناريو H3A2a.

تظهر نتائج الجدول (3) مقارنة معدل درجة الحرارة العظمى لفترة الأساس (1961 – 1990م) بدرجة الحرارة العظمى خلال فترات النمذجة التي تمتد ما بين عامي 2009-2010 اعتماداً على السيناريو H3A2a، نجد هناك تغير واضح في المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى في محطة إرساد بنينا بمعدل 0.0 في الفترة الأولى، و0.3 في الفترة الثانية، وذروة الارتفاع في الفترة الثالثة بمعدل 1.9 درجة مئوية.

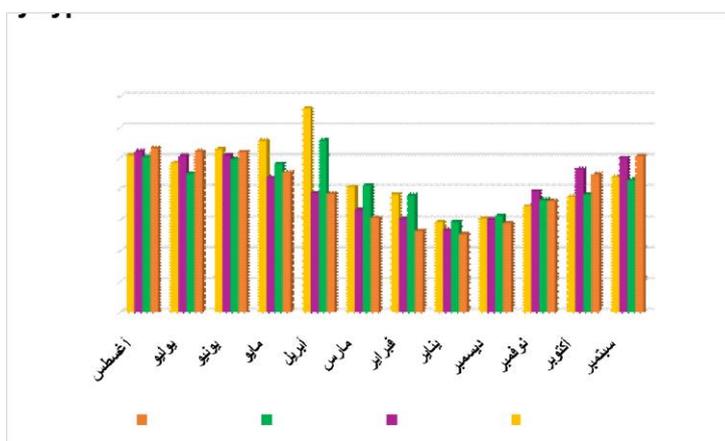
جدول (3) إسقاطات درجة الحرارة العظمى الشهرية والسنوية في محطة بنينا وفق سيناريو H3A2a.

2099 – 2070		2069 – 2040		2039 – 2010		المتوسط الشهري – 1961 1990	الشهور
فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري		
-3.4	21.9	-0.3	25.0	-3.9	21.5	25.3	سبتمبر
-3.6	18.7	0.8	23.2	-3.2	19.1	22.3	أكتوبر
-0.8	17.2	1.6	19.6	0.2	18.2	18.0	نوفمبر
0.7	15.2	0.6	15.1	1.2	15.7	14.4	ديسمبر
2.0	14.6	0.7	13.4	1.9	14.6	12.7	يناير
5.9	19.1	1.9	15.1	5.7	18.9	13.2	فبراير
4.9	20.3	1.3	16.6	5.2	20.5	15.4	مارس
13.8	33.0	0.1	19.4	8.6	27.8	19.2	أبريل
5.1	27.8	-0.9	21.8	1.3	24.0	22.7	مايو
0.4	26.4	-0.6	25.4	-1.2	24.8	26.0	يونيو
-1.9	24.2	-0.8	25.3	-3.6	22.5	26.1	يوليو
-1.1	25.4	-0.5	26.1	-1.4	25.2	26.6	أغسطس
1.8	22.0	0.3	20.5	0.9	21.1	20.2	المتوسط

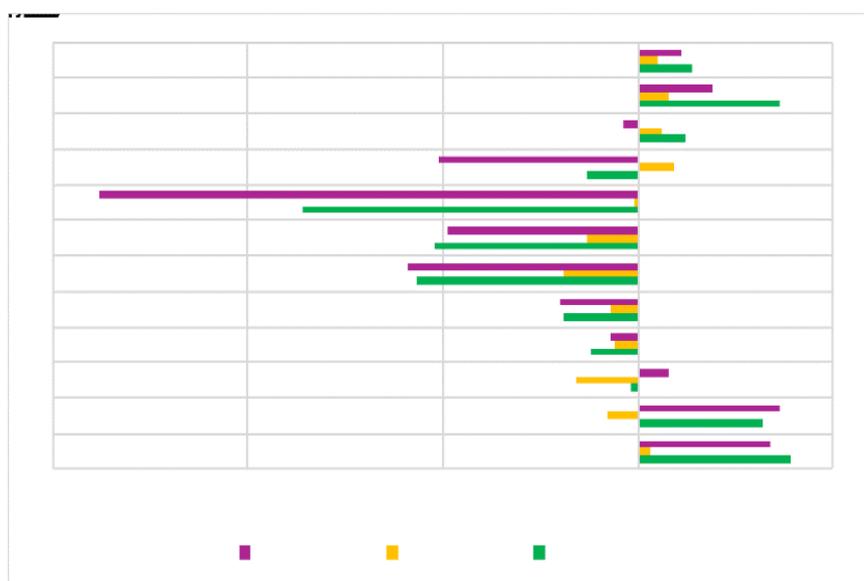
المصدر: عمل الباحثين اعتماداً على تقنية SDSM4.2.9.

ويشير الشكل (2) إلى المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة في محطة بنينا خلال فترات النمذجة الثلاثة واتجاهات تغيرها المستقبلي مقارنة بأشهر فترة الأساس وفقاً للسيناريو A2a؛ حيث تأخذ تلك المعدلات اتجاهاً نحو الزيادة في أشهر الشتاء والربيع من ديسمبر حتى مايو؛ إذ يمثل شهر أبريل ذروة الارتفاع بين الأشهر؛ حيث ترتفع درجة الحرارة فيه خلال الفترة الثالثة 2099-2070 بمقدار 13.8م تقريباً.

بينما تبين نتائج النمذجة أن هناك انخفاضاً عاماً عن المعدل لفترة الأساس في فصلي الخريف والصيف؛ إذ يبلغ الانخفاض لفصل الخريف إلى 3 درجات مئوية أما في فصل الصيف 0.6 – 3.6.



شكل (2) إسقاطات درجة الحرارة الشهرية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a.



عَمِلَ الباحثان استناداً على: SDSM4.2.9.

ثانياً: التغير في درجات الحرارة الشهرية والسنوية وفق السيناريو H3B2a.

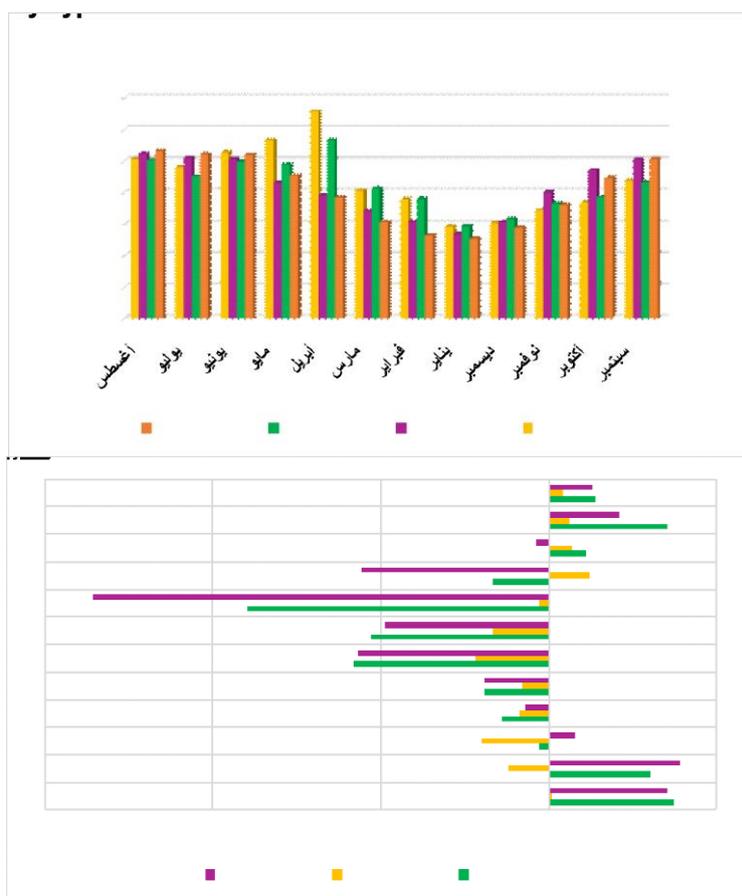
تشير نتائج نمذجة درجات الحرارة العظمى في محطة بنينا وفقاً للسيناريو H3B2a إلى أن معدلها السنوي سيأخذ اتجاهًا نحو الارتفاع وبصورة مشابهة للسيناريو السابق، وسيبلغ ذلك المعدل ذروته في الفترة (2070-2099)، وبتزايد مقدارها 1.8م عن معدلها السنوي في فترة الأساس (1961-1990)، كما هو موضح في الجدول (4).

جدول (4) إسقاطات درجة الحرارة الشهرية والسنوية في محطة بنينا وفق سيناريو H3B2a.

2099 – 2070		2069 – 2040		2039 – 2010		المتوسط الشهري - 1961 1990	الأشهر
فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري		
-3.5	21.9	-0.1	25.3	-3.7	21.6	25.3	سبتمبر
-3.9	18.5	1.2	23.6	-3.0	19.3	22.3	أكتوبر
-0.8	17.2	2.0	20.0	0.3	18.3	18.0	نوفمبر
0.7	15.2	0.9	15.3	1.4	15.8	14.4	ديسمبر
1.9	14.6	0.8	13.5	1.9	14.6	12.7	يناير
5.7	18.9	2.2	15.4	5.8	19.0	13.2	فبراير
4.9	20.3	1.7	17.0	5.3	20.7	15.4	مارس
13.6	32.9	0.3	19.6	9.0	28.2	19.2	أبريل
5.6	28.3	-1.2	21.5	1.7	24.4	22.7	مايو
0.4	26.4	-0.7	25.3	-1.1	24.9	26.0	يونيو
-2.1	24.0	-0.6	25.5	-3.5	22.6	26.1	يوليو
-1.3	25.3	-0.4	26.2	-3.5	25.1	26.6	أغسطس
1.8	21.9	0.5	20.7	1.1	21.2	20.2	المتوسط

عمل الباحثان استناداً على: SDSM4.2.9.

كما يشير الشكل (3) إلى نتائج نمذجة التغير في المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة في محطة أرصاد بنينا وفقاً للسيناريو H3B2a، ومطابقاً للسيناريو A2a، إذ يؤكد على أن الاتجاه نحو الارتفاع في فصلي الشتاء والربيع، وإلى أن الانخفاض يكون في فصلي الخريف والصيف.



شكل (3) إسقاطات درجة الحرارة الشهرية مع فارق التغير وفق سيناريو H3B2a.

عمل الباحثان استنادا على: SDSM4.2.9

ثانيا: التغير في درجات الحرارة الفصلية وفق السيناريو H3A2a, H3B2a:

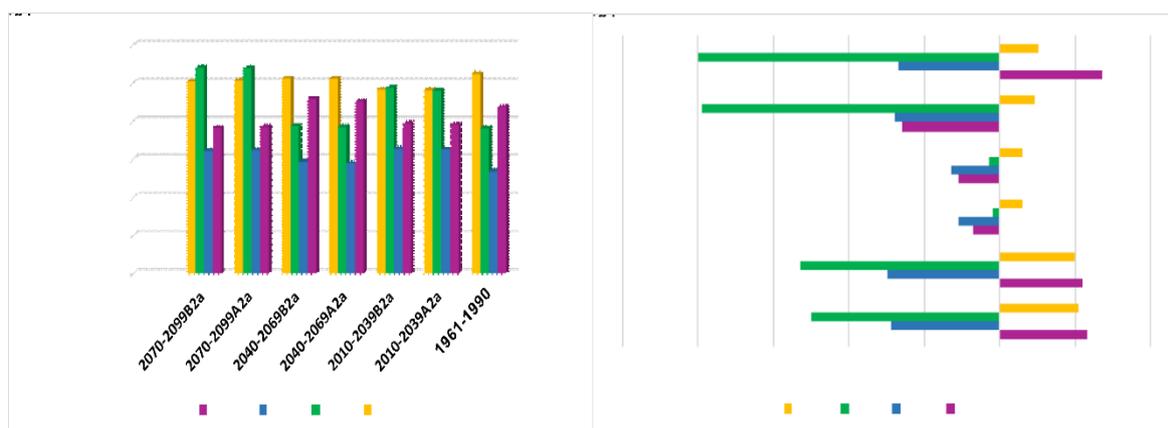
أثبتت نتائج الجدول (4) أن هناك ارتفاعاً ملحوظاً في معدل درجة الحرارة في فصلي الشتاء والربيع خلال فترة النمذجة الأولى (2010-2039) بمعدل زيادة 3م°، وفي الفترة الثانية (2040-2069) ترتفع بمعدل أقل عن الفترة الأولى بحوالي 1,3م°، أما في الفترة الثالثة (2073-2099)، يكون معدل الزيادة بمقدار 3م° مقارنة بفترة الأساس (1961-1990). أما فصل الربيع فقد دلّت النتائج على أنّ ارتفاع المعدل الفصلي لدرجة الحرارة في بنينا سيشكل ارتفاعاً ملحوظاً على المستوى الفصلي، حيث سيصل إلى معدل 5.3 في الفترة (2010-2039)، أما في الفترة الثانية يكون الارتفاع طفيفاً لا يتجاوز 0.3 مقارنة بفترة الأساس، ويكون الارتفاع على ذروته وبمعدل 8 درجات مئوية في الفترة الثالثة (2070-2099).

جدول (4) إسقاطات درجة الحرارة الفصلية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a/H3B2a.

2099- 2070				2069-2040				2039 – 2010				1990 – 1961	الفصل
الفارق	B2a	الفارق	A2a	الفارق	B2a	الفارق	A2a	الفارق	B2a	الفارق	A2a		
2.7-	19.2	2.6	19.3	1.1	23.0	0.7	22.6	2.2-	19.7	2.3-	19.6	21.9	الخريف
2.7	16.1	2.8	16.2	1.3	14.7	1.1	14.5	3.0	16.4	2.9	16.3	13.5	الشتاء
8.0	27.1	7.9	27.0	0.3	19.4	0.2	19.3	5.3	24.4	5.0	24.1	19.1	الربيع
1.0-	25.2	0.9-	25.3	0.6-	25.6	0.6-	25.6	2.0-	24.2	2.1-	24.1	26.2	الصيف

عمل الباحثان استنادا على: SDSM4.2.9.

أما في فصلي الخريف والصيف، فإن النتائج تشير إلى أن فصل الخريف تتجه فيه درجات الحرارة إلى الانخفاض بمعدل درجتين في الفترة الأولى والثالثة، وبمعدل درجة واحدة في الفترة الثانية، وفي فصل الصيف تتجه إلى الانخفاض عن معدلها مقارنة بفترة الأساس، فكان معدل الانخفاض في الفترة الأولى 2م°، وفي الفترة الثانية بمعدل 0.6م°، أما الفترة الثالثة فسيبلغ معدل الانخفاض 1م°، كما هو موضحاً في الشكل (6)، إذاً وبشكل عام تبين النتائج أن الفترة الأولى والثالثة في النمذجة تعدان فترات حرجة، بعكس الفترة الثانية التي لا تشبه في معدلها فترة الأساس، مما يشير إلى أن آثار التغير ستكون وخيمة على جميع الفترات.



الشكل (6) إسقاطات درجة الحرارة الفصلية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a/H3B2a.

عمل الباحثان استنادا على: SDSM4.2.9

النتائج:

1 - ترتبط درجة الحرارة في محطة إرصاد بنينا بثمانية عناصر من نموذج الدوران العام GCM، ظهر أن هناك ارتباطاً قوياً بين درجة الحرارة لمحطة إرصاد بنينا مع متغير درجة الحرارة عند 2 متر أحد مخرجات نموذج GCM إذ بلغت قيمة الارتباط 0.818.

2 - أظهرت المعايرة لقياس دقة البيانات المنمذجة بأن هناك تطابقاً بين البيانات المنمذجة بواسطة SDSM والسيناريو A2a مع البيانات المسجلة في أرشيف الأرصاد 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 مستقبلاً وبالتالي الاعتماد على نتائجها.

3 - إن درجة الحرارة في ارتفاع مستمر خلال الفترات المستقبلية الثلاث مقارنة بفترة الأساس. وهذا يتفق مع جميع سيناريوهات IPCC، ونجد أن معدل الزيادة في درجة الحرارة العظمى الشهرية والفصلية والسوية تتفق مع السيناريوهين A2a B2A. وهو ما ينذر بعدم قدرة دول العالم على السيطرة والتخفيف من الانبعاثات لغازات الدفيئة.

4 - ستشهد درجة الحرارة السنوية في محطة بنينا خلال الفترة الأولى للنمذجة (2010-2039) وفقاً للسيناريو H3A2a معدلاً يقدر 21.1م°، وبفارق 0.9 م° عن فترة الأساس. بينما سيرتفع في الفترة الثانية (2040-2069م) بمعدل 20.5 م°، وبفارق 0.3م° وهو ارتفاع طفيف مقارنة بفترة الأساس البالغ معدلها 20.2 م°، أما في الفترة الثالثة أظهرت النتائج أن الارتفاع سيكون في ذروته خلال الفترة من (2070-2099)، فسيبلغ معدل الحرارة 22م° ويزيادة تقدر 1.8 درجة مئوية عن معدلها في فترة الأساس (1961 - 1990).

5 - كما أظهرت النتائج أن مقدار الزيادة في المعدل الشهري لدرجة الحرارة في بنينا وفقاً للسيناريوهين H3A2a و H3B2a سيكون خلال أشهر الربيع والشتاء إذ يشكل شهر أبريل ذروة ارتفاع بفارق يقدر 8.6 في الفترة الأولى (2010-2039)، وبفارق 0.1 في الفترة (2040 - 2069)، وبفارق أعلى في الفترة (2070-2099) الذي سيبلغ 13.8 درجة مئوية.

6- أكدت نتائج النمذجة أن هناك اتجاهها عاما نحو الارتفاع في فصلي الشتاء والربيع بمعدل يتجاوز 2 درجة مئوية في فصل الشتاء، بينما يتراوح من 5-8 درجات في فصل الربيع. باتفاق السيناريوهين H3A2a و H3B2a. بينما أظهرت النتائج أن فصلي الخريف والصيف يشهدان انخفاضاً عن معدل الفترة المرجعية بمقدار يصل إلى 2.7 في الخريف وإلى 2 درجة مئوية في الصيف.

7- كما دلت النتائج على مؤشرات مهمة من حيث التغير إلى حدوث تقلب كبير في الفصول في الفترة الأولى والثالثة، وبالرغم من التغير الطفيف الذي سيحصل في الفترة الثانية، إلا أنها ستتأثر بالتغير الواضح الذي حصل في الفترة الأولى، لا سيما أن آثاره ستظهر على النباتات والمزروعات بشكل مباشر.

التوصيات:

- 1 - الزيادة الواضحة في درجات الحرارة خصوصاً في فصلي الشتاء والربيع تنذر بعدة مخاطر تنتج من تغير المناخ خلال السنوات القادمة، وليبيا من أكثر الدول عرضة لتلك المخاطر.
- 2 - يجب على صناع القرار اتخاذ التدابير اللازمة والعاجلة لمواجهة تلك المخاطر، كموجات الحر المدمرة والجفاف الذي يتزامن مع قلة المياه الجوفية في جميع المناطق على حد سواء، إضافة إلى امتداد التصحر وفقدان التربة خصوبتها وخصائصها التي سيكون لها الأثر الكبير على الأراضي الزراعية والمحاصيل. لذا يتوجب التوعية بتلك المخاطر وترشيد المياه للحد من الجفاف والتصحر.
- 3 - يجب على الحكومة أن تولي الأهمية الكبرى لدعم مشاريع البحث العلمي التي تتناول المجالات ذات الأولوية في هذا المجال والتي تهدف إلى تقديم نهج فريد في دراسة وتحليل تلك المخاطر.
- 4 - يجب التنويه إلى الاهتمام بعمليات طرق الرصد وتحسينها، وذلك بتوفير معدات وأجهزة القياس المتطورة، مع تنمية القدرات ورفع من كفاءة العاملين عليها، للحصول على بيانات مناخية دقيقة وصحيحة تدعم مشاريع البحث العلمي، لصياغة التوصيات العلمية والتي من خلالها تتخذ القرارات المستقبلية لصالح البلاد.

المراجع:

- 1 - محمد إبراهيم محمد شرف، جغرافية المناخ والبيئة، دار المعرفة الجامعية، ط1، 2001، الإسكندرية، مصر، ص270.
- 2 - إيڤ سياما، ترجمة زينب منعم، التغير المناخي، مشورات المجلة العربية، الرياض، 2015، ص30.
- 3 - التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2017، بيروت، لبنان، ص41.
- 4 - Moloud Ali Brebish, Asmahan Ali Othman, MODELING THE CHANGE IN MAXIMUM TEMPERATURE IN ZUWARA WEATHER STATION FOR THE PERIOD (1961-2099) USING SDSM TECHNIQUE, BULLETIN OF THE SERBIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY, May 01, 2022,p160.
- 5 - حافظ حافظ عيسى خير الله، التذبذب في معدلات الرطوبة النسبية واتجاهاتها بمحطة بنينا خلال الفترة 1980 - 2009، مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، العدد الثالث، 2022 ص305.
- 6 - T. C. JOHNSM and 3 others, The New Hadley Centre Climate Model (HadGEM1): Evaluation of Coupled Simulations.2006. P13-27.
- 7 - سعد الدين خرفان، تغير المناخ ومستقبل الطاقة المشاكل والحلول. بيروت، لبنان، 2007، ص8.

8 - عبد السلام أحمد محمد إبراهيم، نمذجة التغير في درجات الحرارة بمنطقة مصراته باستخدام تقنية (SDSM)، مجلة جامعة الزيتونة، العدد 28، ديسمبر 2018، تزهونة، ليبيا، ص 22-23.

9 - جمعة المليون، شرف الدين بن سعيد، عبد الرحمن الغافود، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة شحات للفترة 1961-2099 باستخدام تقنية SDSM، مجلة كلية الآداب، جامعة مصراته، العدد 17 يونيو 2021، ص 37.

10 - Wilby, R. L. and Dawson, C. W. (2007). SDSM 4.2 A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, Version 4.2 User Manual.