

تمّذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة شحات للفترة

1961 – 2099 باستخدام تقنية SDSM

جمعة المليان¹ شرف الدين بن سعيد عبد الرحمن الغافود

قسم الجغرافيا - الجامعة الأسمرية الإسلامية

تاريخ التقديم: 2020-11-16، تاريخ القبول: 2021-01-30، نشر إلكترونيًا في 2021-02-01

<https://doi.org/10.36602/faj/2021.n.17.03>

ملخص البحث:

تهدف الدراسة إلى معرفة مستقبل المناخ في ليبيا، وفق تنبؤات نماذج الدورة العامة (General Circulation Models) ذات القيم المتوسطة في نطاقات كبيرة، حيث نشأت الحاجة إلى اعتماد نظام تقنيات تقليص النطاق، من أجل تحويل المخرجات المناخية المشتقة من (GCMs) إلى القيم المستندة إلى محطة أرصاد جوية واحدة. ولتحقيق هدف الدراسة استخدم الباحث المنهج الكمي التحليلي الذي يتناسب مع ظاهرة الدراسة، لذلك تم تطبيق نموذج التصغير الإحصائي (SDSM) لدرجات الحرارة العظمى اليومية في محطة أرصاد شحات شمال شرق ليبيا، وتم التنبؤ بدرجات الحرارة العظمى للفترة¹ (2011 - 2040) (2041-2070) (2071-2099) تحت سيناريوهات مختلفة (A2a) و (B2a). ومن خلال ذلك اتضح حجم التباين في درجة الحرارة العظمى لمحطة أرصاد شحات من شهر إلى آخر، ومن سيناريو إلى آخر بالنسبة لفترة الأساس (1961-1990).

الكلمات المفتاحية: سيناريوهات التغير المناخي - محطة أرصاد شحات - نموذج التصغير

الإحصائي (SDSM).

¹ - elmalian1972@gmail.com

Modeling the change in the maximum temperature in Shahat region for the period 1961-2099 using SDSM technique

Gama Almlean

Sharaf ULdeen bin Saeid

Abdul Rahman Al Ghafoud

Al-Asmaria University

Abstract

The study aims to know the future of the climate in Libya according to the predictions of General Circulation Models (GCMs) that with average values in large ranges, where the need arose to adopt a system of rang Downsizing techniques in order to convert the climate outputs derived from GCMs to the values based on one meteorological station. In order to achieve the purpose of the study, the researcher uses the analytical quantitative method which fits the study phenomenon, so the Statistical Downscaling Model (SDSM) of the daily maximum temperatures was applied at the meteorological station of Shah at in north-eastern Libya, and the maximum temperatures were predicted for the period (2011 - 2040) (2041-2070) (2071-2099) under different scenarios (A2a) and (B2a). Through this, the magnitude of the variation in the maximum temperature of the Shahat meteor station became clear from month to month and from one scenario to another in relation to the base period (1961-1990).

key Words: *Climate Change Scenarios – Shah at Meteorological Station - Statistical Downscaling Model (SDSM) – General Circulation Models (GCMs).*

1.1 المقدمة:

ذكر التقرير الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمي 0.74°C في المئة عام الماضية، وقد حدثت زيادة كبيرة خلال الخمسين عامًا

الماضية، بمعدل متزايد قدره 0.13°C كل 10 سنوات، ومن المتوقع أن يزداد المتوسط العالمي لدرجة حرارة السطح تقريباً من 1.1 إلى 6.4°C خلال القرن الحادي والعشرين (IPCC 2007)، وللتعرف أكثر على مستقبل مناخ الأرض بنى العلماء نماذج مناخية تعتمد على المحاكاة الرمزية لسلوك الغلاف الجوي عبر برامج الكمبيوتر، وذلك لاستحالة القيام بالتجارب في ظروف حقيقية، ولتحقيق ذلك فقد قسموا الغلاف الجوي إلى عدد محدود من النقاط، أي وحدات حجمية أو "قوالب" يختلف حجمها وفق دقة النموذج، وغالباً ما يكون ضلع كل من هذه القوالب - المسماة أيضاً "خلايا" بطول يتراوح بين 200 و 300 كم في النماذج العالمية، وأقل من ذلك في النماذج الإقليمية، ويصل ارتفاعها غالباً إلى كيلو متر واحد.

وتحدد الظروف السائدة في كل خلية أو قالب (درجة الحرارة، الضغط الجوي، تركيز هذا الغاز أو ذلك، ملوحة البحر... الخ) استناداً إلى حالة النموذج الأولية، وغالباً ما تكون هذه الحالة الأولية هي الوضع الحالي، أو الوضع الذي كان سائداً في عام 1990، وهو عام مرجعي للاتفاقيات الدولية (إيف، ساما، 2015، ص24)، وبناءً على ذلك يمكننا استخدام هذه النماذج الإقليمية للتعرف على مستقبل درجة الحرارة العظمى في منطقة الدراسة، وذلك من خلال ربط النتائج بالسيناريوهات المعتمدة من قبل الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، وهي سيناريوهات المدى القريب والتي تغطي الفترة حتى 2035 وسيناريوهات طويلة المدى تغطي حتى الفترة 2100 (IPCC,2007,p2).

وتحتوي سيناريوهات SRES الخاصة بتغير المناخ على قوى دافعة مختلفة لتغير المناخ، بما في ذلك النمو السكاني والتنمية الاجتماعية والاقتصادية، وتشمل هذه العوامل العديد من السيناريوهات المستقبلية التي قد تؤثر على مصادر ومصارف غازات الدفيئة (GHG) مثل نظام الطاقة وتغيير استخدام الأراضي، وتجدر الإشارة إلى أن تطور القوى

الدافعة الكامنة وراء تغير المناخ غير مؤكدة إلى حد كبير، وينتج عن ذلك مجموعة واسعة جداً من مسارات الانبعاثات المحتملة للغازات الدفيئة.

قد وضع فريق SRES أربع سيناريوهات للتغير المناخي العالمي، والمسمى (A1 وA2 وB1 وB2)، لتحديد العلاقات بين القوى الدافعة لانبعاثات غازات الدفيئة والهباء الجوي وتطورها خلال القرن الحادي والعشرين لمختلف مناطق العالم، ويمثل كل سيناريو تطوراً ديموغرافياً واجتماعياً واقتصادياً وتكنولوجياً وبيئياً مختلفاً تتنوع بطرق لا رجعة فيها إلى ما كنت عليه في السابق (Climate Change Scenarios, 2018)، وعلى ذلك فإن هذه الدراسة تهدف إلى تحليل التغيرات المتوقعة في سلوك درجة الحرارة العظمى مستقبلاً وفق تلك السيناريوهات.

2.1 مشكلة البحث:

أدى التقدم في النماذج المناخية الإقليمية (Regional Climate Models) مؤخراً إلى استخدام عمليات محاكاة آلية إقليمية (RCM) عوضاً عن نموذج المناخ العالمي (Global Climate Model) الذي يأخذ ظروف الغلاف الجوي والمحيطات على نطاق واسع من الملاحظات، وتتراوح الدقة الأفقية في نماذج المناخ العالمي (GCM) من 100 إلى 300 كيلومتر، لكن النماذج الإقليمية تأخذ هذه الظروف على نطاق أصغر لتوفير معلومات إقليمية أكثر تفصيلاً، ويقلصها على منطقة ذات أهمية إلى قرارات من 25 أو 50 كيلومتراً، يسمح هذا بتمثيل أكثر واقعية للمناخ فوق منطقة الاهتمام، مع مراعاة السمات السطحية المعقدة مثل الجبال والسواحل والجزر التي لم يتم حلها في النماذج العالمية (An introduction to the PRECIS system)، وعلى ذلك فإن مشكلة الدراسة

تتمثل في طرح هذا التساؤل: ما التغير الذي يصاحب درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات الناتج عن تأثيرات تغير المناخ المحلي حتى سنة 2099 ؟

3.1 أهداف البحث:

أ. التعرف على مستقبل درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات.
ب. إعطاء فكرة عن الخطوات المتبعة لتطبيق برنامج التصغير الإحصائي (9-2-4-SDSM –Version) لأي بيانات محطات رصد جوي أخرى، خاصة في ظل زيادة عدد المدخلات من العناصر المختلفة لهذا البرنامج، والتي يتم تطويرها وفق كل إصدار من قبل النموذج العالمي للمناخ.

4.1 أهمية البحث:

أ. إن عرض التغيرات المناخية خاصة الإقليمية منها وفق سيناريوهات مختلفة، والتي تشير إلى حجم التغير في درجة الحرارة، يشجع خيارات التخفيف التي تقوم بها الدول من أجل المحافظة على طبيعة مناخ الأرض، والمتمثلة في التقليل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

ب. تكمن أهمية البحث في أنه يعتمد النماذج المناخية الإقليمية التي تأخذ في الاعتبار ظروف الغلاف الجوي والمحيطات على نطاق واسع من عمليات المراقبة.

ج. إعطاء فكرة عن مستقبل درجة الحرارة قد يعيد توجيه الخطط التنموية بالمنطقة.

د. دعم الدراسات التي تتناول مستقبل التغيرات المناخية في ليبيا.

5.1 فرضية البحث:

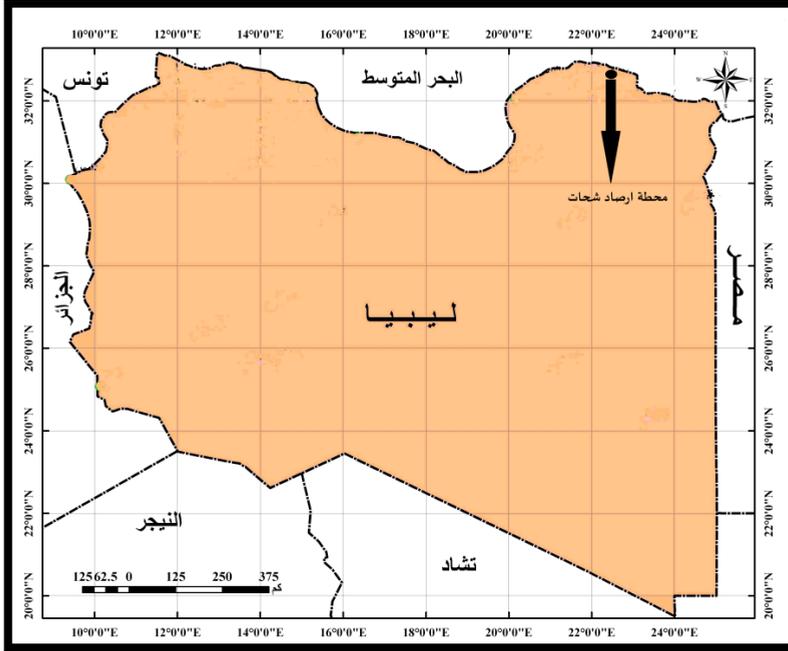
تتباين تنبؤات درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات من شهر إلى آخر ومن سيناريو إلى آخر بالنسبة لفترة الأساس (1961-1990).

6.1 حدود الدراسة:

تقع المحطة المدروسة عند تقاطع خط طول 51° شرقاً، ودائرة عرض 49° شمالاً، كما في الخريطة (1)، وعلى ارتفاع 621 متر فوق مستوى سطح البحر ونوع المحطة سينوبتكية، وتحمل رقماً دولياً (62056) وتتطلب دراسة التغيرات المناخية أطول فترة زمنية ممكنة، والبيانات المتوفرة كانت من سنة 1961 إلى الآن.

7.1 الدراسات السابقة:

توجد العديد من الدراسات والأبحاث التي تناولت مستقبل التغير المناخي في ظل محاكاة إقليمية (RCM)، ففي إيران تم إجراء المحاكاة بموجب سيناريو A2 لثلاث فترات زمنية (2020 و 2050 و 2080) استخدمت خلالها بيانات خاصة بدرجات الحرارة وهطول الأمطار، وسنوات أساس (1961 إلى عام 1990) أظهرت اتجاهات تنازلياً في كميات هطول الأمطار بينما اتجاهات متزايداً في درجات الحرارة، أما عن درجة الحرارة العظمى فقد بلغت المحاكاة أعلى من 6.15 درجة مئوية في شهر يونيو مقارنة بسنة الأساس (Samireh, S, et al, 2007).



المصدر من عمل الباحثين باستخدام ARC.GIS-10.3 وخدام جوجل ارث.

خريطة (1) موقع محطة أرصاد شحات

وذكر الكشاف (2014) حول نمذجة التغيرات المناخية في مصر، أنه يتوقع انحرافات معدلات المتوسط السنوي لدرجات الحرارة خلال القرن الحادي والعشرين ما بين ارتفاع قدره 10°م في أقصى شمال شرق البلاد، و 5°م في مناطق جنوب البلاد. وعلى صعيد ليبيا يوجد عدد من الدراسات التي تناولت مستقبل التغيرات المناخية، خاصة تلك التي قام بها عبد السلام إبراهيم لمحطات مصراتة وسرت وزليتن، ففي الأخيرة (2015) تناول التغيرات المستقبلية في أحداث درجة الحرارة العظمى باستخدام نموذج تصغير الحجم في منطقة زليتن ليبيا، خلال الفترة (2011-2099) لسيناريوهات HadCM3B2a و HadCMBA₂ وقد أظهرت هذه الدراسة اتجاهات متزايدة في جميع الآفاق الزمنية المستقبلية، ومن المتوقع أن يزداد متوسط درجة الحرارة العظمى السنوية

بمقدار 0.1°C بحلول سنة 2020 في كلا السيناريوهان، ومن المتوقع أيضاً أن تصل إلى 0.6°C خلال الخمسينيات، بينما ستصل الزيادة خلال الثمانينيات إلى 0.7 بموجب سيناريو A2 و بمقدار 0.1°C في إطار سيناريو B2.

2 منهجية البحث:

اعتمدت الدراسة على بيانات يومية لمحطة أرصاد شحات صادرة عن وحدة البحوث المناخية (CRU) (<https://climatedataguide.ucar>) كما تم اعتماد فترة أساس من سنة 1961 إلى 1990 للمقارنة مع سيناريوهات مختلفة باستخدام (SDSM) والذي يوظف ستا وعشرين عنصراً، وسيتم الاكتفاء بالعناصر الأكثر ارتباطاً بالبيانات المستخدمة كما موضحة بالجدول (1).

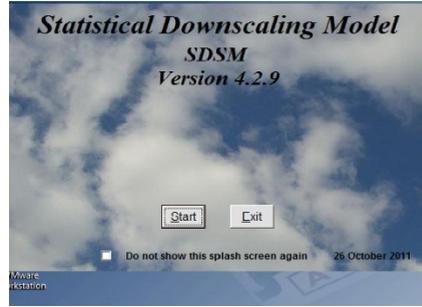
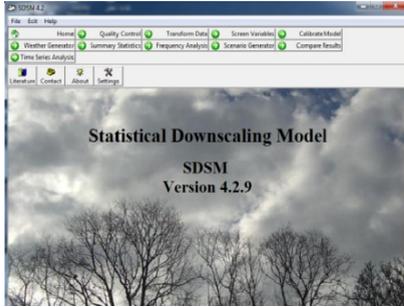
والبيانات اليومية المستخدمة لدرجة الحرارة العظمى من سنة 1961 حتى الآن، بحيث تم التعامل مع هذه البيانات من خلال نموذج التصغير الإحصائي* (SDSM --4-2-9 Version) الذي هو أداة لدعم القرار لتقييم تأثيرات تغير المناخ المحلي، وتقنية للتنبؤ بعناصر المناخ في المستقبل بناء على سيناريوهات التغير المناخي الصادرة عن IPCC.

* - تصغير الحجم هو عملية إضافة معلومات عالية الدقة إلى إسقاطات واسعة النطاق. وتوجد طريقتان رئيسيتان للتخفيض هما إحصائي وديناميكي، يمكن دمجهما لإنتاج تقنية ديناميكية إحصائية ثالثة.

جدول (1) يبين المتغيرات التي اعتمدت عليها الدراسة

N	العناصر	الاختصار	R
1	Mean sea level pressure	Ncepmslpaf	-0.455
2	Surface airflow strength	ncepp__faf	-0.167
3	Surface zonal velocity	ncepp__uaf	-0.355
4	Surface meridional velocity	ncepp__vaf	-0.087
5	Surface vorticity	ncepp__zaf	-0.205
6	Surface wind direction	ncepp_thaf	0.23
7	Surface divergence	ncepp_zhaf	0.09
8	500 hPa airflow strength	ncepp5_faf	-0.417
9	500 hPa zonal velocity	ncepp5_uaf	-0.337
10	500 hPa meridional velocity	ncepp5_vaf	0.111
11	500 hPa vorticity	ncepp5_zaf	-0.342
12	500 hPa geopotential height	ncepp5thaf	0.807
13	500 hPa wind direction	ncepp5zhaf	0.04
14	500 hPa divergence	ncepp8_faf	-0.11
15	850 hPa airflow strength	ncepp8_uaf	-0.241
16	850 hPa zonal velocity	ncepp8_vaf	-0.277
17	850 hPa meridional velocity	ncepp8_zaf	-0.063
18	850 hPa vorticity	ncepp8thaf	-0.26
19	850 hPa geopotential height	ncepp8zhaf	0.333
20	850 hPa wind direction	ncepp500af	0.112
21	850 hPa divergence	ncepp850af	0.065
22	Relative humidity at 500 hPa	ncepr500af	-0.194
23	Relative humidity at 850 hPa	ncepr850af	-0.577
24	Near surface relative humidity	Nceprhumaf	-0.363
25	Surface specific humidity	Ncepshumaf	0.769
26	Mean temperature at 2m	Nceptempaf	0.894

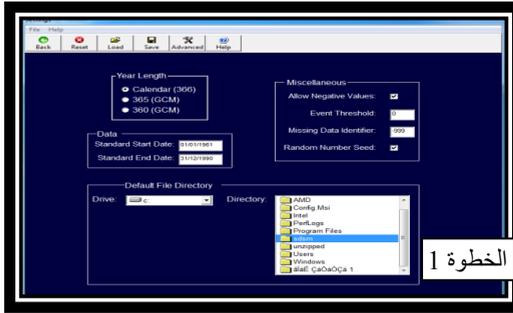
كما هو بالشكل (1) يُفتح البرنامج بالضغط على أيقونة start، ثم تنفيذ مراحل العمل بالبرنامج، بحيث يوضح الشكل (2) أيقونات البرنامج التي سيتم استخدامها وذلك وفقاً للخطوات أو المراحل التالية (Robert, Let - al., 2007).



شكل (2) يبين أيقونات البرنامج

شكل (1) واجهة البرنامج

المرحلة الأولى: تقوم باختيار أيقونة (settings) وذلك من أجل وضع البيانات التي نريد

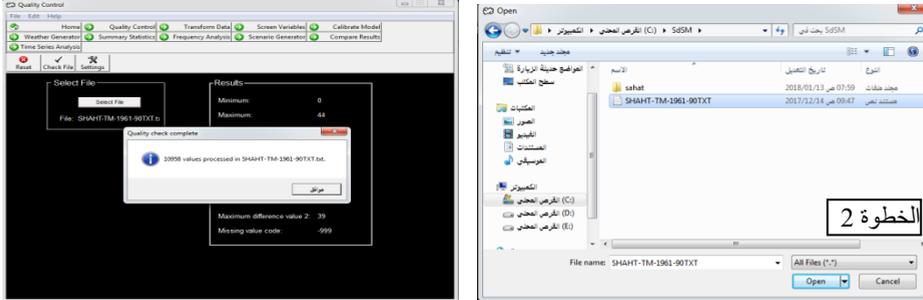


التنبؤ بمستقبلها وهي السنوات من 1961 إلى 1990 وكذلك عدد الأيام يكون 366 يوم، ثم نقوم بالضغط على save لئتم حفظها كما هو موضح بالشكل (3).

شكل (3) الاعدادات الأساسية لبرنامج SDSM

المرحلة الثانية: نقوم بالدخول على أيقونة Quality Control؛ وذلك للتحقق من البيانات اليومية التي تم إدخالها بالمرحلة السابقة، بحيث نقوم بجلبها إلى ملف select file حتى يتم التأكد منها ومن أعدادها، فمن خلال إدخال بيانات الدراسة سيظهر إجمالي مجموع أيام فترة الأساس 10957 يوم عددية، كما نقوم بإدخال مكان التخزين وتحفظ البيانات

بصيغة text. ثم نقوم بالتأكد من صحة البيانات من خلال أيقونة (check File) كما هي بالشكلين (4 ، 5) على التوالي .



شكل (5) يبين صحة البيانات

شكل (4) يبين اختيار الملف وطريقة التخزين

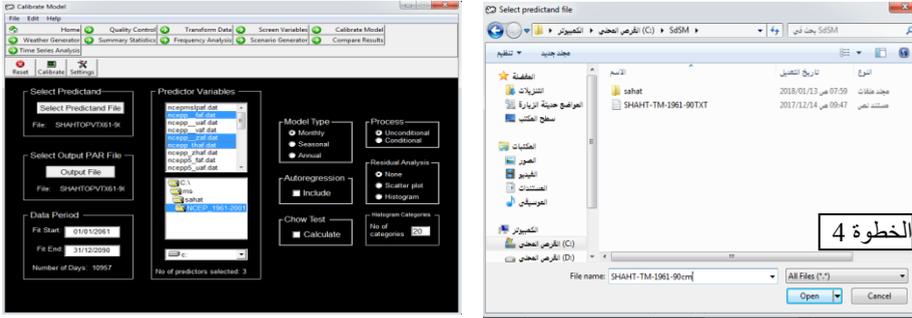
المرحلة الثالثة: فحص المتغيرات بالشاشة والتعرف على قيمة الارتباط بين الحرارة العظمى والعناصر المؤثرة في المناخ، وهي 26 عنصراً، التي أخذت من النموذج العالمي للمناخ حسب طبيعة وموقع كل منطقة أو محطة، بحيث نقوم بالضغط على أيقونة **screen variables**. وفي هذه الخطوة نقوم بإدخال (Box) المنطقة المراد دراستها، ونختار الملف الذي تم التأكد من جودة بياناته، بحيث نضغط على كل عنصر في الصندوق لمعرفة قوة الارتباط بينهم، ثم نقوم بمعرفة أقوى 8 عناصر وتسجيلها.



شكل (6) يبين علاقة الارتباط بين مدخلات النموذج العالمي

وعنصر درجة الحرارة العظمى بمحطة شحات

المرحلة الرابعة: معايرة النموذج (**colirate model**) بحيث نقوم بدراسة علاقة الانحدار وبيانات الطقس اليومية، والتي من خلالها نتحصل على ملفات البيانات ذات الصيغ (PAR) و (SIM) وهذا يتم باستخدام أقوى العنصر ارتباطاً من مدخلات النموذج مع عنصر درجة الحرارة العظمى لمحنة شحات، ثم تأتي (file txt) الذي تم الشغل عليه (TR-TM-txt) ثم تأتي (folder) أو (Box) نعمل (cope) على اسم الملف ونعيد تسميته بإضافة (cm) ونعمل (save) يأتي في النهاية ملف (pAR).

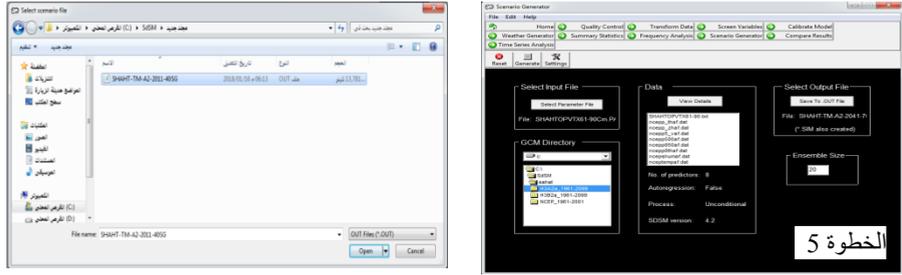


شكل (8) يبين طريقة إعداد ملف cm

شكل (7) يبين اختيار ملف txt

المرحلة الخامسة: Scenario Generator

وهي مرحلة توليد واستخراج ملفات تحاكي سيناريوهات الطقس المتوقعة باستخدام نتائج مرحلة معايرة النموذج ملف (PAR)، حيث سيتم الدخول على أيقونة settings وتغيير السنوات وكذلك عدد أيام السنة، وذلك من أجل وضع السنوات التي نريد محاكاتها وتبدأ في كل فترة على التوالي مثل من 2011 إلى 2040، ثم بعد إتمام هذه الفترة نأخذ الفترة التي تليها من 2041 إلى 2070، وبعد ذلك تستمر إلى آخر فترة من 2071 إلى 2099، ونقوم بالضغط على ملف select parameter file ستظهر لنا الملفات التي قمنا بعملها نختار ملف المستخرج من المراحل السابقة، ثم نجلب نفس الملف في المرحلة



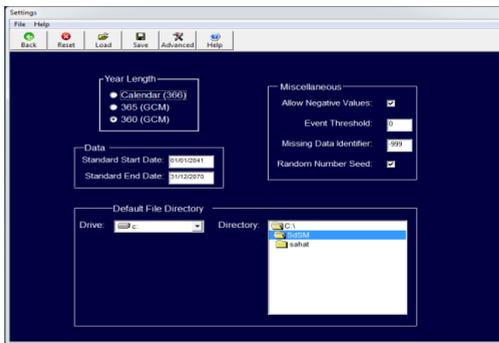
شكل (10) يبين طريقة إعداد ملف cm

شكل (9) يبين اختيار ملف txt

في المرحلة السابقة ونغير اسمه من خلال الضغط على ملف save to، ونقوم بالضغط على c، لكي نأخذ منه A2 حتى نحكيها العناصر الثمانية الأقوى .

بعد أن قمنا بالعمليات السابقة نقوم بالتحليل من خلال الضغط على أيقونة Generate، وعند تكرار هذه العملية على باقي السنوات ستعطينا مجموعة من الملفات. تتبع نفس الخطوات في المرحلة السابقة إلى أن نصل لمرحلة التخزين حتى يتم التخزين (SAVE) باسم B2CG ثم مرحلة c نقوم هنا بتغيير نوع السيناريو، إذ ندخل B2 حتى نقوم بمحاكاتها مع العناصر الثمانية السابقة. نعمل على نفس الخطوات التي قمنا بها

في مرحلة السيناريو الأول بحيث نضغط على أيقونة Generate، وتتم نفس العملية لبقية السنوات الأخرى بنفس الكيفية حتى نتحصل على النتائج النهائية.



شكل (11) يبين كيفية تغيير نطاق سنوات الفترة التالية

المرحلة السادسة SUMMARY STATISTICS

بسبب العدد والحجم الكبير من البيانات الناتجة عن النمذجة المستقبلية للمناخ، الأمر الذي يتطلب تقليص هذا الحجم في شكل ملخصات إحصائية وهي المرحلة التالية (Summary statistics) إلى ملفات ذات صيغة TXT لكي يسهل التعامل معها في المرحلة التالية وفي هذه المرحلة تتبع الخطوات الآتية:

أ. ندخل على أيقونة settings وتغيير السنوات وكذلك عدد أيام السنة وبعدها نعمل على حفظها، وذلك من أجل وضع الفترات التي نريد محاكاتها وتبدأ في كل فترة على التوالي مثل من 2011 إلى 2040، ثم بعد إتمام هذه الفترة نقوم بأخذ الفترة التي تليها من 2041 إلى 2070، وبعد ذلك تستمر إلى آخر الفترة من 2071 إلى 2099، وستظهر لنا نتائج كل فترة على حدة، ولتسهيل عملية التحليل والحصول على أشكال بيانية واضحة يتم تحويل ملخصات هذه النتائج لصيغة الإكسيل.

ب. وبالضغط على أيقونة select file نجلب الملفات التي قمنا بعملها بالمرحلة السابقة، ومن ثم نضغط على أيقونة SAVE STATISTICS TO حتى ندخل نفس الملف بالخطوة السابقة ونغير اسمه فقط.

ج. بعد تغيير الأوامر السابقة نقوم بإعطاء أمر لأيقونة Analyze حتى يتم التحليل فنحصل على نتائج المتوسط الحسابي لكل فترة مناخية تتمثل السنوات التي قمنا بإدخالها. من خلال العمليات السابقة أحييت هذه البيانات إلى الإكسيل واستخرجت الجداول النهائية.

3. المناقشة:

تحليل نتائج السيناريوهات (H3B2A-H3A2A):

أعدت اللجنة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تقريراً خاصاً يُعرف اختصاراً بـ SRES تم نشره في عام 2000، وقد استخدمت سيناريوهات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الموصوفة في التقرير، لوضع توقعات للتغير المناخي في المستقبل لاستكشاف التطورات المستقبلية في البيئة العالمية، مع إشارة خاصة إلى إنتاج غازات الدفيئة وانبعاثات السلائف من الهباء الجوي (Climate Change Scenarios, 2018).

وتستند هذه السيناريوهات إلى افتراضات تتعلق بالمستقبل الاجتماعي والاقتصادي والتكنولوجي، وفيما يلي عرض موجز للسيناريوهات المستخدمة في هذا البحث:

- **سيناريو A2**: يصف خط أحداث عالمي غير متجانس بشكل كبير، ويشير إلى الاعتماد على الذات، والاحتفاظ بالهويات المحلية، وتتقارب أنماط الخصوبة بين المناطق ببطء شديد على نحو يؤدي إلى استمرار تزايد سكان العالم؛ أما التنمية الاقتصادية فهي إقليمية التوجه وتغير تكنولوجي أكثر تفككا وأبطأ من السيناريوهات الأخرى.
- **سيناريو B2**: يصف خط أحداث عالمي يتم فيه التركيز على الحلول المحلية للاستدامة الاقتصادية والاجتماعية و البيئية؛ وهذا العالم يشهد كثافة سكانية دائمة؛ لكن بنسبة أدنى من خط أحداث A2 ومستويات متوسطة من التنمية الاقتصادية؛ وتغيرا تكنولوجيا أقل سرعة وأكثر تنوعا من أحداث B1 و A1 على الرغم من توجه السيناريو نحو حماية البيئة والتكافؤ الاجتماعي، إلا أنه على المستويين المحلي والإقليمي.

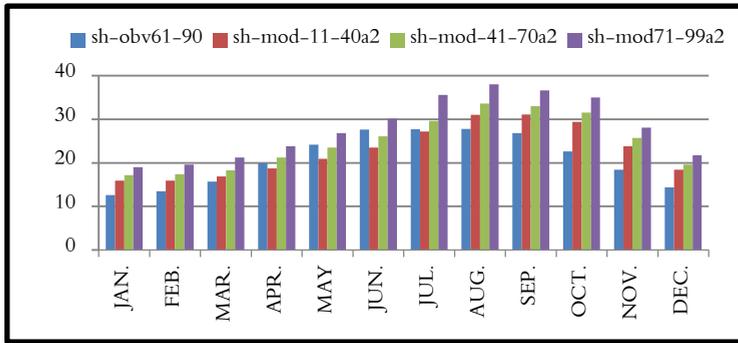
وقد جُمعت في هذا البحث بيانات كل سيناريو في مجموعة مستقلة حيث بيانات السيناريو (1961 – 2099) H3A2a في جدول، وبيانات السيناريو (1961–2011) H3B2a في جدول آخر (2) و(3)، وقسمت إلى ثلاث فترات (2011–2040) و (2041 – 2070) و (2071–2099).

جدول (2) الاسقاطات المتوقعة لدرجة الحرارة العظمى الشهرية للفترة 1961 – 2099 وفق سيناريو H3A2a

Months	sh-obv61-90	sh-mod-11-41a2	sh-mod-40-70a2	sh-mod71-99a2
JAN.	12.6	15.9	17.2	19.0
FEB.	13.5	15.9	17.4	19.6
MAR.	15.7	16.9	18.3	21.2
APR.	19.9	18.7	21.2	23.8
MAY	24.2	20.9	23.5	26.8
JUN.	27.6	23.5	26.1	30.1
JUL.	27.7	27.2	29.6	35.6
AUG.	27.8	31.0	33.6	38.0
SEP.	26.8	31.1	33.0	36.6
OCT.	22.6	29.4	31.5	35.0
NOV.	18.4	23.8	25.7	28.1
DEC.	14.4	18.4	19.6	21.7
Average	20.9	22.7	24.7	27.9

المصدر: من عمل الباحثين استناداً على نتائج برنامج التصغير الإحصائي (SDSM-Version-4-2-9)

ولتوضيح نتائج الجدول السابق فإن الشكل التالي (12) يساعد التفتيش البصري للأرقام ويبين ارتفاع درجات الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات مستقبلاً بالنسبة إلى فترة الأساس (1961 - 1990) في سيناريو H3A2a ما عدا شهر إبريل ومايو ويونيو ويوليو لم نجد تفسيراً واضحاً لذلك، أما بقية الشهور فتشهد ارتفاعاً ملحوظاً خاصة خلال فصل الخريف، ليصل متوسطها الشهري في سبتمبر إلى 31.1°C حتى سنة 2040 في الوقت الذي لم تتجاوز 28°C م خلال سنوات الأساس، ووفقاً لهذا السيناريو فإن متوسط درجة الحرارة العظمى في المستقبل ستصل إلى 38°C م وذلك في شهر أغسطس.



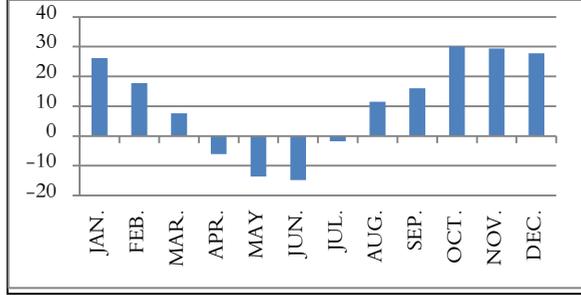
المصدر: من عمل الباحثين استناداً على الجدول (2)

شكل (12) الاسقاطات المتوقعة لدرجة الحرارة العظمى الشهرية

للفترة 1961 - 2099 وفق سيناريو H3A2a

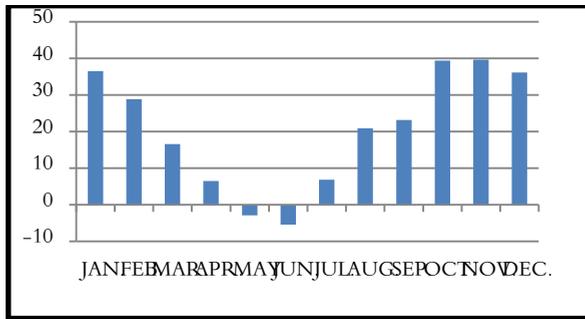
أي أن المحطة ستشهد تغيراً في درجة الحرارة العظمى يتضح جلياً من خلال الأشكال (13)، (14)، (15) التي توضح نسبة التغير في كل فترة وفي كل شهر على مدى سنوات القياس، ويتبين من خلالها أن التغير يبلغ أقصاه في شهر أكتوبر ونوفمبر وديسمبر ويناير، وهذا ينطبق على جميع الفترات وستصل الزيادة إلى أكثر من 50% خلال الفترة طويلة الأجل، وفي جميع الأحوال لن تقل الزيادة عن 25%، وعلى العكس تماماً بالنسبة لشهور أبريل ومايو ويونيو ويوليو حيث ستشهد انخفاضاً يصل إلى 15% خلال الفترة الحالية،

لكن شهري مايو ويونيو لن يشهدا ارتفاعاً عن المعدل حسب هذا السيناريو إلا خلال العقود الأخيرة من القرن الحالي.



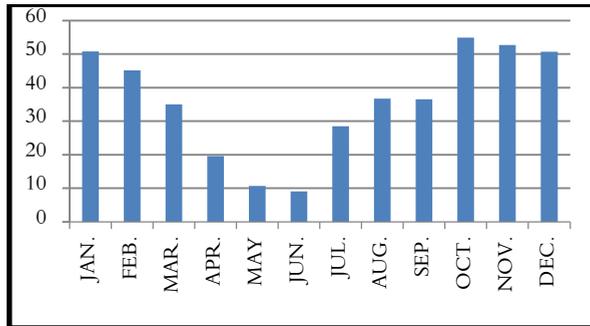
المصدر: من عمل الباحثين استناداً على الجدول (2)

شكل (13) نسبة التغير في درجة الحرارة العظمى للفترة 2011 - 2040 وفق سيناريو H3A2



المصدر: من عمل الباحثين استناداً على الجدول (2)

شكل (14) نسبة التغير في درجة الحرارة العظمى للفترة 2071 - 2099 وفق سيناريو H3A2.



المصدر: من عمل الباحثين استناداً على الجدول (2)

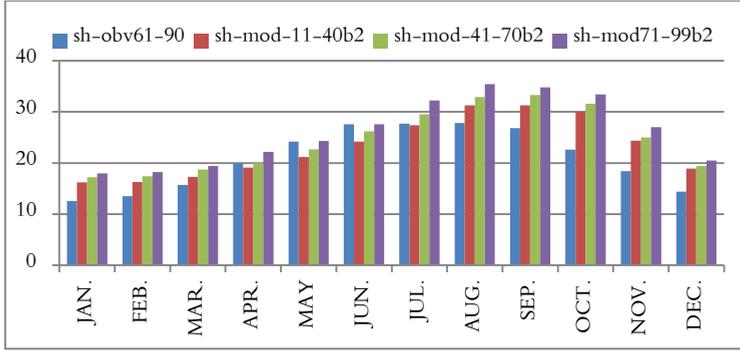
شكل (15) نسبة التغير في درجة الحرارة العظمى للفترة 2071 - 2099 وفق سيناريو H3A2.

وجود تشابه واضح بين نتائج السيناريو السابق وسيناريو H3B2a في الشهور التي ستشهد تغيراً كبيراً، وتلك التي لا تشهد ذلك التغير أو تشهد تغيراً سالباً، كما هو الحال في الأشكال (16)،(17)،(18)،(19).

جدول (3) الاسقاطات المتوقعة لدرجة الحرارة العظمى الشهرية للفترة 1961 – 2099 وفق سيناريو H3B2a_

Months	sh- obv61-90	sh-mod-11- 40b2	sh-mod-41- 70b2	sh-mod71- 99b2
JAN.	12.6	16.2	17.2	18.0
FEB.	13.5	16.3	17.4	18.2
MAR.	15.7	17.3	18.7	19.4
APR.	19.9	19.1	20.0	22.2
MAY	24.2	21.2	22.7	24.3
JUN.	27.6	24.2	26.2	27.6
JUL.	27.7	27.4	29.5	32.2
AUG.	27.8	31.3	32.9	35.4
SEP.	26.8	31.3	33.3	34.8
OCT.	22.6	30.0	31.6	33.4
NOV.	18.4	24.4	25.0	27.0
DEC.	14.4	18.9	19.4	20.5

المصدر: من عمل الباحثين استناداً على نتائج برنامج التصغير الإحصائي (SDSM-Version-4-2-9)

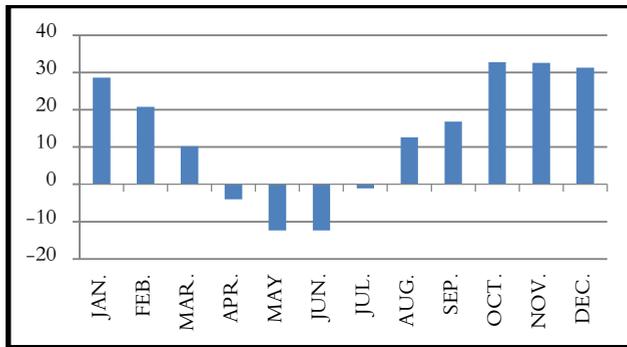


المصدر: من عمل الباحثين استناداً على الجدول (3)

شكل (16) الاسقاطات المتوقعة لدرجة الحرارة العظمى الشهرية

للفترة 1961 – 2099 وفق سيناريو H3B2a

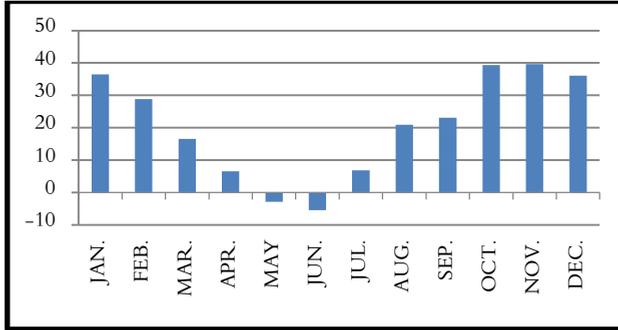
ووفقاً للسيناريو H3B2a فإن أقصى ارتفاع يمكن أن يصل إليه متوسط درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات خلال القرن الحالي هو 35.4°C وهو ما سيشهد تغيراً قدره 27.3% و بفارق 7.6 درجة مئوية عن فترة الأساس وذلك في شهر أغسطس خلال العقود الأخيرة من القرن الحالي، في الوقت الذي لا يشهد فيه شهري مايو ويونيو أي تغير يذكر.



المصدر: من عمل الباحثين استناداً على الجدول (3)

شكل (17) نسبة التغير في درجة الحرارة العظمى

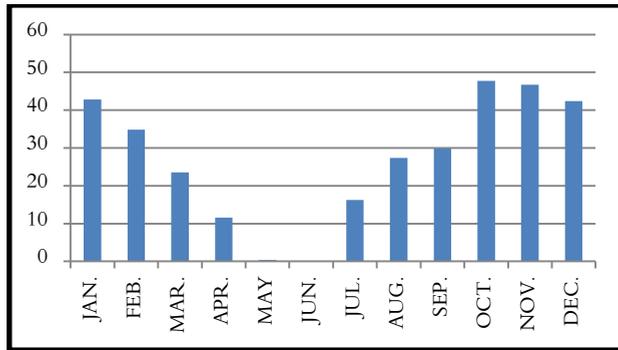
خلال السنوات 2011-2040 وفق سيناريو H3A2a.



المصدر: من عمل الباحثين استناداً على الجدول (3)

شكل (18) نسبة التغير في درجة الحرارة العظمى

خلال السنوات 2041-2070 وفق سيناريو H3A2a



المصدر: من عمل الباحثين استناداً على الجدول (3)

شكل (19) نسبة التغير في درجة الحرارة العظمى

خلال السنوات 2071-2040 وفق سيناريو H3A2a

وعند المقارنة بين قيم درجات الحرارة العظمى في السيناريون الأول والثاني، فإن الأخير تغيره أقل حدة حيث إن للحلول المحلية للاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية تأثيراً على طبيعة التغير في درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات، وهي أقل وطأة من سيناريو A2.

4. النتائج

أ. حسب سيناريو H3A2a فإن أقل متوسط درجة حرارة عظمى يمكن تسجيله خلال الفترة (2011 - 2040) هو في يناير وفبراير 15.9°م ، بينما أعلى درجة في أغسطس وسبتمبر 31°م ، أما في الفترة التي تليها (2041 - 2070) فإن أقل متوسط درجة حرارة عظمى في يناير 17.2°م وأعلىها في أغسطس 33.6°م ، أما الفترة (2071 - 2099) فإن أقلها في شهر يناير 19°م وأعلىها في أغسطس 38°م .

ب. حسب سيناريو B2 فإن أقل متوسط درجة حرارة عظمى يمكن تسجيله خلال الفترة (2011 - 2040) هو في يناير وفبراير 16.2°م ، 16.3°م على التوالي، بينما أعلى درجة في أغسطس وسبتمبر 31.3°م ، أما في الفترة التي تليها (2041 - 2070) فإن أقل متوسط درجة حرارة عظمى 17.2°م في يناير وأعلىها في سبتمبر 33.3°م ، وهي تختلف عن السيناريو السابق، أما الفترة (2071 - 2099) فإن أقلها في شهر يناير 18°م وأعلىها في أغسطس 35.4°م وهي لا تختلف عن السيناريو السابق.

ج. التغيير يبلغ أقصاه في شهر أكتوبر ونوفمبر وديسمبر ويناير، وهذا ينطبق على جميع الفترات وتستصل الزيادة إلى أكثر من 50% خلال الفترة طويلة الأجل، أي أنها قد تتراوح بين 6 إلى 10°م ، وفي جميع الأحوال لن تقل الزيادة عن 25% وعلى العكس تماماً بالنسبة لشهور أبريل ومايو ويونيو ويوليو حيث ستشهد انخفاضاً يصل إلى 15% خلال الفترة الحالية، لكن شهري مايو ويونيو لن يشهدا ارتفاعاً عن المعدل حسب هذا السيناريو إلا خلال العقود الأخيرة من القرن الحالي.

- د. سيشهد القرن الحالي تغيراً قدره 47.8% عن فترة الأساس وذلك في شهر أكتوبر، بزيادة قدرها 10°م، خلال العقود الأخيرة من القرن الحالي، في الوقت الذي لا يشهد فيه شهري مايو ويونيو أي تغير يذكر.
- هـ. للحلول المحلية للاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية تأثيراً على طبيعة التغير في درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات، وهي الحلول التي يقترحها سيناريو B2 والمتمثلة في نسبة أقل من الكثافة السكانية، ومستويات متوسطة من التنمية الاقتصادية؛ وتغيراً تكنولوجياً أقل سرعة وأكثر تنوعاً، وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة سيكون أقل وطأةً من سيناريو A2.
- و. تم تأكيد الفرضية التي تقول بتباين تنبؤات درجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات من شهر إلى آخر ومن سيناريو إلى آخر بالنسبة لفترة الأساس (1961-1990).

5. التوصيات:

- أ. التوسع في الدراسات العلمية للتغيرات المناخية المستقبلية على المستوى الزماني والمكاني، بحيث تكون أكثر تفصيلاً لتوقع ما يمكن أن يحدث من تأثيرات بيئية ناتجة عن التغيرات المناخية على المدى القريب أو البعيد.
- ب. الاهتمام بمثل هذه الدراسات يعيد توجيه الخطط التنموية في ليبيا وغيرها من البلدان، بحيث تأخذ في الاعتبار ظروف التغيرات المناخية المستقبلية.
- ج. تعد بيانات محطات الرصد الأرضية أكثر دقة من غيرها، وعلى الجهات المسؤولة توفيرها، خدمة للبحث العلمي خاصة في مجال التغيرات المناخية.

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

- إيف، ساما (2015). *التغير المناخي*، (ترجمة زينب منعم) مكتبة الملك فهد، الرياض.
 الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، (2007).
 الكشاف، طارق محمد (2014). *نمذجة التغيرات المناخية في مصر دراسة جغرافية المناخ*
 التطبيقي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد. (رسالة دكتوراه
 منشورة). جامعة قنا.

الهيئة وحدة الأبحاث المناخية الأمريكية (CRU)

<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/cru-ts-gridded-precipitation-and-other-meteorological-variables-1901>

ثانياً: المراجع الاجنبية:

-Ibrahim, Ab. (2015) (Future Changes in Maximum Temperature Events Using the statistical Downscaling Model (SDSM) in Zlitan Area-Libya) Al-Asmaria University, College of Marine Resources, *Second Conference of Environmental Sciences*, pp. 154-160.

Climate Change Scenarios: IPCC story lines, models,downscaling, 1995-2018 by ESS Environmental Software and Services GmbH AUSTRIA. <https://www.ess.co.at/METEO/CCS.html>

Met office . gov.uk/research / applied -An introduction to the PRECIS system.

<https://www.metoffice.gov.uk/research/applied/international/precis/introduction>.

Robert L. Wilby, and Christian W. (2007)- SDSM 4.2- *A decision support tool for the assessment of regional climate change Impacts, User Manual.* <https://sdsms.org.uk/SDSMManual.pdf>

Samireh, S. et al, (2017). *Climate Change Prediction of Induced Temperature & Precipitation: The Case of Iran.* Sustainability. 9,146,doi:10.3390/su9010146.

<https://www.researchgate.net/publication>