

نمذجة التغير في درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون باستخدام تقنية SDSM للفترة 1961 – 2009م

<https://doi.org/10.37375/jlgs.v5i1.3115>

د. العجيلية بشير أحمد بشير

أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا/ كلية التربية / جامعة الزاوية

al.basheer@zu.edu.ly

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى التنبؤ بفارق ونسبة التغير في درجة الحرارة الصغرى للفترة (2011-2009)، اعتماداً على بيانات درجة الحرارة الصغرى اليومية المرصودة بمحطة هون لفترة الأساس (1961-1990م)، بواسطة تقنية (SDSM) Statistical Downscaling Model وفقاً لسيناريوهات التغير المناخي (B2a) (A2a)، وهي سيناريوهات معتمدة لدى الفريق المعني بالتغير المناخي (IPCC) في تقرير عرف بـ SRES لسنة 2000م؛ لوضع توقعات للمناخ والبيئة، وتم تقسيم البيانات إلى ثلاث فترات مسقطلة (2011-2040م) (2041-2070م) (2071-2099م). أظهرت نتائج الدراسة أن هناك تبايناً في فارق ونسبة التغير في درجة الحرارة الصغرى، خلال فترات النمذجة (2011-2099م) من شهر لآخر، ومن فترة لأخرى، ومن سيناريو لآخر بالنسبة لفترة الأساس. الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، درجة الحرارة الصغرى، سيناريوهات المناخ، نموذج التصغير الإحصائي (SDSM).

Modeling Changes In Minimum Temperature For Hun Station Using SDSM Technique For The Period 1961-2099

Dr. Alajiliyah Basheer Ahmed Basheer

Assistant Professor in Department of Geography

Faculty of Education, University of Zawia

al.basheer@zu.edu.ly

Abstract:

The study aims to predict the difference and percentage of change in the minimum temperature for the period (2011-2099) based on the daily minimum temperature data observed at the Hun station for the base period (1961-1990 AD) using the Statistical Downscaling Model (SDSM) technique according to the climate change scenarios (B2a) (A2a), which are scenarios approved by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in a report known as SRES for the year 2000 AD to make climate and environmental forecasts. The data were divided into three projected periods (2011-2040 AD) (2041-2070 AD) (2071-2099 AD).

The results of the study showed that there is a variation in the difference and percentage of change in the minimum temperature during the modeling periods (2011-2099 AD) from one month to another, from one period to another, and from one scenario to another with respect to the base period.

Keywords: Climate change, Minimum temperature, Climate scenarios, Statistical Minimization Model (SDSM).

مقدمة:

بدأ الاهتمام العلمي بدراسة التغير المناخي على مستوى العالم بشكل حقيقي منذ بداية القرن التاسع عشر، وازداد الاهتمام كثيراً خلال الثمانينيات من القرن العشرين، وقضية تغير المناخ العالمي كأكثر المعوقات أمام تحقيق التنمية المستدامة، وظهور آثارها السلبية على الإنسان والبيئة.

إذ أكد تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، إلا أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض قد ازداد خلال القرن العشرين بنحو 0.60 مئوية، وهذه التغيرات يمكن أن يسببها النشاط البركاني للأرض، أو بسبب التغير في شدة أشعة الشمس أو سقوط النيازك الكبير، ويرجع السبب الرئيس للأنشطة البشرية (ipcc، 2013، ص14)، وأدت هذه التغيرات إلى حدوث الكثير من المخاطر البيئية، مثل: تقلص حجم طبقة الأوزون، وفقدان التنوع الحيوي، وانتشار الأمراض، وارتفاع معدل الوفيات، وتلوث المياه، وانخفاض الإمدادات الغذائية والزراعية، وارتفاع مستويات البحر، والفيضانات.

وأظهرت الدراسات الحديثة المهتمة بالتغير المناخي أنه من خلال نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي بالإمكان التنبؤ بمناخ المستقبل بواسطة نماذج عالمية، وهي عبارة عن نماذج رقمية تجمع بين التفاعل المادي على سطح الأرض، وفي المحيط، والجو، والغلاف الجليدي، ومن بينها نموذج الدوران العام (Generral Circulation Model) (GCM) والنماذج المناخية الإقليمية (Regional Climate Models)، حيث أنها تعد مدخلات في تحليل وتحديد قوة إنشاء قواعد البيانات العالمية، وإعداد تقارير التغير المناخي على مستوى العالم (التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ، 2017م).

وفي هذه الدراسة سيتم الاعتماد على هذه النماذج؛ لمعرفة تغير درجة الحرارة الشهرية بمنطقة الدراسة.

أولاً: مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في الإجابة على السؤالين الآتيين:

- 1- هل لتقنية التصغير الاحصائي (SDSM) قدرة عالية في التنبؤ بمناخ المستقبل؟
- 2- هل هناك تباين في فارق ونسبة التغير لدرجة الحرارة الصغرى في محطة هون من شهر لآخر ومن فترة لآخرى ومن سيناريو لآخر خلال الفترة من (2011-2009م)، مقارنة

بفترة الأساس (1961-1990م) ؟

ثانياً: أهدافها:

تهدف الدراسة إلى تحقيق الآتي:

1-التعريف بنموذج التصغير الإحصائي (SDSM)، وطريقة استعماله في اشتقاق التنبؤات المستقبلية لدرجة الحرارة الصغرى لمحطة هون خلال الفترة (2011-2009م).

2-معرفة معدل فارق ونسبة التغير في المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى في محطة هون وفق سيناريو B2a ، A2a ، في فترات الدراسة مقارنة بفترة الأساس.

ثالثاً: أهميتها:

تكمن أهمية الدراسة في استخدام واحدة من أهم التقنيات الإحصائية مختصة للتنبؤ بالمتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى في محطة هون للفترة من (2011-2009م) مقارنة بفترة الأساس (1961-1990م)، وفقاً للسيناريوهات المطروحة من قبل المنظمة الحكومية المعنية بالتغير المناخي، بالإضافة إلى الاعتماد على نتائجها في تقديم مقترحات للاستفادة منها من قبل الجهات المختصة في عملية التنمية المستدامة بالمنطقة.

رابعاً: فرضياتها:

- لتقنية التصغير الإحصائي (SDSM) قدرة عالية في اشتقاق التنبؤات المستقبلية لدرجة الحرارة الصغرى لمحطة هون خلال الفترة من (2011-2009م).

- هناك تباين في فارق ونسبة التغير في المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى من شهر لآخر ومن فترة لأخرى ومن سيناريو لآخر، خلال الفترة من (2011-2009م) بالنسبة لفترة الأساس (1961-1990م).

خامساً: حدودها:

1- الحدود المكانية:

تقع مدينة هون في وسط ليبيا بمنطقة الجفرة، إلى الجنوب من خليج سرت المطل على البحر الأبيض المتوسط، وإلى الجنوب الشرقي من العاصمة طرابلس، وتبعد عنها حوالي 550 كم، أما فلكياً فتقع على خط طول 07. 29° شرقاً، ودائرة عرض 57. 15° شمالاً شكل (1).

2- الحدود الزمانية: تتمثل في المدة من (1961-2009م).

شكل (1) موقع منطقة الدراسة.



المصدر: اعتماداً على (الاطلس الوطني للجماهيرية العربية الليبية، 1978م، ص25).

سادساً:- الدراسات السابقة:

- دراسة (إبراهيم، 2015) درس فيها التغيرات المستقبلية في إحداث درجة الحرارة العظمى باستخدام نموذج تصغير الحجم في منطقة زيتن، خلال الفترة (2011- 2099م) لسيناريوهات (HadcM3B2a, HabcMBA2)، أظهرت الدراسة أن درجة الحرارة العظمى والصغرى في ازدياد مستمر خاصة للفترات (2041-2070م) (2071-2099) وأن الزيادة في سيناريو (A2) أكثر من الزيادة في سيناريو (B2)، إذ بلغت على التوالي 2.6°، 1.2° مئوية في سيناريو (A2) وعلى التوالي 0.1 و 0.6 مئوية في السيناريو (A2).

- دراسة (عثمان، 2019) هدفت الدراسة إلى التنبؤ بدرجات الحرارة العظمى المستقبلية لخط زواة للفترة (1961- 2050م) باستخدام تقنية (SDSM)، وأظهرت النتائج اتجاهات التغير في درجة الحرارة العظمى السنوية والفصلية نحو الزيادة مقارنة الفترتين

الأخيرتين بالفترة الأولى، وعند مستوى دلالة احصائية أقل من 0.05. دراسة (سليم، 2020م) استعرض فيها أثر التغير المناخي على المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى لأشهر الشتاء في منطقة مصراتة، وتوصلت نتائج الدراسة إلى اتجاهات الزيادة في معدلات الشهرية للدرجة الصغرى في فصل الشتاء في منطقة مصراتة عند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05.

- دراسة (عثمان، 2022م) هدفت إلى التنبؤ بدرجات الحرارة العظمى للفترة (2010-2099م)، وبيان حجم تغيرها الفصلي والسنوي بالاعتماد على درجة الحرارة المرصودة بمحطة مطار طرابلس لفترة الأساس (1961-1990م) بواسطة تقنية (SDSM)، وتوصلت الدراسة إلى أن اتجاهات التغير في درجة الحرارة العظمى السنوية والفصلية نحو الزيادة، مقارنة بفترة الأساس، وعند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05.

- دراسة (ساسى، 2024م) تناول فيها تقييم أثر التغير المناخي على درجة الحرارة بمحطة مصراتة للفترة من 1990-2099م، بواسطة تقنية (SDSM)، أوضح بقاء درجات الحرارة في قيم متقاربة مع فترة الأساس مع وجود مؤشرات نحو الانخفاض في الفترة 2069-2099م وفقاً للسيناريو، في حين سجلت اتجاه نحو الانخفاض للفترة الثلاث وفقاً للسيناريو.

سابعاً: منهجيتها:

اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي الإحصائي للبيانات اليومية لدرجة الحرارة الصغرى لمحطة هون الصادرة عن المركز الوطني للإرصاد الجوية للفترة من (1961-1990م) كفترة أساس لاستخدامها في عمليات المحاكاة أو النمذجة المستقبلية للفترة من (2011-2099م)، إذ تم تقسيمها إلى ثلاث فترات (2011-2040م)، (2041-2070م)، (2071-2099م) باستخدام تقنية التصغير الإحصائي (SDSM) (*). تستخدم هذه التقنية للتعامل مع بيانات العناصر المناخية لتقييم تأثيرات تغير المناخ الإقليمي؛ ولدعم اتخاذ القرارات في التنبؤ المستقبلي لحالة المناخ والتغيرات المناخية وما يترتب عليه مستقبلاً، كذلك لتقييم الإحصاءات المحلية وتأثيراتها على تغير المناخ اعتماداً على سيناريوهات النمذجة

(* تصغير الحجم هو عملية إضافة معلومات عالية الدقة إلى اسقاطات واسعة النطاق، وتوجد طريقتان رئيسيتان للتخفيض، هما: إحصائي ودنمائي، يمكن دمجها لإنتاج تقنية ديناميكية إحصائية ثالثة.

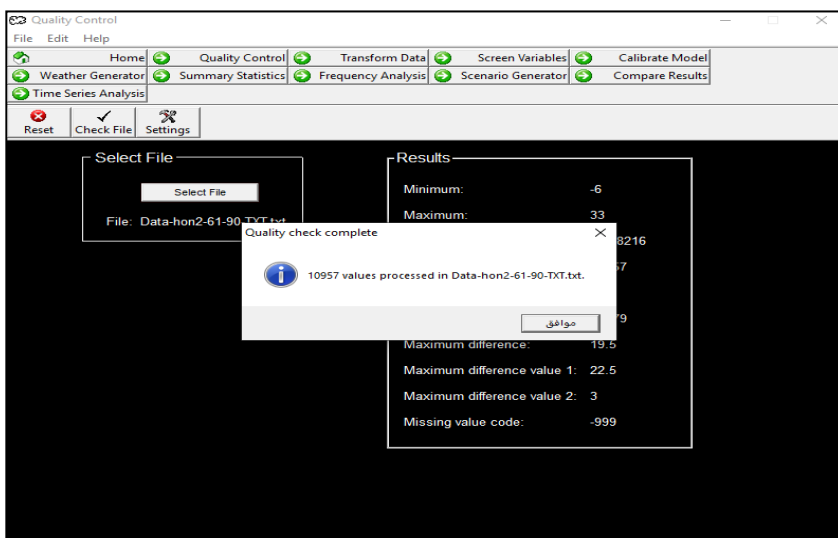
نمذجة التغير في درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون
باستخدام تقنية SDSM للفترة 1961 – 2099م

المستقبلية الصادرة من مركز هادلي the Hadley center (Hadcm3) التابع لمكتب الأرصاد الجوية بالمملكة المتحدة (المليان، 2021م، ص37)، وهي: سيناريو (A2C): يصف عالماً متنوعاً وغير متجانس، يفترض أن هناك زيادة مستمرة في الكثافة السكانية في مناطق متقاربة من بعضها، أما التنمية الاقتصادية فهي إقليمية التوجه، وتغير تكنولوجي أكثر تفككاً وأبطأ من السيناريوهات الأخرى. سيناريو (B2a): يصف عالماً يجد الحلول المحلية لمشكلاته ويأخذ في حسبانته استدامة البيئة الاجتماعية والاقتصادية، وهو يفترض أن هناك زيادة مستمرة في عدد السكان، ولكن بوتيرة أقل من السيناريو، وبمعدل متوسط من التنمية الاقتصادية، وتغير تكنولوجي أقل سرعة والأكثر تنوعاً (إبراهيم، 2018، ص22-23).

ولتطبيق نموذج التصغير الإحصائي تم اتباع عدة مراحل، وهي:

المرحلة الأولى: مراقبة جودة البيانات (date quality control)، في هذه المرحلة يتم إدخال البيانات اليومية لدرجة الحرارة والتأكد من صحتها بحيث يكون عددها 10957 يوماً، وأكبر وأصغر قيمة، إضافة إلى ذلك يتم التحقق من القيم المفقودة ومعالجتها إن وجدت شكل(2).

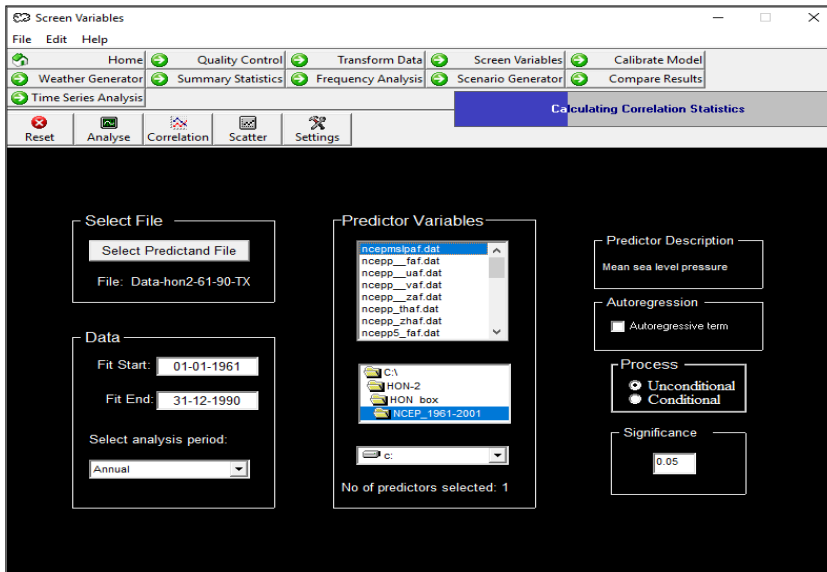
شكل (2) التحقق من صحة البيانات.



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على: SDSM4.2.9

المرحلة الثانية: فحص المتغيرات (screen variables) يتم فيها التعرف على قيمة الارتباط بين درجة الحرارة الصغرى والمتغيرات المؤثرة وهي 26 متغيراً في النموذج (GCM) كل متغير على حده شكل (3) جدول (1) ، ثم نختار أقوى ثمانية متغيرات والجدول (2) يوضح ذلك

شكل (3) فحص المتغيرات.



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على: SDSM4.2.9

إن أقوى ارتباط بدرجة الحرارة تمثل في المتغير (26)، وهو درجة الحرارة على ارتفاع 2متر، إذ سجل نحو (0.925)، في حين سجل المتغير (1) المتمثل في ضغط مستوى سطح البحر أدنى قيمة ارتباط نحو (-0.562) من المتغيرات الثمانية التي تم اختيارها، جدول (1) (2)، والشكلين (4) (5).

نمذجة التغير في درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون
 باستخدام تقنية SDSM للفترة 1961 – 2009م

جدول (1) متغيرات التنبؤ بدرجة الحرارة الصغرى.

الترتيب	المتغيرات	قيمة الارتباط	ترجمة المتغيرات
1	Mean sea level pressure	-0.562	ضغط مستوى سطح البحر
2	Surface airflow strength	0.099	قوة تدفق الهواء السطحي
3	Surface zonal velocity	-0.433	سرعة المنطقة السطحية
4	Surface meridional velocity	-0.028	سرعة سطح الأرض
5	Surface vorticity	0.078	دوامة السطح
6	Surface wind direction	0.298	اتجاه الرياح السطحية
7	Surface divergence	0.018	تباعد السطح
8	500 hPa airflow strength	-0.502	قوة تدفق الهواء
9	500 hPa zonal velocity	-0.473	سرعة المنطقة
10	500 hPa meridional velocity	0.028	السرعة الدنيا
11	500 hPa meridional velocity	-0.342	الدوامة
12	500 hPa geopotential height	0.789	ارتفاع جغرافي
13	500 hPa wind direction	0.202	اتجاه الرياح
14	500 hPa divergence	-0.023	تشعب
15	850 hPa airflow strength	-0.307	قوة تدفق الهواء
16	850 hPa zonal velocity	-0.375	سرعة المنطقة
17	850 hPa meridional velocity	0.055	سرعة الزوال
18	850 hPa vorticity	-0.105	الدوامة
19	850 hPa geopotential height	0.241	ارتفاع جغرافي
20	850 hPa wind direction	0.16	اتجاه الرياح
21	850 hPa divergence	-0.045	تشعب
22	Relative humidity at 500 hPa	0.004	الرطوبة النسبية
23	Relative humidity at 850 hPa	-0.48	الرطوبة النسبية
24	Near surface relative humidity	-0.335	الرطوبة النسبية القريبة من السطح
25	Near surface relative humidity	0.658	الرطوبة الخاصة بالسطح
26	Mean temperature at 2m	0.926	متوسط درجة الحرارة عند 2 متراً

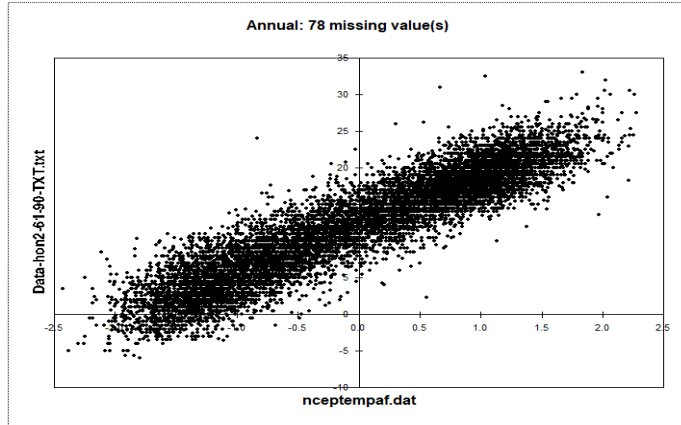
المصدر: بيانات المركز الوطني طرابلس، ليبيا للفترة (1961-1990م)، وبرنامج SDSM.4.2.9

جدول (2) أقوى ثمانية متغيرات ترتبط بدرجة الحرارة الصغرى بمحطة هون.

الترتيب	المتغير	قيمة الارتباط	ترجمة المتغيرات
2	Surface airflow strength	0.099	قوة تدفق الهواء السطحي
6	Surface wind direction	0.298	اتجاه الرياح السطحية
12	500 hPa geopotential height	0.789	ارتفاع جغرافي
13	500 hPa wind direction	0.202	اتجاه الرياح
19	850 hPa geopotential height	0.241	ارتفاع جغرافي
20	850 hPa wind direction	0.16	اتجاه الرياح
25	Near surface relative humidity	0.658	الرطوبة الخاصة بالسطح
26	Mean temperature at 2m	0.926	متوسط درجة الحرارة عند 2 متراً

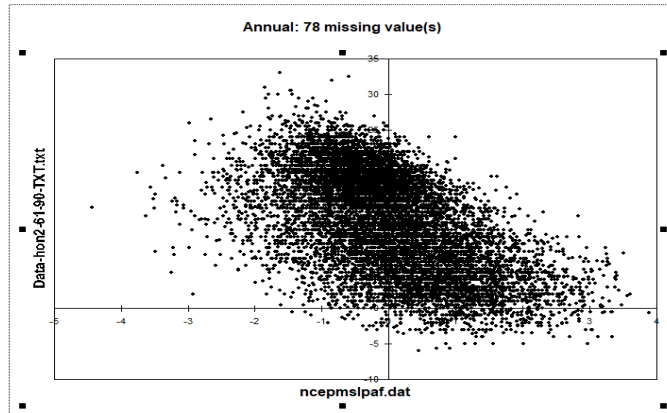
المصدر: بيانات المركز الوطني لطرابلس، ليبيا للفترة (1961-1990م)، وبرنامج SDSM4.2.9.

شكل (4) الارتباط بين درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون والمتغير 26.



المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية لطرابلس، ليبيا، وبرنامج SDSM.4.2.9.

شكل (5) الارتباط بين درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون والمتغير 1.

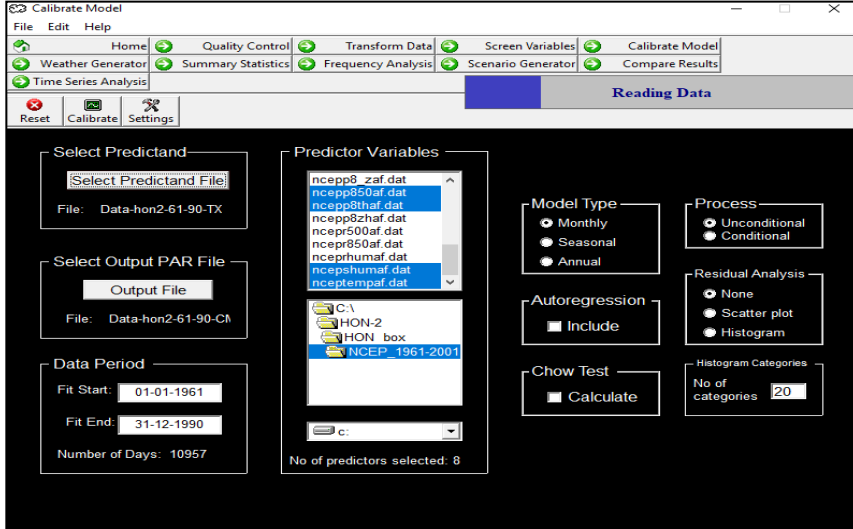


المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية لطرابلس، ليبيا، وبرنامج SDSM4.2.9.

نمذجة التغير في درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون
باستخدام تقنية SDSM للفترة 1961 – 2099م

المرحلة الثالثة: معايرة النموذج (calibrate model)، وتعتمد على دراسة علاقة الانحدار بين درجة الحرارة الصغرى وبيانات العناصر الثمانية من نموذج (GCM) لتتحصل شكل (6). SIM & PAR. من خلالها على بيانات .

شكل (6) علاقة الانحدار بين درجة الحرارة الصغرى وبيانات العناصر الثمانية.



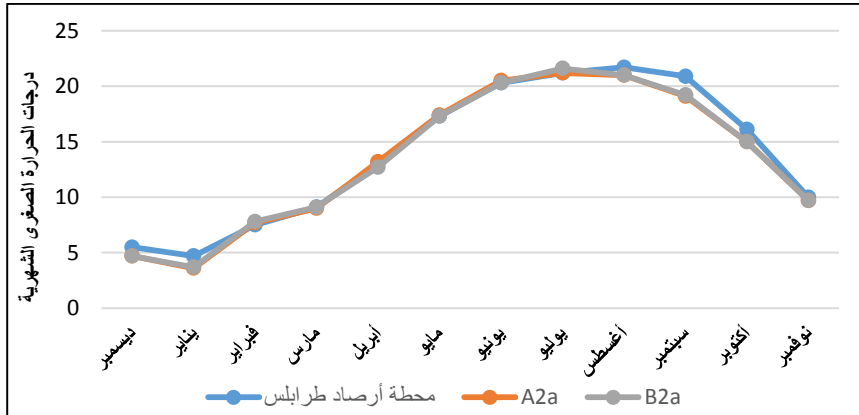
المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على: SDSM4.2.9

المرحلة الرابعة: توليد السيناريوهات (Scenario Generator)، يتم من خلالها محاكاة المتغيرات الثمانية التي تم تحديدها في المرحلة الثانية، بواسطة السيناريوهات (A2a & B2a)، وفقًا للفترة المستقبلية (2010-2099).

المرحلة الخامسة: التلخيص الإحصائي (summary statistics)، بسبب الكم الهائل من البيانات الناتجة من النمذجة المستقبلية الإحصائية في (المرحلة السابقة)، الأمر الذي يتطلب تلخيصها في شكل متوسطات شهرية لكل سنة.

عند إجراء المقارنة بين البيانات المنمذجة بواسطة تقنية (sdsM) للفترة (1991-2010م) والبيانات الحقيقية المرصودة من المركز الوطني للإرصاد الجوية للفترة نفسها اتضح أن هناك تطابق في البيانات، وهذا أن دل على شيء إنما يدل على صحة البيانات المنمذجة، والبيانات المرصودة شكل (7).

شكل (7) مقارنة متوسطات درجة الحرارة الشهرية المدمجة لمحطة هون مع البيانات المرصودة من المركز الوطني للإرصاد الجوية للفترة (1991-2010م).



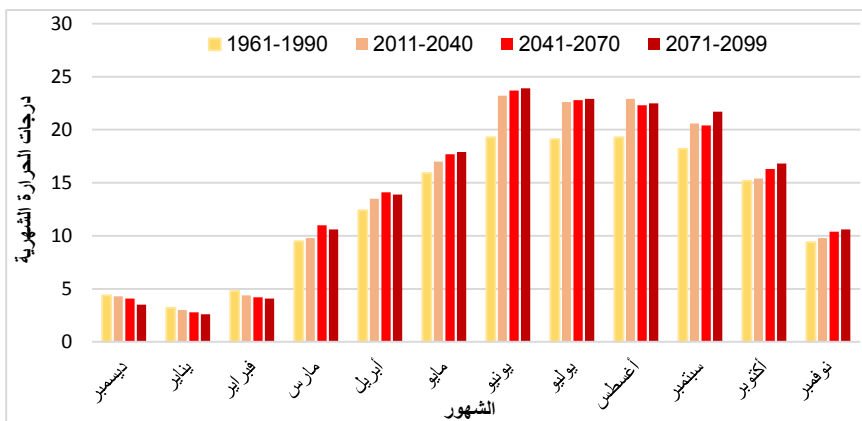
المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2.

النتائج والمناقشة:

وفقاً للسيناريو (A2a): إن المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة الصغرى أخذت في الارتفاع خلال فترات النمذجة (2011-2099م) مقارنة بفترة الأساس (1961-1990م) ما عدا أشهر الشتاء (ديسمبر، يناير، فبراير)؛ وذلك لتعرض المنطقة للكتل الهوائية الباردة التي ترتبط بالمنخفضات الشتوية، خلال أشهر الشتاء جدول (3) والشكل (8).

شكل (8) التنبؤات المستقبلية درجة الحرارة الصغرى الشهرية في محطة هون

وفقاً لسيناريو H3A2a.



المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2.

نمذجة التغير في درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون
باستخدام تقنية SDSM للفترة 1961 – 2099م

جدول (3) التنبؤات المستقبلية لدرجة الحرارة الصغرى الشهرية
مع معدل فارق التغير في محطة هون وفقاً لسيناريو H3A2a.

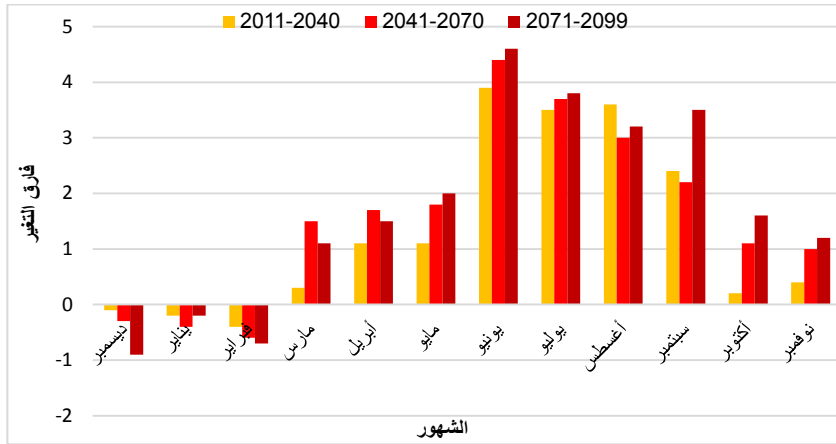
الفترة الشهور	1990-1961		2040-2011		2070-2041		2099-2071	
	المتوسط الشهري 1961-1990	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري
ديسمبر	4.4	4.3	-0.1	4.1	-0.3	3.5	-0.9	
يناير	3.2	3.0	-0.2	2.8	-0.4	3.0	-0.2	
فبراير	4.8	4.4	-0.4	4.2	-0.6	4.1	-0.7	
مارس	9.5	9.8	0.3	11.0	1.5	10.6	1.1	
أبريل	12.4	13.5	1.1	14.1	1.7	13.9	1.5	
مايو	15.9	17.0	1.1	17.7	1.8	17.9	2.0	
يونيو	19.3	23.2	3.9	23.7	4.4	23.9	4.6	
يوليو	19.1	22.6	3.5	22.8	3.7	22.9	3.8	
أغسطس	19.3	22.9	3.6	22.3	3.0	22.5	3.2	
سبتمبر	18.2	20.6	2.4	20.4	2.2	21.7	3.5	
أكتوبر	15.2	15.4	0.2	16.3	1.1	16.8	1.6	
نوفمبر	9.4	9.8	0.4	10.4	1.0	10.6	1.2	

المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2

يتضح من خلال الجدول (3)، (4) والشكل (9) (10) إن شهر يونيو سيشهد أعلى الشهور ارتفاعاً في درجة الحرارة الصغرى في كل الفترات، بفارق تغير مقداره 3.9°، 4.4°، 4.6° مئوية في الفترة الأولى والثانية والثالثة على الترتيب مقارنة بفترة الأساس ونسبة تغير قدرها 20.2%، 22.8%، 23.8% لكل الفترات على الترتيب، بينما سيصل أدنى ارتفاع له في شهر أكتوبر في الفترات الثلاث بفارق تغير مقداره 0.2°، 1.1°، 1.6° مئوية، ونسبة تغير مقدارها 1.3%، 7.2%، 10.50% لكل الفترات على الترتيب. بينما التغير نحو الانخفاض سيصل أعلاه في شهر ديسمبر في الفترة الثالثة بفارق قدره -0.9° مئوية أي ما نسبته 20.5%، أما في الفترة الأولى والثانية سيصل أعلاها في شهر، فبراير بفارق قدره -0.4°، -0.6° مئوية أي ما نسبته 8.3%، 12.5% في كلا الفترتين على الترتيب، في حين سيصل أدنى انخفاض له في شهر ديسمبر في الفترتين الأولى والثانية بفارق مقداره 0.1° - 0.3° مئوية أي ما نسبته 2.3% / 6.8%

على الترتيب، أما الفترة الثالثة فسيصل أدناه في شهر يناير بفارق مقداره 0.2° - مئوية، ونسبة تغيير مقدارها 6.3% .

شكل (9) معدل فارق التغير في درجة الحرارة الصغرى الشهرية في محطة هون وفقاً لسيناريو H3A2a.



المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2.

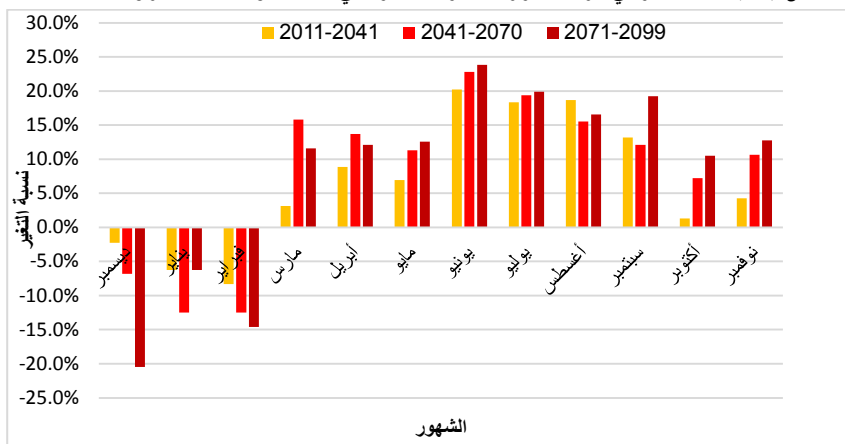
جدول (4) التنبؤات المستقبلية درجة الحرارة الصغرى الشهرية مع نسبة التغير في محطة هون وفقاً لسيناريو H3A2a .

2099-2071		2070-2041		2040-2011		1961-1990	الشهور
نسبة التغير %	المتوسط الشهري	نسبة التغير %	المتوسط الشهري	نسبة التغير %	المتوسط الشهري	المتوسط الشهري	
-20.5	3.5	-6.8	4.1	-2.3	4.3	4.4	ديسمبر
-6.3	3.0	-12.5	2.8	-6.3	3.0	3.2	يناير
-14.6	4.1	-12.5	4.2	-8.3	4.4	4.8	فبراير
11.6	10.6	15.8	11.0	3.2	9.8	9.5	مارس
12.1	13.9	13.7	14.1	8.9	13.5	12.4	أبريل
12.6	17.9	11.3	17.7	6.9	17.0	15.9	مايو
23.8	23.9	22.8	23.7	20.2	23.2	19.3	يونيو
19.9	22.9	19.4	22.8	18.3	22.6	19.1	يوليو
16.6	22.5	15.5	22.3	18.7	22.9	19.3	أغسطس
19.2	21.7	12.1	20.4	13.2	20.6	18.2	سبتمبر
10.5	16.8	7.2	16.3	1.3	15.4	15.2	أكتوبر
12.8	10.6	10.6	10.4	4.3	9.8	9.4	نوفمبر

المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2.

نمذجة التغير في درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون
 باستخدام تقنية SDSM للفترة 1961 – 2099م

شكل (10) نسبة التغير في درجة الحرارة الصغرى الشهرية في محطة هون وفقاً لسيناريو H3A2a



المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2.

التغير في درجة الحرارة الصغرى وفقاً للسيناريو (B2a)، وتشير نتائج السيناريو (B2a) إلى وجود شبه تطابق في الشهور التي تشهد تغيراً موجباً، وتلك التي تشهد تغيراً سالباً جدول (5) والشكل (11)

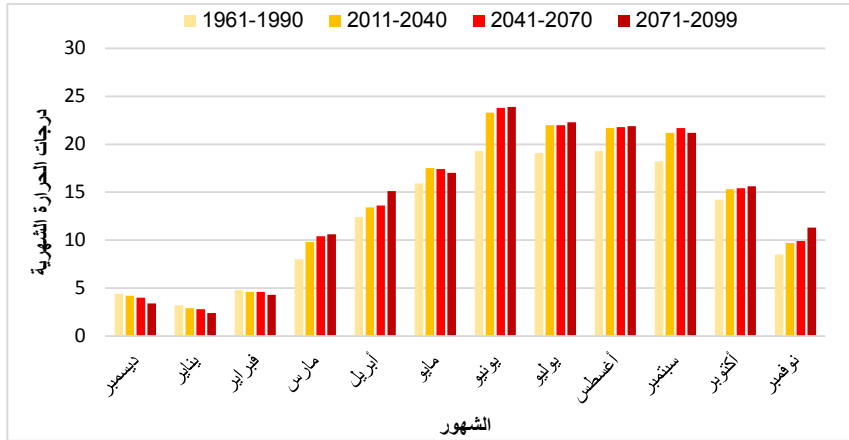
جدول (5) التنبؤات المستقبلية لدرجة الحرارة الصغرى الشهرية مع فارق التغير في محطة هون وفقاً لسيناريو H3B2a.

2099-2071		2070-2041		2040-2011		1990-1961	الشهور
فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	المتوسط الشهري	
-1.0	3.4	-0.4	4.0	-0.2	4.2	4.4	ديسمبر
-0.8	2.4	-0.4	2.8	-0.3	2.9	3.2	يناير
-0.5	4.3	-0.2	4.6	-0.2	4.6	4.8	فبراير
1.1	10.6	0.9	10.4	0.3	9.8	9.5	مارس
2.7	15.1	1.2	13.6	1.0	13.4	12.4	أبريل
1.1	17.0	1.5	17.4	1.6	17.5	15.9	مايو
4.6	23.9	4.5	23.8	4.0	23.3	19.3	يونيو
3.2	22.3	2.9	22.0	2.9	22.0	19.1	يوليو
2.6	21.9	2.5	21.8	2.4	21.7	19.3	أغسطس
3.0	21.2	3.5	21.7	3.0	21.2	18.2	سبتمبر
0.4	15.6	0.2	15.1	0.1	15.3	15.2	أكتوبر
1.9	11.3	0.5	9.9	0.3	9.9	9.4	نوفمبر

المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2.

شكل (11) التنبؤات المستقبلية لدرجة الحرارة الصغرى الشهرية في محطة هون

وفقاً لسيناريو H3B2a.



المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج SDSM.4.2.

يُتضح من خلال الجدول (5) (6)، والشكل (12) (13) إن أقصى ارتفاع يمكن أن يصل إليه فارق التغير في درجة الحرارة مقارنة بفترة الأساس هو شهر يونيو في الفترات الثلاثة، إذ سجل في الفترتين الأولى والثانية فارق مقداره 4.0° ، 4.5° مئوية، أي ما نسبته 20.7%، 23.3% على الترتيب، بينما سيصل أعلاه في الفترة الثالثة بفارق 4.6° مئوية، أي ما نسبته 23.8%، أما أدنى ارتفاع سيصل في شهر أكتوبر في كل الفترات الثلاث بفارق تغير مقداره 0.1° ، 0.2° ، 0.4° مئوية، أي ما نسبته 0.7%، 5.3%، 6.2% لكل فترة على الترتيب.

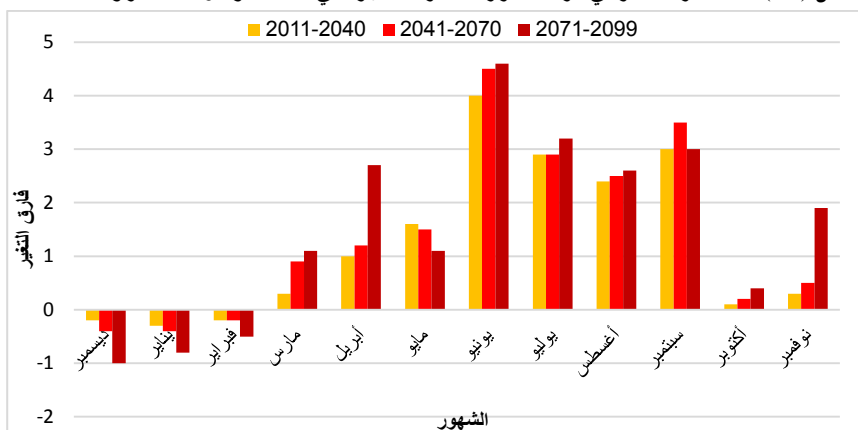
إن أشهر الشتاء (ديسمبر - يناير - فبراير) سيصل أعلى تغير فيهم نحو الانخفاض في درجة الحرارة الصغرى مقارنة بفترة الأساس في شهر يناير في الفترتين الأولى والثانية بفارق مقداره 0.3° ، 0.4° ، مئوية أي ما نسبته 9.4%، 12.5% لكلا الفترتين على الترتيب، أما في الفترة الثالثة سيصل أعلى تغير في شهر ديسمبر بفارق مقداره 1.0° مئوية أي ما نسبته 22.7% في حين سجل أدنى تغير نحو الانخفاض في درجة الحرارة الصغرى في شهري ديسمبر وفبراير في الفترة الأولى بفارق مقداره 0.2° مئوية أي ما نسبته 4.5%، بينما في الفترة الثانية والثالثة سجل أدناها في شهر فبراير بفارق مقداره 0.2° ، 0.5° مئوية أي ما نسبته 4.2%، 10.4% في كلا الفترتين على الترتيب.

نمذجة التغير في درجة الحرارة الصغرى لمحطة هون

باستخدام تقنية SDSM للفترة 1961 – 2099م

عند مقارنة نتائج النمذجة في درجة الحرارة الصغرى، وفقاً للسيناريو (A2a) و(B2a) يتضح إن درجة الحرارة الصغرى وفقاً للسيناريو (B2a) أقل تغيراً؛ ويرجع ذلك للحلول المحلية للاستدامة الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، وتأثيرها على طبيعة التغير في درجة الحرارة الصغرى في محطة إرساد هون.

شكل (12) معدل فارق التغير في درجة الحرارة الصغرى الشهرية في محطة هون وفقاً لسيناريو H3B2a



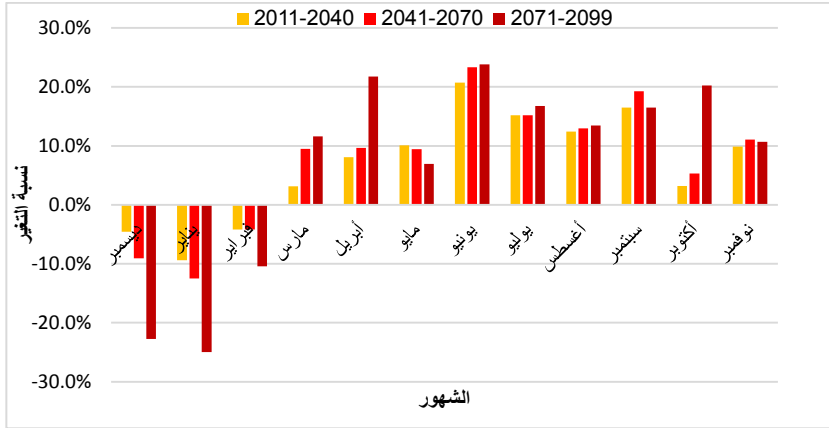
المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2

جدول (6) التنبؤات المستقبلية لدرجة الحرارة الصغرى مع نسبة التغير في محطة هون وفقاً لسيناريو H3B2a

الشهور	A2099-2071		2070-2041		2040-2011		1990-1961
	المتوسط التغير %	المتوسط الشهري	المتوسط التغير %	المتوسط الشهري	المتوسط التغير %	المتوسط الشهري	المتوسط الشهري
ديسمبر	-22.7	3.4	-9.1	4.0	-4.5	4.2	4.4
يناير	-25.0	2.4	-12.5	2.8	-9.4	2.9	3.2
فبراير	-10.4	4.3	-4.2	4.6	-4.5	4.6	4.8
مارس	11.6	10.6	9.5	10.4	3.2	9.8	9.5
أبريل	21.8	15.1	9.7	13.6	8.1	13.4	12.4
مايو	6.9	17.0	9.4	17.4	10.1	17.5	15.9
يونيو	23.8	23.9	23.3	23.8	20.7	23.3	19.3
يوليو	16.8	22.3	15.2	22.0	15.2	22.0	19.1
أغسطس	13.5	21.9	13.0	21.8	12.4	21.7	19.3
سبتمبر	16.5	21.2	19.2	21.7	16.5	21.2	18.2
أكتوبر	2.6	15.6	5.3	14.4	0.7	15.3	15.2
نوفمبر	9.1-	3.11	5-0.	9.9	.30-	79.	9.4

المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2

شكل (13) نسبة التغير في درجة الحرارة الصغرى الشهرية في محطة هون وفقاً لسيناريو H3B2a



المصدر: اعتماداً على بيانات المركز الوطني للإرصاد الجوية طرابلس، ليبيا، وبرنامج 9.SDSM.4.2.

الخاتمة:

توصلت الباحثة من خلال هذه الدراسة إلى النتائج والتوصيات الآتية:

أولاً:- النتائج:

- 1- ترتبط درجة الحرارة الصغرى في محطة هون بشمانية متغيرات، وأن أقوى هذه المتغيرات ارتباطاً هو المتغير 26 (درجة الحرارة على ارتفاع 2 متر وبقوة 0.926)، في حين سجل المتغير المتمثل في (ضغط مستوى سطح البحر أدنى قيمة ارتباطاً 0.562).
- 2- أظهرت الدراسة إن المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى وفقاً لسيناريو (A2a)، (B2a)، ستشهد ارتفاعاً خلال فترات النمذجة الثلاثة (2011-2040)، (2041-2070)، (2071-2099م) مقارنة بفترة الأساس (1961-2040م) ما عدا أشهر الشتاء (ديسمبر- يناير- فبراير).
- 3- حسب السيناريو (A2a) إن أعلى درجة حرارة صغرى في محطة هون ستصل في شهر يونيو في الفترة الثالثة مقارنة بفترة الأساس، إذ سيصل فارق التغير ما مقداره 4.6° مئوية بنسبة تغير مقدارها 23.8%، وستصل أداها في شهر ديسمبر في الفترة الثالثة بفارق قدره 0.9° مئوية أي ما نسبته 20.5%.
- 4- حسب السيناريو (B2a) ستصل أعلى درجة حرارة صغرى في شهر يونيو في الفترة الثالثة بفارق مقداره 6.4° مئوية، أي ما نسبته 23.8%، وستصل أداها في شهر

يناير في الفترة الأولى بفارق مقداره 0.3° - مئوية ونسبة تغير مقدارها 9.4% .
5- إن درجة الحرارة الصغرى المندمجة وفقاً للسيناريو (Ba2) أقل تغير من السيناريو (A2a)، وهذا ما أكدته اللجنة المعنية بتغير المناخ (ipcc) في تقريرها سنة 2000م.
ثانياً: - التوصيات:

- 1- التوسع في دراسة آثار المخاطر الناتجة عن التغيرات المناخية.
- 2- وضع قضية التغيرات المناخية والموضوعات ذات الصلة على قائمة الاهتمامات البحثية للباحثين وللاهتمام العلمية المختصة فيها.
- 3- تدريب الكوادر المحلية المهتمة بقضايا التغير المناخي والمختصين في مجال الطقس والمناخ على هذا النوع من التقنيات؛ لوضع التنبؤ المستقبلي الموسمي والسنوي لمناخ ليبيا.

المصادر والمراجع:

- إبراهيم، عبد السلام أحمد (2018م)، نمذجة التغير في درجات الحرارة بمنطقة مصراته باستخدام تقنية (SDSM)، مجلة جامعة الزيتونة، العدد 28، ديسمبر، تروهونة، ليبيا.
- سليم، علي مصطفى، (2020م) أثر التغير المناخي على المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى شتاءً في منطقة مصراتة للفترة من (1970 - 2010م)، المجلة الليبية لعلوم والتكنولوجيا البيئية، المجلد 2، العدد 22، ديسمبر، المركز الليبي للدراسات والبحوث علوم التكنولوجيا البيئية.
- ساسي، حامد الطاهر، (2024م)، نمذجة التغيرات المستقبلية لدرجات الحرارة الصغرى بمحطة رصد مصراتة (1960-2009م)، مجلة القرطاس، المجلد الرابع، العدد الخامس والعشرون، سبتمبر، 2024م.
- عثمان، إسمهان علي المختار (2019م) نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة زوارة للفترة (1961 - 1990م) باستخدام تقنية SDSM، كتاب المؤتمر الدولي الأول لكلليات العلوم، جامعة الزاوية تحت شعار العلوم الأساسية أساس الإبداع

والتألق - ديسمبر .

- عثمان، إسمهان علي المختار (2022م): نمذجة اتجاهات التغير في درجة الحرارة العظمى في محطة مطار طرابلس للفترة 1961-2099م وأثرها في التطرف الحراري، المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب، التغيرات المناخية في ليبيا، الاتجاهات والتداعيات، سرت 29 ديسمبر .

- تقرير الفريق العامل الأول للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ipcc، (2013م)، تغير المناخ، الأساس العلمي الفيزيائي .

- لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (الإسكو)، (2017م)، التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ، بيروت، لبنان .

- المليان، جمعة، (2021م) نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة شحات للفترة من (2010-2099م) باستخدام تقنية (SDSM)، مجلة كلية الآداب، جامعة مصراته، العدد 17، يونيو .

- Abwohim Ab (2015) future Changes in maximum Tempewture Events Using the statistical Downscaling Model (SDSM) in (Zlitan- Area- Libya) AL- Asmaia University, College of Marlen Retour (es, Second conference Environmental Sciences, pp.154-160.