



دولة ليبيا
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الزاوية
إدارة الدراسات العليا والتدريب
كلية الآداب / قسم الجغرافيا

أطروحة بعنوان

تحليل ونمذجة درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة 1961 – 2099 باستخدام التقنيات المكانية

قدمت ضمن متطلبات الحصول على الإجازة الدقيقة (الدكتوراه) في المناخ التطبيقي

إعداد
أسمهان علي المختار عثمان

إشراف الدكتور
عبد السلام أحمد إبراهيم الوحيشي

خريف 2023

قرار لجنة البحث للإجازة () العالمة () الدقبة (√)

عملاً بقرار السيد رئيس الجامعة رقم (766) م لسنة (2023) الصادر بتاريخ 4-10-2023 م قامت اللجنة المشكلة بمناقشة الرسالة المقدمة من الطالبة: أسهان علي المختار عثمان لنيل درجة الإجازة الدقبة "الدكتوراه" تخصص (جغرافيا)، وعنوانها:

(تحليل ونمذجة درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099م باستخدام التقنيات المكانية)

وتتكون اللجنة من | الأساتذة:

- | | | |
|--------------------------------|----------------|---------------------|
| 1. أ.د عبد السلام احمد الوحيشي | مشرفاً ومقرراً | الأكاديمية الليبية. |
| 2. أ.د. على غيث الجديد | عضواً | جامعة طرابلس. |
| 3. ا.د. محمد عياد امقيلي | عضواً | جامعة طرابلس. |
| 4. أ.د. كريمة مصطفى عمار | عضواً | جامعة الزاوية. |
| 5. د. ليلي ابوالقاسم زايد | عضواً | جامعة الزاوية. |

وبعد مناقشة الرسالة على تمام الساعة (العاشرة صباحاً) من يوم الأربعاء الموافق 2023/10/18 م بمدرج كلية العلوم - جامعة الزاوية، وتقويم مستواها العلمي والمنهج الذي اتبعته الباحثة والمصادر والمراجع التي استخدمتها في دراستها قررت اللجنة ما يأتي:

القرار

بعد إتمام الطالبة: أسهان علي المختار عثمان لمتطلبات الدراسات العليا وامتحاناتها وبمناقشة الرسالة وتقويمها تقرر: (يتم التعليم بأحد المستطيلات فقط لتحديد نوع القرار)

- مع توصية بطباعة على نفقة الجامعة
- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1- إجازتها بدون تعديلات. | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2- إجازتها بتعديلات | <input type="checkbox"/> |
| 3- عدم إجازتها | <input type="checkbox"/> |
- ويمنح الطالب فرصة للأخذ بالملاحظات خلال أشهر من تاريخ المناقشة
ويمنح الطالب فرصة أخرى للمناقشة خلال أشهر

اسماء أعضاء اللجنة: التوقيع بتاريخ المناقشة. التوقيع بعد الأخذ بالملاحظات التاريخ

- | | | |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| 1. أ.د عبد السلام احمد الوحيشي | التوقيع / | التوقيع / |
| 2. أ.د على غيث الجديد | التوقيع / | التوقيع / |
| 3. ا. د. محمد عياد امقيلي | التوقيع / | التوقيع / |
| 4. ا.د كريمة مصطفى عمار | التوقيع / | التوقيع / |
| 5. د ليلي ابوالقاسم زايد | التوقيع / | التوقيع / |
- منسق التخصص مدير مكتب الدراسات العليا بكلية

مدير إدارة الدراسات العليا والتدريب

مدير مكتب الدراسات العليا بكلية

مدير المختار محمد الطويري

د. حمزة الهادي كشلاف
التوقيع

د. قنبري محمد القنوني
التوقيع

التوقيع
سورة //

إدارة الدراسات العليا والتدريب
التعاون الإداري والمالية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ
بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ﴾

سورة الروم الآية (41).

الإهداء

إلى من أصّل في فكري حب العلم والمعرفة، وحثّ في نفسي شغف العطاء،
وأمن بي ووثق بقدراتي وأخذ بيدي، حتى عندما لم أؤمن بنفسي، ولا زالت
كلماته الداعمة حاضرة رغم الغياب، إلى روح ((والدي)) رحمه الله وغفر
له.

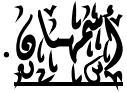
إلى من كان المعين وأول المؤيدين لإكمال مسيرتي التعليمية، ومن تحمّل
معي مشقة الطريق، وعاهدني أن نكملها سوياً؛ ولكن مشيئة الله كانت
أقرب، إلى روح شقيقي الغالي ((أيمن)) رحمه الله وغفر له.

إلى روح خالي الوحيد ((علي))، من علمني على حب الرياضيات
والإحصاء منذ سنوات تعليمي الأولى، رحمه الله وغفر له.

إلى من تحفّني بدعواتها، وتكلّلت نجاحاتي برضاها ((أمي الحبيبة)) أطال
الله في عمرها.

إلى من شاركوني ليالي السهر والأحلام، وكانوا دوماً السند والدعم، إلى
رفقاء الرحلة ((إخوتي، أخواتي، عمتي)).

وإلى من ينظرون إلى انجازاتي فخرأ لهم ((أعمامي)).



الشكر والتقدير

الحمد لله كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه، والحمد لله أولاً وآخراً. يسرني ويسعدني أن أتقدم بجزيل الشكر إلى كل من ساعدني في إنجاز هذا العمل وإخراجه إلى حيز الوجود...

وأخص بالذكر: الأستاذ الدكتور/ عبد السلام أحمد إبراهيم الوحيشي، لتفضله بالإشراف على هذه الأطروحة وتقديم الإرشاد والنصح المستمر لي، وتوجيهاته القيمة لإتمامها على أكمل وجه.

كما أقدم شكري وتقديري إلى كل من: الأستاذ الدكتور: مولود على بريش/عضو هيئة التدريس بقسم الجغرافيا كلية الآداب الزاوية بجامعة الزاوية، على دعمه وتشجيعه المتواصل من اليوم الأول لتسجيل موضوع أطروحتي، وأشكر الأستاذ الدكتور: Robert Wilby عضو هيئة التدريس بجامعة LOUGHBOROUGH UNIVERSITY، ومخترع تقنية SDSM لرده على استشاراتي المتكررة حول تقنية SDSM. وإلى الدكتور خالد عمر البلعزي عضو هيئة التدريس بقسم اللغة العربية على المراجعة اللغوية للأطروحة، وللأستاذ/ عادل المختار الشريف/ عضو هيئة التدريس بقسم الإحصاء كلية العلوم الزاوية بجامعة الزاوية، على الإرشاد والمراجعة الإحصائية. وإلى الدكتورة/ إيمان علي عثمان عضو هيئة التدريس بقسم اللغة الانجليزية بجامعة الزاوية، على مساعدتي في ترجمة بعض المراجع الأجنبية، وإلى الأستاذة: أميرة علي عثمان/ عضو هيئة التدريس بقسم الهندسة الكهربائية والالكترونية بالمعهد العالي للعلوم والتقنية بالزاوية، على مساعدتها في الإخراج الفني والتقني للأطروحة، كما أشكر صديقتي ورفيقة مشواري العلمي الأستاذة: إيمان أبو القاسم شلغوم/ عضو هيئة التدريس بقسم الجغرافيا كلية الآداب الزاوية بجامعة الزاوية.

والشكر موصول: لجميع الزملاء ممن تشرفت بالعمل معهم في اعداد أبحاث علمية، أو العمل معهم في لجان علمية لمؤتمرات محلية ودولية من أعضاء هيئة التدريس بأقسام الجغرافيا من مختلف الجامعات الليبية والعربية، ولإدارة الدراسات العليا والتدريب بجامعة الزاوية.

الباحثة

2023

فهرس المحتويات

الصفحة	عنوان الموضوع
أ	الآية القرآنية
ب	الإهداء
ج	الشكر والتقدير
د	فهرس المحتويات
ح	فهرس الجداول
ي	فهرس الخرائط
ك	فهرس الأشكال
ن	فهرس الصور
ع	ملخص للدراسة
الفصل الأول: الإطار النظري	
2	المقدمة
3	أهمية الدراسة
4	أهدافها
5	مشكلاتها
6	فرضياتها
6	حدودها
9	صعوبات الدراسة
9	منهاجيتها ومصادر بياناتها
10	أدواتها
11	مفاهيم ومصطلحات الدراسة
14	هيكلتها
15	الدراسات السابقة
19	الهوامش
الفصل الثاني: الخصائص الحرارية لمنطقة الزاوية	
24	المبحث الأول: العوامل المؤثرة في درجة الحرارة في منطقة الزاوية
24	دائرة عرض المكان.

27	البعد والقرب من البحر.
30	الكتل الهوائية.
31	الغطاء النباتي.
34	التضاريس.
المبحث الثاني: خصائص درجات الحرارة في منطقة الزاوية	
36	المعدلات السنوية لدرجات الحرارة.
36	المعدلات الفصلية لدرجات الحرارة.
43	المدى الحراري الفصلي السنوي.
44	المبحث الثالث: التوزيع المكاني لدرجة الحرارة في منطقة الزاوية
53	الهوامش
الفصل الثالث: تحليل الاتجاهات العامة لدرجات الحرارة السنوية والفصلية في منطقة الزاوية للفترة 2009 - 1958	
57	المبحث الأول: اختبار اعتدالية البيانات
60	تحليل التوزيع الطبيعي لدرجة الحرارة الصغرى
68	تحليل التوزيع الطبيعي لدرجة الحرارة العظمى
75	تحليل التوزيع الطبيعي لدرجة الحرارة المتوسطة
82	المبحث الثاني: تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة السنوية والفصلية في منطقة الزاوية للفترة 2009-1958
82	الانحدار الخطي البسيط Simple Linear Regression
83	تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة السنوية في منطقة الزاوية للفترة 2009 - 1958.
84	تحليل الانحدار لاتجاهات تغير درجة الحرارة الصغرى الفصلية في منطقة الزاوية للفترة 1958 - 2009.
87	تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة العظمى الفصلية في منطقة الدراسة للفترة 1958 - 2009.
89	تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة المتوسطة الفصلية في منطقة الدراسة للفترة 2009 - 1958.
91	الهوامش
الفصل الرابع: نمذجة التغيرات المناخية (البيانات والمنهجية)	
93	المبحث الأول: التغيرات المناخية.

93	مفهومها.
95	أسبابها.
96	المبحث الثاني: النمذجة المناخية.
99	النماذج العالمية.
100	النماذج الإقليمية.
101	التصغير الإحصائي.
102	التصغير الديناميكي.
102	النموذج الإقليمي نموذج هادلي: Hadley Center Model3(HadCM3)
103	سيناريوهات الانبعاثات العالمية.
106	المبحث الثالث: البيانات المناخية المستخدمة ومصادرها.
112	المبحث الرابع: مراحل استخدام تقنية Statistical Downscaling Model (SDSM)
120	المبحث الخامس: دقة التنبؤ بواسطة برنامج SDSM لبيانات منطقة الدراسة.
123	الهوامش
الفصل الخامس: النمذجة المستقبلية لدرجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة (1961 – 2099)	
128	المبحث الأول: التغير في درجات الحرارة في منطقة الزاوية خلال الفترة (1961 – 2099).
128	التغير في درجة الحرارة الصغرى.
130	التغير في درجة الحرارة العظمى.
132	التغير في درجة الحرارة المتوسطة.
134	المبحث الثاني: اتجاهات التغير في درجات الحرارة.
134	اتجاهات التغير في درجة الحرارة الصغرى.
139	اتجاهات التغير في درجة الحرارة العظمى.
144	اتجاهات التغير في درجة الحرارة المتوسطة.
150	المبحث الثالث: اختبار التباين الأحادي (One-way ANOVA) في متوسطات درجات الحرارة.
150	اختبار التباين الأحادي (One-way ANOVA) في متوسطات درجات الحرارة الصغرى.

152	اختبار التباين الأحادي (Analysis of Variance (One-way ANOVA) في متوسطات درجات الحرارة العظمى.
154	اختبار التباين الأحادي (Analysis of Variance (One-way ANOVA) في متوسطات درجات الحرارة المتوسطة.
156	المبحث الرابع: الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجات الحرارة.
156	الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجة الحرارة الصغرى.
160	الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجة الحرارة العظمى.
164	الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجة الحرارة المتوسطة.
169	الهوامش
171	الفصل السادس: مناقشة النتائج
184	الهوامش
187	التوصيات
189	المصادر والمراجع
197	الملاحق

فهرس الجداول

رقم	عنوان الجدول	الصفحة
1	محطات الأرصاد الجوية المدروسة وخصائصها.	9
2	متغيرات التنبؤ لنموذج الدوران العام GCM.	11
3	زاوية ميل أشعة الشمس خلال الانقلابين والاعتدالين في منطقة الزاوية.	25
4	المتوسط الشهري والفصلي لساعات النهار في محطة الزاوية وساعات السطوع الشمسي خلال الفترة (1980 - 2009).	26
5	مؤشر القارية لجونسون لمحطتي الزاوية وبئر الغنم	28
6	معامل البحرية والقارية لمنطقة الزاوية بحسب مؤشر كيرنر.	29
7	المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية والمدى الحراري لدرجات الحرارة في محطات منطقة الدراسة للفترة (1980 - 2009).	38
8	يوضح التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى لمنطقة الدراسة	64
9	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى لمنطقة الدراسة.	70
10	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة المتوسطة لمنطقة الدراسة.	77
11	الانحدار الخطي للمعدلات السنوية لدرجات الحرارة للفترة 1958 - 2021	83
12	الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى للفترة 1958 - 2009.	85
13	الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة العظمى للفترة 1958 - 2009.	87
14	الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة للفترة 1958 - 2009.	89
15	إحداثيات شبكة متغيرات النمذجة المناخية في نموذج HadCM3.	110
16	المتغيرات الثمانية لنموذج (GCM) التي ترتبط بدرجة الحرارة العظمى والصغرى في منطقة الدراسة.	116
17	نتائج معايرة متغيرات التنبؤ الثمانية مع متوسط درجتَي الحرارة العظمى والصغرى.	118
18	التغير في درجة الحرارة الصغرى خلال الفترة (1961 - 2009م) وفق سيناريو A2a.	128

الصفحة	عنوان الجدول	رقم
129	التغير في درجة الحرارة الصغرى خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو B2a.	19
131	التغير في درجة الحرارة العظمى خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو A2a.	20
131	التغير في درجة الحرارة العظمى خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو B2a.	21
133	التغير في درجة الحرارة المتوسطة خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو A2a.	22
133	التغير في درجة الحرارة المتوسطة خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو B2a.	23
135	اتجاهات تغير درجة الحرارة الصغرى الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية وفق سيناريو H3A2a.	24
136	(اتجاهات تغير درجة الحرارة الصغرى الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية وفق سيناريو H3B2a.	25
140	اتجاهات تغير درجات الحرارة العظمى الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية وفق سيناريو H3A2a للفترة (1961-2099).	26
141	اتجاهات تغير درجات الحرارة العظمى الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية وفق سيناريو H3B2a للفترة (1961-2099).	27
145	اتجاهات تغير درجة الحرارة المتوسطة الفصلية والسنوية في محطة مطار طرابلس وفق سيناريو H3A2a.	28
146	اتجاهات تغير درجة الحرارة المتوسطة الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية وفق سيناريو H3B2a.	29
151	اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة الصغرى لسيناريو A2a لفترة (1961-2099) في منطقة الزاوية.	30
153	اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة العظمى لسيناريو A2a لفترة (1961-2099).	31
155	اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة المتوسطة لسيناريو A2a لفترة (1961-2099) في منطقة الزاوية.	32

فهرس الخرائط

الصفحة	عنوان الخريطة	رقم
8	الموقع الجغرافي لمنطقة الزاوية	1
33	تصنيفات الغطاء النباتي في منطقة الزاوية في عام 2020.	2
35	طبوغرافية منطقة الزاوية.	3
50	التوزيع المكاني لدرجة الحرارة في منطقة الزاوية يوم 6/7 /2000.	4
52	التوزيع المكاني لدرجة الحرارة في منطقة الزاوية يوم 6/14 /2020.	5
108	موقع محطة مطار طرابلس بالنسبة لمنطقة الدراسة.	6

فهرس الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	رقم
39	المعدلات السنوية لدرجات الحرارة (الصغرى، العظمى، المتوسطة) لمحطتي منطقة الدراسة للفترة (1980 - 2009).	1
40	المعدلات الفصلية لدرجات الحرارة (الصغرى، العظمى، المتوسطة) لمحطتي منطقة الدراسة للفترة (1980 - 2009).	2
44	المدى الحراري الفصلي والسنوي لمحطتي منطقة الدراسة للفترة (1980 - 2009).	3
58	معايرة البيانات لدرجات الحرارة في محطة الزاوية مع بيانات تيرا خلال الفترة 1988 - 2005.	4
58	معايرة البيانات لدرجات الحرارة في محطة بئر الغنم مع بيانات تيرا خلال الفترة 1993 - 2009.	5
65	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى في محطة الزاوية	6
66	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى في محطة بئر الغنم.	7
67	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى في محطة مطار طرابلس.	8
72	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى لمنطقة الدراسة.	9
73	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى في محطة بئر الغنم.	10
74	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى في محطة مطار طرابلس.	11
79	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة المتوسطة في محطة الزاوية.	12
80	التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة المتوسطة في محطة بئر الغنم	13
81	التوزيع الطبيعي لبيانات متوسط درجة الحرارة في محطة مطار طرابلس	14
84	الانحدار الخطي لاتجاه تغير المعدلات السنوية لدرجات الحرارة (الصغرى، العظمى، المتوسطة) للفترة 1958-2009.	15
86	الانحدار الخطي لاتجاه تغير المعدلات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى في لمحطات منطقة الزاوية خلال الفترة 1958 - 2009.	16
88	الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة العظمى للمحطات الثلاث للفترة 1958 - 2009.	17
90	الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة المتوسطة للمحطات الثلاث للفترة 1958 - 2009.	18

الصفحة	عنوان الشكل	رقم
96	مقارنة بين القسر الإشعاعي الطبيعي والبشري في احترار الغلاف الجوي، الأرضي، البحري، والجليدي	19
99	المفهوم المستخدم في النماذج المناخية.	20
100	نموذج تخطيطي لعمل نموذج GCM	21
101	إدراج النماذج الإقليمية من النماذج العالمية.	22
106	سيناريوهات الانبعاثات بحسب تقارير IPCC	23
109	شبكة بيانات نموذج HadCM3.	24
112	اشتقاق متغيرات التنبؤ على النطاق الإقليمي	25
117	تمثل الارتباط لدرجات الحرارة العظمى والصغرى مع المتغير 26.	26
117	تمثل الارتباط لدرجات الحرارة العظمى والصغرى مع العنصر 23.	27
121	معدل الخطأ في درجة الحرارة العظمى الشهرية والفصلية لمحطة أرصاد المطار مع البيانات المنمجة بواسطة SDSM للفترة من (1091 - 2009).	28
122	معدل الخطأ في درجة الحرارة الصغرى الشهرية والفصلية لمحطة أرصاد المطار مع البيانات المنمجة بواسطة SDSM للفترة من (1091 - 2009).	29
130	إسقاطات درجة الحرارة الصغرى الشهرية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a,B2a.	30
132	إسقاطات درجة الحرارة العظمى الشهرية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a,B2a.	31
134	إسقاطات درجة الحرارة المتوسطة الشهرية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a,B2a.	32
137	الاتجاه العام للمعدّل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.	33
138	الاتجاه العام للتغيرات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.	34
142	الاتجاه العام للمعدّل السنوي لدرجة الحرارة العظمى في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.	35
143	الاتجاه العام للتغيرات الفصلية لدرجة الحرارة العظمى في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.	36

الصفحة	عنوان الشكل	رقم
147	الاتجاه العام للمعدّل السنوي لدرجة الحرارة المتوسطة في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.	37
148	الاتجاه العام لدرجة الحرارة المتوسطة الفصلية في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.	38
152	اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة الصغرى لفترة (1961-2099)	39
154	اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة العظمى لفترة (1961-2099).	40
156	اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة المتوسطة لفترة (1961-2099).	41
157	منحنيات الفروقات المتجمعة السنوية لدرجة الحرارة الصغرى للفترة (1961-2099).	42
158	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الخريف للفترة (1961-2099).	43
159	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الشتاء للفترة (1961-2099).	44
159	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الربيع للفترة (1961-2099).	45
160	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الصيف للفترة (1961-2099).	46
161	منحنيات الفروقات المتجمعة السنوية لدرجة الحرارة العظمى للفترة (1961-2099).	47
162	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الخريف للفترة (1961-2099).	48
162	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الشتاء للفترة (1961-2099).	49
163	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الربيع للفترة (1961-2099).	50

الصفحة	عنوان الشكل	رقم
164	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الصيف للفترة (1961-2099).	51
165	منحنيات الفروقات المتجمعة السنوية لدرجة الحرارة المتوسطة للفترة (1961-2099).	52
166	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الخريف للفترة (1961-2099).	53
167	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الشتاء للفترة (1961-2099).	54
167	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الربيع للفترة (1961-2099).	55
168	منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الصيف للفترة (1961-2099).	56

فهرس الصور

الصفحة	عنوان الصورة	رقم
10	واجهة البرنامج SDSM	1
111	ملفات HadCM3	2
111	إحداثيات الصندوق الذي تقع ضمنه منطقة الدراسة	3
113	مراحل استخراج القيم المفقودة باستخدام برنامج SPSS.	4
114	ضبط جودة البيانات.	5
115	استخراج قيمة الارتباط لدرجات الحرارة العظمى والصغرى مع متغيرات GCM.	6
118	معايرة النموذج.	7
120	توليد السيناريو.	8
120	التلخيص الإحصائي	9
180	التنبؤ بدرجة الحرارة المتوسطة لصيف 2021.	10
181	التنبؤ بدرجة الحرارة المتوسطة لشتاء 2022-2023.	11
182	التنبؤ بدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الربيع 2023.	12
183	تطابق البيانات المنمجة لدرجة الحرارة العظمى بواسطة SDSM مع بيانات البنك الدولي لتغير المناخ.	13

ملخص الأطروحة

تحليل ونمذجة درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة 1961 – 2099 باستخدام التقنيات المكانية.

إشراف. أد. عبد السلام أحمد محمد إبراهيم.
أستاذ دكتور/قسم الجغرافيا/الأكاديمية الليبية
abdalsalam@academy.edu.ly

إعداد. أسمهان علي المختار عثمان.
أستاذ مساعد/قسم الجغرافيا/كلية الآداب/جامعة الزاوية.
a.almukhtar@zu.edu.ly

الملخص:

تناولت الدراسة موضوع التنبؤ بدرجات الحرارة (الصغرى، العظمى، والمتوسطة) في منطقة الزاوية مستقبلاً للفترة (2010 – 2099). بالاعتماد على البيانات اليومية لدرجات الحرارة لفترة الأساس (1961-1990) بواسطة تقنية ((Statistical Downscaling Modell (SDSM)))، واستخدمت كمدخلات بيانات نموذج هادلي HadCM3 وسيناريوهات التغير المناخي (B2a) (A2a)؛ 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 للفترة الأربعة، وهي: (1961-1990)، (2010-2039)، (2040-2069)، (2070-2099). 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. حيث دلت نتائج الانحدار الخطي البسيط اتجاهاً واضحاً للزيادة في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة لمحطتي منطقة الدراسة (الزاوية وبئر الغنم) ومحطة مطار طرابلس، بجود قيم موجبة للمتغير b، وعلى مستوى دلالة إحصائية تقل عن 0.05.

أثبتت نتائج المعايرة من خلال نمذجة بيانات درجات الحرارة العظمى والصغرى الشهرية والفصلية للفترة من (1991 – 2009) لمنطقة الدراسة بواسطة SDSM ومقارنتها بالبيانات المرصودة من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية، وجود تطابق بينها الأمر الذي يؤكد لنا صحة البيانات المرصودة من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية بطرابلس من ناحية، ومن ناحية أخرى يقين بدقة برنامج SDSM بالتنبؤ في درجات الحرارة العظمى والصغرى مستقبلاً.

ومن خلال النمذجة المستقبلية ومقارنة المعدل السنوي لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسطة لفترة الأساس (1961-1990) مع فترات النمذجة الثلاث التي تمتد من (2010-2099) اعتماداً على السيناريوهين H3A2a و H3B2a، أظهرت تغيراً طفيفاً في المعدل السنوي للفترات المستقبلية الثلاث لدرجة الحرارة الصغرى نحو الانخفاض بمعدل (-1.0) للفترات المستقبلية الثلاث. بينما تنخفض درجة الحرارة العظمى في الفترة الثانية بمعدل (-1) وترتفع في آخر فترتين بمعدل (0.4) درجة مئوية. أما بالنسبة لدرجة الحرارة المتوسطة ترتفع بمعدل (0.1) في الفترة الثانية والثالث وتزداد في الفترة الثالثة بمعدل (0.4).

وأظهرت نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط لدرجات الحرارة في منطقة الزاوية اتجاهاً نحو الزيادة في المعدلات السنوية، وتبايناً في المعدلات الفصلية لكلا السيناريوهين، وهذا دليل ومؤشر بأن درجة الحرارة تتجه نحو الاحترار في منطقة الزاوية، من خلال وجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترات الثلاث المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)، ومتباينة في الاتجاهات الفصلية وعند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05. حيث ترتفع درجات الحرارة في فصلي الشتاء والربيع خلال الفترات المستقبلية بحدود قيم موجبة للمتغير (b) إذ يبلغ مدار الارتفاع في درجة الحرارة الصغرى بمعدل 3 درجات في الشتاء، و6 درجات في الربيع وتنخفض بمعدل 5 درجات في الخريف وتنخفض بمعدل 4 درجات في فصل الصيف. أما درجة الحرارة العظمى ترتفع بمعدل 3 درجات مئوية في فصل الشتاء 6 درجات في فصل الربيع، بينما تنخفض بمعدل 7 درجات في الخريف وتنخفض 5 درجات في فصل الصيف. أما بالنسبة لدرجة الحرارة المتوسطة ترتفع في فصل الشتاء بمعدل 3 درجات مئوية، وترتفع في فصل الربيع بمعدل 6 درجات مئوية، بينما تنخفض في فصلي الخريف والربيع بمعدل (6، 4) درجات مئوية على التوالي. الأمر الذي يلزم صناع القرار في الدولة الليبية باتخاذ التدابير اللازمة والعاجلة لمواجهة المخاطر الناتجة عن التغير المناخي، كتكرار موجات الحر المدمرة والجفاف الذي يتزامن مع قلة المياه الجوفية في جميع المناطق على حد سواء، إضافة إلى امتداد التصحر وفقدان التربة لخصوبتها وخصائصها والذي سيكون له الأثر الكبير على الأراضي الزراعية والمحاصيل، وفيضان الاودية وجريان السيول، لذا يتوجب على الدولة الليبية 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 هذه المخاطر.

Analysis and Modelling of temperatures in the Zawiya region for the period 1961-2099 using spatial techniques.

Researcher. Asmahan Ali Al-Mukhtar Othman. a.almukhtar@zu.edu.ly

Supervisor. Prof. Dr. Abdel Salam Ahmed Mohamed Ibrahim. abdalsalam@academy.edu.ly

Abstract:


The study dealt with the subject of forecasting temperatures (minimum, maximum, and average) in the Al-Zawiya region in the future for the period (2010 - 2099). Relying on daily temperature data for the base period (1961-1990) using the (Statistical Downscaling Modell (SDSM)) technique, and using as input data the Hadley Modell HadCM3 and climate change scenarios (A2a) (B2a), which are scenarios approved by the International Panel on Climate Change (IPCC) in A report known as SRES in 2000 to make climate and environmental projections based on greenhouse gases. In addition to relying on statistical analysis methods used for climate data using the SPSS program to detect temperature change trends for the four periods, which are: (1961-1990), (2010-2039), (2040-2069), and (2070-2099). To achieve the objectives of the study, the homogeneity of the data and the variance of its means were examined using the One Way Anova test, and several statistical measures were applied (standard deviation, clustered differences), to serve as indicators for analyzing and identifying temperature extremes. The results of simple linear regression indicated a clear trend of increase in annual average temperatures for the two stations of the study area (Al-Zawiya and Bir Al-Ghanam) and the Tripoli Airport station, with positive values for the variable b, and at a level of statistical significance less than 0.05.

The results of the calibration, through Modelling the data of monthly and seasonal maximum and minimum temperatures for the period (1991 - 2009) for the study area using SDSM and comparing them with the data monitored by the National Center of Meteorology, proved that there is a match between them, which confirms to us the validity of the data monitored by the National Center of Meteorology in Tripoli. On the one hand, and on the other hand, we are confident that the SDSM program is accurate in predicting maximum and minimum temperatures in the future.

Through future Modelling and comparing the annual average of minimum, maximum and average temperatures for the base period (1961-1990) with the three Modelling periods extending from (2010-2099) based on the two scenarios H3A2a and H3B2a, it showed a slight change in the annual average for the three future periods of minimum temperature. Towards a decline at a rate of (-0.1) for the three future periods. While the maximum temperature decreases in the second period at a rate of (-1) and rises in the last two periods at a rate of (0.4) degrees Celsius. As for the average temperature, it increases at a rate of (0.1) in the second and third periods and increases in the third period at a rate of (0.4).

The results of simple linear regression analysis of temperatures in the Zawiya region showed a trend towards an increase in annual rates, and a variation in seasonal rates for both scenarios. This is evidence and indication that the temperature is heading

towards warming in the Zawiya region, through the presence of positive values for the variable (b) in the annual rates. For the three future periods compared to the base period (1961-1990), and differing in quarterly trends and at a level of statistical significance less than 0.05. Temperatures rise in the winter and spring during future periods with positive values of the variable (b), as the minimum temperature rise ranges at a rate of 3 degrees in the winter, 6 degrees in the spring, decreases at a rate of 5 degrees in the fall, and decreases at a rate of 4 degrees in the summer. The maximum temperature rises by 3 degrees Celsius in the winter and 6 degrees in the spring, while it decreases by 7 degrees in the fall and 5 degrees in the summer. As for the average temperature, it rises in the winter at a rate of 3 degrees Celsius, and rises in the spring at a rate of 6 degrees Celsius, while it decreases in the fall and spring seasons at a rate of (6 and 4) degrees Celsius, respectively. This obligates decision-makers in the Libyan state to take the necessary and urgent measures to confront the risks resulting from climate change, such as the recurrence of devastating heat waves and drought that coincide with the lack of groundwater in all regions alike, in addition to the extension of desertification and the loss of the soil's fertility and properties, which will have a major impact. On agricultural lands and crops, the flooding of valleys and the flow of torrents, Therefore, the Libyan state must attach great importance to supporting scientific research projects that address priority areas in this field and which aim to provide a unique approach in studying and analyzing these risks.



الفصل الأول
الإطار النظري

المقدمة:

تعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية التي تتحكم في توزيع النظام المناخي على سطح الأرض نظراً لارتباطها المباشر وغير المباشر بالعناصر المناخية الأخرى، مما يترتب عليها اختلاف في توزيع الضغط الجوي الذي يتحكم بدوره في توزيع الرياح ونظام هبوبها، وتباين كميات التبخر مكانياً وزمانياً بسبب ارتباطه الوثيق بدرجة الحرارة، كما أن انخفاض درجة الحرارة إلى مستوى التكاثف يعدّ شرطاً أساسياً لحدوث التكاثف ومن ثم الهطول بمختلف أشكاله، كما تشكل درجة الحرارة عاملاً مهماً في العمليات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، بالإضافة إلى أنّ لها تأثيراً مباشراً على الإنسان ومتطلبات حياته من (نوع ملابسه، وغذائه، ومسكنه).

ويعد النظام المناخي نظاماً معقداً، 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 بأكمله، وهو ما يحدث بالفعل، فمناخ الأرض نجده متقلباً ومتغيراً ويتصف بعدم الاستقرار، فقد تغير لمرات عديدة في العقود الأخيرة، ومن المتوقع أن يظل كذلك في المستقبل⁽¹⁾. وقد تسببت الأنشطة البشرية في إخلال توازن هذا النظام، لاسيما الاستخدام المفرط للوقود الأحفوري، الذي أدى إلى زيادة التركيز في نسبة غازات الدفيئة، ما سيسهم في تغير وتطرف المناخ وبخاصة ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي للأرض والمحيطات بمقدار 3 درجات مئوية حتى عام 2100⁽²⁾.

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

فقد 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 وفي الغلاف الجوي والغطاء الجليدي، ومنها على سبيل الذكر نموذج الدوران العام للغلاف الجوي General Circulation (GCM Modell) والنماذج المناخية الإقليمية Regional Climate Modells (RCM) حيث أنها تعد كمدخلات في تحليل وتحديد قوة العلاقات بين العناصر

المناخية المختلفة. ولذا تعدّ من أشهر النماذج التي تستخدم في إنشاء قواعد البيانات العالمية وإعداد تقارير التغير المناخي على مستوى العالم⁽³⁾.

لهذا أهتم العلماء لعقود عديدة بإمكانية تعديل مناخ الأرض من خلال تقليل بعض الأنشطة البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري والزراعة وإزالة الغابات، فخلال القرن العشرين، زادت درجة حرارة سطح الأرض بأكثر من نصف درجة مئوية، وكان عقد التسعينيات في المتوسط، العقد الأكثر سخونة خلال ألف عام الماضية⁽⁴⁾.

تقع منطقة الدراسة في منطقة انتقالية بين المناطق الشبه الحارة والمناطق المعتدلة، مما شكّل أهم صفات مناخها، والتي تمتاز بالتذبذب في العناصر والظواهر المناخية، وهذا يعتمد على العوامل والضوابط المناخية، لذا تعد دراسة تحليل خصائص درجات الحرارة وتذبذبها واتجاهها في منطقة الزاوية والاختلاف المناخي والتقلبات الحرارية والارتفاع في معدلات درجات الحرارة خلال الفصل الحار والانخفاض في معدلاتها خلال الفصل البارد، بالإضافة إلى تأثير التغير المناخي العالمي وأثره على المناخ المحلي من الموضوعات المهمة والمؤثرة في النشاطات البشرية كافة، من هنا جاءت فكرة الدراسة للكشف عن أثر وفهم التغير الحاصل في المناخ العالمي على منطقة الزاوية، ومعرفة مقدار واتجاه التغير في معدلات درجات الحرارة (الصغرى والعظمى، والمتوسطة) وذلك من خلال استخدام نماذج عالمية وإقليمية وفق سيناريوهات محددة.

أهمية الدراسة:

- 1 - إن التطور السريع في مجالات البحث العلمي الذي شهدته مختلف العلوم المعرفية وخاصة الجغرافيا بما رافقته من تقدم تقني وتكنولوجي، يستدعي منا كباحثين أن نفكر جدياً بتطوير أدواتنا البحثية، لا سيما في مجال الجغرافية عامة والمناخ خاصة.
- 2- تسليط الضوء على دور التقنيات المكانية الحديثة لفهم التغيرات المناخية في ليبيا عامة ومنطقة الدراسة خاصة،
- 3 - تبرز أهمية الدراسة في تسليط الضوء على إحدى التقنيات الإحصائية التي تختص بالتنبؤ المستقبلي بالعناصر المناخية.
- 4- دعم الدراسات عن مستقبل المناخ في ليبيا.
- 5- التأكيد على دور علم الجغرافيا كأحد العلوم المهمة لتتبع المشكلات البيئية والتقليل من آثارها.

أهدافها:

- 1- إجراء دراسة مناخية تحليلية تطبيقية لإبراز خصائص درجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) في منطقة الدراسة، وتوزيعها مكانياً.
- 2- تحديد العوامل الجغرافية الكامنة وراء اختلاف التوزيع والتباين المكاني لدرجة الحرارة طبيعية كانت أو بشرية أو الاثنين معاً.
- 4- التعريف بأحدث التقنيات التي تختص بدراسة التغيرات المناخية، والتعرف على أهم النماذج العالمية وسيناريواتها لمعرفة سلوك واتجاه التغير في المنطقة، بالاعتماد على محاكاة لأهم النماذج العالمية الخاصة بالتنبؤ المستقبلي للمناخ وسيناريواته خلال الفترة 2010-2099.
- 5- إظهار قدرة نموذج التحجيم الإحصائي (SDSM) في اشتقاق سلسلة بيانات لدرجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) لمنطقة الزاوية.
- 6- بناء قاعدة بيانات لدرجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) لمنطقة الزاوية والتنبؤ بها ومعرفة آثارها ضمن سيناريوات المنظمة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC وإنتاج بيانات مناخية حتى عام 2099، واختبارها بواسطة الأساليب الإحصائية للتأكد على مقدار واتجاه تغيراتها.
- 7- تحديد أهم العناصر المناخية من نموذج الدوران العام (GCM)، التي ترتبط بدرجات الحرارة (الصغرى، والعظمى) بمنطقة الزاوية.
- 8- مساعدة صانعي القرار في وضع سياسة تنموية معتمدة على أسلوب علمي تطبيقي بإمدادها بهذا النوع من الدراسات.
- 9- معرفة معدل التغير في درجات الحرارة خلال فترة الدراسة وبيان حجم تباينها الفصلي والسنوي.

مشكلاتها:

تعاني المنطقة العربية عامة وليبيا خاصة من نقص في الدراسات الخاصة بالنمذجة المستقبلية للتغيرات المناخية التي أصبحت أهم المشكلات البيئية المطروحة بحلول القرن الحادي والعشرين، لما لها من تأثيرات سلبية على كل مكونات البيئة الطبيعية، وأن كل التنبؤات الصادرة من كل المؤسسات البحثية الدولية المعنية بالبيئة تشير إلى استمرار هذه التغيرات خاصة

الارتفاع غير المسبوق في درجات الحرارة، ولدراسة وتتبع هذه المشكلة تحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

- 1- ما خصائص درجات الحرارة الشهرية والفصلية والسنوية لمنطقة الدراسة؟ وهل هناك تباين مكاني في توزيعها الجغرافي؟ وما أسبابه إن وجد؟
- 2- هل شهدت المنطقة اتجاهاً نحو الزيادة في درجات الحرارة خلال الفترة من (1958-2009)؟

3- ما دقة التنبؤ بدرجات الحرارة في منطقة الدراسة بواسطة تقنية SDSM؟

- 4- هل هناك اتجاهاً للتغير في المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) بمنطقة الزاوية خلال الفترة من 2010-2009 مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)؟

- 5- هل يوجد سيناريو محدد تتبعه درجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) في منطقة الدراسة خلال الفترة من 2010-2009، في ظل السيناريوات A2a أو B2a؟

- 6- ما هو مقدار التباين في تغير المتوسطات الحسابية لمعدل درجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) الشهرية والفصلية والسنوية في المنطقة للفترة من 2010-2009، مقارنة بفترة الأساس؟

- 8- هل يمكن تحديد الفترات الحرارية المتطرفة التي حدثت في درجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة)، في المنطقة خلال فترة الدراسة من 1961-2009؟

فرضياتها:

الفرضيات هي عبارة عن إجابة مبدئية للتساؤلات المطروحة، فهي حلّ أو تفسير مؤقت للظاهرة وتتم صياغتها بشكل علمي، يُحاول الباحث فيه أن يتحقق من صحة هذا التفسير، وتتمثل هذه الفروض في:

الفرضية الأولى: هناك تباين مكاني في التوزيع الجغرافي لدرجة الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) بمنطقة الزاوية مما جعلها تتصف بعدة خصائص حرارية.

الفرضية الثانية: شهدت المنطقة اتجاهاً واضحاً في ارتفاع درجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) في الفترة (1958-2009)، وبمستوى دال إحصائياً.

الفرضية الثالثة: يوجد تطابق بين البيانات المؤرشفة لمحطة الأرصاد من المركز الوطني للأرصاد الجوية للفترة (1991-2009) مع مخرجات عمليات النمذجة بواسطة تقنية SDSM للفترة ذاتها.

الفرضية الرابعة: ستأخذ درجات الحرارة في منطقة الزاوية اتجاهاً نحو الارتفاع خلال الفترة (2010-2099)، مقارنة بفترة الأساس (1961-1990). وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05.

الفرضية الخامسة: إن النمذجة المستقبلية لدرجات الحرارة تشير إلى أنها تتبع نمط النموذج المتشائم A2a أكثر من B2a.

الفرضية السادسة: هناك تباين في اتجاه تغير درجة الحرارة الفصلية، حيث يتجه فصلي الشتاء والربيع إلى الارتفاع، بينما يتجه فصلي الصيف والخريف إلى الانخفاض.

الفرضية السابعة: يوجد اختلاف ذو دلالة إحصائية بين المتوسطات الحسابية السنوية لدرجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) وعلى مستوى دلالة إحصائية.

الفرضية الثامنة: إن استخدام طريقة الفروقات المتجمعة تمكن من رسم منحى بياني يوضح الفترات المتطرفة بالسلب والإيجاب لدرجات الحرارة في المنطقة للفترة (1961-2099).

حدودها:

أولاً- الحدود المكانية:

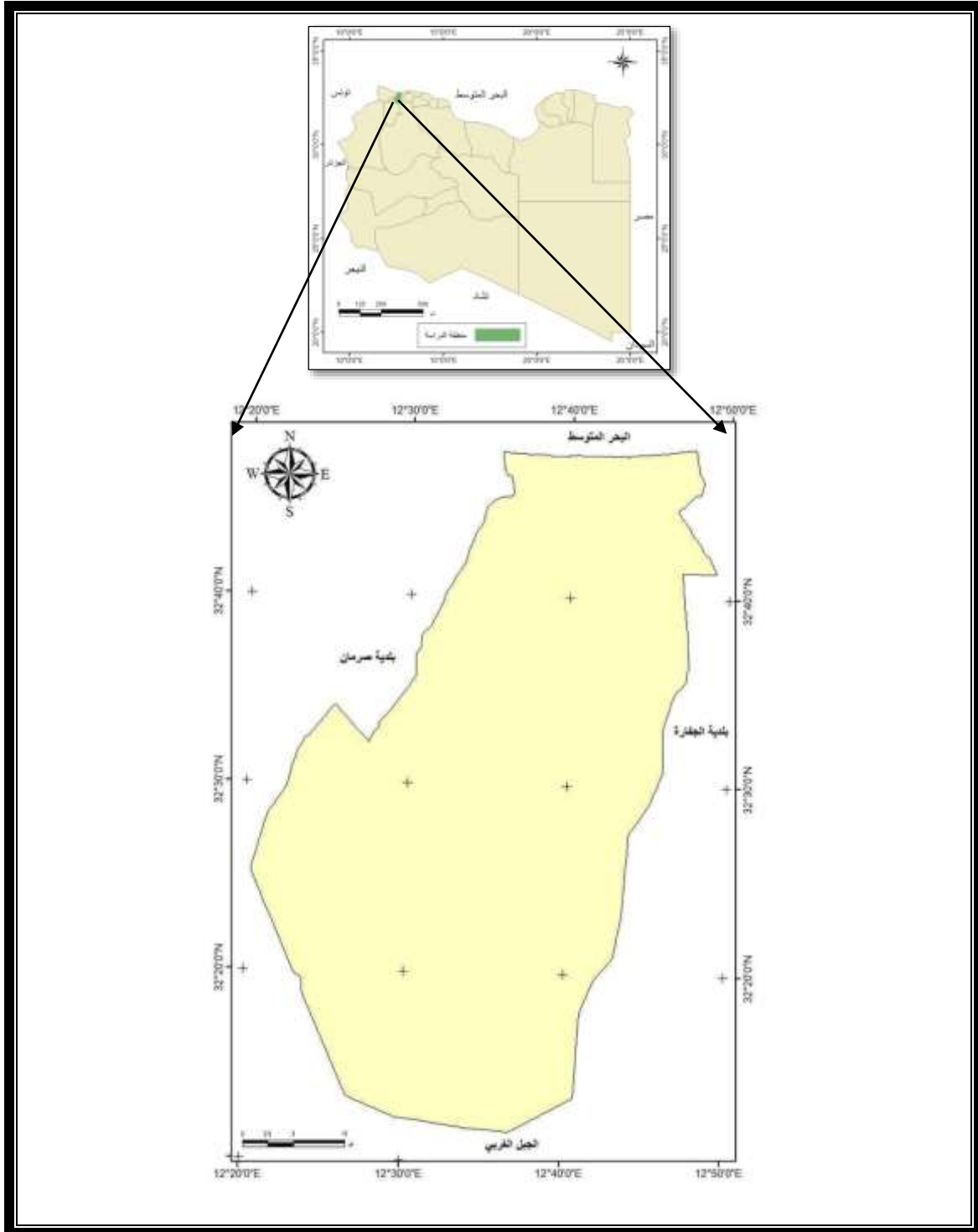
تقع منطقة الزاوية في شمال غرب ليبيا، ووسط إقليم سهل الجفارة الذي يغلب عليه الاستواء ؛ وبذلك تضم معالم عمرانية وحضرية، كما يحيط بها غطاء نباتي في الأراضي الريفية المجاورة للمراكز العمرانية، وتمتد بمحاذاة البحر المتوسط الذي يحدها من الشمال، أما من الشرق فتحدها منطقة الجفارة ومن الغرب منطقة صرمان وصبراتة ومن الجنوب المنحدرات الشمالية للجبل الغربي وتتدرج في ارتفاعها كلما اتجهنا جنوباً ويصل ارتفاعها عند الساحل حوالي 15 متر بينما في جزئها الجنوبي يصل إلى 380 متراً وتبلغ مساحتها 1840 كم²، والتي تمثل في مجملها نحو 10.2 % من مساحة السهل، ويبلغ امتدادها من منطقة جودائم شرقاً إلى منطقة المطرد غرباً بمسافة تقدر بنحو 23 كم، وتمتد نحو الجنوب من ساحل البحر لمسافة تصل إلى 65 كم. وبحسب الإحداثيات الجغرافية تقع منطقة الدراسة بين خطي طول 14° 20' - 12°

43° 50' 12" شرقاً ودائرتي عرض 17° 12' 32" - 57° 47' 32" شمالاً، كما هو مبين في الخريطة (1) (5).

ثانياً: الحدود الزمانية.

اعتمدت هذه الدراسة على المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة)، لمنطقة الزاوية للفترة (1958-2009)، اعتماداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية لمحطات الدراسة الجدول (1)، وتعويض الفاقد منها بواسطة منصة (Google Earth Engine) من خلال الحوسبة السحابية لبيانات المناخ والاستشعار عن بعد وذلك لدراسة الخصائص المناخية في المنطقة واتجاه تغير درجات الحرارة في الماضي، كما تم الاعتماد على البيانات اليومية لمحطة مطار طرابلس للفترة (1961-1990) لتوفر أرشيف متكامل ودقيق لبياناتها، وذلك لاستخدامها في عمليات النمذجة المستقبلية لدرجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) حتى سنة 2099م، واستخدمت في هذه الدراسة أيضاً مخرجات النموذج المناخي العالمي GCM and NCEP كمدخلات في تحليل وتحديد قوة العلاقات بين العناصر المناخية المختلفة لتحديد أيهما أقوى تأثيراً على الإسقاطات المستقبلية لدرجات الحرارة في منطقة الزاوية، إضافة إلى استخدام سيناريوهات للنمذجة المستقبلية مركز هادلي التابع لمكتب الأرصاد الجوية بالمملكة المتحدة (The Hadley Center (HadCM3)، الذي يستخدم نموذج GCMS المعتمد من المنظمة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC لدرجة الحرارة العظمى والصغرى بمنطقة الزاوية حتى سنة 2099م.

خريطة رقم (1) الموقع الجغرافي لمنطقة الزاوية.



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الحدود الإدارية لبلديات الزاوية بواسطة برنامج GIS.

الجدول (1) محطات الأرصاد الجوية المدروسة وخصائصها.

الارتفاع/م	الموقع الفلكي		المحطة
	دائرة العرض	خط الطول	
19	°32.7541	°12.7267	الزاوية
134	°32.3140	°12.5727	بئر الغنم
23	°32.6738	°1435.13	مطار طرابلس

المصدر: المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس، 2021

صعوبات الدراسة:

- 1 - صعوبة الحصول على بيانات مناخية من المحطات الأرضية الليبية، وذلك لعدم تعاون المركز الوطني للأرصاد الجوية بطرابلس ليبيا معنا كباحث لتوفير تلك البيانات، والمتوفر منها يتضمن العديد من البيانات المفقودة نتيجة إقفال المحطات لظروف فنية وإدارية.
- 2 - صعوبة الحصول على البيانات المناخية اليومية لفترات ما قبل الثمانينات من النماذج المناخية العالمية مثل NACA. NOAA.TERA وغيرها.

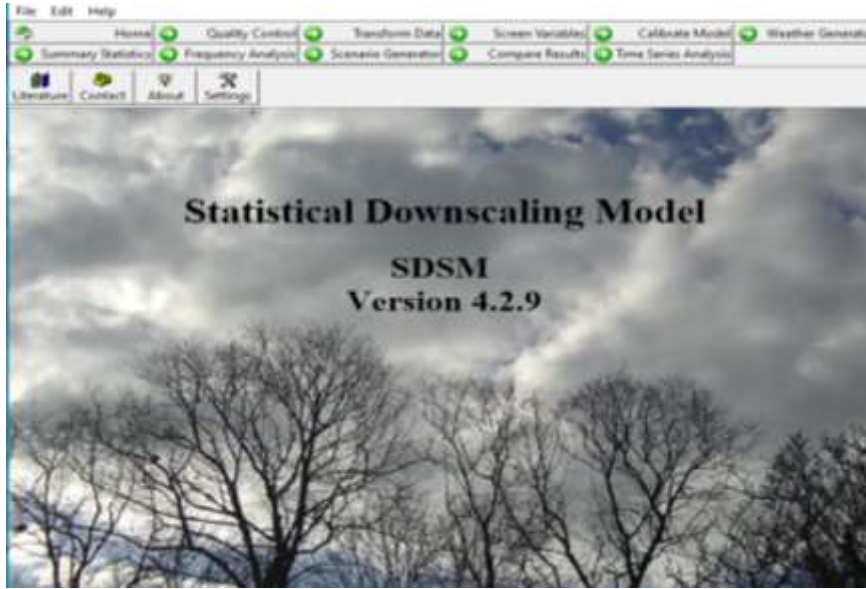
منهجيتها ومصادر بياناتها:

ارتكزت منهجية الدراسة على الآتي:

- 1- المنهج التاريخي لمعالجة السجلات التاريخية لبيانات درجات الحرارة العظمى، الصغرى والمتوسطة لمحطات منطقة الدراسة، فدراسة البعد التاريخي لأية ظاهرة جغرافية، وبخاصة في الدراسات المناخية يعدّ مؤشراً لتتبع تطور تلك الظواهر والتنبؤ بسلوكها وتوقع مستقبلها.
- 2- منهج التحليل الوصفي للخصائص الجغرافية الطبيعية والبشرية لمنطقة الدراسة.
- 3- المنهج الإحصائي بإجراء التحليلات الإحصائية الأولية ببرنامج الاكسيل للبيانات الخام لمحطات منطقة الدراسة لتبويبها في شكل صيغ يمكن التعامل معها في برنامج (SDSM)، إضافة التحليلات الإحصائية للبيانات التي استخدمت فيها الحزمة الإحصائية spss. علاوة على استخدام أسلوب التحجيم الإحصائي بواسطة تقنية SDSM هو عبارة عن برنامج معتمد يستخدم للتعامل مع بيانات العناصر المناخية المختلفة لدعم اتخاذ القرارات المتعلقة بالتنبؤ المستقبلي لحالة المناخ والتغيرات المناخية وما ستكون عليه، كذلك لتقييم الإحصاءات المحلية وتأثيراتها على تغير المناخ، ويستخدم من خلال هذا البرنامج سيناريوهات للمساعدة في تحديد

متغيرات الطقس اليومية لحالة المناخ الحالية والمستقبلية (6). واعتمدت هذه الدراسة على المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة) لمنطقة الزاوية للفترة (1961-1990)، لاستخدامها في عمليات النمذجة المستقبلية لتقييم آثار تغير المناخ باستخدام تقنية SDSM الصورة (1).

الصورة (1) واجهة البرنامج SDSM.



Source: Wilby and Dawson (2007).

ويستخدم لذلك سيناريوهات للمساعدة في تحديد متغيرات الطقس اليومية لحالة المناخ الحالية والمستقبلية كذلك يتم استخدام العناصر المؤثرة في المناخ (NCEP_1961-2001) كمتغيرات والبالغ عددها 26 عنصر - جدول (2).

أدواتها:

- 1- الملاحظة العلمية والتجربة كوسيلة لجمع البيانات، والمعلومات، وتفسيرها، وتحليلها.
- 2- البحث والاطلاع على البرامج، والكتب، والأطروحات، والرسائل والبحوث العلمية، والتقارير، والنشرات المختلفة، وشبكة المعلومات العالمية (الإنترنت)، التي تخص موضوع البحث والدراسة.
- 3- استخدام عدة تقنيات وبرامج متخصصة للتحليلات الإحصائية الوصفية والمكانية وبناء النماذج المناخية ومنها GIS، Excel، SPSS، SDSM، GenStat.

الجدول (2) متغيرات التنبؤ لنموذج الدوران العام GCM.

No	Predictor variables	predictor description	No	Predictor variables	predictor description
1	msslpa	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	850hpa zonal velocity
4	p_vaf	Surface meridional velocity	17	p8_vaf	850hpa meridional velocity
5	p_zaf	surface vorticity	18	p8_zaf	850 hpa vorticity
6	p_thaf	surface wind direction	19	p850af	850 hpa geopotential height
7	p_zhaf	surface divergent	20	p8thaf	850hpa wind direction
8	p5_faf	hpa airflow strength 500	21	p8zhaf	hpa 850 divergence
9	p5_uaf	hpa zonal velocity 500	22	pr500af	Relative humidity at 500hpa
10	p5_vaf	hpa meridional velocity 500	23	pr850af	Relative humidity at 850hpa
11	p5_zaf	hpa vorticity 500	24	rhumaf	Near surface relative humidity
12	p500af	hpa geopotential height 500	25	shumaf	Surface specific humidity
13	P5thaf	hpa wind direction 500	26	tempaf	Mean temperature at 2 meter

.Source: Wilby and Dawson (2007)

المفاهيم ومصطلحات الدراسة:

1- تغير المناخ:

يعرّف تغير المناخ على أنه كل ما يطرأ على قيم عناصر المناخ من تغير وتبدل لمدة طويلة لا تقل عن ثلاثين عاماً⁽⁷⁾، ويعني كذلك حدوث اختلال في الظروف المناخية المتمثلة في درجة الحرارة وأنماط الرياح والتساقطات التي تميز كل منطقة عن المنطقة الأخرى⁽⁸⁾.

2- النمذجة Modelling:

تعرف النمذجة بأنها جزء من المحاكاة (Simulation) للواقع وتوقع المستقبل، وقد تم تطوير عمليات المحاكاة بشكل رئيس للحصول على إجابات تتعلق بتجارب لا يمكن أو يصعب القيام بها، كما تعرف بأنها إطار شكلي لتمثيل السمات الأساسية للنظام المعقد بعلاقات رئيسية قليلة، وهذه النمذجة يمكن أن تأخذ صيغة (أشكال أو معادلات رياضية أو برامج حاسوب) وهي تمثيل البيانات المناخية بشكل أو بصورة أو معادلة أو خريطة أو شكل بياني، وهذه النماذج يمكن أن تكون نظرية أو قانون أو فرضية أو فكرة بنيوية، ويمكن أن تكون قاعدة أو علاقة أو معادلة⁽⁹⁾.

3- نمذجة الطقس Weather Generator:

هي تمثيل البيانات المناخية بشكل أو بصورة أو معادلة أو خريطة أو شكل بياني، تستند على علاقات تجريبية أو إحصائية بين أجزاء النظام المناخي لفترة قصيرة لا تتجاوز خمسة عشر يوماً.

4 - النموذج المناخي Climate Modell:

النموذج المناخي يقوم أو يستند على علاقات تجريبية أو إحصائية بين أجزاء النظام المناخي، ويستخدم على نطاق واسع في إنتاج توقعات مناخية من خلال توفر القيمة المتوسطة المتوقعة لعنصر مناخي ما لفترة تمتد عادة لعدة أشهر.

5- النمذجة المستقبلية Future Modelling:

هي نماذج تحاول أن تتوقع أو تصف الوضع المستقبلي لظاهرة قيد الدراسة، بمحاكاة سلوك تلك الظاهرة أو باستعمال علاقات تحليلية وديناميكية من أجل استنتاج Extrapolate السلوك الذي سيحصل في المستقبل.

6 - النماذج المناخية الإقليمية Regional climate Models:

هي تمثيل المناخ على نطاقات مكانية صغيرة في منطقة محددة، حيث تشتق التوقعات المناخية من تحليل وتفسير الراصدات ومنتجات النماذج المناخية العالمية.

7- التنبؤ بالمناخ Climate prediction:

هو بيان أو وضوح مظاهر المناخ المحتمل في المستقبل على نطاقات زمنية تتراوح بين سنوات وعقود، وتستند إلى ظروف معروفة في الوقت الحاضر وعلى افتراضات من العمليات الفيزيائية التي ستحدد التغيرات المستقبلية.

8 - حساسية المناخ Climate sensitivity:

تعني التقلب أو سرعة تغير المناخ نتيجة لمضاعفة كمية ثاني أكسيد الكربون والشوائب في الغلاف الجوي.

9 - النظام المناخي The climate system:

هو نظام تفاعلي معقد يتكون من الغلاف الجوي وسطح الأرض والثلج والجليد والمحيطات والمسطحات المائية الأخرى، كما يضم الكائنات الحية.

10- الأهباء الجوية Aerosols:

مجموعة من الجسيمات الصلبة أو السائلة التي يحملها الهواء ويتراوح حجمها عادة بين 0,01 - 10 ميكرون، وتبقى هذه الجسيمات في الغلاف الجوي لعدة ساعات على الأقل، وقد تكون الأهباء الجوية طبيعية أو بشرية المنشأ، وتؤثر في المناخ بطريقتين اثنتين: إما بصورة مباشرة من خلال انعكاس وامتصاص الإشعاع، أو بصورة غير مباشرة من خلال العمل في شكل نويات تكثيف لتكوينات السحب أو تعديل الخصائص البصرية للسحب وفترة بقائها.

11- خط الأساس Baseline:

هو المرجع للكميات القابلة للقياس التي يمكن على أساسها قياس نتيجة بديلة، فسيناريو عدم التدخل مثلاً يُستخدم كمرجع لتحليل سيناريوهات التدخل.

12 - الإسقاط المناخي Climate projection:

إسقاط استجابة النظام المناخي لسيناريوهات الانبعاثات أو تركيزات غازات الدفيئة والأهباء الجوية أو سيناريوهات المؤثر الإشعاعي، وهو إسقاط يستند في معظم الأحيان إلى عمليات محاكاة بواسطة النماذج المناخية.

13 - السيناريوهات المناخية Climate scenarios:

يشير سيناريو المناخ إلى مناخ مستقبلي معقول يوضع من أجل دراسة العواقب المحتملة للتغير المناخي الذي ينشأ عن الأنشطة البشرية المستقبلية تفسر ظروفًا غير أنه ينبغي أن يمثل أيضاً التقلبية الطبيعية للمناخ⁽¹⁰⁾.

14 - مراقبة الجودة Quality Control:

الغرض من مراقبة الجودة هو التحقق مما إذا كانت قيم أي بيانات تمثل أو لا تمثل ما كان مستهدفاً بقياسه، ومن ثم يجب ألا يتم حفظها في الارشيف الدائم إلا بعد إخضاعها لعملية ملائمة لمراقبة الجودة.

15- شاشة المتغيرات Variables screen:

هي النافذة التي تضم جميع المتغيرات التي يستخدمها نموذج أو برنامج إحصائي ما.

16 - معايرة النموذج Modell calibration:

هي خضوع النماذج دوماً لقابلة التعديل والتطوير والتحسين وذلك لتغيير النظريات العلمية المرتبطة بها أو الناشئة عنها ولتغيير الأدوات والوسائل العلمية التي أدت الى تصميمها⁽¹¹⁾.

هيكلياتها:

تشمل الدراسة خمسة فصول، **الفصل الأول: (الإطار النظري)** ويحتوي على المقدمة وأهمية الدراسة، وأهدافها، ومشكلة الدراسة، وفرضياتها، حدودها، منهاجياتها، والصعوبات التي واجهت الدراسة ومصطلحاتها، وآخرها الدراسات السابقة.

الفصل الثاني: (الخصائص الحرارية لمنطقة الزاوية) وفيه ثلاث مباحث، المبحث الأول: العوامل المؤثرة في درجة الحرارة في منطقة الزاوية (دائرة عرض المكان، البعد والقرب من البحر، الكتل الهوائية، الغطاء النباتي، التضاريس).

أما المبحث الثاني: خصائص درجات الحرارة الصغرى، والعظمى، والمتوسطة في منطقة الزاوية (الشهرية، الفصلية، السنوية)، والمدى الحراري الفصلي السنوي. والمبحث الثالث: التوزيع المكاني لدرجة الحرارة في منطقة الزاوية.

الفصل الثالث: (تحليل الاتجاهات العامة لدرجات الحرارة السنوية والفصلية في منطقة الزاوية للفترة 1958 - 2009). وفيه مبحثان، المبحث الأول: اختبار اعتدالية بيانات درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسطة ومعابرتها، المبحث الثاني: تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة السنوية والفصلية في منطقة الزاوية للفترة 1958-2009.

الفصل الرابع: (نمذجة التغيرات المناخية (البيانات والمنهجية)) وفيه أربعة مباحث، المبحث الأول: التغيرات المناخية وأسبابها، المبحث الثاني: النمذجة المناخية، المبحث الثالث: البيانات المناخية المستخدمة ومصادرها، المبحث الرابع: دقة التنبؤ بواسطة SDSM لبيانات منطقة الدراسة.

الفصل الخامس: (النمذجة المستقبلية لدرجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة 1961 - 2099). واحتوى على أربعة مباحث، المبحث الأول: التغير في درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسطة في منطقة الزاوية خلال الفترة (1961 - 2099). والمبحث الثاني: اتجاهات التغير في درجات الحرارة، والمبحث الثالث: اختبار التباين الأحادي Analysis of Variance (One-way ANOVA) في متوسطات درجات الحرارة. أما المبحث الرابع ففيه الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجات الحرارة.

الفصل السادس: مناقشة النتائج.

وأخيراً التوصيات، قائمة المراجع والمصادر، ثم الملاحق.

الدراسات السابقة:

- 1- وضح كل من (R.L. WILBY and T.M.L. WIGLEY) في (1998)، أنه من المعترف به على نطاق واسع أن المخرجات المباشرة لمحاكاة تغير المناخ من نماذج الدوران العامة (GCMs)، غير كافية لتقييم الأثر، لذا فمن الضروري استخدام طريقة تقليص النطاق الإحصائي من خلال العلاقات المناسبة بين متغيرات التنبؤ على نطاق الشبكة الأكبر مقابل الشبكة ومتغيرات التنبؤ ذات النطاق الأصغر؛ كما أكد أن دقة التنبؤ تعتمد على اختيار المتغيرات من نموذج الدوران من ناحية قوة الارتباط بالعنصر المناخي المدروس، فعندما تم الاعتماد على متغيرات GCM، المتمثلة في (متوسط دوامة مستوى سطح البحر، وقوة التدفق الجيوستروفية*)، واتجاه التدفق، الارتفاع الجغرافي) لارتباطها بدرجة الحرارة العظمى والصغرى في الجزر البريطانية، وبإجراء تنبؤ لدرجات الحرارة العظمى والصغرى لفترة مرجعية من (1980-1990) كانت النتائج ذات ثقة عالية⁽¹²⁾.
- 2- اختبر (Gagnon وآخرون) في (2005) قدرة تقنية نموذج التقييم الإحصائي SDSM في اشتقاق سلسلة من بيانات درجة الحرارة المحلية وهطول الأمطار التي يمكن استخدامها كمدخلات نموذج هيدرولوجي لنمذجة التدفق في ثلاث أحواض في مقاطعة كيبيك، وقد أظهرت النتائج أن هذه التقنية وفرت تصغير الحجم بشكل معقول للبيانات عند استخدام تنبؤات تمثل المناخ الحالي المرصود. ومع ذلك الأداء أقل ثقة عند استخدام التنبؤات العالمية⁽¹³⁾.
- 3- في (2011) أكدت دراسة (عثمان) أن ليبيا تتميز بمجموعة من الخصائص الحرارية الفصلية والسنوية التي ميزت كل منطقة عن الأخرى، كما أكدت الدراسة على أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة في ليبيا إلى الارتفاع⁽¹⁴⁾.
- 4- استخدم (ابراهيم) في (2018) تقنية SDSMS وهي إحدى التقنيات المستخدمة في رصد التغير المناخي ووضع السيناريوهات لما سيكون عليه المناخ مستقبلاً، إذ أكد بأن درجات الحرارة في منطقة مصراتة تميل إلى الارتفاع بما يتطابق مع سيناريوهات IPCC⁽¹⁵⁾.
- 5- أكد كلا من (حافظ والقراضين) في (2019) بعدم اليقين بأوجه التغير المناخي العالمي في المستقبل لأن الجيل الحالي من التقنيات العالمية ليس لديها الدقة المكانية والزمانية

* - وتعني الرياح الدورانية العلوية التي تهب في المستويات العليا من الغلاف الجوي المتغير، وتهب تلك الرياح بشكل موازي لخطوط الضغط المتساوي.

المطلوبة للتقييم المباشر لتقنيات آثار تغيرات المناخ المستقبلية على المستوى المحلي، وعليه يجب استخدام تقنيات تصغير الحجم على المستوى المحلي والإقليمي فهي مطلوبة جداً للوصول إلى الدقة المطلوبة⁽¹⁶⁾.

6- أثبت المريمي (2019) قدرة النماذج المناخية الإقليمية على إعطاء معلومات وبيانات أكثر دقة على نطاقات مكانية معينة لغرض الحصول على توقعات دقيقة، حيث بلغت دقة نتائج التنبؤ بدرجة الحرارة على مستوى محطات الدراسة بدقة بلغت 97.35%. حيث أشارت إلى أن أعلى دقة كانت في فصل الشتاء بنسبة بلغت 98.32%، وأقلها في فصل الربيع بنسبة بلغت 92.17%⁽¹⁷⁾.

7- اشار (المليان وآخرون) في (2021)، إلى أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى في محطة أرصاد شحات ستشهد ارتفاعاً حتى عام 2099، وأن نتائج سيناريوهات التغير على المستوى الشهري تتشابه من ناحية الارتفاع والانخفاض⁽¹⁸⁾.

8- أثبتت دراسة عثمان في (2021) على قدرة SDSM على التنبؤ بدرجة الحرارة للمستقبل بدليل الدفيء والجفاف في المنطقة الغربية من البلاد، بما فيها منطقة زوارة، حيث أشار المركز الوطني للأرصاد الليبية بطرابلس أن شتاء 2021/2020 يشبه شتاء 2010/2009، في حين أكد مركز التنبؤات المناخية التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي ((NOAA، في تقرير له يوم 2021/7/8 أن نمط شتاء 2022/2021 في المنطقة سيكون مكرراً لنمط الشتاء الماضي حيث بلغ على التوالي (18.16 / 18.82) درجة مئوية⁽¹⁹⁾.

9- أكد كل من (Brebish & Othman) في (2022) أن درجة الحرارة العظمى في منطقة زوارة في ارتفاع مستمر خلال فترات النمذجة الثلاث مقارنة بفترة الأساس. وهذا يتفق مع جميع سيناريوهات IPCC، ووجدوا أن معدل الزيادة في درجة الحرارة العظمى الشهرية والفصلية والسنوية تتفق مع السيناريو A2a وهو ما ينذر بعدم قدرة دول العالم السيطرة والتخفيف من انبعاثات غازات الدفيئة⁽²⁰⁾.

10- كما عمل كل من (عثمان، شلغوم، سليم)، في (2022)، بمعايرة نموذج المحاكاة HadCM3 من خلال مقارنة بياناته للفترة من (1991-2000) مع بيانات محطة أرصاد سرت المرصودة خلال للفترة (1991-2000) الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد

الجوية مع نتيجة عملية النمذجة بواسطة تقنية SDSM لفترة نفسها، حيث اتضح تطابق البيانات المسجلة خلال شهور (يناير، فبراير، أبريل، يوليو، أغسطس، سبتمبر، نوفمبر، ديسمبر). أي تطابق في البيانات في ثمانية أشهر وهو ما يدل على دقة النمذجة، حتى لو كانت متطابقة في ثمانية أشهر فقط، في حين تم إرجاع السبب في عدم التطابق في بقية الشهور الأربعة إلى عدم دقة المقياس أو قلة خبرة تسجيل البيانات في باقي الأشهر من قبل الراصدين في المحطة⁽²¹⁾.

11- أظهرت دراسة (عثمان) في (2022)، أن اتجاهات التغير في درجة الحرارة العظمى السنوية والفصلية في منطقة طرابلس تتجه نحو الزيادة مقارنة بفترة الأساس (1961-1990). وعند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05. كما أكد اختبار التباين لمتوسطاتها على الاتجاه العام نحو الارتفاع، بينما دلت نتائج الفروق المتجمعة على تباين التطرفات على المستوى السنوي للفترة المستقبلية (2010-2099) وعلى مستوى الفصول⁽²²⁾.

12- عمل كل من عثمان وصالح في (2022) معايرة دقة قياس البيانات المنمذجة لمحطة أرصاد بنينا ووجدوا أن هناك تطابقاً بين البيانات المنمذجة بواسطة SDSM والسيناريو A2a مع البيانات المسجلة في أرشيف الأرصاد الجوية للفترة من 1991-2009، الأمر الذي يؤكد 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⁽²³⁾.

13- أظهرت دراسة عثمان، ابراهيم، والشريف (2022) أن نتائج الانحدار الخطي البسيط لدرجة الحرارة العظمى في محطة زواره، اتجاهاً واضحاً للزيادة بوجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترة المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)، وبزيادة على مستوى الدلالة الإحصائية. 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 يندرج بمشكلات بيئية وخيمة مستقبلاً⁽²⁴⁾.

14- أظهرت دراسة عثمان (2023) أن نتائج الانحدار الخطي البسيط لدرجات الحرارة العظمى في محطات الدراسة على الساحل الليبي، اتجاهاً واضحاً للزيادة في المعدلات

السنوية، بوجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترات المستقبلية (2010-2099)، مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)، وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05 إذ تراوح معامل الانحدار b، ما بين 0.008 - 0.13⁽²⁵⁾.

هوامش الفصل الأول

- 1- محمد إبراهيم محمد شرف، جغرافية المناخ والبيئة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر، ط1، 2001، 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)، بيروت، لبنان، 2017، 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- الباحثة اعتمادا على الحدود الإدارية لبلديات الزاوية.
- 6- Using SDSM Version 4.2 — A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts (User Manual), obert L. Wilby and Christian W. Dawson, Climate Change Unit, Environment Agency of England and Wales, Nottingham, NG2 5FA, UK, August 2004
- 7- دليل الممارسات المناخية، المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، مطبوع رقم 100، 2011.
- 8- Sébastien Gagnon, Bhawan Singh, Jean Rousselle and Luc Roy, An Application of the Statistical DownScaling Model (SDSM) to Simulate Climatic Data for Streamflow Modelling in Québec , Canadian Water Resources Journal Vol. 30(4): 297–314 (2005) © 2005 Canadian Water Resources Association Revue canadienne des ressources hydrique
- 9- سامي عزيز عباس العتيبي وإياد عاشور الطائي، الاحصاء والنمذجة في الجغرافية، مكتبة ومطبعة أكرم لطباعة والاستنساخ، بغداد، العراق، ط1، 2012، ص305.

- 10- تقرير التقييم الرابع الذي أعدته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC
https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/ar/annexess----2-1.html
- 11- Using SDSM Version 4.2 — A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts (User Manual), Robert L. Wilby and Christian W. Dawson, Climate Change Unit, Environment Agency of England and Wales, Nottingham, NG2 5FA, UK, August 2004, P6-7
- 12- R.L. WILBY and T.M.L. WIGLEY, PRECIPITATION PREDICTORS FOR DOWNSCALING: OBSERVED AND GENERAL CIRCULATION MODEL RELATIONSHIPS, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, Accepted 9 September 1999, P645.
- 13- Sebastien Gagnon, Bhawan Singh, Jean Rousselle and Luc Roy, An Application of the Statistical DownScaling Model (SDSM) to Simulate Climatic Data for Streamflow Modelling in Québec, Canadian Water Resources Journal Vol. 30(4): 297–314 (2005).
- 14- أسمةان علي عثمان، تغير المناخ دراسة تطبيقية لاتجاه وتغير درجة الحرارة في ليبيا للفترة (1971- 2000)، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى مجلس كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا، 2011.
- 15- عبد السلام أحمد محمد إبراهيم، نمذجة التغير في درجة الحرارة بمنطقة مصراته باستخدام تقنية (SDSMS)، مجلة جامعة الزيتونة، العدد 28، ديسمبر 2018، تروهنة، ليبيا، ص26.
- 16- محمد السيد حافظ، مفرح بن ضايم القراضي، تغير المناخ العالمي: النماذج والاسقاطات والتقنيات الحديثة، مجلة المناخ والبيئة، العدد 124، لجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة، مصر، 2019، ص26.

- 17 - رضوان علي أحمد المريمي، التنبؤ بدرجات الحرارة السطحية وساعات سطوع الشمس على ليبيا باستخدام نموذج التنبؤ بالمناخ الإقليمي (RegCM-4.4)، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة الى قسم الغلاف الجوي، كلية العلوم، جامعة طرابلس، 2019، ص15.
- 18- جمعة المليان، 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، ص46.
- 19- أسمهان علي عثمان، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة زوارة للفترة (1961 - 2050) باستخدام تقنية SDSM.، كتاب المؤتمر الدولي الأول لكليات العلوم جامعة الزاوية، (العلوم الأساسية أساس الإبداع والتألق) 19-20 ديسمبر 2021، ص44-45.
- 20- 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.
- 21- أسمهان علي المختار عثمان، إيمان أبو القاسم شلغوم، علي مصطفى سليم، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى بمنطقة سرت للفترة (1961 - 2099) باستخدام تقنية SDSM، الدولي الثالث لعلوم البيئة والتكنولوجيا، 5-6 يونيو مصراته، 2022، المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة، ص231.
- 22- أسمهان علي المختار عثمان، نمذجة اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى في محطة مطار طرابلس للفترة (1961 - 2099) وأثرها في التطرف الحراري، المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب والتغيرات المناخية ي ليبيا (الاتجاهات والتداعيات)، تنظيم قسم الجغرافيا بكلية الآداب جامعة سرت منشورات قسم البحوث والاستشارات جامعة سرت، ط1، 29 ديسمبر 2022، ص177.

- 23- أسمهان علي المختار عثمان، عاشور صالح ساسي صالح، الإسقاطات المستقبلية لدرجة الحرارة في محطة ارساد بنينا للفترة (1961 - 2099) باستخدام تقنية SDSM، مجلة العلوم الإنسانية والتطبيقية، جامعة المرقب، العدد14، المجلد7، ط1، 2022.
- 24- أسمهان علي المختار عثمان، عبد السلام أحمد محمد إبراهيم، عادل المختار عبد الله الشريف، نمذجة اتجاهات التغير في درجة الحرارة العظمى في محطة زوارة للفترة (1961 - 2050) وأثرها في التطرف الحراري، المؤتمر الجغرافي الأول (تغير المناخ وآثاره على الموارد المائية والبيئية) ، كلية العلوم الاجتماعية / قسم الجغرافيا/ جامعة مؤتة، الأردن، 25-26 أكتوبر.
- 25- أسمهان علي المختار عثمان، التباين في اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى على الساحل الليبي للفترة (1961 - 2099) باستخدام التقنيات المكانية، مجلة مداد الآداب، العدد الخاص بالمؤتمر العالمي للقسم الجغرافية، كلية الآداب، الجامعة العراقية (الجغرافية التطبيقية نحو التحولات الرقمية)، 22-23 فبراير 2023، ص337.

الفصل الثاني

الخصائص الحرارية في منطقة الزاوية

الفصل الثاني

الخصائص الحرارية لمنطقة الزاوية

المبحث الأول: العوامل المؤثرة في درجة الحرارة في منطقة الزاوية:

تعرف الحرارة على أنها كمية الطاقة التي يحصل عليها جسم ما فتزيد من سخونته. ففي الطبيعة لا يوجد جسم ليس فيه طاقة، ولذا فإن الأجسام تختلف في كمية الطاقة التي تحتوي عليها، وتعد درجة الحرارة هي الوسيلة المستخدمة لقياس كمية الطاقة في الجسم أو كمية الحرارة⁽¹⁾.

كما يقصد بالحرارة كمية الطاقة القادمة من الإشعاع الشمسي، المسببة في تسخين المواد على سطح الأرض⁽²⁾، وتختلف كمية الطاقة التي تصل إلى سطح الأرض تبعاً لحركة الشمس الظاهرية؛ وتقاس درجة الحرارة بالترمومتر العادي؛ وآخر لقياس الحرارة العظمى والصغرى.

تعبّر درجات الحرارة العظمى والصغرى عن الحالة الحرارية خلال فترة النهار، كما أنها تعطي مؤشرات حرارية ما بين الصيف والشتاء، وعن حدوث موجات الحر أو البرد، إذ يعدّ قياس درجة الحرارة الصغرى والعظمى مهماً في محطات الأرصاد الجوية، فهي تبين الاختلافات المكانية والزمنية في المتوسطات السنوية والشهرية لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى في المحطات المتقاربة مكانياً والمتشابهة طبوغرافياً.

إن الخصائص المناخية - ومن ضمنها الخصائص الحرارية - لأي بقعة من العالم هي نتيجة لتضافر مجموعة من العوامل التي تؤثر في المناخ، وهي تتصف بتعددتها وبتشابك تأثيراتها، وعلى الرغم من تشابه العوامل المؤثرة في مناخ الكرة الأرضية إلا أنّ تأثير هذه العوامل في تحديد الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة يتمثل في:

1. **دائرة عرض المكان:** ويقصد بها درجة قرب المكان وبعده عن دائرة الاستواء، وتكمن أهميتها في تحديد شدة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض وكميته، من خلال تحديد طول فترتي النهار والليل وزاوية سقوط الإشعاع الشمسي (وهي الزاوية المحصورة بين خط سير الأشعة الساقطة على سطح الأرض والاتجاه العمودي على هذا السطح)؛ ومعنى ذلك أن الأشعة العمودية تكون زاوية ميلها صفر، ويكون تأثيرها أقوى من تأثير الأشعة المائلة في المكان الواحد، وفي الظروف الواحدة، ويرجع السبب في ذلك أن تلك الأشعة تكون مركزة أو

مسألة على مساحة أصغر مقارنة بالأشعة المائلة، إضافة إلى أنها تخترق مسافة أقصر في الغلاف الجوي، ومن ثم يكون الفاقد منها عن طريق الانعكاس والانكسار والتشتت والامتصاص بفعل مكونات الغلاف الجوي أقل منها مقارنة بتلك الأشعة التي تخترق ذلك الغلاف بشكل مائل، وهذا هو الذي يجعل أشعة الشمس تكون ضعيفة عند فترتي الشروق والغروب وقوية عند الظهيرة، وضعيفة في فصل الشتاء ومرتفعة في فصل الصيف.

وبالنظر إلى موقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض $12^{\circ} 32'$ و $47^{\circ} 32'$ ضمن المنطقة المدارية فقد أدى ذلك إلى تباين زاوية سقوط أشعة الشمس بين فصول السنة - جدول (3) - الأمر الذي أثر في تباين الخصائص الحرارية تبعاً لفصول السنة، ففي فصل الصيف تتعامد الشمس على مدار السرطان الذي يمر بالنصف الشمالي من الكرة الأرضية وتحديداً بأقصى جنوب البلاد، فتكون زاوية سقوط أشعة الشمس قريبة جداً من الوضع العمودي وبزاوية تزيد عن 80° وبميل لا يتعدى 9 درجات عن الوضع العمودي، ولذا تسجل أعلى معدلات درجات خلال هذا الفصل، بسبب شدة تركيز الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض. بينما تسجل أدناها في فصل الشتاء عندما تتعامد الشمس على مدار الجدي المار بالنصف الجنوبي من الكرة الأرضية، فتصل أشعة الشمس إلى المنطقة بشكل مائل، حيث لا تزيد زاوية سقوط الإشعاع الشمسي عن 34° خلال الانقلاب الشتوي في 21 ديسمبر من كل عام وبدرجة ميل تصل إلى 56° عن الوضع العمودي. أما خلال الاعتدالين الربيعي والخريفي فتكون أشعة الشمس عمودية تماماً على خط الاستواء، وتصل إلى منطقة الدراسة بزاوية 57° درجة تقريباً وبدرجة ميل قدرها 32.45° في محطة الزاوية 32.18° في محطة بئر الغنم، ولذا تشهد المنطقة خلال فصلي الربيع والخريف اعتدالاً في الحرارة مقارنة بفصلي الشتاء والصيف.

الجدول (3) زاوية ميل أشعة الشمس خلال الانقلابين والاعتدالين في منطقة الزاوية.

المحطة	درجة عرض	الانقلاب الصيفي	الانقلاب الشتوي	الاعتدالين
الزاوية	32.45	80.45	33.45	57.15
بئر الغنم	32.18	81.12	34.12	57.42

المصدر: حساب الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، 2021.

كما أن تباين طول الليل والنهار في منطقة الدراسة بين فصلي الصيف والشتاء يجعل هناك اختلافاً في كميات الطاقة المكتسبة والمفقودة من سطح الأرض تبعاً لاختلاف طول الليل والنهار⁽³⁾، ففي فترة الانقلاب الصيفي يصل طول النهار في منطقة الدراسة إلى ما يزيد عن 14 ساعة في منطقة الزاوية خلال فصل الصيف - جدول (4) - وهذا يعني فترة أطول لتراكم

كميات كبيرة من الطاقة الواصلة إلى سطح الأرض خلال فصل الصيف، كما أن قصر فترة الليل يعني فرصة أقل لفقدان الطاقة عن طريق الإشعاع الأرضي؛ ولهذا يتضافر تأثير طول النهار مع تأثير الأشعة العمودية شديدة التركيز في رفع درجة حرارة الجو، أما في فصل الشتاء فيكون النهار قصيراً، حيث لا يتعدى 11 ساعة، مما يعني فرصة أقل لاكتساب الطاقة الحرارية من الإشعاع الشمسي خلال النهار، ووقتاً أطول لفقدان الطاقة خلال الليل؛ ولذا تسجل درجات حرارة انخفاضاً ملحوظاً خلال فصل الشتاء، نتيجة لتضافر تأثير ميلان الأشعة وطول فترة الليل وقصر النهار.

الجدول (4) المتوسط الشهري والفصلي لساعات النهار في محطة الزاوية وساعات السطوع الشمسي خلال الفترة (1980 – 2009).

الفصول	الشهور	متوسط طول النهار (ساعات ودقائق)*	السطوع الشمسي بالساعات والدقائق/اليوم**
الخريف	سبتمبر	12:14	9:08
	أكتوبر	11:14	7.25
	نوفمبر	10:30	6:15
	المعدل الفصلي	11:38	6:37
الشتاء	ديسمبر	10:07	5:13
	يناير	10:20	5:39
	فبراير	11:32	6:43
	المعدل الفصلي	10:53	5.52
الربيع	مارس	12:31	7.59
	أبريل	13:36	9.00
	مايو	14:06	9.43
	المعدل الفصلي	13:24	8.54
الصيف	يونيو	14:20	11.11
	يوليو	14:04	11.55
	أغسطس	13:10	11.18
	المعدل الفصلي	14:18	11.28
المعدل السنوي		12:36	8.28

المصدر: * من حساب الباحثة.

** بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس، 2021.

كما تؤثر ساعات السطوع الشمسي كذلك في مقدار الطاقة الحرارية المكتسبة لارتباطها بدرجة شفافية الجو، ولذا يلاحظ أن الفصول التي تكثر فيها الرطوبة وزيادة كثافة السحب والغيوم فإن الحرارة

تميل إلى الانخفاض والاعتدال مقارنة بالفصول التي تتصف بصفاء الجو وندرة السحب، مما يعمل على ارتفاع درجات الحرارة بشدة خلال النهار خلال في الصيف بسبب عبور نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض.

2- البعد والقرب من البحر: إن وجود المسطحات المائية يكون لها في العادة أثر ملطف على درجة الحرارة، وذلك يرجع إلى اختلاف الخصائص الحرارية بين اليابس والماء، لأن الماء يسخن أثناء النهار ويبرد أثناء الليل بسرعة أقل من السرعة التي يسخن بها اليابس ويبرد، فاليابس جسم معتم يمتص الإشعاع الشمسي، بينما سطح الماء جسم لامع يقوم بعكسه، كما أن الطاقة الإشعاعية تتركز في طبقة رقيقة من سطح الأرض، بعكس حالة الماء إذ تتوزع الحرارة فيه على مسافات عميقة بسبب تيارات الحمل الحراري، ولذا فهي تتوزع على طبقة أكثر سمكاً، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الطبقات السطحية منه عدد محدود من الدرجات، ولذلك فهي تحتاج إلى وقت أطول وكمية حرارة أكبر لتصل إلى نفس درجة حرارة اليابس المجاور لها، بالإضافة إلى اختلاف الحرارة النوعية بين اليابس والماء (وهي كمية السعرات الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1 سم³ من المادة درجة مئوية واحدة) إذ أن الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كمية معينة من الماء أكبر من تلك اللازمة لرفع درجات حرارة نفس كمية اليابس⁽⁴⁾. كما أن نسبة كبيرة من الحرارة التي تسقط على سطح الماء تستنفد في تسخين الماء وتحويله إلى بخار، وتتحول الطاقة إلى حرارة كامنة في ذلك البخار، بينما الأشعة الحرارية الواصلة إلى اليابس تستهلك كلها في تسخينه، ومن ثم رفع درجة حرارته، ولذا ترتفع نسبة بخار الماء في هواء البحار أكثر من هواء اليابس، ومن المعروف أن بخار الماء كلما زادت نسبته في الهواء كلما كان أقل توصيلاً للحرارة⁽⁵⁾.

واعتماداً على المؤثرات البحرية يمكن التمييز بين نوعين مختلفين من المناخ أحدهما بحري (marine)، والآخر قاري (continental) وفيه يختفي الأثر البحري تماماً، إذ يظهر الأثر الأول في الأجزاء الساحلية من المنطقة، أما الثاني فيظهر في الأجزاء الداخلية منها.

✓ **القارية Continental:** تعد صفة مناخية تعبر عن الارتفاع في المدى الحراري السنوي من جهة، وتعبر عن الانخفاض في معدل الأمطار ونسبة الرطوبة من جهة أخرى. والقارية مشتقة من القارة أو اليابسة، لذا فإن درجة القارية تشير إلى مدى تأثر المناخ بالمؤثرات القارية، وكلما كان تأثير اليابس أكبر كلما أدى ذلك إلى ارتفاع درجة القارية، لذلك فإنها تزداد كلما ابتعدنا

عن المسطحات المائية وتوغلنا في اليابس⁽⁶⁾. وفي المناخ القاري إذ يكون المدى الحراري كبيراً بين النهار والليل والصيف والشتاء فإنه يكون الأول حار والثاني بارد.

✓ **البحرية (marine):** أما صفة البحرية فهي تشير لوقوع المنطقة على أو بالقرب من المسطحات المائية، وتختلف عن القارية بأن المدى الحراري في النوع البحري يكون صغيراً، مما يجعله يتصف بعدم وجود فرق كبير بين درجتي حرارة النهار والليل (العظمى والصغرى)، ومناخ الصيف فيه يكون لطيفاً ومناخ الشتاء يكون معتدلاً.

وفيما يأتي تطبيق لمؤشري للقارية والبحرية⁽⁷⁾، لمحطتي الزاوية وبئر الغنم، بالاعتماد على

الفترة الزمنية من (1980-2009):

أ- مؤشر القارية لجونسون **Johnson**:

يعبر مؤشر جونسون عن القارية بحيث يعدّ المناخ بحرياً إذا تراوحت قيمة k ما بين 0-33، بينما يوصف بأنه قارياً إذا تراوحت قيمة المؤشر ما بين 34-66، ويصنف أنه متطرف القارية إذا بلغت قيمته ما بين 67-100، - جدول (5) - ويعبر عنها بالمعادلة التالية⁽⁸⁾:

$$k = \frac{1.7T}{\sin \theta} - 20.4$$

حيث أن

k : معامل القارية.

T : المدى السنوي لدرجة حرارة الهواء.

$\sin \theta$: جيب دائرة عرض المنطقة.

(1.7، 20.4) ثوابت.

جدول (5) مؤشر القارية لجونسون لمحطتي الزاوية وبئر الغنم.

نوع المناخ السائد	قيمة المؤشر	المدى السنوي لدرجة الحرارة °م	$\sin \theta$	دائرة العرض	المحطة
بحري	18.3	11.2	0.492	32.73	الزاوية
بحري	23.4	12.5	0.485	32.30	بئر الغنم

المصدر: من إعداد الباحثة.

ب- مؤشر البحرية لكيرنر:

يؤكد كيرنر على حقيقة أن فصل الربيع أبرد من فصل الخريف، بما أنه يعقب أشهر الشتاء الباردة، في حين الأخير يعقب أشهر فصل الصيف الحار، وأن شهري أبريل وأكتوبر يعبران عن الديناميكية الحرارية لفصلي الربيع والخريف، وعلى هذا الأساس صاغ كيرنر المعادلة التالية:

$$K1 = \frac{100(T_o - T_a)}{E}$$

حيث أن:

$K1$: معامل البحرية.

T_o : معدل حرارة لشهر أكتوبر.

T_a : معدل حرارة لشهر أبريل.

E : المدى السنوي لدرجة حرارة الهواء.

وعندما تكون قيمة $K1$ أكبر من 10 يوصف المناخ بأنه بحري، بينما تشير القيم الأصغر من 10 إلى المناخ القاري⁽⁹⁾ كما في الجدول (6).

الجدول (6) معامل البحرية والقارية لمنطقة الزاوية بحسب مؤشر كيرنر.

المحطة	درجة حرارة أبريل	درجة حرارة أكتوبر	المدى الحراري	$K1$	نوع المناخ السائد
الزاوية	18	23.1	11.4	44.7	بحري
بئر الغنم	18.7	22.9	12.4	33.9	بحري

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على بيانات الجدول رقم (1).

من خلال نتائج المؤشر الأول (جونسون) الذي يعتمد على المدى السنوي في كل من المحطتين (الزاوية، بئر الغنم)، يثبت بأن مناخ منطقة الزاوية بحري، وذلك يرجع لإطلالة منطقة الزاوية على واجهة بحرية تصل 23 كيلومتر، وتمتد نحو الجنوب من ساحل البحر لمسافة تصل إلى 65 كم لوقوعها في منطقة سهلية، فهي تشكل من حيث المساحة ما بنسبته 10.2% من المساحة الإجمالية لسهل الجفارة، مما سهل من توغل المؤثرات البحرية إلى جنوب المنطقة⁽¹⁰⁾ على الرغم من الاختلاف النسبي في قيم مؤشر جونسون بين المحطتين بسبب اختلاف موقعهما

بالنسبة للمؤثرات البحرية والذي يظهر في اختلاف الخصائص الحرارية بين المحطتين لاسيما في فصل الصيف كما سيتضح فيما بعد عن تحليل الخصائص الحرارية في منطقة الدراسة. كما يؤكد مؤشر كيرنر على صفة البحرية في المناخ السائد في المحطتين، على اعتبار شهري أبريل وأكتوبر يمثلان الجزء الديناميكي الحراري في فصلي الربيع والخريف، إذ أن حرارة فصل الربيع بلغت 18م° في الزاوية وهي لا تختلف كثيراً عن بئر الغنم التي بلغت 18.7م°، كما أن درجة الحرارة في أكتوبر لمحطة الزاوية سجلت 23.1 م°، بينما سجلت 22.9م° في بئر الغنم، مما يشير إلى عدم وجود اختلاف في المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة المتوسطة بين المحطتين جعلها تأخذ الصفة المناخية الواحدة (البحرية).

- 3- الكتل الهوائية:** يقصد بها حيز كبير من الهواء المتجانس أفقياً في خواصه المناخية المتمثلة في (الحرارة ومعدل تناقصها بالارتفاع، والرطوبة ونوع السحب ومقادير الضغط الجوي والرياح ومدى الرؤية) ويكون التجانس أكثر وضوحاً في الطبقات العليا من الكتل الهوائية، وذلك لتأثر الطبقة السفلية بالاختلافات المحلية على سطح الأرض، وتغطي الكتلة الهوائية مساحة شاسعة تزيد في كثير من الأحيان عن مئات الآلاف من الكيلو مترات وبارتفاع يتجاوز آلاف الأمتار⁽¹¹⁾، وتتأثر المنطقة بخمسة أنواع من الكتل الهوائية المتباينة المصدر والخصائص وهي:
- أ- كتلة هوائية مدارية قارية: تنشأ فوق الصحراء الكبرى، وهي تؤثر في مناخ البلاد باتجاه عام من الغرب إلى الشرق، وتتميز بأنها جافة طول السنة وشديدة الحرارة صيفاً وباردة شتاء.
- ب- كتلة هوائية مدارية بحرية: تنشأ فوق المحيط الأطلسي في نطاق المرتفع الأزوري ويصل تأثيرها إلى شمال البلاد على شكل رياح غربية تهب في الأيام التي تعقب رياح القبلي، وهي رياح باردة نسبياً، ولأن المحيط الأطلسي يكون في فصلي الربيع والخريف أقل حرارة من البحر المتوسط، وعليه فإن الهواء الذي يصل منه يكون بارداً نسبياً.
- ج- كتلة هوائية مدارية معتدلة: وهي تهب في فصل الصيف قادمة من جنوب أوروبا في شكل رياح تجارية شمالية شرقية، وعند عبورها البحر المتوسط تكتسب الطبقة السفلى منها فقط بخار الماء، في حين تبقى الطبقات العليا منها جافة، ويرجع ذلك إلى أن البحر في هذه الفترة يكون مركزاً للضغط المرتفع، الذي يميل فيه الهواء إلى أسفل ويكون هذا الهواء مصحوباً بجو خال من السحب والأمطار أي جافاً.

كتلة هوائية قطبية بحرية: وهي تعد من أهم الكتل التي تؤثر في مناخ البلاد خلال فصل الشتاء، وتتكون هذه الكتلة فوق المحيط الأطلسي الشمالي فيما يعرف بالمنخفض الأيسلندي، وهي تصل إلى شمال البلاد في مؤخرة المنخفضات الجوية العابرة للبحر المتوسط من الغرب إلى الشرق، ويتميز هذا النوع من الهواء بشدة برودته وارتفاع نسبة الرطوبة فيه، وبعد عبوره البحر المتوسط الذي يتميز بدفئه مقارنة باليابس المجاور في فصل الشتاء ترتفع حرارته ورطوبته ويصبح هذا الهواء غير مستقر، مما يؤدي إلى حدوث العواصف الرعدية وسقوط الأمطار، حيث ترجع أغلب الأمطار الهائلة على شمال ليبيا خلال فصلي الخريف و الشتاء إلى هذا النوع من الكتل الهوائية.

د- كتلة هوائية قطبية قارية معدلة: تصل إلى ليبيا في فصل الشتاء في مؤخرة المنخفضات الجوية عبر البحر المتوسط من الغرب إلى الشرق، وهي تأتي من جنوب روسيا وشرق أوروبا، ويكون الهواء في بادي الأمر جافاً إلا أنه بعد مروره على المياه الدافئة للبحر المتوسط يؤدي إلى زيادة كمية بخار الماء وارتفاع درجة حرارته نسبياً، ويؤدي ذلك إلى حدوث حالة عدم استقرار في طبقاته مما يجعله سبباً في إثارة بعض العواصف وسقوط الأمطار على الشريط الساحلي من البلاد⁽¹²⁾.

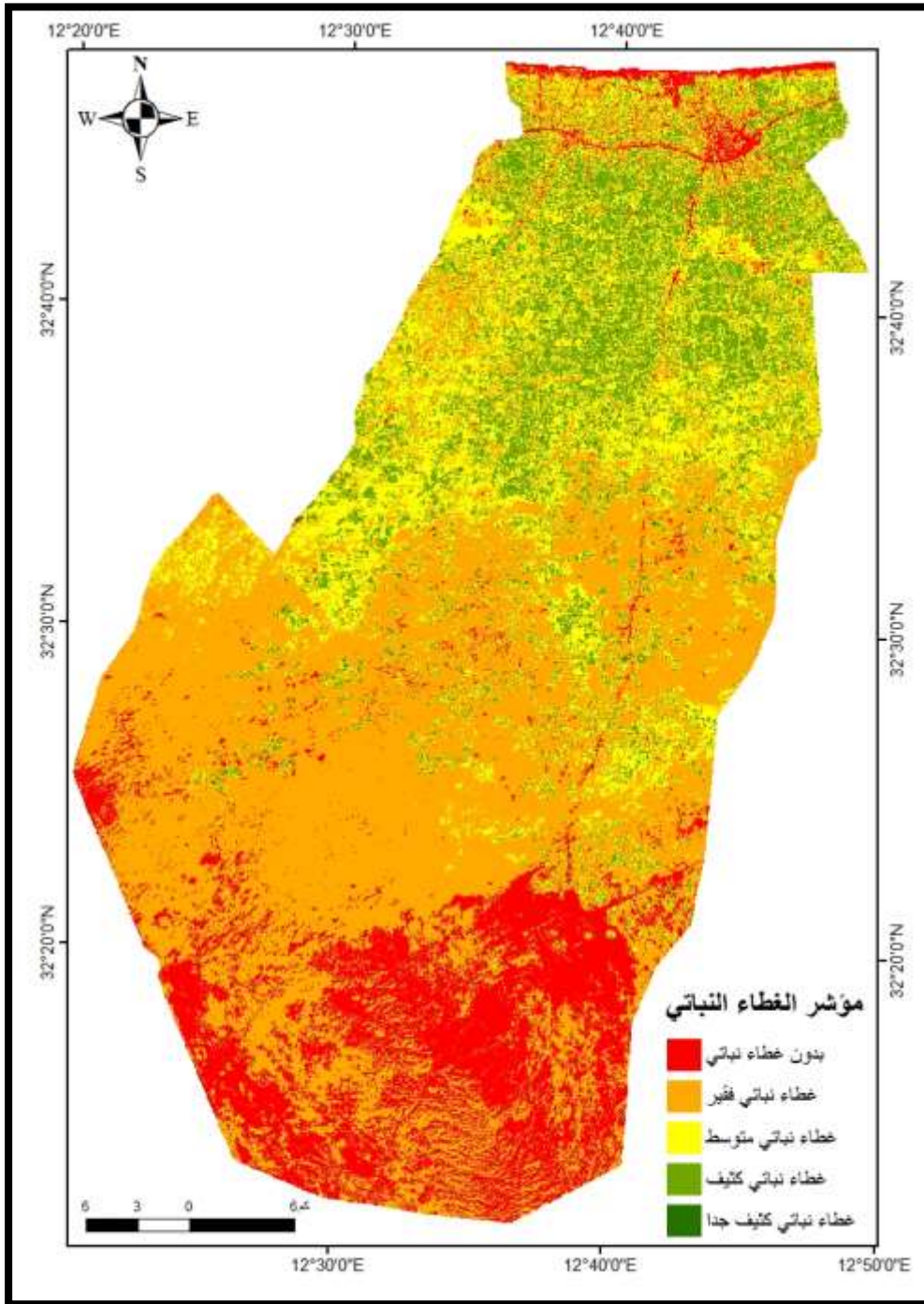
4- الغطاء النباتي: يسهم الغطاء النباتي بدورٍ كبيرٍ في تحويل مناخ المكان الذي يعيش فيه، حيث يؤثر في الموازنات الإشعاعية والحرارية والمائية، علاوة على تأثيره في الرطوبة النسبية ويقلل من كثافة الضوء، فالغطاء النباتي القاتم اللون يمتص نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض ويستغل في عملية النتح بدلاً من رفع درجة الحرارة مقارنة بالمساحات المفتوحة، كما تزود النباتات الجو بالرطوبة، ولذا فهي تعمل على تلطيف درجات الحرارة، والتقليل من مستوى تلوث الهواء عن طريق امتصاصها لغاز ثاني أكسيد الكربون وإمداد الغلاف الجوي بغاز الأوكسجين⁽¹³⁾، وعليه فإن الغطاء النباتي يقلل من اكتساب الأرض للحرارة، وبالتالي يقلل من إشعاعها الحراري، ولذلك نجد المناطق المغطاة بالنباتات أطف حرارة من المناطق الجرداء في الجهات الحارة.

تبين الخريطة (2) توزيع كثافة الغطاء النباتي في منطقة الزاوية خلال عام 2020 الذي يتراوح ما بين الغطاء النباتي الكثيف في شمال المنطقة والأجزاء الجرداء أو ذات الغطاء النباتي

الفقير في جنوبها، حيث أثر هذا العامل بالمؤازرة مع بقية العوامل الأخرى، لاسيما المؤثرات البحرية في اختلاف الخصائص الحرارية بين شمال وجنوب المنطقة.

إن تدهور الغطاء النباتي وتناقص كثافته يعد من المشكلات البيئية التي ساهمت في تفاقم ظاهرة التغير المناخي من خلال التزايد في اتجاه درجات الحرارة نحو الارتفاع، لاسيما في المناطق شبه الجافة، ففي دراسة سابقة عن حجم التغير في أنماط الغطاء النباتي في منطقة الزاوية وتحديد الأجزاء التي شهدت تغيراً في تلك الأنماط، اتضح تقلص مساحة الغطاء النباتي الكثيف من 554 كم² في عام 2000 إلى 248 كم² في عام 2020، في مقابل اتساع المساحات الجرداء وذات الغطاء النباتي الفقير من 767 كم² إلى 1260 كم² خلال الفترة ذاتها⁽¹⁴⁾، الأمر الذي يعكس اتجاه التدهور في الغطاء النباتي في منطقة الزاوية، مما يؤثر في الاتجاهات المستقبلية للتغير المناخي في المنطقة، ولذا يجب الحفاظ على مساحات الغطاء النباتي بسن القوانين التي تمنع من التعدي عليه والمساهمة في الحد من تلك التغيرات.

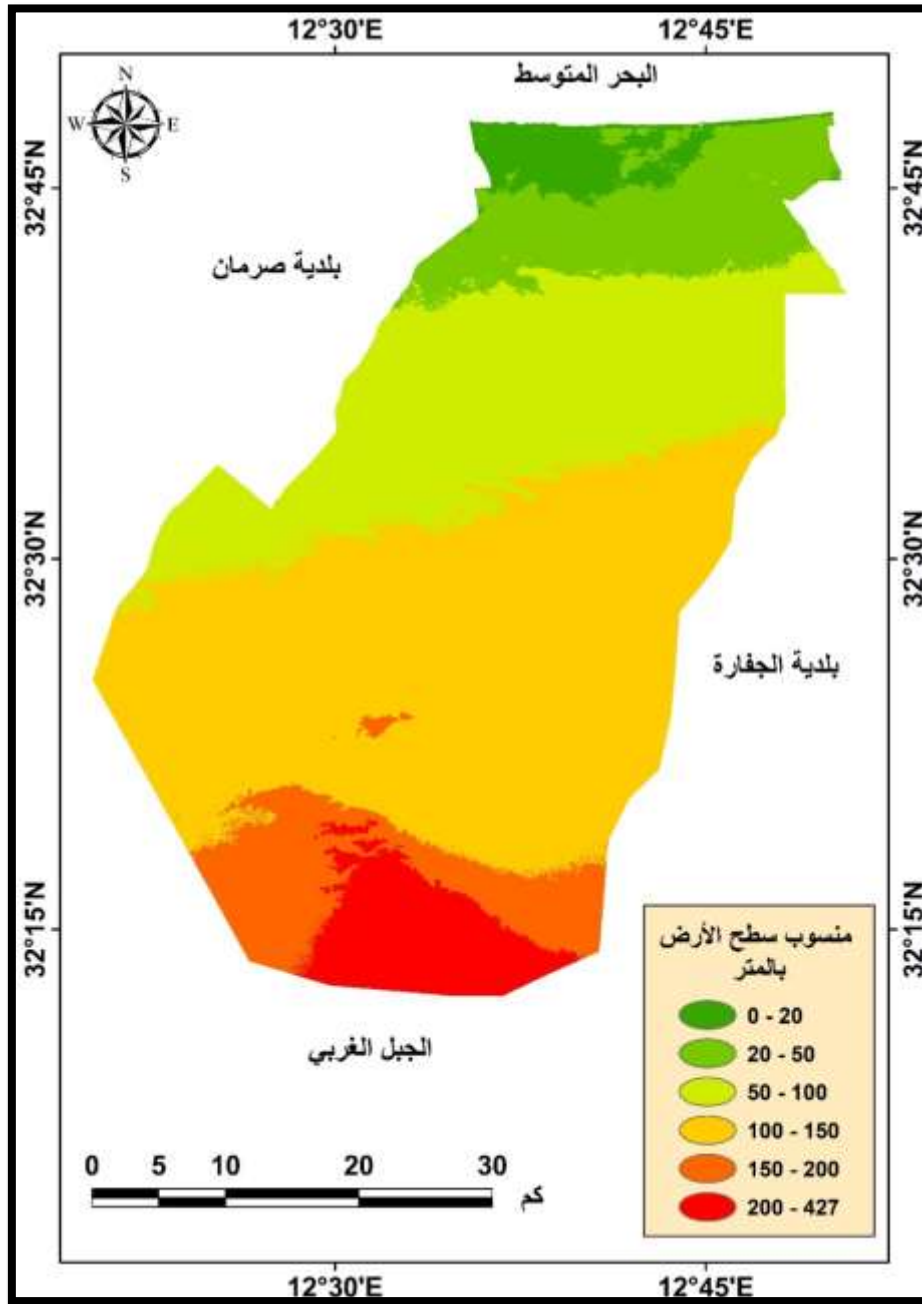
خريطة (2) تصنيفات الغطاء النباتي في منطقة الزاوية في عام 2020.



المصدر: مولود على بربيش، وأسمهان علي عثمان، تغير في كثافة الغطاء النباتي وعلاقتها بتغير كمية الأمطار في منطقة الزاوية للفترة 1990 - 2020، المجلة الليبية للدراسات، دار الزاوية للكتاب، الزاوية، ليبيا، العدد الثامن عشر، المجلد 1، يونيو 2020، ص 88.

5- التضاريس: تؤثر التضاريس في درجة الحرارة بعدة اتجاهات منها: الارتفاع ودرجة انحدار السفوح الجبلية واتجاهها (15)، إلا أنّ تأثير التضاريس في تباين الخصائص الحرارية في منطقة الزاوية محدودة جداً، حيث تتصف منطقة الدراسة باستواء سطحها في العموم أسوة بسطح سهل الجفارة، إلا إنه عند التدقيق يلاحظ أنّ هناك تبايناً في مستوى سطح الأرض، كما هو مبين في الخريطة (3) حيث يأخذ سطح الأرض في الارتفاع بشكل تدريجي مع الاتجاه جنوباً من ساحل البحر وصولاً إلى قدم الحافة الشمالية للجبل الغربي، حيث يرتفع منسوب الأرض على هيئة نطاقات عرضية تمتد من الغرب إلى الشرق، ففي النطاق الشمالي يتراوح منسوب سطح الأرض ما بين 0-20 لاسيما في الشمال الغربي من المنطقة، يليه منسوب من 20-50 م فوق منسوب سطح البحر، ويصل اتساعه إلى 15 كم ويبدو بصورة متداخلة بين هذين المنسوبين لاسيما في وسط هذا النطاق، وفي النطاق الأوسط يتراوح منسوب الارتفاع ما بين 50-100 ويبلغ اتساعه 10 كم في شرق منطقة الدراسة، ويزداد اتساعاً كلما اتجهنا غرباً حتى يصل اتساعه إلى 15 كم تقريباً. أما النطاق الجنوبي وهو الأكثر اتساعاً والذي يصل إلى 25 كم ويشغل نصف منطقة الدراسة تقريباً فيتجاوز منسوب سطح الأرض 100 م فوق مستوى سطح البحر، لاسيما في أقصى جنوب شرق منطقة الدراسة، حيث يصل الارتفاع ما بين 200-427 م فوق سطح البحر، ولذا يقل تأثير العامل الطبوغرافي في تباين التوزيع المكاني لدرجة الحرارة؛ ومع ذلك يلعب وجود سلسلة الجبل الغربي في امتداد من الشرق إلى الغرب دوراً في التخفيف نسبياً من حدة المنخفضات الجوية والمؤثرات الصحراوية، كونها تشكل عائقاً أمام اندفاع الرياح الجنوبية الحارة باتجاه المنطقة الشمالية خلال فترة عبور المنخفضات الصحراوية، ومن ثم فإن وجود هذه السلسلة الجبلية أثر نسبياً في التخفيف في ارتفاع درجات الحرارة أثناء موجات الحر التي تجتاح المنطقة مع مرور تلك المنخفضات.

خريطة (3) طبوغرافية منطقة الزاوية.



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcMap 10 اعتماداً على مرئية

Entity ID:SRTM1N32E012V3. Resolution:1-ARC. Publication Date:23 SEP 2014. Coordinates:32 , 12

المبحث الثاني: خصائص درجات الحرارة في منطقة الزاوية.

1 - المعدلات السنوية لدرجات الحرارة:

تشير بيانات الجدول (7) إلى توزيع المعدلات السنوية لدرجات الحرارة الصغرى، والعظمى، والمتوسطة لمحطتي الدراسة خلال الفترة 1980-2009، حيث لا يتجاوز المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى في المنطقة 14.7 م° في محطة الزاوية و 14.4 م° في محطة بئر الغنم، ويرجع ذلك إلى المؤثرات البحرية في الأولى، والتي عملت على تدفئة الجو أثناء الفترات التي تسجل فيها درجات الحرارة الصغرى وهي فترات المساء والصباح الباكر مقارنة بمحطة بئر الغنم، التي تكون فيها تلك المؤثرات أقل وضوحاً بسبب بعدها النسبي عن ساحل البحر، الذي يزيد عن 60 كم جنوباً، حيث يكتسب سطح الأرض فيها الحرارة بسرعة أثناء النهار ويفقدها كذلك بسرعة أثناء المساء، ولذا تسجل فيها درجة الحرارة الصغرى في تلك الأثناء معدلاً أقل من الأجزاء القريبة من ساحل البحر، بعكس الحال بالنسبة للمعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى التي سجلت في محطة بئر الغنم 26.9 م°، بينما بلغت في محطة الزاوية 25.9 م°، أما المعدل السنوي لدرجة الحرارة المتوسطة فلم يتجاوز خلال الفترة المذكورة 20.7 م° و 20.3 م° في كلتا المحطتين على التوالي، كما هو موضح بالشكل (1). وهذا يعطي انطباع أن المنطقة تتصف بخصائص حرارية متماثلة نسبياً، وإن اختلفت فالاختلاف بينها بسيط بسبب طبيعة أرضها السهلية وموقعها بالنسبة للمؤثرات البحرية، حيث يصل المدى الحراري للمعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى إلى 11.2 م° في محطة الزاوية و 12.5 م° في محطة بئر الغنم.

2 - المعدلات الفصلية لدرجات الحرارة:

■ فصل الخريف:

يمثل فصل الخريف أحد فصول السنة التي تشهد اعتدالاً نسبياً في درجات الحرارة في منطقة الدراسة عقب فترة الانقلاب الصيفي واتجاه الشمس لتتعامد على دائرة الاستواء، حيث تتساوى فترات الليل والنهار وتكون فترة اكتساب الأرض للطاقة من الإشعاع الشمسي مساوية لفترة فقدانها عن طريق الإشعاع الأرضي، فيبلغ المعدل الفصلي لمتوسط درجة الحرارة في محطة الزاوية 22.4 م° و 22.6 م° فبلغ معدل درجة الحرارة الصغرى خلال الفترة 1980-2009 في محطة

الزاوية 17.3م°، و16.5م° في بئر الغنم، أي بفارق لا يتعدى 0.3 م° بينهما. أما متوسط درجة الحرارة العظمى فيبلغ في محطة الزاوية 27.5م°، و28.7 م° في محطة بئر الغنم بفارق وقدرة 1.2 م° لصالح الأخيرة، ويرجع السبب في ذلك إلى عامل المؤثرات البحرية التي يكون تأثيرها أبرز في محطة الزاوية عنها في محطة بئر الغنم، نتيجة لقربها النسبي من البحر.

الجدول (7) المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية والحدى الحرارية للدرجات الحرارة للفترة (1980 – 2009).

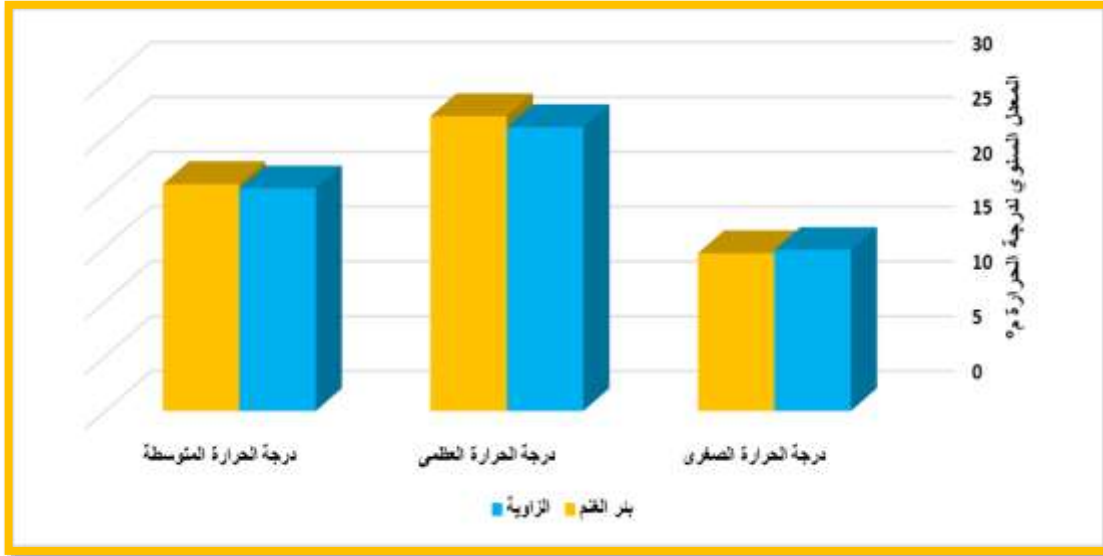
المحطات	فصل الصيف		فصل الربيع					فصل الشتاء					فصل الخريف			الفصل	الاحتمال	المحطات						
	الحدى	المتوسط	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	الحدى	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	الحدى	يونيو				يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	الحدى
الزاوية	14.7	20.6	22.0	20.8	19.1	12.9	16.1	12.7	9.9	7.8	7.8	7.1	8.6	17.3	12.8	18.1	21.0	درجات الحرارة الصغرى						
	25.9	33.2	34.2	33.4	31.9	23.9	27.6	23.4	20.8	18.7	18.0	18.3	19.8	27.5	23.1	28.1	31.4	درجات الحرارة العظمى						
	20.3	26.9	28.1	27.1	25.5	18.4	21.8	18.0	15.3	13.2	12.9	12.7	15.2	22.4	18.0	23.1	26.2	درجة الحرارة المتوسطة						
	11.2	12.6	12.2	12.6	12.8	11.0	11.5	10.7	11.3	10.6	10.2	11.2	11.2	10.2	11.3	10.0	10.4	الحدى						
	14.4	21.5	22.1	21.5	20.9	12.9	16.5	12.9	9.5	6.5	6.6	5.5	7.3	16.5	12.2	17.2	20.1	درجة الحرارة الصغرى						
بئر القرم	26.9	35.3	35.1	35.2	35.7	24.5	27.9	24.3	21.2	17.4	18.0	17.9	16.4	28.7	23.7	29.0	32.1	درجة الحرارة العظمى						
	20.7	28.4	28.6	28.3	28.3	18.8	22.4	18.7	15.4	11.9	12.3	10.9	12.6	22.6	18.0	23.1	26.1	درجة الحرارة المتوسطة						
	12.5	13.8	13.0	13.7	14.8	11.6	11.4	11.4	11.7	10.9	11.4	12.4	9.1	12.2	11.5	11.8	12.0	الحدى						

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على: -

1- بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس، 2021.

2- منصة Google Earth Engine (الحواسيب السحابية لبيانات المناخ والأرصاد عن بعد) <https://app.climateengine.com/climateEngine>

الشكل (1) المعدلات السنوية لدرجات الحرارة (الصغرى، العظمى، المتوسطة) لمحطتي منطقة الدراسة للفترة (1980 – 2009).



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (7).

من البحر إذ لا يزيد بعدها عن ساحل البحر 4 كم، أما عند مقارنة معدل درجة الحرارة الصغرى بين المحطتين، فيلاحظ أن لمحطة الزاوية سجلت معدلاً يزيد عن محطة بئر الغنم بمقدار 0.8 °م، حيث بلغ المعدلين 17.3°م و 16.5°م على التوالي، وتفسير ذلك أن الموقع البحري محطة للزاوية جعلها أدفاً نسبياً في الأوقات التي تسجل فيها درجات الحرارة الصغرى (فترة الصباح الباكر) كون الجو فيها يتأثر بخصائص المسطحات المائية في فقدانها للحرارة، فيظل الهواء فيها أكثر دفاً لأنه يبرد ببطء، إضافة إلى عامل ارتفاع نسبة رطوبة الهواء الذي يؤدي إلى ارتفاع حرارته، بينما في محطة بئر الغنم فإنها تسجل معدلات درجة حرارة الصغرى أقل في تلك الأوقات كون الهواء يفقد مصدر تسخينه بسرعة، كما هو مبين بالشكل (2)، ويلاحظ ذلك أيضاً على مستوى أشهر فصل الخريف، حيث سجلت درجة الحرارة الصغرى في محطة الزاوية معدلات تزيد عنها في محطة بئر الغنم خلال أشهر سبتمبر 21.0°م وأكتوبر 18.1°م ونوفمبر 12.8°م، بينما سجلت في محطة بئر الغنم 20.1°م و 17.2°م و 12.2°م على التوالي.

الشكل (2) المعدلات الفصلية لدرجات الحرارة (الصغرى، العظمى، المتوسطة) لمحطتي منطقة الدراسة للفترة (1980 – 2009).



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (7).

■ فصل الشتاء:

نتيجة للترشح الظاهري لأشعة الشمس جنوباً خلال فصل الشتاء باتجاه مدار الجدي وزيادة ميل الإشعاع الشمسي على شمال ليبيا، مما يؤثر في خصائص التوزيع الشهري لدرجات الحرارة في منطقة الدراسة خلال هذا الفصل، مما يساهم في حدوث انخفاض واضح في معدلات درجات الحرارة خلاله، فكل المؤثرات السابقة ساعدت على الانخفاض العام لمتوسط درجة الحرارة الصغرى في منطقة الدراسة، إذ لم تتجاوز 7.8°C في محطة الزاوية و 6.5°C في محطة بنى

الغنم، أما درجة الحرارة العظمى فبلغ معدلها خلال الفترة 1980-2009 نحو 18.7م° في محطة الزاوية، و17.4م° في محطة بئر الغنم، بينما تراوحت معدلات درجة الحرارة المتوسطة ما بين 13.2م°، و11.9م° على التوالي، ويزيد من انخفاض المعدلات الشتوية لدرجات الحرارة كذلك تعرض الساحل الليبي والمناطق الواقعة في ظهيره إلى تأثير المنخفضات الجوية والكتل القطبية التي تعبر البحر المتوسط، الذي يصبح نطاقاً للضغط المنخفض بسبب الدفء النسبي لمياهه وارتفاع رطوبة هوائه، فيصل تأثير تلك المنخفضات إلى المنطقة الساحلية على هيئة رياح غربية عكسية باردة تؤدي إلى حدوث انخفاض ملاحظ في درجات الحرارة مع هطول الأمطار الغزيرة.

كما يلاحظ من الجدول (7) الاختلاف النسبي في معدلات الحرارة الشهرية، حيث تبدو معدلات الحرارة الصغرى في محطة الزاوية أعلى من تلك المسجلة في بئر الغنم، لاسيما في شهر يناير، والبالغة 7.1° و5.5م°، على التوالي بالرغم من أن الأخيرة واقعة بشكل أقرب إلى المنطقة المدارية، ذلك لأن المواقع البعيدة نسبياً عن المؤثرات البحرية تشهد تغيراً كبيراً بين حرارة الليل والنهار، والشتاء والصيف (العظمى والصغرى) بينما تشهد المواقع الساحلية اعتدالاً في درجة الحرارة، مما يعني وجود علاقة عكسية بين حرارة اليابسة والمناطق الداخلية من جهة، وحرارة المسطحات المائية والمناطق المجاورة لها من جهة ثانية، وعليه يلاحظ أنه في فصل الشتاء تكون المناطق الداخلية أبرد نسبياً من المناطق الساحلية سواء بالنسبة لدرجة الحرارة العظمى أو الصغرى وبخاصة خلال شهري يناير وفبراير.

■ فصل الربيع:

بمقارنة معدلات درجة الحرارة الصغرى خلال فصل الاعتدال الربيعي لمحطتي الدراسة نجدها تتطابق في المحطتين، حيث بلغت خلال الفترة 1980-2009 نحو 12.9م°، بينما يرتفع معدل درجة الحرارة العظمى بين المحطتين ليبلغ ذروته في محطة بئر الغنم بمعدل 24.5م° و23.9م° في محطة الزاوية. وكذلك الحال بالنسبة لمعدل درجة الحرارة المتوسطة نجده يرتفع في محطة بئر الغنم مسجلاً 18.8م°، و18.4م° في محطة الزاوية، وهي معدلات معتدلة تقل عن تلك المسجلة خلال فصل الخريف، لأن هذا الأخير يعقب الفصل الحار، وتكون الأرض لازالت محتفظة بجزء من الطاقة المخزنة فيها، بينما في فصل الربيع فيعقب الفصل البارد، ولذا يسجل معدلات حرارية أقل، ويمكن ملاحظة ذلك من اختلاف خصائص الحرارة الشهرية في

محطتي الدراسة خلال فصل الربيع، إذ تبدو في أدنى معدلاتها في شهر مارس ثم ترتفع تدريجياً خلال شهري أبريل ومايو على التوالي سواء بالنسبة لدرجات الحرارة الصغرى أو العظمى.

■ فصل الصيف:

خلال فصل الصيف تشهد معدلات درجات الحرارة ارتفاعاً مقارنة ببقية فصول السنة نتيجة تعامد الشمس على مدار السرطان يوم 21 يونيو، مما يترتب عليه وصول أشعة الشمس للمنطقة قريباً من العمودية، إضافة إلى زيادة طول النهار الذي يتجاوز 14 ساعة يومياً، مع صفاء الجو وجفافه وزيادة عدد ساعات الاشراق الشمسي، وكل ذلك يؤدي إلى وصول كمية كبيرة من الطاقة الإشعاعية شديدة التركيز إلى سطح الأرض، وارتفاع في درجة حرارة الجو، مع زيادة نشاط المنخفضات الجوية الحارة التي تتكون جنوب الجزائر وتعتبر الأراضي الليبية وتؤدي إلى حدوث موجات حر تجتاح المنطقة قد تستمر لعدة أيام، مما يسهم في حدوث تسخين إضافي للجو، حيث تسجل أقصى معدلات درجات الحرارة العظمى على منطقة الدراسة خلال هذا الفصل، والتي بلغت خلال الفترة 1980-2009 معدلاً قدره 33.2°م في محطة الزاوية 35.3°م في محطة بئر الغنم، كما هو مبين بالجدول (7)، ويبدو أثر الموقع الجغرافي للمحطتين في تباين المعدلين الذي يتجاوز درجتين مئويتين بسبب ضعف المؤثرات البحرية نسبياً في محطة بئر الغنم مقارنة بمحطة الزاوية، التي سجلت معدلاً أقل نتيجة لقربها من ساحل البحر، كما يلاحظ كذلك من الجدول المذكور الاختلاف بين المحطتين في الأشهر التي تسجل فيها ذروة المعدلات الشهرية ففي محطة بئر الغنم يمثل شهر يونيو أعلى معدلات درجات الحرارة العظمى، بينما تسجل في محطة الزاوية خلال يوليو، حيث يتزامن ذلك مع زيادة ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو.

أما بالنسبة للمعدلات الصيفية لدرجات الحرارة الصغرى فقد سجلت في منطقة الدراسة 20.6°م في محطة الزاوية و21.5°م في محطة بئر الغنم، وسجلت أدنى معدلاتها الشهرية خلال فصل الصيف في شهر يونيو التي بلغت 19.1°م في الزاوية و20.9°م في بئر الغنم، وكانت أعلاها في شهر أغسطس، حيث بلغت خلال الفترة 1980-2009 في المحطتين نحو 22°م، بينما سجل معدل فصل الصيف لمتوسط درجة الحرارة 26.9°م في الزاوية و28.4°م. وسجلت أعلاها كذلك خلال شهر أغسطس، ويرجع ذلك لمؤثرات درجة العرض وموقعهما بالنسبة للمؤثرات البحرية وتأثيرها في تلطيف درجات الحرارة، والتي كان لها الدور البارز في توزيع

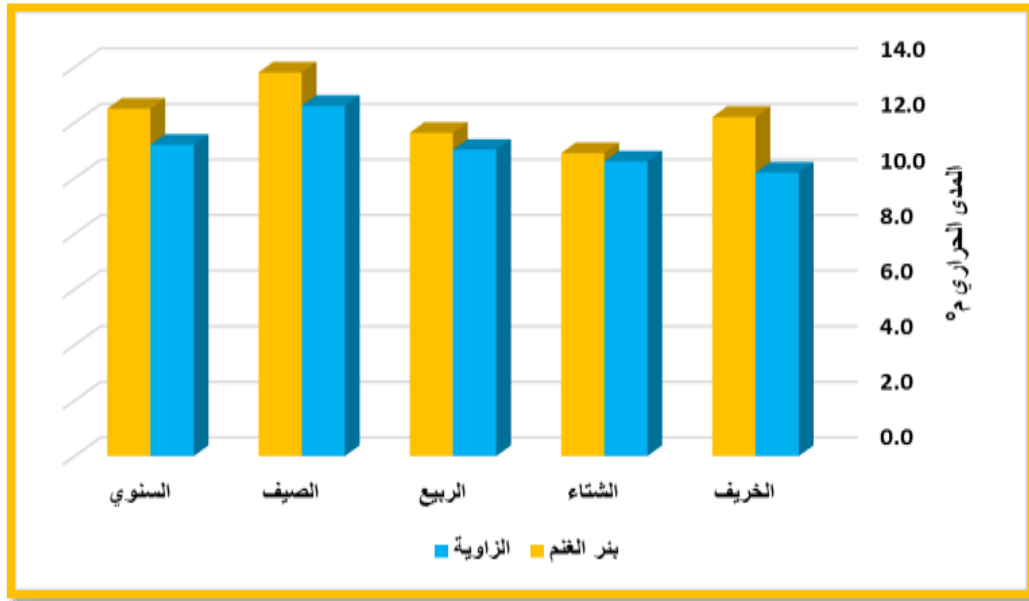
الخصائص الحرارية للمحطتين وملاحظة هذا الفارق الحراري بينهما، حيث تزداد معدلات درجات الحرارة كلما ابتعدنا جنوباً عن ساحل البحر.

3 - المدى الحراري الفصلي والسنوي:

المدى الحراري هو الفرق بين أعلى وأدنى درجة حرارة تسجلان خلال فترة زمنية، ويمكن أن يكون المدى يومياً أو شهرياً أو سنوياً، فيعرف المدى الحراري اليومي مثلاً على أنه الفرق بين درجتَي الحرارة العظمى والصغرى اليومية، أما المدى الشهري فيتمثل في الفرق بين أعلى وأدنى درجات الحرارة للمعدلات الشهرية (16).

من خلال الجدول (7)، نجد أن المدى الحراري السنوي يتباين بين محطتي الدراسة يتباين ما بين 11.2م° في محطة الزاوية و12.5م° في محطة بئر الغنم، وبفارق وقدره 1.3م°، أما بالنسبة للمعدلات الفصلية فيبدو هناك تبايناً في تلك المعدلات بين المحطتين، والذي يتجاوز درجتين مئويتين خلال فصل الخريف، الذي بلغ 10.2م° في محطة الزاوية و12.2م° في بئر الغنم، وأقلها خلال فصل الشتاء الذي لا يتعدى 0.3م°، وبلغ 0.6م° في فصل الربيع، أما فصل الصيف فقد بلغ المدى الحراري بين المحطتين 1.2م°، حيث يصل في بئر الغنم إلى ما يقارب 14م°، بل يصل إلى 14.8م° خلال شهر يونيو، حيث تكون درجة الحرارة شديدة الارتفاع أثناء النهار وتقل أثناء الليل مما يزيد من المدى الحراري. وذلك يرجع لموقع محطة بئر الغنم التي تظهر فيها المؤثرات البحرية بصورة أقل بسبب بعدها النسبي جنوباً عن البحر، بعكس محطة الزاوية القريبة من ساحل البحر، حيث تسيطر عليها المؤثرات البحرية وتقلل من الفارق الحراري بين درجات الحرارة العظمى والصغرى فيها بشكل عام، فمن المعتاد في الدراسات المناخية حساب معدل المدى السنوي والشهري واليومي للحرارة للاستفادة منها في تحديد نوعية المناخ ومدى تطرفه، فكلما صغر ذلك المدى كان ذلك دليلاً على قوة تأثير الماء في تحديد الخصائص الحرارية، وبالإضافة إلى تأثير المسطحات المائية واليابس فإن المدى أو التباين الحراري يتأثر كذلك بوجود الغطاءات النباتية، حيث إنه ينخفض نسبياً في المناطق المغطاة بالنباتات منها في المناطق الجرداء أو ذات الغطاء النباتي الفقير. كما هو مبين بالشكل (3).

الشكل (3) المدى الحراري الفصلي والسنوي لمحطتي منطقة الدراسة للفترة (1980 - 2009).



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (7).

المبحث الثالث: التوزيع المكاني لدرجة الحرارة في منطقة الزاوية.

تمثل درجة حرارة سطح الأرض المحصلة النهائية لتأثير وتأثر المناخ بعدد لامتناهي من " العوامل الطبيعية والبشرية " حيث أن درجة حرارة أي بقعة على الأرض ما هي إلا درجة لمنطقة مناخية أصغر، لها خصائصها المميزة من حيث مداخلاتها ومخرجاتها الخاصة من الطاقة والرطوبة⁽¹⁷⁾.

وتعد درجة حرارة سطح الأرض Land Surface Temperature إحدى أشكال المتغيرات المناخية Climate Variable المتصلة بتغير المناخ ذاته، وهي مؤشر على توازن الطاقة على ذلك السطح، فحرارة السطح تمثل متغيراً أساسياً من متغيرات عمليات التبادل الإشعاعي على سطح الأرض والهواء المتاخم له، وتعكس كفاءة وسرعة العمليات الحرارية من تسخين وتبريد، وتحديد البؤر والتراكمات الحرارية تبعاً لتغير السطوح الأرضية. وتمثل درجة حرارة سطح الأرض المحصلة النهائية لتأثير وتأثر المناخ بعدد لامتناهي من " العوامل الطبيعية والبشرية " حيث أن درجة حرارة أي بقعة على الأرض ما هي إلا درجة لمنطقة مناخية أصغر، لها خصائصها المميزة من حيث مداخلاتها ومخرجاتها الخاصة من الطاقة والرطوبة⁽¹⁸⁾.

وتعرّف درجة حرارة سطح الأرض LST بأنها درجة الحرارة المنبعثة من الأسطح المختلفة على الأرض بعد تسخينها بواسطة الأشعة الشمسية والتي يعتمد مقدار ما يصل منها إلى هذه

الأسطح على الألبينو والغطاء النباتي ورطوبة التربة والموقع الفلكي، ويعتمد قياس درجة الحرارة على قياس العناصر المناخية في محطات الرصد المناخي، ولذا تبين تلك القياسات حالة العناصر المناخية في الأجزاء التي تقع فيها هذه المحطات، ومع ذلك تظل هناك بعض الاختلافات المحلية نتيجة اختلافات الغطاءات الأرضية ما بين المناطق التي يكسوها غطاء نباتي كثيف والمناطق العمرانية التي تغطيها المباني والمنشآت العمرانية أو تلك التي تظهر على شكل أرض مكشوفة فالقدرات الحرارية للسطوح المبنية أو المكشوفة أكبر منها في بقية السطوح لاسيما النباتية منها نظراً لتحويل جزء من الاشعاع الشمسي إلى طاقة تسهم في عمليات البخر والنتح التي تؤدي إلى زيادة رطوبة الهواء ومن ثم تلطيفه وتبريده، إضافة إلى الدور الذي يلعبه مدى قرب المنطقة وبعدها من المؤثرات البحرية والمسطحات المائية، ولدراسة ذلك التباين والتوزيع المكاني للخصائص المناخية لاسيما الخصائص الحرارية يمكن الاعتماد على تقنية الاستشعار عن بعد لاشتقاق درجة حرارة الأرض والهواء المحيط بها من خلال المرئيات الفضائية، اعتماداً على تحليل الأطوال الموجية للأشعة المنبعثة من سطح الأرض بمكوناته المختلفة وبخاصة الأشعة الحرارية.

ولدراسة التوزيع المكاني لدرجات الحرارة في منطقة الزاوية اعتمدت الباحثة على بيانات مرئيات القمر الصناعي لاندسات LANDSAT لمنطقة الزاوية، حيث التقطت المرئية الأولى بواسطة المستشعر لاندسات 7 بتاريخ 2000/6/7، أما المرئية الثانية فالتقطت بواسطة القمر لاندسات 8 بتاريخ 2020/6/14 وبالنظر إلى اتساع منطقة الدراسة جنوباً تطلب استخدام مرئيتين لنفس التاريخ تقع ضمن المسار Path189 والتسلسل Row 37,38 ، بحيث تغطي الأولى كل الجزء الشمالي والأوسط والثانية تغطي أقصى الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة، وتم بعدها إجراء دمج Mosaic للمرئيتين في مرئية واحدة لكل نطاق على حدة لكلا فترتي الدراسة بالاعتماد على برنامج ArcMap 10.0، ثم تم بعدها اقتطاع منطقة الدراسة من المرئية المنتجة اعتماداً على ملف الشكل Shapefile، بحيث يمكن تقدير درجة حرارة الأرض باستخدام النطاق الحراري من خلال تطبيق مجموعة من المعادلات لحساب درجة حرارة سطح الأرض Land Surface Temperature، ويتمثل النطاق الحراري في مرئية لاندسات 7 في النطاق السادس، بينما في مرئية لاندسات 8 في النطاقين العاشر والحادي عشر، بالإضافة إلى بيانات مرفقة

ضمن الملف النصي Txt للمرئية الفضائية Material Library File (MTL) وتتم عملية الاشتقاق عبر عدة مراحل من خلال تطبيق المعادلات الآتية :

1- تحويل القيم الرقمية للبكسل DN في المرئية إلى قيم إشعاعية Conversion to Spectral Radiance تمثل مقدار الإشعاع المرتد والمنبعث من سطح الأرض وقت التقاط المرئية عن طريق المعادلة (1) الآتية:
أ- مرئيات Landsat 7 (19).

$$L_{\lambda} = ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / 255) * DN + LMIN_{\lambda}$$

$L(\lambda)$ = قيمة الإشعاع الطيفي spectral radiance.

$LMAX_{\lambda}$ = القيمة القصوى للإشعاع.

$LMIN_{\lambda}$ = القيمة الدنيا للإشعاع.

DN = النطاق الحراري Band 6.

ب- مرئيات Landsat 8 (20).

$$L(\lambda) = ML \times \text{Band Thermal} + AL$$

ML = قيمة عامل القياس المضاعف للنطاق الحراري Radiance multiplicative band وتساوي 0.0003342.

Band Thermal = النطاق الحراري Band 11,10.

AL = قيمة عامل القياس الإضافي Radiance add band 0.10

ML و AL هي قيم ثابتة مرفقة مع المرئية في ملف نصي MTL txt ضمن مجموعة إعادة قياس القيم الراديومترية LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING.

ت- تحويل القيم الإشعاعية TOA إلى درجة حرارة السطوح Temperature Brightness عن طريق المعادلة الآتية (2) (21):

$$BT = K2 / \ln (k1/L(\lambda)+1) - 273.15$$

BT = درجة حرارة الغلاف الجوي بالمئوي.

$L(\lambda)$ = ناتج معادلة التحويل إلى القيم الإشعاعية spectral radiance المعادلة (1).

K1 = قيمة ثابتة للنطاق الحراري تستخرج من الملف النصي MTL txt المرفق مع المرئية.

في اللاند سات 8 تساوي $K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853$

وفي اللاندسات 7 تساوي 666.09.

K2 = قيمة ثابتة للنطاق الحراري مرفقة مع المرئية في الملف النصي MTL txt .

في اللاند سات 8 تساوي 1321.0789 = K2_CONSTANT_BAND_10

في اللاندسات 7 تساوي 1282.71

=Ln اللوغارتم

273.15 = معامل تحويل درجة الحرارة من نظام الكلفن إلى النظام المئوي.

3- حساب مؤشر كثافة الغطاء النباتي عن طريق المعادلة (3) الآتية⁽²²⁾:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

NDVI = مؤشر الغطاء النباتي.

RED = الأشعة الحمراء .

NIR = الأشعة تحت الحمراء القريبة.

4- حساب نسبة المناطق المزروعة Portion of Vegetation عن طريق المعادلة (4)

الآتية⁽²³⁾:

$$PV = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2$$

PV = نسبة المناطق المزروعة.

NDVI = قيمة مؤشر الغطاء النباتي من نتيجة تطبيق المعادلة (3)

NDVI max/min = أعلى وأقل قيمة لمؤشر الغطاء النباتي من نتيجة تطبيق المعادلة (3).

5- حساب الانبعاث من سطح الأرض Land Surface Emissivity عن طريق المعادلة (5)

الآتية⁽²⁴⁾:

$$E = 0.004 * PV + 0.986$$

E = انبعاث سطح الأرض .

PV = ناتج حساب نسبة المناطق المزروعة من المعادلة (4)

0.004 قيمة ثابتة

0.986 قيمة ثابتة

6- اشتقاق درجة حرارة سطح الأرض Land Surface Temperature عن طريق المعادلة (6) الآتية:

$$LST = BT / (1 + (\lambda * BT / C2) * \ln(E))$$

LST = درجة حرارة الأرض.

BT = درجة حرارة السطوح ناتج المعادلة (2).

λ = قيمة الطول الموجي للإشعاع المنبعث وهي قيمة ثابتة للبلاد 10 للانديسات 8 تساوي 10.8.

E = قيمة انبعاث سطح الأرض. ناتج المعادلة (5).

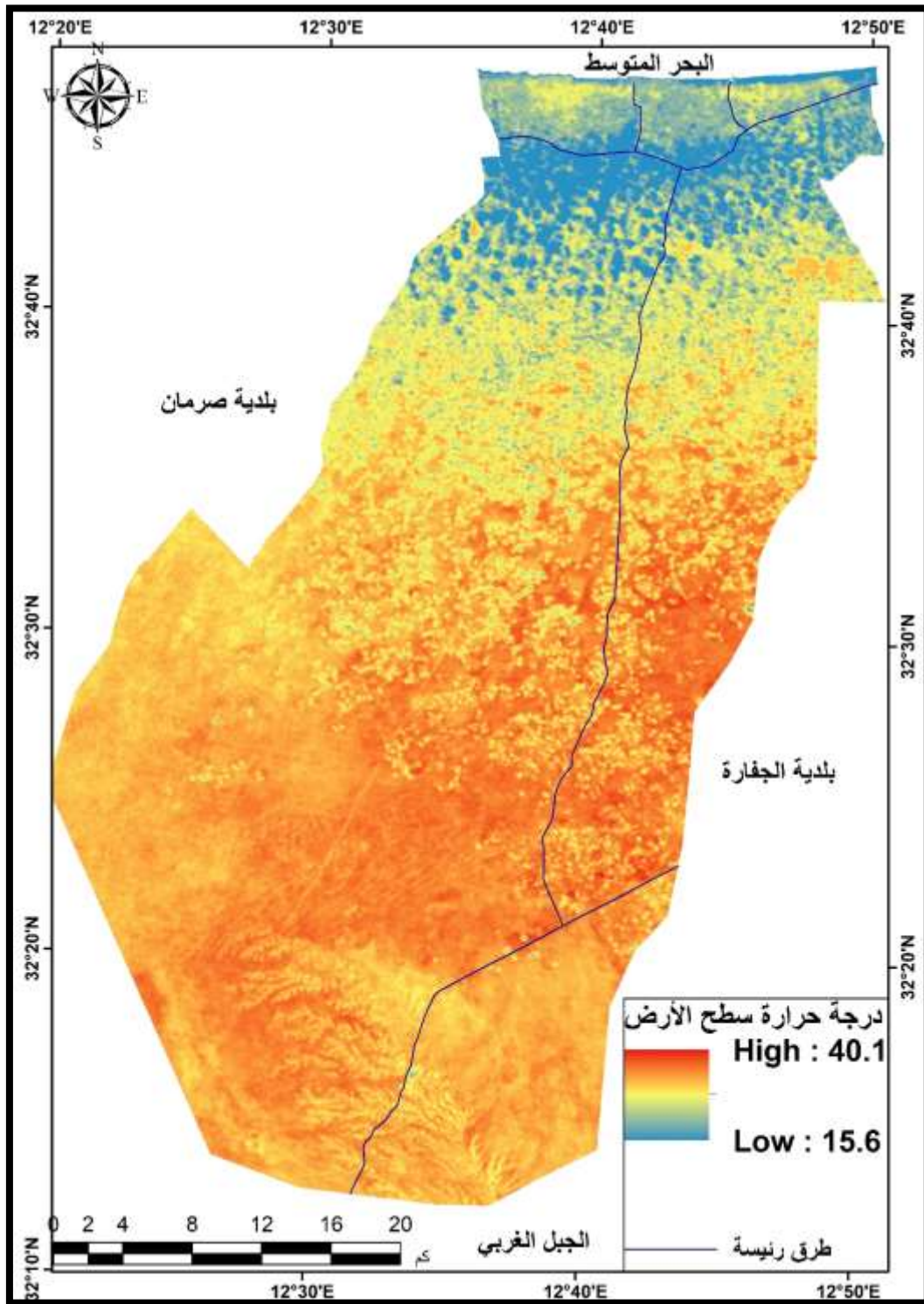
C2 = قيمة ثابتة وتساوي 14388.

وبناء على تطبيق المعادلات السابقة تم إنتاج خرائط تبين توزيع الحرارة السطحية في منطقة الدراسة، حيث تعكس اختلافات الخصائص الحرارية نتيجة الاختلافات المكانية للعوامل الجغرافية المؤثرة في مناخ منطقة الدراسة والتغيرات التي حدثت في تأثير تلك العوامل، فعلى الرغم من أن الموقع بالنسبة لدوائر العرض يعد من أهم العوامل المؤثرة في مناخ أية منطقة، وعليه يتوقف مقدار ما تكسبه الأرض من أشعة الشمس من خلال تأثيره في طول الليل والنهار وفترات سطوع الشمس وزاوية ميل أشعة الشمس، إلا أنه هناك عوامل محلية وخصائص تفصيلية تؤثر في درجات الحرارة وتؤدي إلى تباين توزيعها، فمن خلال قراءة الخريطة (4) التي تبين توزيع درجة حرارة سطح الأرض في شهر يونيو 2000 يلاحظ أنها تراوحت ما بين 15.6م° و 40.1م° وبمتوسط بلغ 27.9 م°، ويلاحظ التدرج في توزيع درجات الحرارة ارتفاعاً كلما اتجهنا جنوباً بسبب زيادة البعد عن المؤثرات البحرية القادمة من البحر المتوسط، إضافة للتناقص في كثافة الغطاء النباتي، كما سبقت الإشارة، إذ تراوح معدل درجات الحرارة السطحية في أغلب القسم الجنوبي من منطقة الدراسة ما بين 35-40م° وإن كان هناك انخفاض نسبي في أقصى جنوبها، بسبب تأثير عامل الارتفاع الذي يتجاوز فيها منسوب الأرض إلى 400م، أما القسم الأوسط منها فقد تراوحت معدلات حرارة سطح الأرض ما بين 30-35م°، بينما يبدو القسم الشمالي أقل حرارة من باقي أجزاء منطقة الدراسة، حيث سجلت درجات الحرارة معدلاً تراوح ما بين 15-30 م°.

ويبدو أيضاً من تباين التوزيع المكاني لدرجة الحرارة تأثير نمط الغطاء الأرضي Land Caver في ذلك التوزيع، ويجعل لكل موقع صفات مناخية تميزه عن غيره من المواقع، حيث يعمل الغطاء النباتي على التلطيف النسبي لدرجات الحرارة بين الأجزاء الشمالية والجنوبية للمنطقة، ولذا تسجل درجات الحرارة للمناطق الخضراء أقل من المناطق المبنية، وليس ذلك

فحسب، بل يبدو ذلك التأثير في ظهور ما يعرف بالجزر الحرارية التي تنتج عن الدور الذي يلعبه الغطاء العمراني والمباني الإنشائية وكثافة وسائل النقل في زيادة معدلات الإشعاع الأرضي وارتفاع الحرارة السطحية وارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون وغيره من غازات الاحتباس الحراري مع كثافة السكان وتركز العمران، فمن خلال ملاحظة توزيع الحرارة السطحية في أقصى شمال المنطقة التي تسجل درجات حرارة أعلى من الأراضي الواقعة جنوبها على الرغم من أنها أقرب للمؤثرات البحرية، ويرجع ذلك لكثافة البناء العمراني فيها، حيث تبلغ معدلات الحرارة فيها ما بين 25-30°م، بينما بلغت في الشريط الواقع جنوب المدينة ما بين 15-25°م.

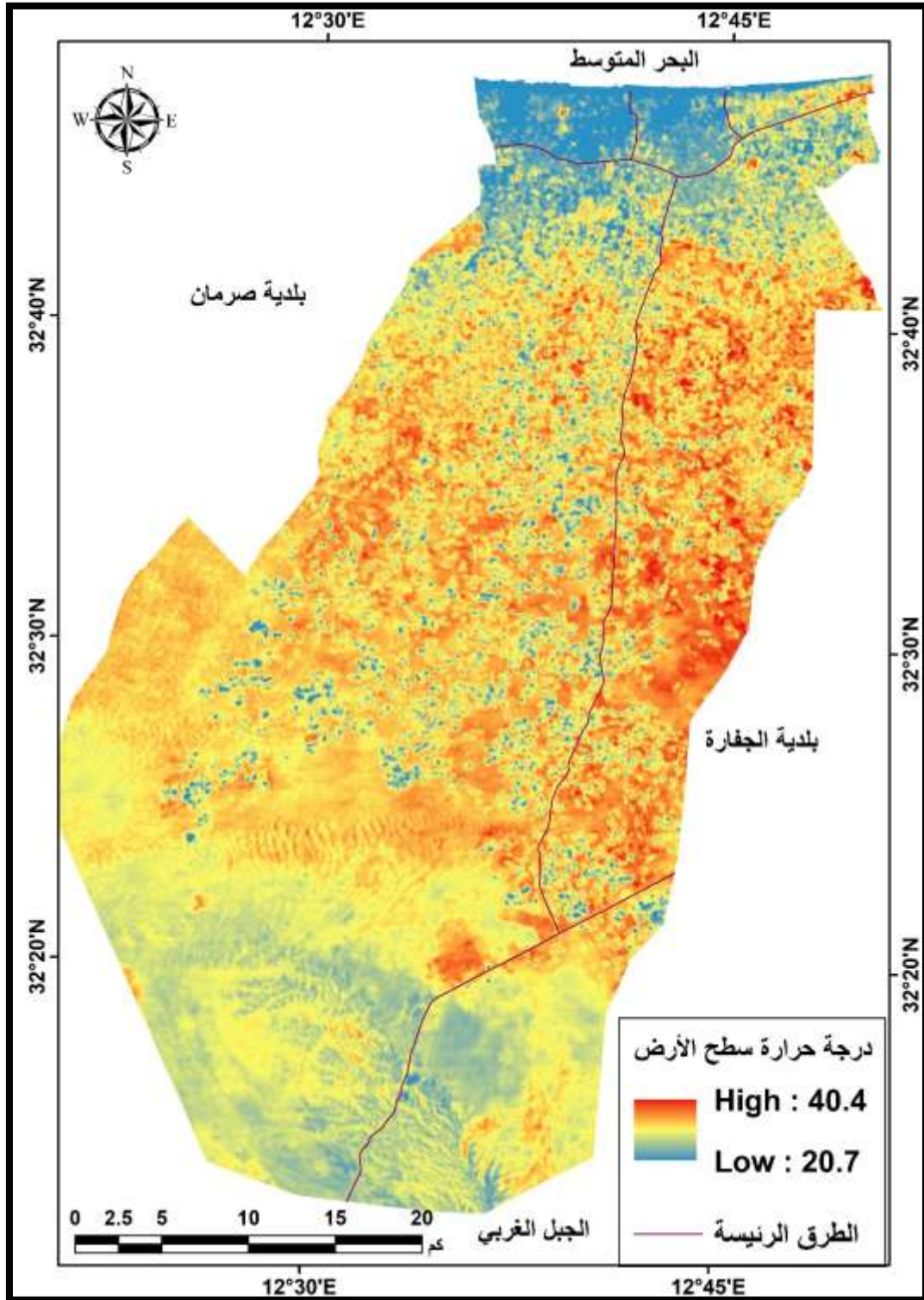
خريطة (4) التوزيع المكاني لدرجة الحرارة في منطقة الزاوية يوم 2000 /6/7.



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcMap 10 اعتماد على مرئية
 LT07_L1TP_189037&189038_20000607_20200907_02_T1_ANG

كما تبين الخريطة (5) التوزيع المكاني لدرجات الحرارة في منطقة الزاوية في صيف عام 2020 وتحديداً في ظهيرة يوم 2020/6/14، حيث تشير إلى الارتفاع النسبي في معدلات درجات الحرارة مقارنة ببيانات الخريطة (4)، حيث يتراوح معدلها في المنطقة ما بين 20.7°م و 40.4°م وبمتوسط يصل إلى 30.6°م، ومنها يلاحظ كذلك الدور الذي تلعبه المؤثرات البحرية في توزيع درجات الحرارة في منطقة الزاوية التي تأخذ اتجاهاً نحو الارتفاع كلما اتجهنا جنوباً إضافة إلى الدور الذي يلعبه نمط غطاء الأرض في ذلك التوزيع، حيث يلعب الغطاء النباتي دوراً في توزيع الخصائص الحرارية لاسيما في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة، حيث الغطاء النباتي أكثر كثافة، إذ تقل درجات الحرارة السطحية المشتقة من المرئية الفضائية عن 32°م في الأراضي الواقعة إلى الجنوب وغرب المدينة، إضافة إلى أقصى شمالها، حيث كثافة العمران أقل، بينما تتراوح درجات الحرارة في الأجزاء ذات الكثافة العمرانية من المدينة ما بين 32-34°م . كما يتضح أيضاً دور عامل المؤثرات البحرية في توزيع حرارة سطح الأرض التي تزداد كلما زاد البعد عن تلك المؤثرات باستثناء أقصى جنوب المنطقة التي يبدو أن عامل الارتفاع النسبي لمستوى سطح البحر كان له دور في تخفيض درجة الحرارة بمعدل ما بين 1-2°م عن الأراضي الواقعة في الوسط الجنوبي من منطقة الدراسة.

خريطة (5) التوزيع المكاني لدرجة الحرارة في منطقة الزاوية يوم 6/14 /
.2020



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج ArcMap 10 اعتماد على مرئية
LC08_L1TP_189037&189038_20200614_20200823_02_T1

هوامش الفصل الثاني

- 1- قصي عبد المجيد السامرائي، مبادئ الطقس والمناخ، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، العراق، ط1، 2007، ص45.
- 2- امحمد عياد امقيلي، مقدمة في الطقس والمناخ، دار شموع الثقافة للطباعة والنشر والتوزيع، الزاوية، ليبيا، ط2، 2003، ص57.
- 3- أسمهان علي المختار عثمان، التباين المكاني لدرجات الحرارة بين منطقتي الزاوية وغريان، المجلة الليبية للدراسات، دار الزاوية للكتاب، الزاوية، ليبيا، العدد التاسع، المجلد الثاني، سنة 2015، ص165.
- 4- امحمد عياد امقيلي، مقدمة في الطقس والمناخ، مرجع سابق ص 74.
- 5- حسن محمد الجديدي، أسس الهيدرولوجيا العامة، منشورات جامعة الفاتح، طرابلس، 1998.
- 6- علي حسن موسى، المعجم الجغرافي المناخي، دار الفكر للطباعة والتوزيع والنشر، دمشق، سوريا، ط1، 1976، ص29.
- 7- A. Deniz, H. Toros and S. Incecik, Spatial distribution of climatic indices in Turkey, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, 2018, P69.
- 8- محمود محمد سليمان، التوزيع المكاني لاختلاف مؤشرات المناخ البحري والقاري في ليبيا، مجلة العلوم الإنسانية، العدد 25، كلية الآداب الخمس، جامعة المرقب، سبتمبر 2022، ص 378.
- 9- محمود محمد سليمان، التوزيع المكاني لاختلاف مؤشرات المناخ البحري والقاري في ليبيا، مرجع سابق، ص383.
- 10- مولود على بربيش، أسمهان علي المختار عثمان، تغير في كثافة الغطاء النباتي وعلاقتها بتغير كمية الأمطار في منطقة الزاوية للفترة 1990-2020، المجلة الليبية للدراسات، المجلد 1 دار الزاوية للكتاب، الزاوية، ليبيا، العدد الثامن عشر، يونيو 2020، ص67.

- 11- محمد إبراهيم محمد شرف، جغرافية المناخ والبيئة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر، ط1، 1999، ص65.
- 12- عبد الفتاح محمد وهيب، الجغرافية التاريخية بين النظرية والتطبيق، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، لبنان، بدون تأريخ، ص103.
- 13- امحمد عياد امقيلي، مقدمة في الطقس والمناخ، مرجع سابق، ص197.
- 14- مولود على بريش، أسمهان علي المختار عثمان، تغير في كثافة الغطاء النباتي وعلاقتها بتغير كمية الأمطار في منطقة الزاوية للفترة 1990-2020، مرجع سابق، ص83-88.
- 15- علي أحمد غانم، الجغرافيا المناخية، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان الأردن، ط4، سنة 2013، ص75.
- 16- المرجع السابق، ص82.
- 17- بدرية بنت محمد، الجزر الحرارية لمدينة الذمام - دراسة باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب للنبات، الذمام، السعودية دراسة غير منشورة، 2112، ص1-2.
- 18- بدرية بنت محمد، الجزر الحرارية لمدينة الذمام - دراسة باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، ص5.
- 19- Javed Mallick, Yogesh Kant and B.D.Bharath, Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+, J. Ind. Geophys. Union, Vol.12, No.3, July 2008,P132.
- 20- Ugur Avdan and Gordana Jovanovska, Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data, Journal of Sensors,2016, p.2, <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>.
- 21- I,oc.cit.
- 22- i.B.D,P3.

23-Alihsan Sekertekin and Stefania Bonafoni, Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation, Remote Sens. 2020, 12, 294, p .9 In www.mdpi.com/journal/remotesensing.

24-Rajeshwari A1, Mani N D2, ESTIMATION OF LAND SURFACE TEMPERATURE OF DINDIGUL DISTRICT USING LANDSAT 8 DATA, International Journal of Research in Engineering and Technology, May-2014, p124.

الفصل الثالث

تحليل الاتجاهات العامة لدرجات الحرارة

السنوية والفصلية في منطقة الزاوية

للفترة 1958 - 2009

الفصل الثالث

تحليل الاتجاهات العامة لدرجات الحرارة السنوية والفصلية في منطقة الزاوية

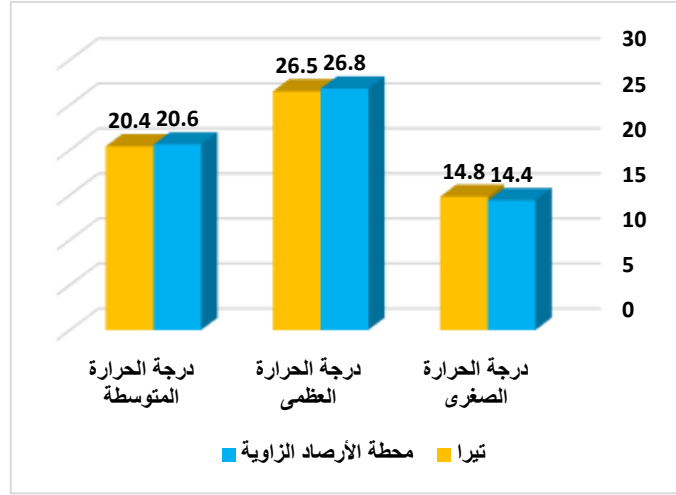
للفترة 1958-2009.

المبحث الأول: اختبار اعتدالية البيانات:

إن تحليل الاتجاهات العامة لدرجات الحرارة في منطقة الدراسة يتطلب استقراء البيانات عن درجات الحرارة خلال فترة 1958 - 2009، وبما أنه سيتم الاعتماد على فترة زمنية واحدة لمحطتي الزاوية وبئر الغنم، إضافة إلى محطة مطار طرابلس التي سيتم الاعتماد عليها في النمذجة المستقبلية لدرجات الحرارة في منطقة الدراسة من أجل بيان خصائصها المناخية ومدى تطابقها مع منطقة الدراسة، بحيث يمكن استخراج المتوسطات الفصلية والسنوية والمقارنة بينها في دراسة التغير المناخي في الماضي، ولظروف تأخر الخدمة في محطتي منطقة الزاوية وتعرها حيث تعد محطة الزاوية حديثة الانشاء بدأت في الخدمة عام 1988، من ثم توقفت عام 2010 ورجعت إلى الخدمة في يناير 2021. أما محطة بئر الغنم فتعد أقدم من محطة الزاوية حيث أنشئت منذ أبريل عام 1925، واستمرت في الخدمة حتى ديسمبر 1938، ومن ثم توقفت ورجعت إلى الخدمة من جديد من يناير 1957 حتى أبريل 1973. ومن ثم توقفت ورجعت إلى الخدمة للفترة من 1991-2009، إضافة إلى توقفها عن العمل في عام 2010⁽¹⁾.

الأمر الذي تطلب استيفاء أو تعويض البيانات المفقودة للفترة السابقة من (القمر تيرا) بواسطة منصة Google Earth Engine، وذلك بعد إجراء معايرة لتلك البيانات مع بيانات محطة الرصد في الزاوية للفترة 1988-2005 ومحطة بئر الغنم للفترة 1993-2005 والمتوفرة في سجلات المركز الوطني للأرصاد الجوية، وقد أشارت المعايرة إلى التطابق بينهما، وعدم وجود فروقات تذكر بين بيانات محطتي أرصاد الزاوية وبئر الغنم مع بيانات تيرا لنفس الأحداث المحطتين خلال الفترات المذكورة، كما هو مبين في الشكلين (4) و (5).

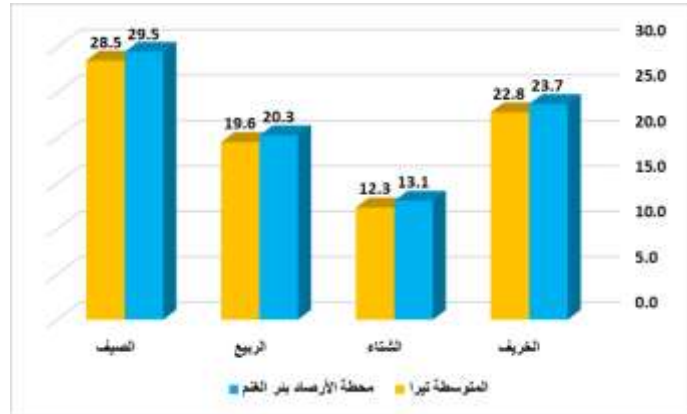
الشكل (4) معايرة البيانات لدرجات الحرارة في محطة الزاوية مع بيانات تيرا خلال الفترة 1988-2005.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على:

- 1- بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس، 2021.
- 2 - منصة Google Earth Engine (الحوسبة السحابية لبيانات المناخ والاستشعار عن بعد) <https://app.climateengine.com/climateEngine>

الشكل (5) معايرة البيانات لدرجات الحرارة في محطة بئر الغنم مع بيانات تيرا خلال الفترة 1993-2009.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على:

- 1- بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس، 2021.
- 2- منصة Google Earth Engine (الحوسبة السحابية لبيانات المناخ والاستشعار عن بعد) <https://app.climateengine.com/climateEngine>

ويمكن دراسة التوزيعات النظرية للظواهر ومدى اعتدالية توزيعها أو ميلها للمركزية، أو حدوث بعض التغيرات في أنماط توزيعها واتجاهها إلى التمرکز أو التشتت، وذلك من خلال استخدام بعض مقاييس النزعة المركزية (Measures of central tendency)، والتي تعرف على أنها مقاييس عددية تحدد موقع توزيع البيانات، ومدى تكرارها أو تجمعها حول نقطة مركزية للبيانات، وبمعنى آخر هي طرق إحصائية تقوم بحساب القيمة التي يتمركز حولها معظم المشاهدات، وكذلك القيم التي تبتعد عنها تلك المشاهدات، والتي تعرف بمقاييس التشتت⁽²⁾، فمقاييس النزعة المركزية تتيح للباحث التعبير عن طبيعة توزيع الظواهر بعمليات إحصائية يعبر عنها بقيمة واحدة تعطي وصفاً لنمط ذلك التوزيع، وهي تسمح كذلك بإجراء المقارنات بين المجموعات.

قبل البدء في تطبيق الأساليب الإحصائية على البيانات من المفترض اختبار اعتداليتها ومن ثم تطبيق الاختبارات المناسبة عليها، فمن خلال الجدول (8)، نجد أن عدد البيانات السنوية المسجلة لمتوسطات درجات الحرارة تبلغ 52 سنة، وهو ما يزيد عن شرط اعتدالية البيانات المعلمية في حالة عدد البيانات الكبيرة، والتي يجب أن تكون عدد عيناتها $30 \leq$ عينة⁽³⁾، عليه سيتم تطبيق الاختبار الإحصائي اللامعلمي وهو اختبار (كلومجروف - سمينروف) الذي يستخدم مع العينات الكبيرة سواء كانت رقمية أو رتبية، حيث يتم تطبيق هذه النوعية من الاختبارات عندما تتوافر لدينا بيانات لعينة ما، ونريد معرفة التوزيع الاحتمالي للمجتمع الذي سحبت منه هذه العينة. بمعنى هل هذه العينة مسحوبة من مجتمع تتبع بياناته التوزيع الطبيعي أم غيره من التوزيعات؟ ويقتصر اختبار كلومجروف - سمينروف على اختبار البيانات للتوزيعات الاحتمالية الآتية فقط :

- 1- التوزيع الطبيعي Normal Distribution.
 - 2- التوزيع المنتظم Uniform Distribution.
 - 3- التوزيع الأسي Exponential Distribution.
 - 4- التوزيع البواسوني Poisson Distribution.
- وتصاغ الفرضية وفق هذا الاختبار بشكل الآتي⁽⁴⁾:

$H_0 =$ العينة مسحوبة من مجتمع تتبع بياناته التوزيع الطبيعي بمعنى أن العينات سحبت

من مجتمع متماثل.

H = العينة مسحوبة من مجتمع لا تتبع بياناته التوزيع الطبيعي وأن متوسطات العينات تختلف اختلافاً جوهرياً نتيجة اختلاف مستويات المتغير المستقل.

كما يستعمل معامل الالتواء لبيان طبيعة توزيع البيانات ومدى تماثلها، أي يوضح درجة عدم التماثل، أو الميل عن التماثل، فقد تضم البيانات قيماً متطرفة فتعمل على امتداد التوزيع في أحد طرفيه، وهذا يؤدي إلى التواء المنحنى، بحيث تبدو قمة منحنى التوزيع مدببة في وسطه عندما تكون قيماً كبيرة متركزة في المنتصف، وقد يكون تركيز لعدد القيم كثيراً في المنتصف فيكون التوزيع عريض أو ذو قمة مفلطحة، ومن بين صور التوزيعات التوزيع الاعتدالي، وهو توزيع يشبه الجرس المقلوب، والتوزيع الملتوي التواءً موجباً عندما تتركز قيم المتغير حول النهاية الدنيا للتوزيع وتنقل قمته جهة اليمين، والتوزيع الملتوي التواءً سالباً عندما تتركز تلك القيم حول النهاية العليا للتوزيع، وتكون قمته جهة اليسار، ولذا يستخدم معامل الالتواء لقياس مدى ابتعاد التوزيع عن الاعتدالية أو الانحراف عن التماثل ويعطي هذا المقياس النسبي إشارة سالبة الالتواء جهة اليسار، وإشارة موجبة الالتواء جهة اليمين، ويمتد الالتواء من (-3) في الالتواء السالب إلى (+3) في الالتواء الموجب، ويتلاشى الالتواء عندما يصبح الفرق بين الوسيط والوسط الحسابي صفراً وذلك عندما يكون التوزيع اعتدالياً أو ما يسمى بالتوزيع الطبيعي⁽⁵⁾.

ومن المرغوب فيه كذلك وصف التوزيع بمقياس آخر يعبر عنه بدرجة أو معامل التفلطح أو تدبب التوزيع، وهو مقياس علو أو انخفاض قمة التوزيع التكراري بالنسبة للتوزيع الطبيعي أو الاعتدالي للبيانات، فإذا كان للتوزيع قمة مرتفعة أكبر من التوزيع الاعتدالي يقال أنه مدبب Leptokurtic، وإذا كان ذو قمة مسطحة يقال أنه مفلطح Platykurtic، وإذا كانت قمة التوزيع متوسطة ليست مدببة ولا مفلطحة يسمى متوسط التفلطح Mesokurtic، وبما أن التوزيع الاعتدالي يساوي 3 تقريباً فإن التوزيع يكون مفلطحاً عندما تكون قيمة المعامل أقل من 3، ويكون مدبباً عندما تكون قيمته أكثر من هذا الحد⁽⁶⁾.

1 - تحليل التوزيع الطبيعي لدرجة الحرارة الصغرى:

من خلال الجدول (8) والأشكال (6) و(7) و(8) نجد أن المتوسط العام السنوي لدرجة الحرارة الصغرى لمحطتي منطقة الدراسة ومحطة مطار طرابلس قد سجل خلال الفترة 1958-

2009 نحو 14م°، وبانحراف معياري لا يتجاوز (1.2)، أما معامل الالتواء فيتراوح ما بين (0.156 - 0.232). ويتضح من نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p. Value تساوي 0.639 في الزاوية، و0.445 في بئر الغنم، و0.882 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن البيانات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى للمحطات الثلاث خلال 52 سنة هي بيانات عشوائية تتبع التوزيع الطبيعي وسحبت من مجتمع متمائل.

كما يتضح من الجدول (8) كذلك أن المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى خلال فصل الخريف للمحطات الثلاث بلغ 16.7م° في الزاوية، و16.2م° في بئر الغنم، و16.3م° في محطة مطار طرابلس، وهذا يدل على تشابه الخصائص الحرارية لفصل الخريف لمحطتي الزاوية وبئر الغنم مع محطة مطار طرابلس، وتراوحت نتائج الانحراف المعياري لفصل الخريف بين (0.9 - 1)، أما معامل الالتواء فيتراوح بين (-0.131) إلى (0.392)، مما يؤكد أن البيانات موجبة الالتواء ناحية اليمين. وبالنظر إلى معامل التقلطح نجده لم يتجاوز (-0.029)، عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً لأن قيمته أقل من 3.

كما يتضح من نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p. Value تساوي 0.824 في الزاوية، و0.963 في بئر الغنم، و0.787 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض الصفري القائل بأن بيانات درجة الحرارة الصغرى للمحطات الثلاث في فصل الخريف خلال 52 سنة تتبع التوزيع المتمائل والعينات تعبر عن متوسطات ذلك التوزيع.

أما بمقارنة المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الشتاء للمحطات الثلاث، نجده يبلغ 7.7م° في الزاوية، و6.8م° في بئر الغنم، و7.3م° في محطة مطار طرابلس، إذ نجد أن المتوسط يتقارب في محطتي الزاوية ومطار طرابلس ويرتفع عن محطة بئر الغنم بفارق وقدره 0.9م°، هذا يعود لقرب كل من طرابلس والزاوية من المؤثرات البحرية، فالارتفاع في الرطوبة يؤدي إلى احتفاظ الأرض والهواء بدرجة الحرارة مقارنة بمحطة بئر الغنم، وبانحراف معياري تراوح بين 0.7 في الزاوية، و1.2 في بئر الغنم، أما معامل الالتواء في فصل الشتاء فيتراوح بين (0.113) إلى (0.310) في محطتي الزاوية وبئر الغنم، وعليه فإن البيانات تبدو موجبة الالتواء

ناحية اليمين، وبالنظر إلى معامل التفلطح أو تدبب التوزيع نجده لم يتجاوز (0.047)، عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً اعتدالياً أو متوسط التفلطح.

دلت نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p. Value تساوي 0.416 في الزاوية، و0.946 في بئر الغنم، و0.965 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن بيانات درجة الحرارة الصغرى للمحطات الثلاث في فصل الشتاء خلال 52 سنة تتبع التوزيع الطبيعي كذلك ومتوسطها الفصلي يمثل ذلك التوزيع.

وكما أنه ومن خلال مقارنة درجات الحرارة الصغرى لفصل الربيع للمحطات الثلاث نجدها تبلغ 12.5م° في الزاوية، و12.5م° في بئر الغنم، و12.3م° في محطة مطار طرابلس. وهذا يدل على تشابه الخصائص الحرارية للمحطات الثلاث خلال فصل الربيع، بينما تراوحت نتائج الانحراف معياري لهذا الفصل بين (0.7 - 0.9)، وبمعامل التواء تراوح ما بين (-0.319) إلى (0.221)، مما يؤكد أن البيانات موجبة الالتواء ناحية اليمين، وبالنظر إلى معامل التفلطح فلم يتجاوز (-0.034)، عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً لأن قيمة المعامل تزيد عن 3.

تشير نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الربيع أن قيمة p. Value تساوي 0.936 في الزاوية، و0.941 في بئر الغنم، و0.429 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن بيانات درجة الحرارة الصغرى للمحطات الثلاث في فصل الربيع خلال 52 سنة تتبع التوزيع الطبيعي.

كما دلت نتائج فصل الصيف لدرجة الحرارة الصغرى للمحطات الثلاث قد بلغ متوسطها 20.2م° في الزاوية، و20.8م° في بئر الغنم، و20.4م° في محطة مطار طرابلس، والذي تؤكد أيضاً على تشابه الخصائص الحرارية لفصل الصيف للمحطات الثلاث، إذ تراوح نتائج الانحراف المعياري لفصل الصيف بين (0.9 - 1). أما معامل الالتواء فيتراوح بين (0.221) إلى

(0.311)، مما تؤكد أن البيانات موجبة الالتواء ناحية اليمين، كما أن معامل التفلطح لم يتجاوز (-1.060) عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً.

كما يتضح من نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الربيع أن قيمة p. Value تساوي 0.734 في الزاوية، و0.842 في بئر الغنم، و0.997 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عالية فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن بيانات درجة الحرارة الصغرى للمحطات الثلاث في فصل الربيع خلال 52 سنة تتبع التوزيع الطبيعي.

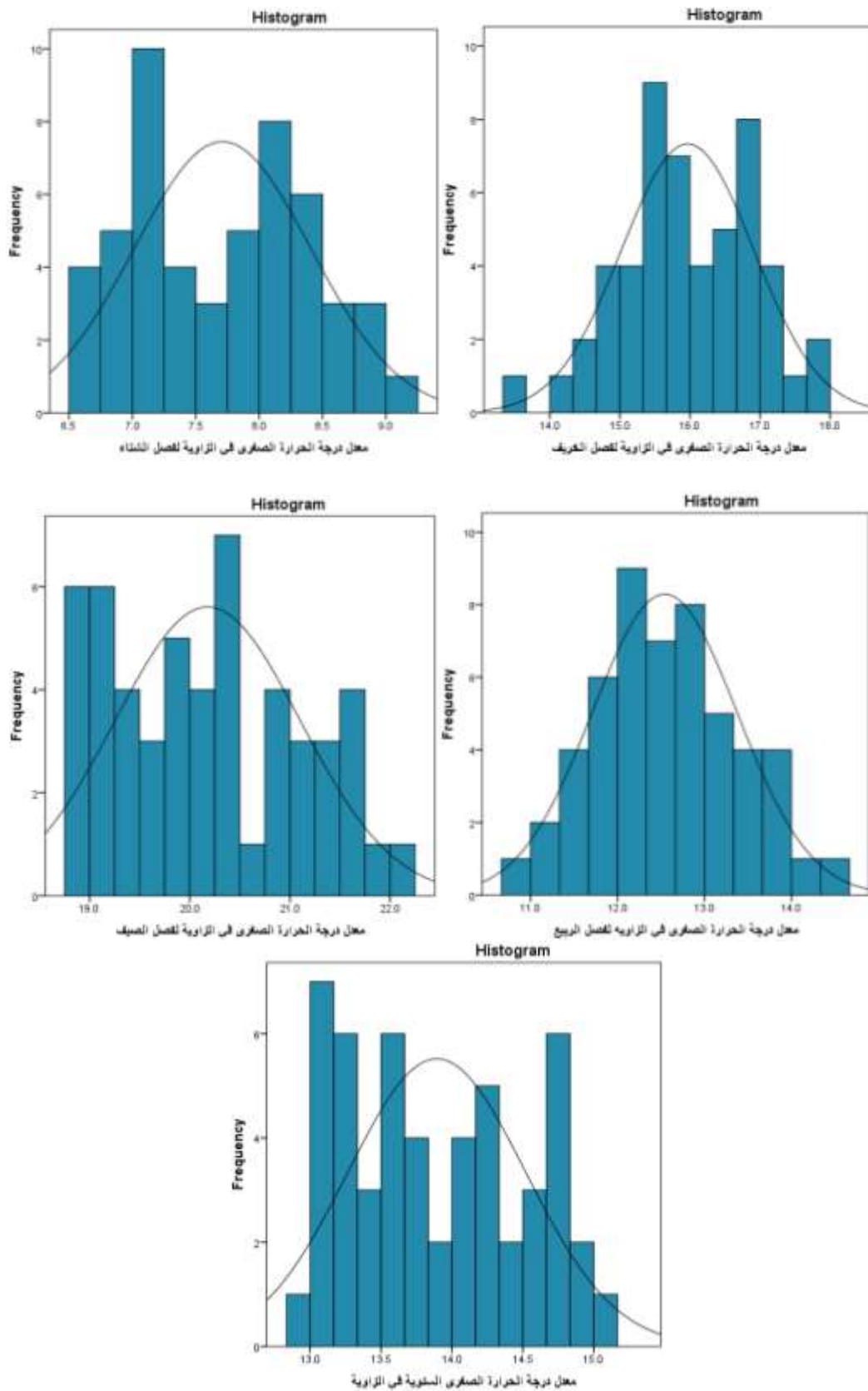
الجدول (8) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى لمنطقة الدراسة.

المحطة	الفترة	الفصل	المتوسط	أصغر قيمة	أكبر قيمة	الانحراف المعياري	الاتواء	التقاطع	Kolmogorov-Smirnov Sig>95%	Sig.(P.value)	
الزاوية	2009-1958	الخريف	16.7	14.2	18.5	0.9	-0.069	-0.250	0.629	0.824	
		الشتاء	7.7	6.6	9.1	0.7	0.113	-0.299	0.883	0.416	
		الربيع	12.5	10.7	14.5	0.8	0.166	-0.296	0.536	0.936	
		الصيف	20.2	18.8	22	0.9	0.311	-1.060	0.687	0.734	
		السنوي	14.3	13.3	15.5	0.6	0.232	-1.195	0.743	0.639	
		الخريف	16.2	13.6	18.2	1	-0.131	-0.303	0.536	0.963	
	بئر القلم	2009-1958	الشتاء	6.8	4.7	9.5	1.2	0.310	-0.438	0.585	0.946
			الربيع	12.5	19.4	23	0.9	0.211	-0.272	0.531	0.941
			الصيف	20.8	11	22.1	1	0.297	-1.232	0.616	0.842
			السنوي	14.1	13	15.5	0.7	0.156	-1.127	0.864	0.445
			الخريف	16.3	14.5	18.7	0.9	0.392	-0.029	0.653	0.787
			الشتاء	7.3	5.5	9.3	0.7	0.214	0.047	0.500	0.965
مطار طرابلس	2009-1958	الربيع	12.3	10.4	14	0.7	-0.319	-0.034	0.857	0.429	
		الصيف	20.4	18.4	23.2	0.9	0.221	-0.283	0.405	0.997	
		السنوي	14.4	13	15.7	0.6	0.183	-0.794	0.586	0.882	

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على:

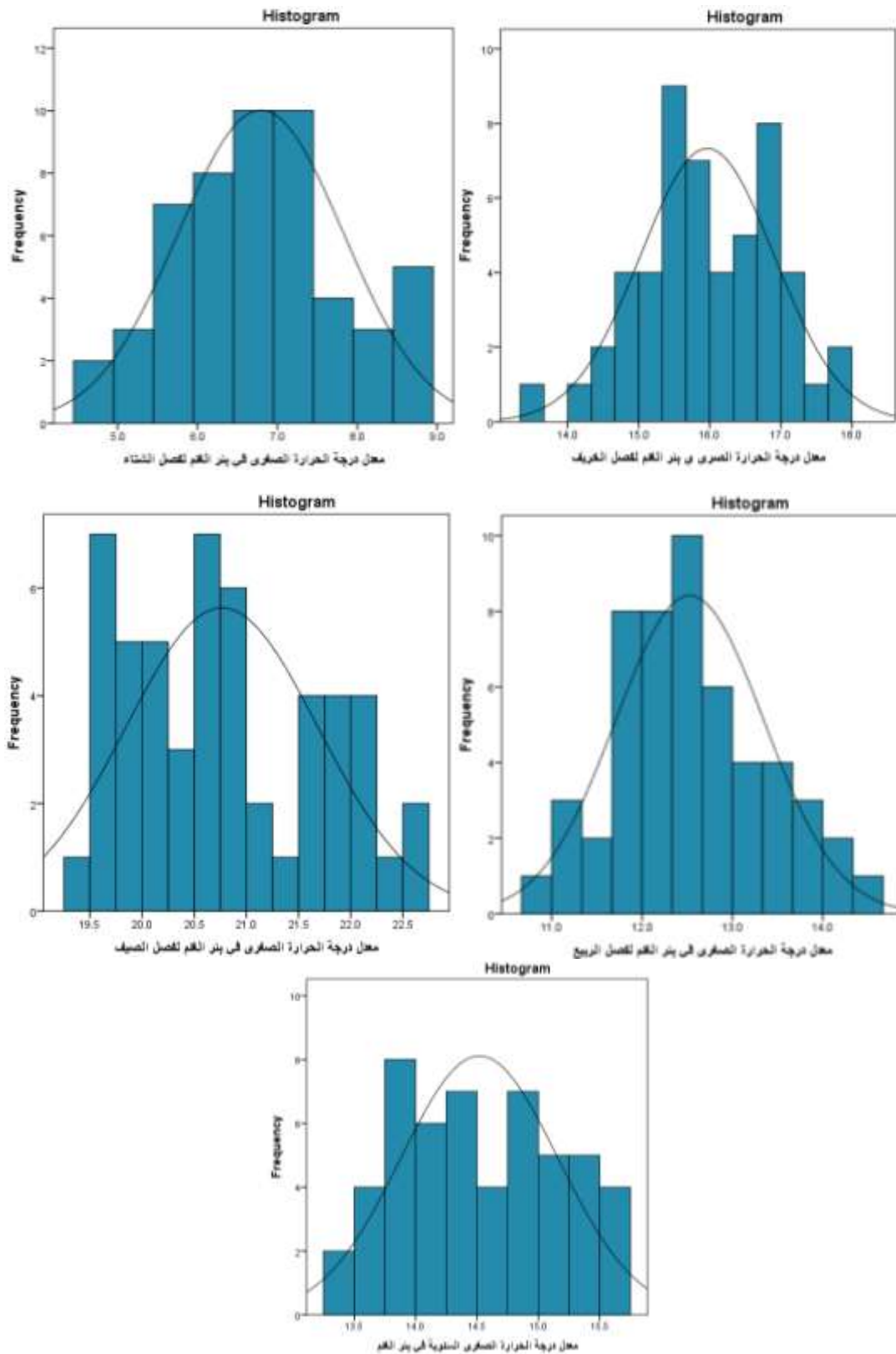
- 1 - المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، 2021.
- 2 - منصة google Earth Engine السحابية لبيانات المناخ والاستشعار عن بعد

الشكل (6) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى في محطة الزاوية.



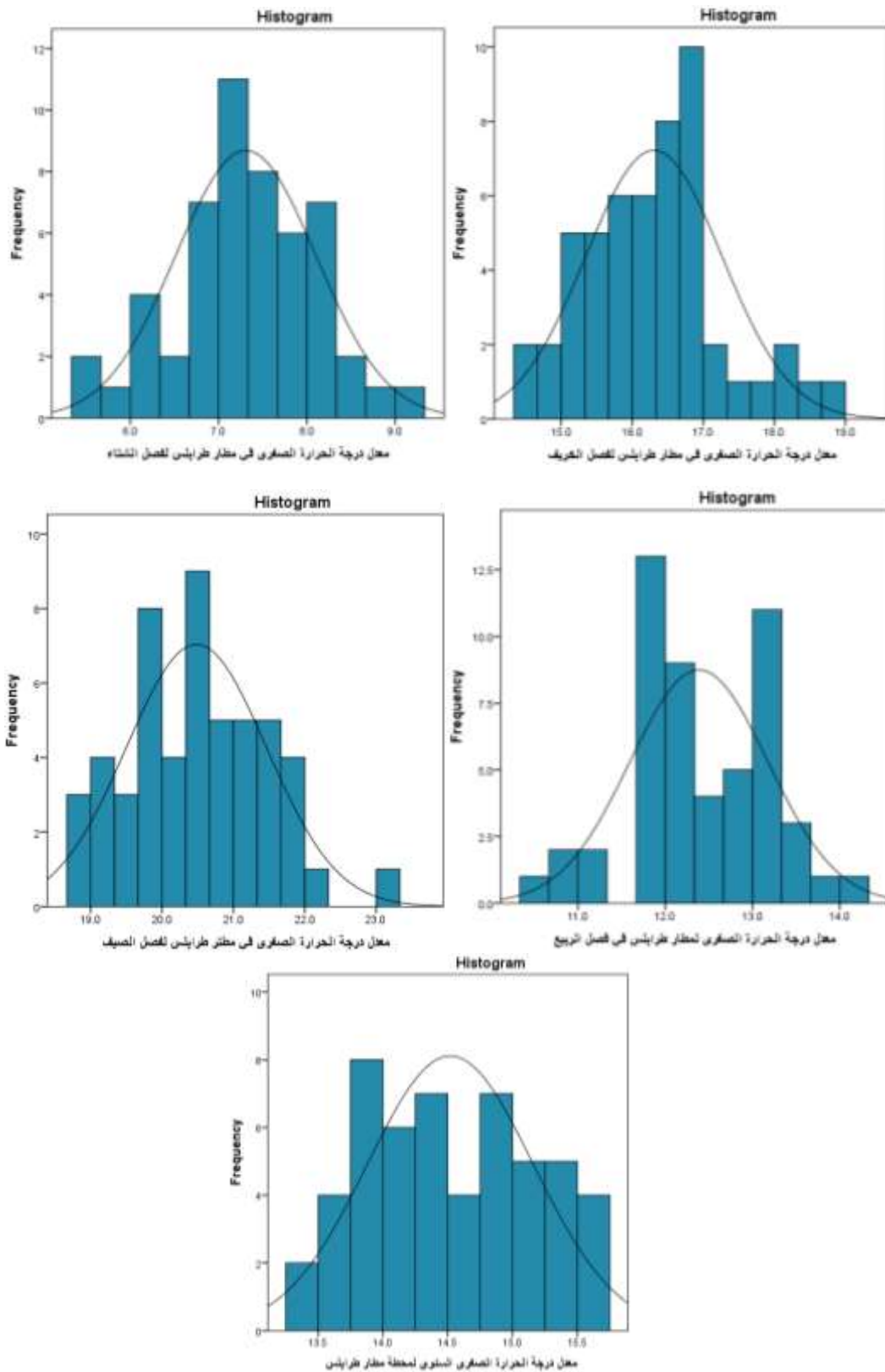
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (1) باستخدام SPSS. V21.

الشكل (7) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى في محطة بئر الغنم.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (1) باستخدام SPSS. V21..

الشكل (8) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة الصغرى في محطة مطار طرابلس.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (1) باستخدام SPSS. V21..

2 - تحليل التوزيع الطبيعي لدرجة الحرارة العظمى:

وبمقارنة نتائج الجدول (9) نجد أن المتوسط العام السنوي لدرجة الحرارة العظمى للمحطات الثلاث بلغ 25.9°م في الزاوية، و 26.9°م في بئر الغنم، و 26.7°م في مطار طرابلس، وبانحراف معياري تراوح بين 0.6 في الزاوية وبئر الغنم، و 0.7 في مطار طرابلس. أما معامل الالتواء فتراوح بين (0.109) إلى (0.157) في المحطات الثلاث، حيث أن البيانات موجبة الالتواء وبتجاه توزيع أكثر ناحية اليمين، وبالنظر إلى معامل التفلطح الذي يعبر عن استواء التوزيع فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً لأنه أقل من 3، كما يتضح من نتائج التحليل الاحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p. Value تساوي 0.655 في الزاوية، و 0.700 في بئر الغنم، و 0.858 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض الصفري القائل بأن البيانات السنوية لدرجة الحرارة العظمى للمحطات الثلاث خلال 52 سنة تتبع التوزيع الطبيعي وأن متوسطات العينات لا تختلف عن هذا التوزيع.

كما يشير الجدول (9) والأشكال (9) و(10) و(11) أن المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة العظمى لفصل الخريف للمحطات الثلاث يبلغ 28.8°م في الزاوية، و 29°م في بئر الغنم، و 28.7°م في محطة مطار طرابلس، وهذا يدل على تشابه الخصائص الحرارية لفصل الخريف لمحطتي الزاوية وبئر الغنم مع محطة مطار طرابلس فيما يخص درجة الحرارة العظمى، حيث تراوحت نتائج الانحراف المعياري لفصل الخريف بين (0.8 - 1.2). أما معامل الالتواء فيتراوح بين (-0.076) إلى (-0.134)، مما تؤكد أن البيانات موجبة الالتواء ناحية اليمين. وبالنظر إلى معامل التفلطح نجده لم يتجاوز (0.304)، عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً.

ويتضح من نتائج التحليل الاحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p. Value تساوي 0.988 في الزاوية، و 0.573 في بئر الغنم، و 0.974 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بعدم وجود اختلافات بين المتوسطات ونمط توزيع بيانات درجة الحرارة العظمى للمحطات الثلاث في فصل الخريف خلال 52 سنة التي تتبع التوزيع الطبيعي.

وبمقارنة نتائج المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة العظمى لفصل الشتاء للمحطات الثلاث، نجده يبلغ 18.8°م في الزاوية، 17.8°م في بئر الغنم، و 18.5°م في محطة مطار طرابلس، ويلاحظ أن المتوسط يتقارب في محطتي الزاوية ومطار طرابلس، بينما يرتفع في محطة بئر الغنم بفارق وقدره 1°م . وهذا يعود لقرب كل من طرابلس والزاوية من تأثير البحر كما سبقت الإشارة، حيث يؤدي ارتفاع في الرطوبة إلى احتفاظ سطح الأرض والهواء بدرجة الحرارة نسبياً مقارنة بالبيانات المسجلة في محطة بئر الغنم التي يغلب عليها طابع الجفاف، حيث يتم اكتساب الحرارة بسرعة وفقدانها بسرعة لذا يبلغ الفرق بين أصغر وأعلى قيمة 3.8°م . في حين تراوح الانحراف المعياري بين 0.1 في بئر الغنم، و 1 في مطار طرابلس، بينما سجل معامل الالتواء قيماً لفصل الشتاء تراوحت بين (0.075) إلى (0.450) ، وهي قيم موجبة الالتواء ناحية اليمين، وبالنظر إلى معامل التقلطح نجده لم يتجاوز (-1.405) .

وتدل نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p . Value تساوي 0.512 في الزاوية، و 0.890 في بئر الغنم، و 0.563 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5% ، علياً فإننا نقبل بالفرض الصفري القائل بأن بيانات درجة الحرارة العظمى للمحطات الثلاث في فصل الشتاء خلال 52 سنة تتبع التوزيع الطبيعي ولا توجد اختلافات جوهرية في متوسط العينات مع مستويات المتغير المستقل لذلك التوزيع.

وبمقارنة درجات الحرارة العظمى لفصل الربيع للمحطات الثلاث نجدها تبلغ 24°م في الزاوية، 25.5°م في بئر الغنم، و 26°م في محطة مطار طرابلس. بينما تراوحت نتائج الانحراف المعياري لفصل الربيع بين $(0.8 - 1.3)$ في المحطات الثلاث، أما معامل الالتواء فيتراوح بين (-0.129) إلى (0.173) ، بينما معامل التقلطح فلم يتجاوز (-0.255) ، عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً، وقد دلت نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف لدرجة الحرارة العظمى لفصل الربيع أن قيمة p . Value تساوي 0.917 في الزاوية، و 0.890 في بئر الغنم، و 0.912 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5% ، علياً فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن بيانات درجة الحرارة العظمى للمحطات الثلاث في فصل الربيع خلال الفترة $1958-2009$ تتبع التوزيع الطبيعي.

الجدول (9) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى لمنطقة الدراسة.

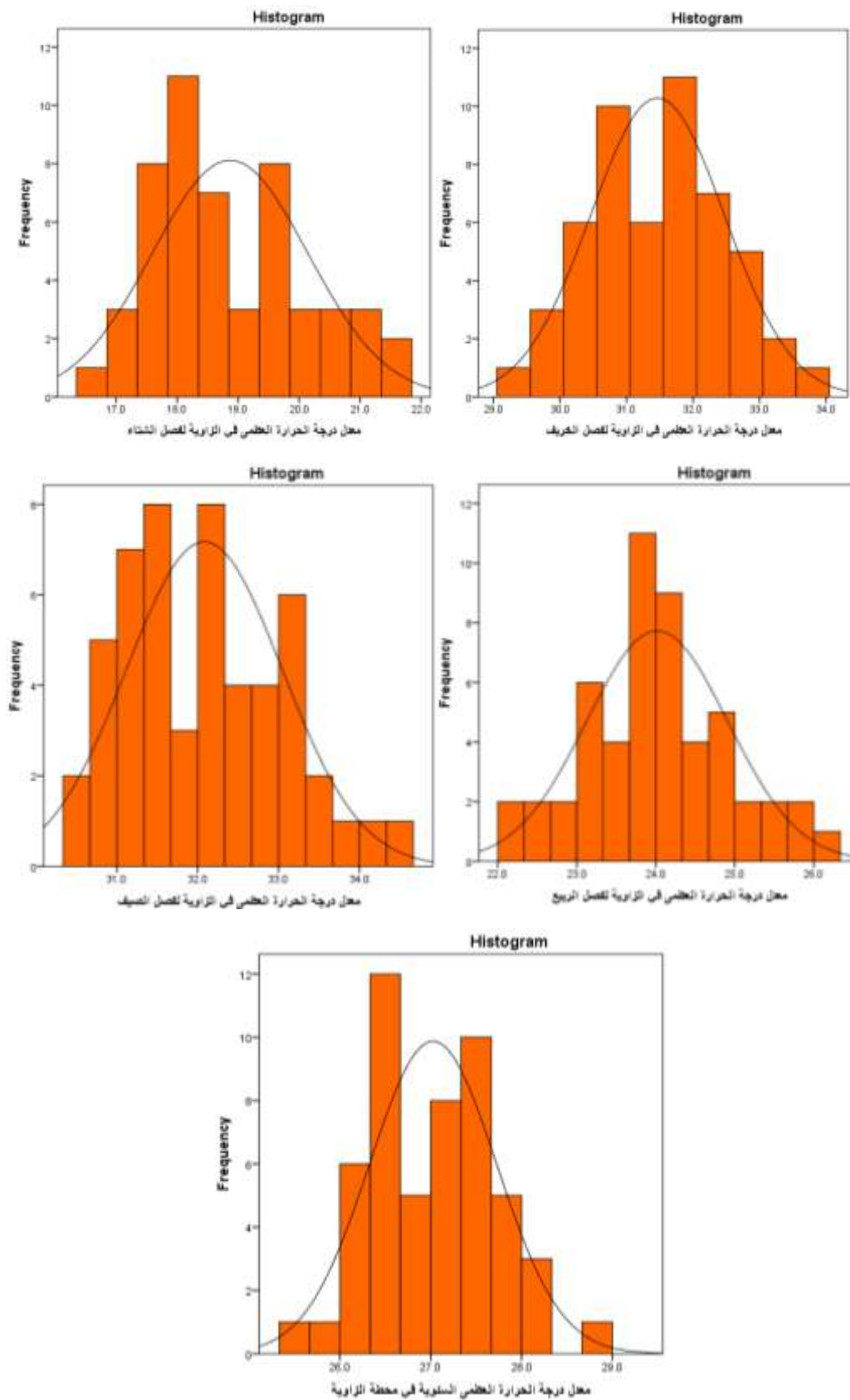
المحطة	الفترة	الفصل	المتوسط	أصغر قيمة	أكبر قيمة	الاحتراف المعياري	الانواء	التقاطع	Kolmogorov-Smirnov Sig95%	Sig. (P value)
الزاوية	2009-1958	الخريف	28.8	29.3	33.6	0.8	-0.067	-0.520	0.450	0.988
		الشتاء	18.8	17.4	19.7	0.7	0.103	-1.405	0.820	0.512
		الربيع	24	22.2	26.1	0.8	0.149	-0.255	0.556	0.917
		الصيف	32.1	30.4	34.4	0.9	0.384	-0.614	0.734	0.655
		السنوي	25.9	24	26.7	0.6	0.157	-0.610	0.734	0.655
		الخريف	29	16.7	20.3	0.8	-0.134	0.287	0.782	0.573
		الشتاء	17.8	23.6	27.4	0.1	0.075	-0.434	0.580	0.890
		الربيع	25.5	33.1	37	0.9	0.173	-0.261	0.580	0.890
		الصيف	35	25.8	30.6	0.9	0.002	0.191	0.616	0.843
		السنوي	26.9	25.2	28.1	0.6	0.109	-0.732	0.707	0.700
		الخريف	28.7	25.1	31.6	1.2	-0.100	0.304	0.482	0.974
		الشتاء	18.5	16.9	20.6	1.0	0.450	-0.805	0.788	0.563
الربيع	26	23.3	28.9	1.3	-0.129	-0.357	0.560	0.912		
الصيف	34.2	32.9	37.9	1	0.216	-0.317	0.695	0.720		
السنوي	26.7	25.4	28.9	0.7	0.119	-0.080	0.605	0.858		

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على:

- 1 - المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، 2021.
- 2 - منصة Google Earth Engine (الحوسبة السحابية لبيانات المناخ والاستشعار عن بعد).

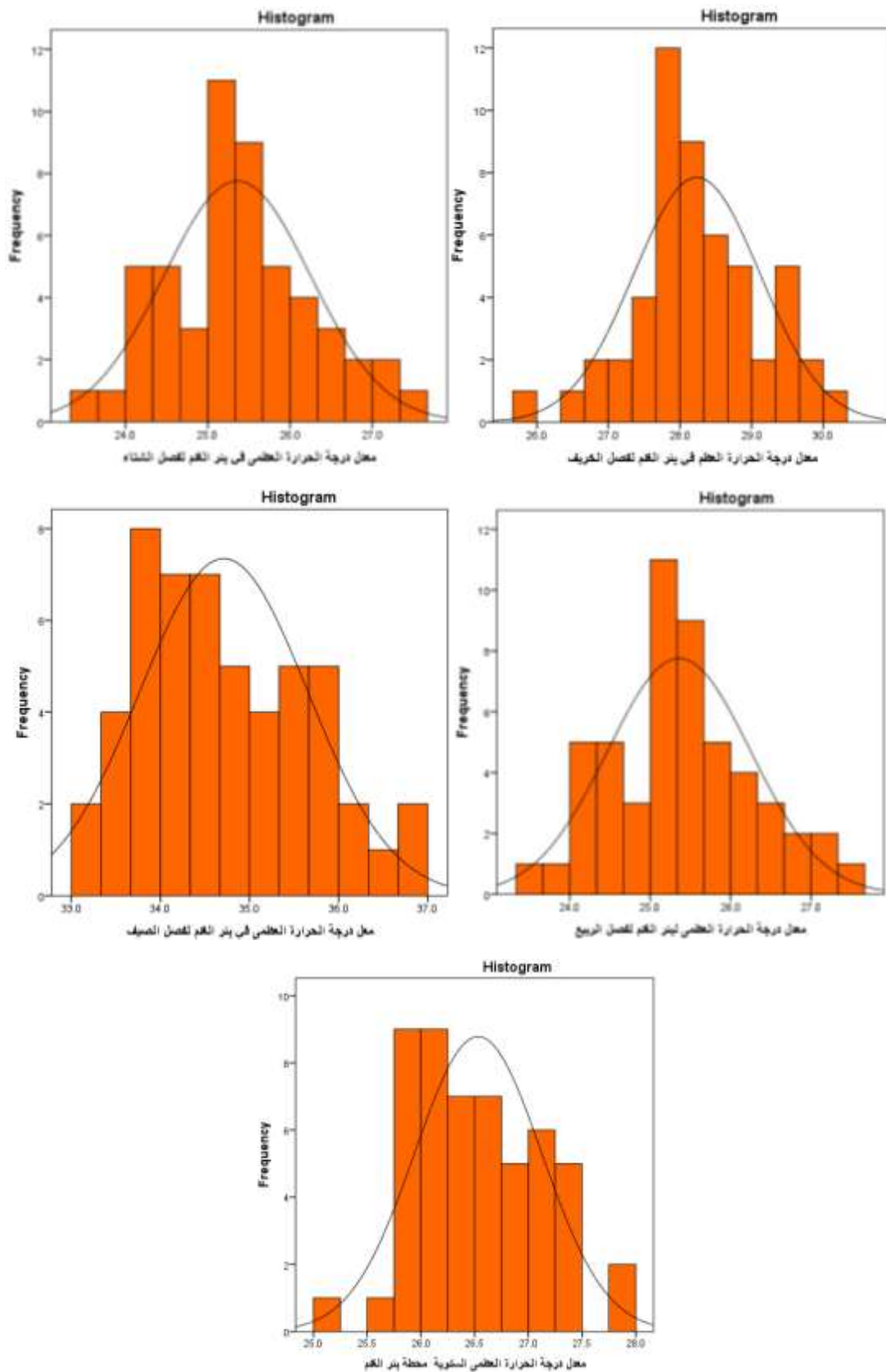
كما تباينت نتائج فصل الصيف لدرجة الحرارة العظمى للمحطات الثلاث حيث بلغ متوسطها 32.1م° في الزاوية، 35م° في بئر الغنم، و34.2م° في محطة مطار طرابلس. والذي يؤكد أيضاً على تشابه في معدل درجة الحرارة العظمى لفصل الصيف في المنطقة، حيث تراوحت نتائج الانحراف المعياري لفصل الصيف بين (0.9 - 1)، وبمعامل التواء تراوح بين (0.002) إلى (0.384)، كما أن معامل التفلطح لم يتجاوز (0.191)، عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً، بحيث يتضح من نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف لدرجة الحرارة العظمى لفصل الربيع أن قيمة p. Value تساوي 0.655 في الزاوية، و0.843 في بئر الغنم، و0.720 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن المتوسطات الفصلية لفصل الصيف تتبع بيانات التوزيع الطبيعي.

الشكل (9) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى في محطة الزاوية.



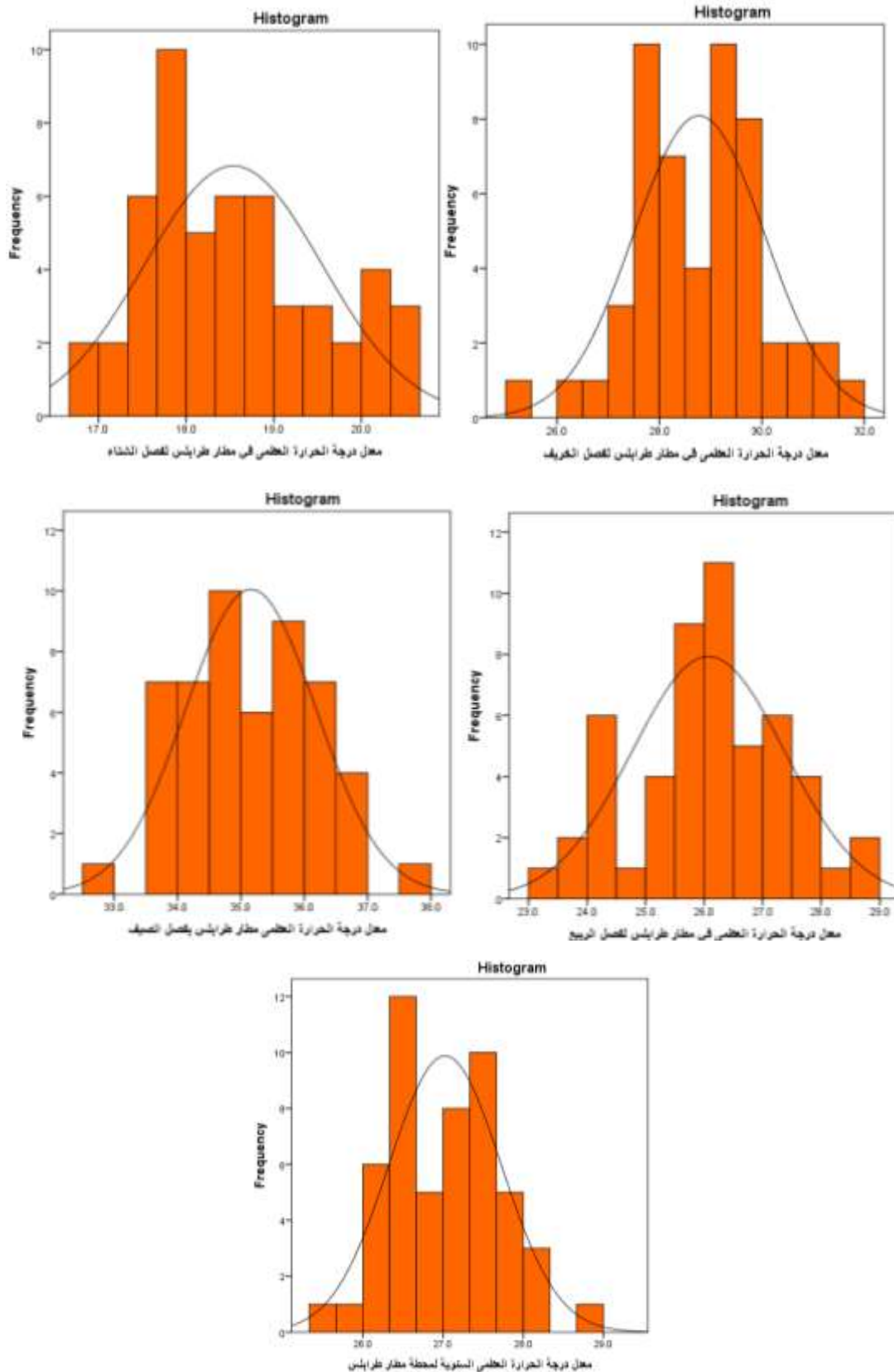
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (2) باستخدام SPSS. V21..

الشكل (10) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى في محطة بنر الغنم.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (2) باستخدام SPSS. V21..

الشكل (11) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة العظمى في محطة مطار طرابلس.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (2) باستخدام SPSS. V21..

3 - تحليل التوزيع الطبيعي لدرجة الحرارة المتوسطة:

من خلال الجدول (10) والأشكال (12) و(13) و (14) نجد أن المتوسط العام السنوي لدرجة الحرارة المتوسطة للمحطات الثلاث تراوح بين 20.1 - 20.7 م°، وبانحراف معياري لم يتجاوز (0.6)، وبمعامل التواء تراوح بين (0.072) إلى (0.245)، حيث أن البيانات موجبة الالتواء ناحية اليمين، كما أن معامل التفلطح لم يتجاوز 3، حيث تراوحت قيمته (-105.1) و(-0.511)، مما يشير إلى أن التوزيع أقرب إلى التوزيع الطبيعي.

كما يتضح من نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p. Value تساوي 0.726 في الزاوية، و0.455 في بئر الغنم، و0.630 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن البيانات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى للمحطات الثلاث خلال الفترة 1958-2009 تتبع التوزيع الطبيعي.

وتظهر نتائج الجدول (10) المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة المتوسطة خلال فصل الخريف للمحطات الثلاث بلغ 22.8 م° في الزاوية، و22.5 م° في بئر الغنم، و22.5 م° في محطة مطار طرابلس، وهذا يؤكد على تشابه الخصائص الحرارية لفصل الخريف للمحطات الثلاث، حيث تراوحت نتائج الانحراف المعياري لفصل الخريف بين (0.8 - 1)، أما معامل الالتواء فتراوح بين (-0.267) إلى (0.245)، مما يؤكد أن البيانات موجبة الالتواء ناحية اليمين، وبلغ معامل التفلطح لفصل الخريف (0.355)، عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً لأنه أقل من 3.

كما يتضح من نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p. Value تساوي 0.752 في الزاوية، و0.516 في بئر الغنم، و0.817 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن بيانات درجة الحرارة المتوسطة لفصل الخريف للمحطات الثلاث خلال 52 سنة تتبع التوزيع الطبيعي.

وبمقارنة المتوسط الفصلي لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الشتاء للمحطات الثلاث، نجده يبلغ 13.3 م° في الزاوية، و12.3 م° في بئر الغنم، و12.9 م° في محطة مطار طرابلس. وبانحراف معياري تراوح بين 0.6 في بئر الغنم، و1 في مطار طرابلس، وسجل معامل الالتواء

قيماً تراوحت ما بين (-0.199) إلى (0.345)، وعليه فإن توزيع البيانات يبدو موجب الالتواء ناحية اليمين، وبلغ أعلى معامل للتقاطع (-1.037)، عليه فإن التوزيع يأخذ شكلاً مفلطحاً لأن قيمته أقل من 3، ولذا فقد دلت نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن قيمة p. Value تساوي 0.207 في الزاوية، و0.857 في بئر الغنم، و0.603 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن بيانات درجة الحرارة المتوسطة للمحطات الثلاث في فصل الشتاء تتبع التوزيع الطبيعي خلال الفترة 1958-2009.

وبمقارنة درجات الحرارة الصغرى لفصل الربيع للمحطات الثلاث نجدها تبلغ 18.3م° في الزاوية، 19م° في بئر الغنم، و19.2م° في محطة مطار طرابلس، وهذا يدل على تشابه الخصائص الحرارية للمحطات الثلاث في فصل الربيع، إذ لم تتجاوز قيمة الانحراف المعياري لفصل الربيع (0.9). أما معامل الالتواء فقد تراوح ما بين (-0.147) إلى (0.167)، مما يؤكد أن البيانات موجبة الالتواء ناحية اليمين، وبالنظر إلى معامل التقاطح فلم يتجاوز (-255.0). وقد دلت نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الربيع أن قيمة p. Value تساوي 0.917 في الزاوية، و0.928 في بئر الغنم، و0.996 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عليه فإننا نقبل بالفرض العدمي.

الجدول (10) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة المتوسطة لمنطقة الدراسة.

المحطة	الفترة	الفصل	المتوسط	أصغر قيمة	أكبر قيمة	الانحراف المعياري	الاتواء	التقطع	Kolmogorov-Smirnov Sig 95%	Sig. (P. value)
الزاوية	1958-2009	الخريف	22.8	25.4	29.3	0.8	-0.267	0.355	0.675	0.752
		الشتاء	13.3	17.4	19.7	0.7	0.244	-1.056	1.065	0.207
		الربيع	18.3	22.2	26.1	0.8	0.149	-0.255	0.556	0.917
		الصيف	26.2	30.4	34.4	0.9	0.384	-0.614	0.734	0.655
		الشتاء	12.3	11	13.3	0.6	-0.199	-0.344	0.606	0.857
		الربيع	19	17.3	20.6	0.8	0.167	-0.409	0.545	0.928
بئر الغنم	1958-2009	الصيف	27.9	26.4	29.7	0.9	0.399	-0.872	0.679	0.746
		الشتاء	20.5	19.1	21.4	0.5	0.245	-1.066	0.857	0.455
		الخريف	22.5	19.9	25	1	0.102	0.454	0.633	0.817
		الشتاء	12.9	11.7	14.3	0.7	0.345	-1.037	0.765	0.603
		الربيع	19.2	17.2	21	0.9	-0.147	-0.439	0.407	0.996
		الصيف	27.3	26.1	29.6	0.9	0.018	-0.836	0.472	0.979
مطار طرابلس	1958-2009	الشتاء	20.7	19.6	21.7	0.5	0.072	-1.105	0.749	0.630
		الصيف	20.7	19.6	21.7	0.5	0.072	-1.105	0.749	0.630

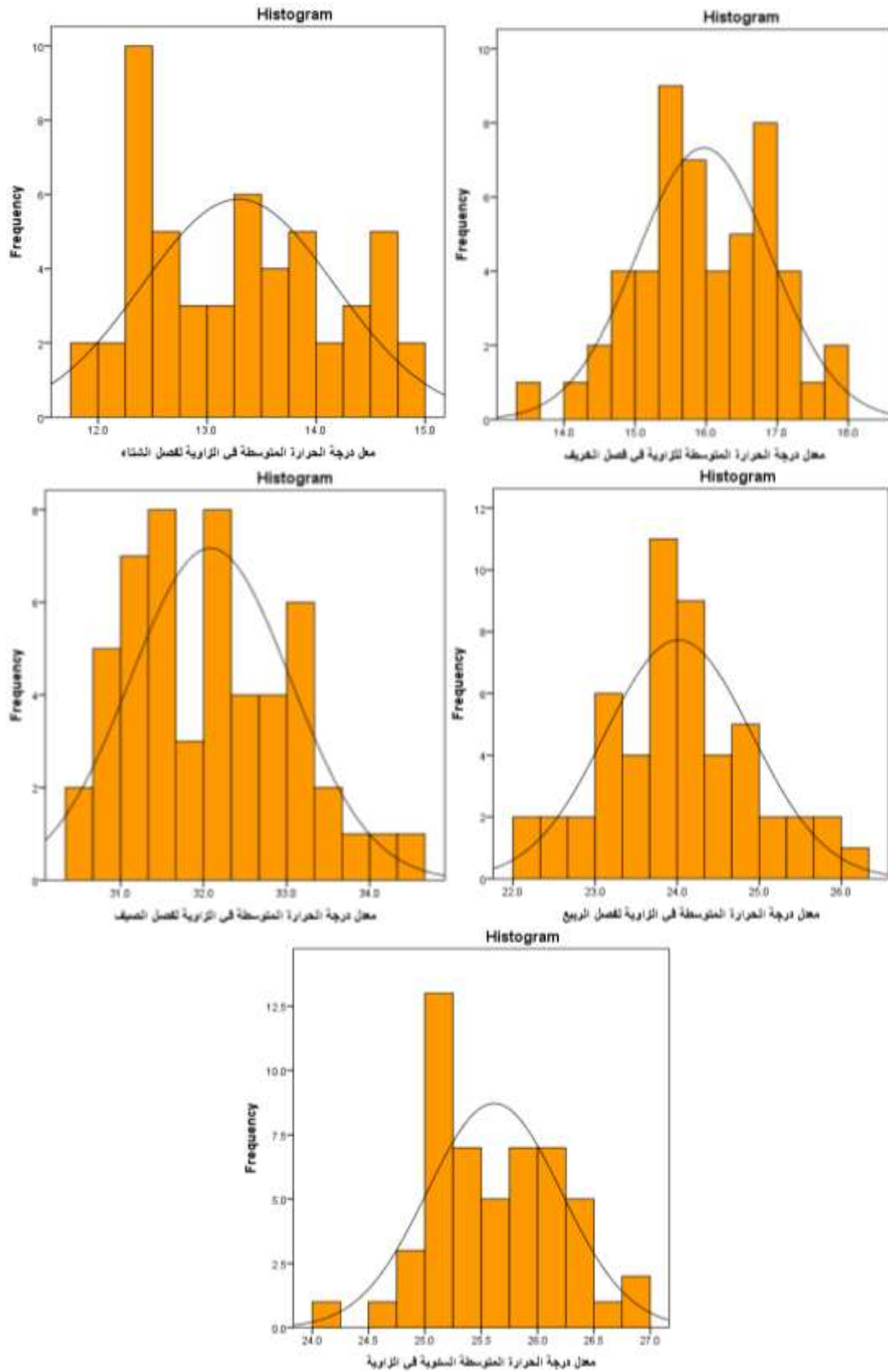
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على:

- 1 - المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، 2021.
- 2 - منصة google Earth Engine (الحواسيب السحابية لبيانات المناخ والاستشعار عن بعد)

كما أكدت نتائج فصل الصيف لدرجة الحرارة المتوسطة للمحطات الثلاث على التشابه في الخصائص الحرارية، حيث بلغ متوسطها الفصلي 26.2°م في الزاوية، 27.9°م في بئر الغنم، و 27.3°م في محطة مطار طرابلس، وبلغت نتائج الانحراف المعياري لفصل الصيف بين (0.9) في المحطات الثلاث. أما معامل الالتواء فتراوح بين (0.018) إلى (0.399)، مما تؤكد أن البيانات موجبة الالتواء ناحية اليمين.

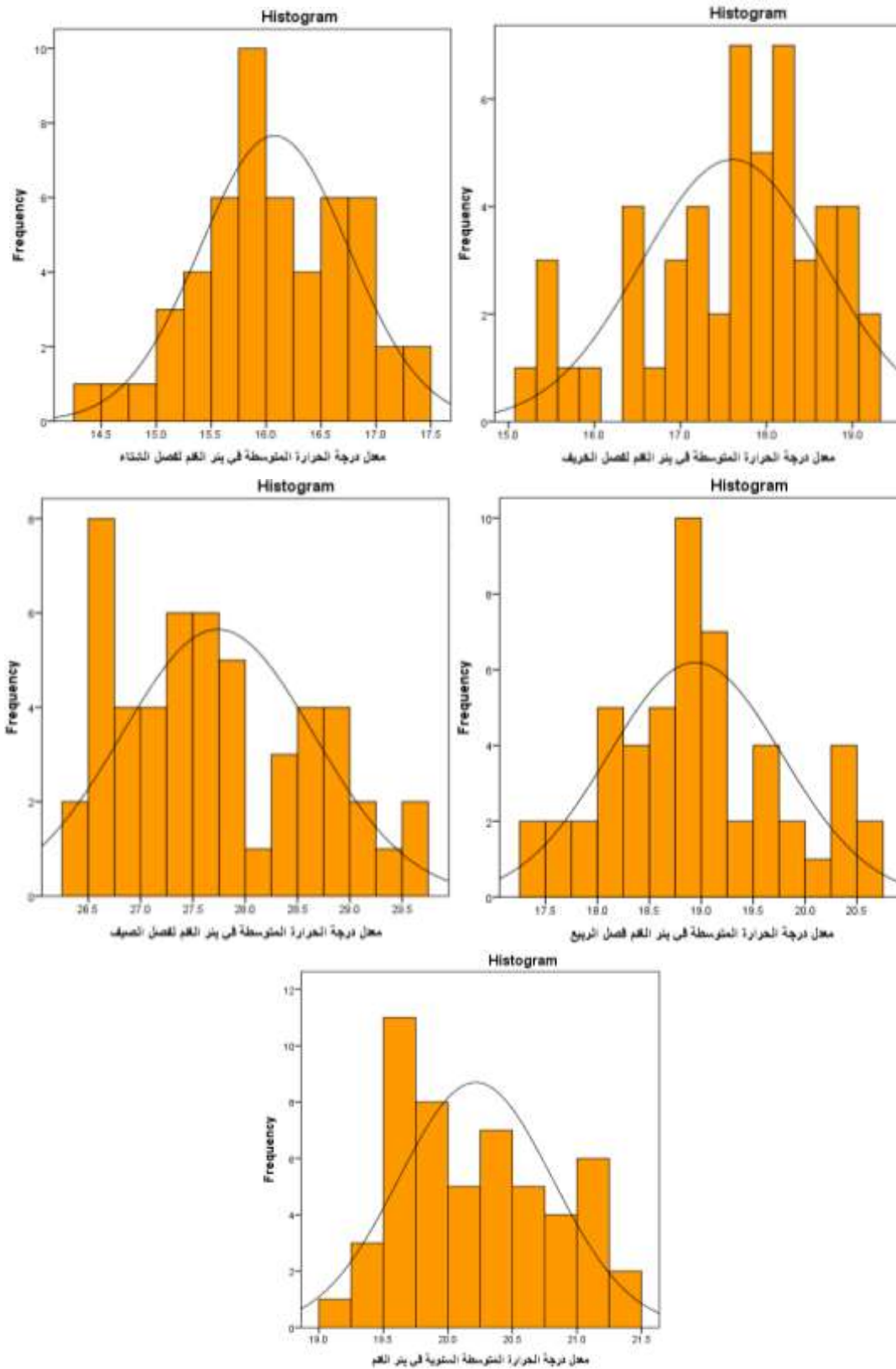
كما تشير نتائج التحليل الإحصائي لاختبار كلوموجروف - سمينروف أن درجة الحرارة الصغرى لفصل الربيع أن قيمة p. Value تساوي 0.655 في الزاوية، و 0.746 في بئر الغنم، و 0.979 في مطار طرابلس، وهي أكبر من 5%، عالية فإننا نقبل بالفرض العدمي القائل بأن بيانات درجة الحرارة المتوسطة للمحطات الثلاث في فصل الصيف خلال 52 سنة تتبع التوزيع الطبيعي وعدم وجود فروقات بين المتوسطات ونمط توزيع معدلات الحرارة.

الشكل (12) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة المتوسطة في محطة الزاوية.



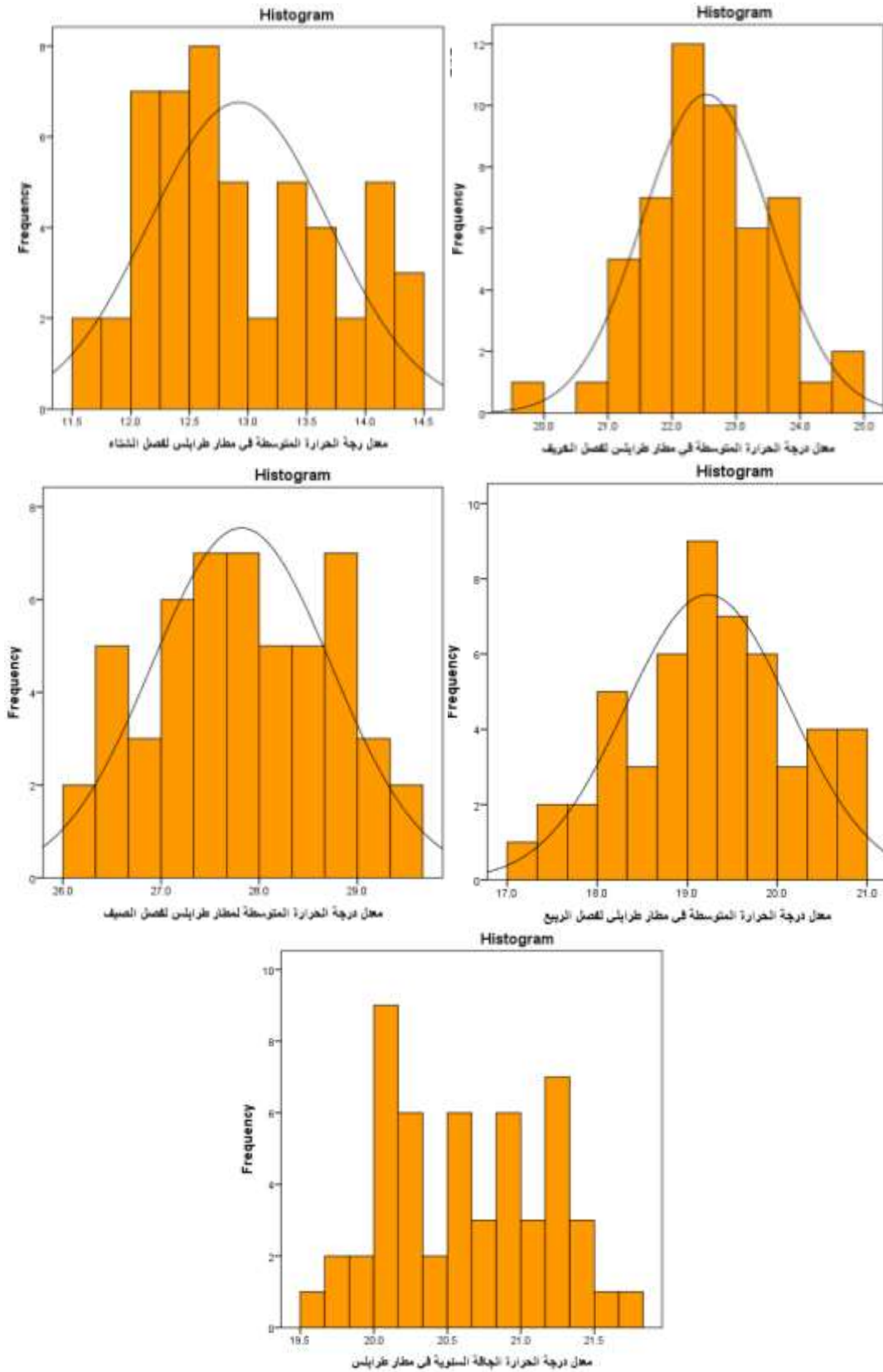
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (3) باستخدام SPSS. V21..

الشكل (13) التوزيع الطبيعي لبيانات درجة الحرارة المتوسطة في محطة بئر الغنم.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (3) باستخدام SPSS. V21..

الشكل (14) التوزيع الطبيعي لبيانات متوسط درجة الحرارة في محطة مطار طرابلس.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -الجدول (3) باستخدام SPSS. V21..

المبحث الثاني: تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة السنوية والفصلية في منطقة الزاوية للفترة 1958-2009.

يعد الانحدار نموذجاً إحصائياً، ويهدف تقدير معالم (مجاهيل) المعادلة الرياضية التي تعبر عن العلاقة السببية القائمة بين المتغيرات تمهيدا للوصول إلى أفضل تقدير أو (النتبؤ) بالمتغير التابع، أي تقدير قيمة بيانات غير معروفة مبنية على بيانات معروفة وذات صلة بالظاهرة المدروسة من خلال تحليل الارتباط أو المعادلة الخطية لطبيعة العلاقة بين متغير تابع (غير معروف) ومتغير مستقل (معروف) (7).

الانحدار الخطي البسيط Simple Linear Regression:

تم الاعتماد على أسلوب تحليل الانحدار الخطي البسيط Simple Linear Regression: لمعرفة ما إذا كان الاتجاه العام General Trend للمعدلات السنوية والفصلية لدرجة الحرارة في منطقة الزاوية وللفترة 1958-2009 يأخذ اتجاهاً معنوياً وذو دلالة إحصائية، على اعتبار أن معدلات درجات الحرارة السنوية والفصلية (الصغرى والعظمى والمتوسطة) متغيراً تابعاً، والفترة الزمنية متغيراً مستقلاً، ولقياس الاتجاه العام نحسب مقدار التغير الذي يحدث للظاهرة أثناء وحدة الزمن في المتوسط، أي بعد استبعاد تأثير التغيرات العرضية؛ لأننا بذلك نقصد بالاتجاه العام (معدل التغير في المتوسط بالنسبة لوحددة الزمن) (8).

تم حساب الاتجاه العام لدرجات الحرارة لمحطات منطقة الدراسة بالاعتماد على المعادلة الآتية (9):

$$Y = a + b(x)$$

حيث أن:

$$y = \text{قيمة الانحدار}$$

$$X = a \text{ نقطة تقاطع } y \text{ مع } x$$

$$b = \text{مقدار الزيادة}$$

بعد تطبيق معادلة الاتجاه العام علينا معرفة مدى العلاقة بين المتغيرين المستقل وهو (السنوات)، والتابع (درجة الحرارة)، بمعنى نحتاج إلى معرفة شكل العلاقة بينهما، فإذا كان هناك علاقة بين المتغيرين سنجد خطأ يعبر عن ذلك، وإذا انعدمت العلاقة بينهما لن نتمكن من رسم هذا الخط، بمعنى أن وجود العلاقة بين المتغيرين، يؤدي إلى وجود خط اتجاه عام للنقط التي نحددها في الرسم؛ على أن الاتجاه العام لا يستلزم وجود النقط على خط مستقيم أو غير مستقيم (خط الانحدار)، وإنما يكون هناك اتجاهاً عاماً يمكن تحديده بالرسم (6).

1: تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة السنوية في منطقة الزاوية للفترة 1958-2009.

أظهرت نتائج الانحدار الخطي البسيط اتجاهات واضحة للزيادة في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة الثلاث (الصغرى، والعظمى، والمتوسطة)، حيث دلت النتائج على وجود قيم موجبة للمتغير b، مما يدل على الزيادة في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة لمحطتي منطقة الدراسة (الزاوية وبئر الغنم) ومحطة مطار طرابلس، وعلى مستوى دلالة إحصائية تقل عن 0.05، كما هو مبين في الجدول (11). إذ بلغ معامل الانحدار (b) نحو 0.029 في محطة الزاوية لصالح درجة الحرارة العظمى وبنسبة تباين مفسر بلغ 0.681. ويعدّ التباين المفسر مرتفعاً نسبياً في جميع المحطات ليدل على صدق الاتجاه بوجود ارتباط قوي بين المتغيرين التابع والمستقل، في حين سجلت محطة بئر الغنم تزايداً واضحاً في المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى، حيث بلغ معامل الانحدار 0.033 وبدلالة إحصائية بلغت 0.000 وبلغ التباين المفسر نحو 0.740. كما سجلت كذلك في محطة طرابلس اتجاهات نحو الزيادة في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى حيث بلغت قيمة معامل الانحدار 0.026 و0.023 على التوالي وبنسبة تباين مفسر بلغ وصل إلى 0.388. وبمستوى دلالة إحصائية تقل عن 0.05.

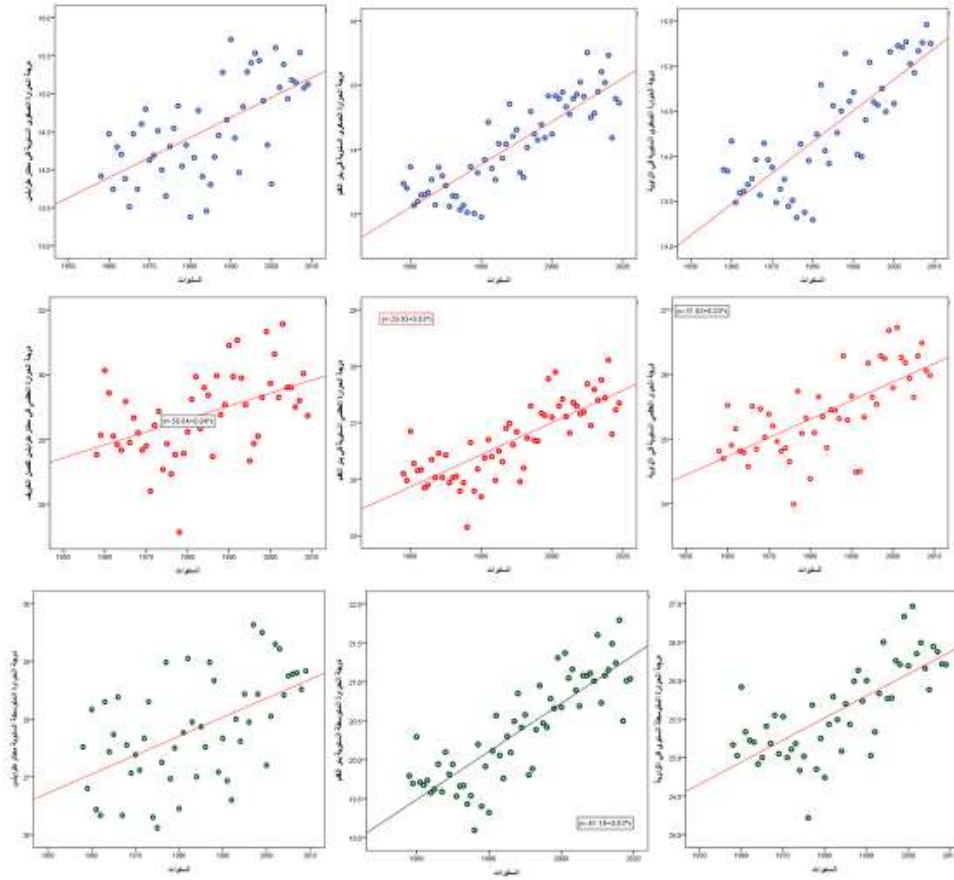
الجدول (11) الانحدار الخطي للمعدلات السنوية لدرجات الحرارة للفترة 1958 - 2021

المحطات	درجة الحرارة السنوية	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R ²)	قيمة T	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الاحصائية (sing)
الزاوية	درجة الحرارة الصغرى	0.829	0.687	10.471	0.032	0.000
	درجة الحرارة العظمى	0.681	0.464	6.578	0.029	0.000
	متوسط درجة الحرارة	0.780	0.608	7.553	0.031	0.000
بئر الغنم	درجة الحرارة الصغرى	0.860	0.740	13.069	0.033	0.000
	درجة الحرارة العظمى	0.788	0.621	9.916	0.028	0.000
	متوسط درجة الحرارة	0.839	0.703	11.925	0.031	0.000
مطار طرابلس	درجة الحرارة الصغرى	0.623	0.388	5.512	0.026	0.000
	درجة الحرارة العظمى	0.503	0.253	4.118	0.023	0.000
	متوسط درجة الحرارة	0.690	0.477	6.749	0.025	0.000

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل الانحدار باستخدام spss_v21.

ومن خلال الشكل (15) نجد أن خط الاتجاه العام مائل إلى الارتفاع، مما يثبت أن هناك زيادة في درجات الحرارة الصغرى والعظمى ومتوسطهما في منطقة الدراسة.

الشكل (15) الانحدار الخطي لاتجاه تغير المعدلات السنوية لدرجات الحرارة (الصغرى، العظمى، المتوسطة) للفترة 1958-2009.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل الانحدار باستخدام spss_v21.

2: تحليل الانحدار لاتجاهات تغير درجة الحرارة الفصلية في منطقة الزاوية للفترة 1958 - 2009.

بينت نتائج تحليل الانحدار للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الدراسة أنها سجلت في أغلب فصول السنة قيماً موجبة للمتغير (b)، حيث تشير إلى وجود زيادة في المعدل الفصلي في جميع محطات الدراسة بشكل متباين - الجدول (12) والشكل (16) - وتظهر الزيادة في المعدلات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى بمستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05، إذ تراوحت قيمة المتغير (b) ما بين 0.014 في فصل الشتاء و0.047 في فصل الصيف في محطة الزاوية وبمستوى دال إحصائياً يقل عن 0.05، كما سجلت درجة الحرارة الصغرى في محطة بئر الغنم تغيراً نحو الزيادة، كانت أعلاها في فصل الخريف، حيث بلغت قيمة معامل الانحدار 0.042 وبنسبة التباين المفسر 0.708 وبمستوى دال إحصائياً، وبينما

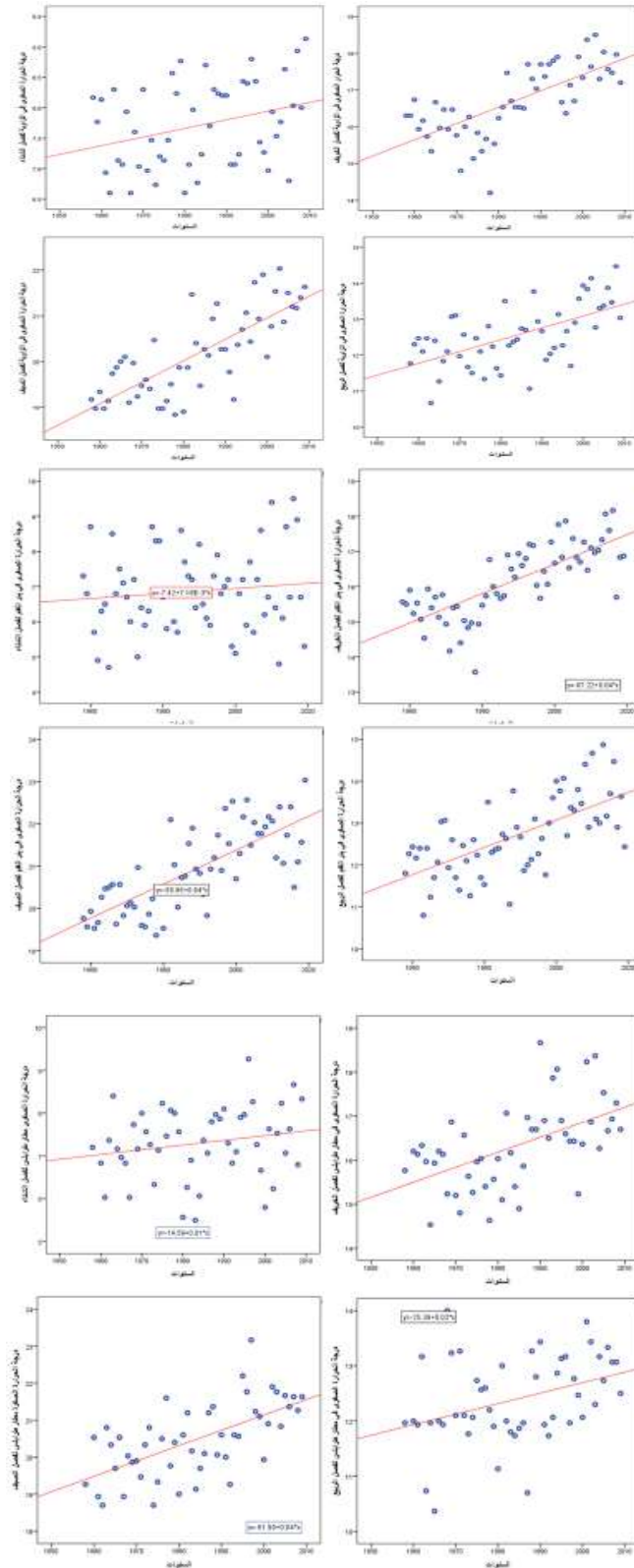
كانت قيمة معامل الانحدار في فصلي الربيع والصيف 0.033، وعلى مستوى دال إحصائياً كذلك، أما في محطة مطار طرابلس فقد سجل معامل الانحدار للتغير الفصلي لدرجات الحرارة الصغرى قيماً تراوحت ما بين 0.010 لفصل الشتاء و0.039 لفصل الصيف وبمستوى دال يقل عن 0.05 في جميع فصول السنة وبمعامل ارتباط بين المتغيرين المستقل والتابع تراوح ما بين 0.144 و0.602.

الجدول (12) الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى للفترة 1958 – 2009.

المحطات	الفصل	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R ²)	قيمة T	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الاحصائية (sing)
الزاوية	فصل الخريف	0.708	0.501	0.708	0.044	0.000
	فصل الشتاء	0.310	0.096	2.302	0.014	0.000
	فصل الربيع	0.597	0.357	5.263	0.033	0.000
	فصل الصيف	0.770	0.539	8.431	0.047	0.000
بئر الغنم	فصل الخريف	0.751	0.564	8.802	0.042	0.000
	فصل الشتاء	0.111	0.012	0.864	0.007	0.039
	فصل الربيع	0.651	0.424	6.642	0.033	0.000
	فصل الصيف	0.756	0.572	13.069	0.033	0.000
مطار طرابلس	فصل الخريف	0.531	0.282	4.435	0.034	0.000
	فصل الشتاء	0.144	0.021	1.353	0.010	0.018
	فصل الربيع	0.359	0.129	2.721	0.019	0.009
	فصل الصيف	0.602	0.363	5.333	0.039	0.000

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل الانحدار باستخدام spss_v21.

شكل (16) الانحدار الخطي لاتجاه تغير المعدلات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى في محطات منطقة الزاوية خلال الفترة 1958 - 2009.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل الانحدار باستخدام spss_v21.

3: تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة العظمى الفصلية في منطقة الدراسة للفترة 1958 - 2009.

تدل نتائج تحليل الانحدار على القيم الموجبة للمتغير (b) - الجدول (13) والشكل (17) بشكل عام، مما يدل على وجود اتجاهات عاماً للزيادة في المعدل الفصلي لدرجة الحرارة العظمى في أغلب فصول السنة للفترة من 1958-2009 في منطقة الدراسة، وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05، ففي محطة الزاوية بلغت ذروة اتجاهات الزيادة في فصل الربيع، حيث بلغت قيمة معامل الانحدار 0.3 وبمستوى دلالة إحصائية تقل عن 0.05، وتزاحمت قيمة معامل الانحدار في فصلي الخريف والصيف على التوالي 0.031 و0.046 وبنسبة تباين مفسر بلغ 0.525، بينما كان فصل الشتاء أقل الفصول تغيراً، فبلغت قيمة المعامل 0.006. كما تظهر محطة بئر الغنم كذلك اتجاهات عاماً أيضاً نحو الزيادة في درجة الحرارة العظمى على مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.05 في فصول السنة الأربعة، حيث يأخذ معامل الانحدار (b) قيماً موجبة كانت أعلاها في فصل الربيع بلغت 0.037 وبتباين مفسر بلغ 0.484، بينما كان فصل الخريف أقل الفصول تغيراً فبلغت قيمة (b) 0.014.

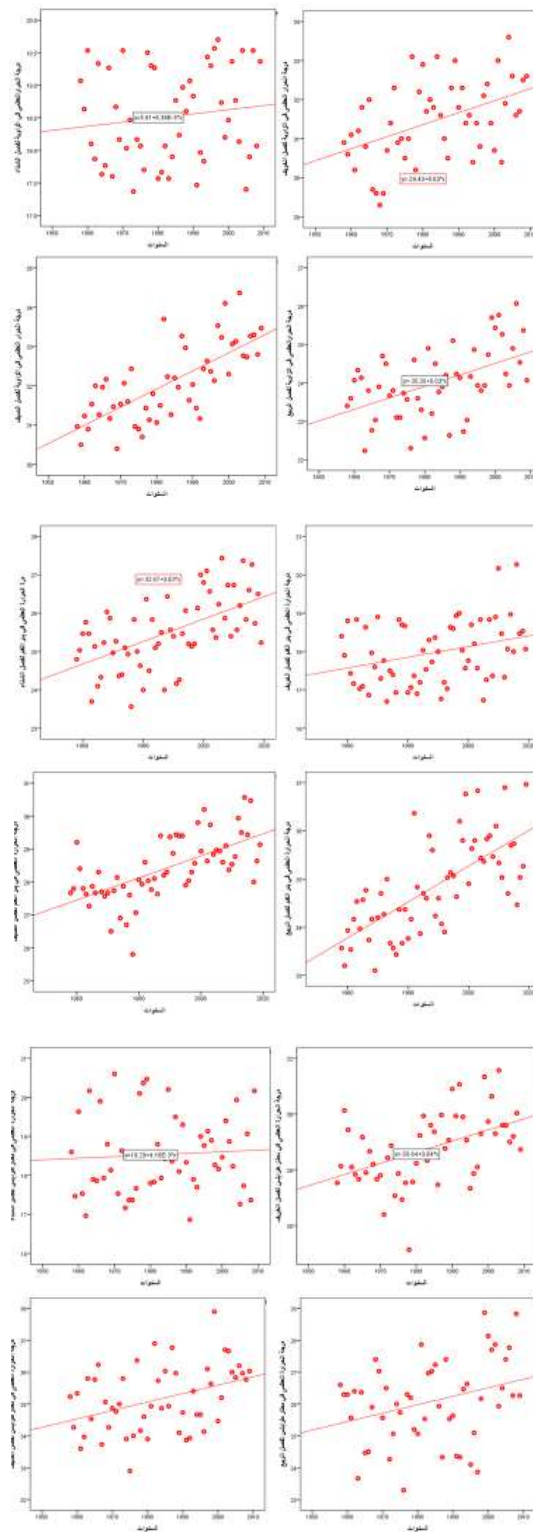
ويلاحظ من الجدول (6) كذلك أن الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة العظمى في محطة مطار طرابلس خلال الفترة 1958-2009 يأخذ اتجاهات نحو الزيادة، إذ سجلت معاملات الانحدار قيماً موجبة خلال فصول السنة كانت أعلاها في فصل الخريف 0.04، وبنسبة تباين مفسر 0.222.

الجدول (13) الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة العظمى للفترة 1958 - 2009.

المحطات	الفصل	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R ²)	قيمة T	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الاحصائية (sing)
الزاوية	فصل الخريف	0.681	0.464	3.676	0.031	0.000
	فصل الشتاء	0.133	0.018	0.951	0.006	0.034
	فصل الربيع	0.507	0.257	4.160	0.300	0.017
	فصل الصيف	0.725	0.525	7.441	0.046	0.000
بئر الغنم	فصل الخريف	0.308	0.095	2.504	0.014	0.000
	فصل الشتاء	0.568	0.323	5.350	0.029	0.000
	فصل الربيع	0.695	0.484	7.496	0.037	0.000
	فصل الصيف	0.634	0.402	6.349	0.034	0.000
مطار طرابلس	فصل الخريف	0.473	0.222	3.795	0.040	0.000
	فصل الشتاء	0.062	0.014	0.441	0.004	0.001
	فصل الربيع	0.308	0.095	2.287	0.027	0.026
	فصل الصيف	0.389	0.151	2.982	0.026	0.004

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل الانحدار باستخدام spss_v21.

الجدول (17) الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة العظمى للمحطات الثلاث للفترة 1958 - 2009.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل الانحدار باستخدام spss_v21

4: تحليل اتجاهات تغير درجة الحرارة المتوسطة الفصلية في منطقة الدراسة للفترة 1958 - 2009.

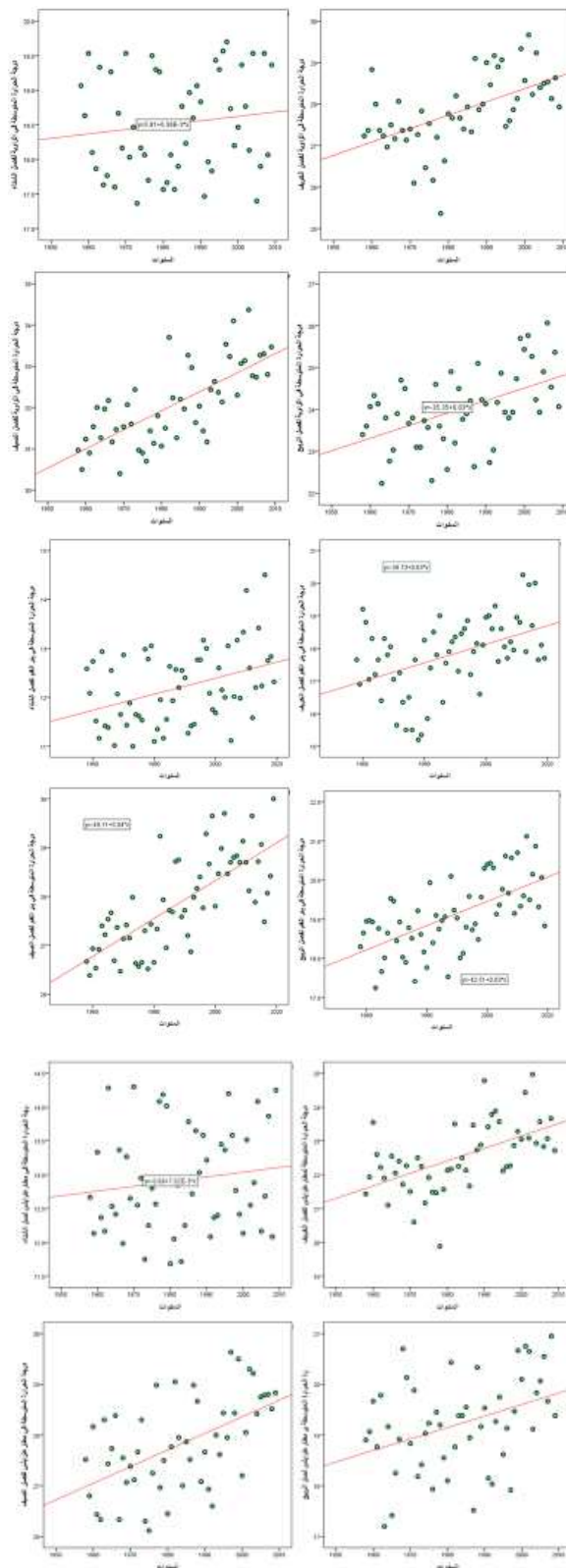
تشير نتائج تحليل الانحدار في (الجدول 14) وجود قيم موجبة للمتغير (b) تدل على تزايد المعدل الفصلي لمتوسط درجة الحرارة في منطقة الدراسة لأغلب فصول السنة مثلما هو اتجاهها للمعدلات الفصلية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى، وقد مثل فصل الصيف ذروة الزيادة في قيمة معامل الانحدار (b) لمنطقة الدراسة - الشكل (18)، حيث بلغت قيمة المعامل في محطة الزاوية 0.046 وفي محطة بئر الغنم 0.039 وبنسبة تباين مفسر 0.460 و0.542 على التوالي، وكانت الزيادة على مستوى دلالة إحصائية تقل عن 0.05، وسجل فصل الشتاء أقل القيم لمعاملات الانحدار الخطي تراوحت ما بين 0.006 في محطة الزاوية و0.007 في محطة مطار طرابلس و0.016 في محطة بئر الغنم، وبمستويات دلالة إحصائية تقل كذلك عن 0.05، وسجل فصل الخريف قيماً لمعامل الانحدار الخطي بلغت 0.037 و0.032 و0.028 في محطات طرابلس والزاوية وبئر الغنم على التوالي وكلها ضمن مستويات دلالة تقل عن 0.05.

الجدول (14) الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة للفترة 1958 - 2009.

المحطات	الفصول	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R ²)	قيمة T	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الاحصائية (sing)
الزاوية	فصل الخريف	0.713	0.509	4.715	0.032	0.000
	فصل الشتاء	0.581	0.337	0.951	0.006	0.034
	فصل الربيع	0.553	0.317	4.160	0.030	0.000
	فصل الصيف	0.678	0.460	7.441	0.046	0.000
بئر الغنم	فصل الخريف	0.452	0.205	3.930	0.028	0.000
	فصل الشتاء	0.384	0.148	3.226	0.016	0.002
	فصل الربيع	0.621	0.385	6.134	0.031	0.000
	فصل الصيف	0.736	0.542	8.419	0.039	0.000
مطار طرابلس	فصل الخريف	0.557	0.311	4.748	0.037	0.000
	فصل الشتاء	0.139	0.019	0.989	0.007	0.032
	فصل الربيع	0.376	0.142	2.871	0.023	0.006
	فصل الصيف	0.293	0.542	4.556	0.033	0.000

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل الانحدار باستخدام spss_v21.

الجدول (18) الانحدار الخطي للمعدلات الفصلية لدرجة الحرارة المتوسطة للمحطات الثلاث للفترة 1958 - 2009.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل الانحدار باستخدام spss_v21.

هوامش الفصل الثالث

- 1- المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، إدارة المحطات، 9 يناير 2021.
- 2 - عيسى علي إبراهيم، الأساليب الإحصائية والجغرافيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر، ط2، 1999، 80.
- 3 أسامة ربيع أمين، التحليل الإحصائي باستخدام SPSS ، الجزء الأول، مكتبة الأكاديمية، القاهرة، مصر، ط2، 2007، ص111.
- 4 أسامة ربيع أمين، التحليل الإحصائي باستخدام SPSS ، مرجع سابق، ص193.
- 5- دليل مبادئ التحليل الإحصائي، أداة المنهجية والجودة، دليل رقم 10، أبو ظبي، الإمارات المتحدة، ص23.
- <https://www.scad.gov.ae/MethodologyDocumentLib/GPSA%20AR%202017MAR01.pdf>
- 6- إبراهيم علي إبراهيم عبد ربه، ناشد محمود عبد السلام شحاته، مبادئ الأساليب الإحصائية (بين النظرية والتطبيق)، الدار الجامعية، الاسكندرية، مصر، ط1، 2006، ص 239.
- 7- عبد العزيز هيكل، مبادئ الأساليب الإحصائية، دار النهضة العربية، بيروت، لبنان، 1980، ص489.
- 8- جمال إبراهيم داود، سمسر سليم فال، تحليل الارتباط ونماذج الانحدار البسيط، دار الكتب الوطنية، بنغازي، ليبيا، ط1، 2004، ص80.
- 9- فتحي محمد أبو عيانه، مدخل الى التحليل الإحصائي في الجغرافيا البشرية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر، ط1، ص147-148.

الفصل الرابع

نمذجة التغيرات المناخية

(البيانات والمنهجية).

الفصل الرابع

نمذجة التغيرات المناخية (البيانات والمنهجية).

المبحث الأول: التغيرات المناخية:

يعد النظام المناخي نظاماً معقداً، وهو محصلة لتفاعل مجموعة من العناصر المتشابكة والمتداخلة في عمليات ودورات طبيعية منتظمة، فكل منها يتفاعل ويتداخل مع الآخر، ومن ثم فإن أي تغير وتذبذب في الخصائص الطبيعية لتلك العناصر سيؤدي إلى تغير النظام المناخي بأكمله، وهو ما يحدث بالفعل، فمناخ الأرض متقلب ومتغير وغير مستقر، فقد تغير لمرات عديدة في الماضي البعيد والقريب، ومن المتوقع أن يظل كذلك في المستقبل⁽¹⁾، وقد أشار بروكس إلى حدوث ذبذبات عدة في المناخ منذ 6000 سنة ق.م استمرت لفترات متفاوتة في الطول، كما حدث تغير لمناخ العالم منذ حوالي 4000 سنة ق.م أدى إلى تحول المناخ من الجفاف وارتفاع الحرارة إلى الرطوبة و الاعتدال، وذلك في الأقاليم المعتدلة والباردة، وهو ما حدث كذلك في الألف الثالث من زيادة الرطوبة في الجو (فترة نمو الغابات) وظهور الغابات الكثيفة في غرب أوروبا، وقد انتهت هذه الفترة حوالي 1800 سنة ق.م، ومن ثمّ تلتها فترات تحوّل المناخ فيها من الرطوبة إلى الجفاف، تحولت معها مساحات الغابات إلى أحراج وتحولت مساحات الإستبس إلى ما يشبه الصحراء، حدث بعدها تحسن في المناخ مرة ثانية، وازدادت الأمطار نسبياً في الفترة الممتدة ما بين 500 سنة قبل وبعد الميلاد⁽²⁾.

تميزت ظاهرة التغير المناخي عن معظم الظواهر الطبيعية الأخرى بأنها عالمية الطابع حيث تعدت حدود الدول لتشكل خطورة على العالم أجمع، وذلك لما أحدثته من ضجة وصدى كبيرين في العالم ككل من خلال المؤشرات والآثار السلبية التي نتجت عنها، والتي ألحقت ومازالت تلحق أضراراً كبيرةً بالبيئة الطبيعية والبشرية على حد سواء.

وقبل أن نتناول مفهوم التغير المناخي يجب علينا أن نحدد بعض المفاهيم المناخية الأخرى التي قد يخلط البعض بينها وبين التغير المناخي مثل التباين المناخي والتذبذب المناخي، حيث يعرف الأول على أنه التباين الحاصل في العناصر المناخية خلال شهور أو فصول أو سنة محددة، مثل تباين في درجة الحرارة خلال شهر يناير لسنة 2000 مع درجة

الحرارة لشهر يناير لسنة 2001، بينما يعني التذبذب المناخي التباين الذي يستمر ويتوالى خلال عدة سنوات متتالية مستغرقة بذلك عقد من الزمن (عشر سنوات أو نحوه) مثل أن نقول بأن الأمطار في ليبيا قد ازدادت معدلاتها خلال الفترة 1965-1975 بينما قلت هذه المعدلات من الفترة 1975-1985 .

أما التغير المناخي فيعرّف على أنه التحول في نمط المناخ لمدة لا تقل عن ثلاثين عاماً. وكلمة المناخ غالباً ما تفهم على أنها حالة الطقس لمدة زمنية طويلة، حيث يتم أخذ الصفات المناخية للمكان من خلال مراقبة مناخه وتسجيل عناصره لفترة زمنية لا تقل عن ثلاثين عاماً؛ بينما الطقس فهو المدى القصير للظروف الجوية التي تتراوح من يوم إلى أسبوع إلى شهر. وعليه فإن اتصفت سنة واحدة فقط بالجو الحارّ أو البارد خلافاً للمعتاد في منطقة ما فهذا لا يدل على حدوث تغير في مناخ تلك المنطقة، ولكن ميل الحرارة أو الأمطار نحو الارتفاع أو الانخفاض لسنوات عديدة فذلك يشير إلى تغير في المناخ⁽³⁾.

كما يعرّف تغير المناخ على أنه كل ما يطرأ على قيم عناصر المناخ من تغير وتبدل لمدة طويلة لا تقل عن ثلاثين عاماً⁽⁴⁾. ويعرف كذلك على أنه حدوث اختلال في الظروف المناخية المتمثلة في درجة الحرارة وأنماط الرياح والتساقطات التي تُميز كل منطقة من المنطقة الأخرى⁽⁵⁾.

وتعرّف الأمم المتحدة تغير المناخ بأنه التحولات طويلة الأجل في درجات الحرارة وأنماط الطقس، وقد تكون هذه التحولات طبيعية فتحدث من خلال التغيرات في الدورة الشمسية، ولكن منذ القرن التاسع عشر أصبحت الأنشطة البشرية هي المسبب الرئيس لتغير المناخ⁽⁶⁾، وهو تعريف يتفق مع ما حددته الهيئة الحكومية المعنية بالتغير المناخي (IPCC) بأنه تغير في حالة المناخ يدوم لفترة طويلة، نتيجة لعوامل طبيعية وبشرية تؤثر في تركيبة الغلاف الجوي⁽⁷⁾.

وترى الباحثة أن التغير المناخي هو: ارتفاع في درجة الحرارة عن معدلها الطبيعي نتيجة للأنشطة البشرية، فتؤدي إلى تغير في باقي العناصر المناخية لفترة طويلة لا تقل عن ثلاثين عاماً، مما يؤدي بالضرورة إلى تواتر في حدة الظواهر المتطرفة، ومن ثم يؤخذنا إلى قلب في الفصول المناخية وتغير خصائصها.

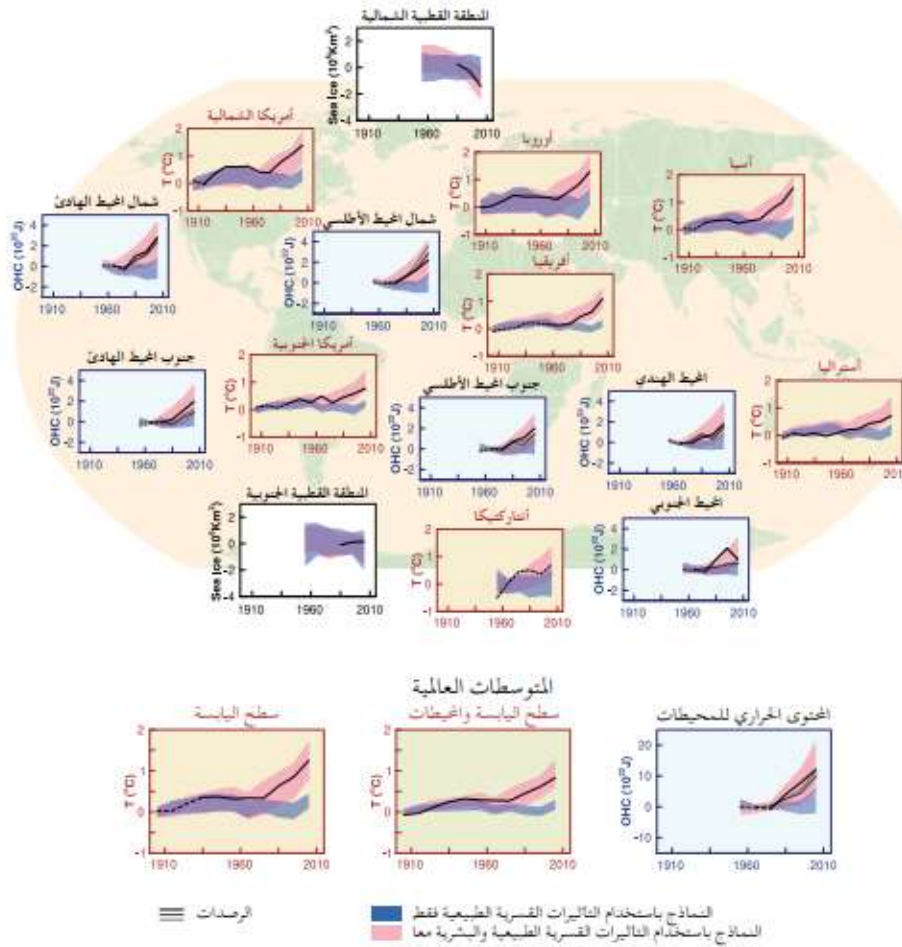
أسباب التغير المناخي:

على الرغم من اتفاق معظم العلماء على وجود ظاهرة التغير المناخي الحالي، إلا أنه يظهر لغط وجدل كبيرين حيال سؤال جوهري مفاده: من الذي يقف خلف هذه الظاهرة؟ ففي الوقت الذي يذهب فيه كثير من العلماء إلى أن المتهم الأول في ذلك هو النشاط البشري Human activities من خلال انبعاث غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي كغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) ومركبات الكلورفلوروكربون (CFCs) التي تسببت في حدوث ثقب في طبقة الأوزون، في حين أن الأقلية منهم يبرؤون الإنسان من تلك التهمة مشيرين بذلك إلى مسألة الذبذبات المناخية، فالحرارة والبرودة والجفاف والرطوبة تمر بدورات لها أسباب تتعلق بعوامل طبيعية دورية وهي التي تقف وراء تلك التغيرات، ومن أهمها: دوران الأرض حول الشمس، والتيارات البحرية، البقع الشمسية، والبراكين⁽⁸⁾.

إن المواد والعمليات الطبيعية والبشرية التي تغير ميزانية طاقة الأرض هي العوامل الدافعة إلى تغير المناخ، ويحدد القسر الإشعاعي^(*) كمية التغير في تدفقات الطاقة التي تنجم عن التغيرات في هذه العوامل، بحيث يؤدي القسر الإيجابي إلى زيادة احتراق السطح، بينما يؤدي القسر الإشعاعي السلبي إلى تبريد السطح، وتتحدد كمية القسر تبعاً لنسبة تركيز المركبات المنبعثة في الغلاف الجوي، وهو ما يمكن أن يكون دليلاً على ارتباطها بالأنشطة البشرية بدرجة مباشرة، مما أدى إلى زيادة امتصاص النظام المناخي للطاقة، حيث تشير التقديرات إلى أن أكبر مساهمة للقسر الإشعاعي الإجمالي التي بلغت 2.29 وات/م² كانت خلال الفترة 1750 - 2011 بل أن 43% من هذه الزيادة حدثت بعد عام 1970 وقد ارتبط ذلك بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، الذي تسبب وحده في قسر إشعاعي بلغ 1.68 وات/م²⁽⁹⁾. ويشير الشكل (19) أن النشاط البشري هو السبب الرئيس في ظاهرة الاحتراق العالمي منذ منتصف القرن العشرين.

(*) القسر الإشعاعي هو مقياس للتغير الصافي في توازن طاقة نظام الأرض بفعل استجابته لاضطراب خارجي ما.

الشكل (19) مقارنة بين القسر الإشعاعي الطبيعي والبشري في احتراق الغلاف الجوي، الأرضي، البحري، والجليدي.



المصدر: الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، 2013: ملخص لصانعي السياسات، في تغير المناخ 2013: الأساس الفيزيائي، مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، ص 18.

المبحث الثاني: النمذجة المناخية:

النمذجة (Modelling): هي تجريد لنظام يتكون من مجموعة العلاقات والمعلومات، ولكي يتم دراسته يجب أن نبني نموذج Modell، لوصف هذا النظام لغرض إجراء تجارب للإجابة عن أسئلة وفرضيات لا يمكن إجراؤها على النظام مباشرة حتى لا يضطرب النظام الأصلي وتتغير خواصه، وللنموذج قدرة على الدراسة الافتراضية من خلال إجراء محاكاة للنظام، ومعرفة بعض تصرفاته لفترات قد تمتد أيام أو أشهر أو سنين وحتى عقود في عدة دقائق⁽¹⁰⁾.

كما تعرف النمذجة بأنها جزء من المحاكاة للواقع (Simulation)، وقد تم تطوير عمليات المحاكاة بشكل رئيس للحصول على إجابات تتعلق بتجارب لا يمكن أو يصعب القيام بها، وطبيعة الأنموذج تتجسد في البيانات المبسطة لتمثيل الواقع وبدرجة من التجريد وبمقدار من الاحتمالية في نجاحه عند تطبيقه، والتنبؤ بسلوكه في المستقبل في ظل ظروف معينة، ويمكن أن يظهر على شكل خريطة، أو صورة، أو معادلة، أو شكل بياني. وأن النماذج يمكن أن تكون نظرية أو قانوناً أو فرضيات أو فكرة بنيوية (11).

تعد النماذج المناخية كطريقة للتنبؤ بالمناخ المستقبلي عن طريق التغير الحاصل في العناصر المناخية نتيجة التفاعل بين الغلاف الغازي والمحيطات وسطح الأرض والغلاف الثلجي، تستعمل هذه النماذج لأغراض مختلفة تتراوح بين دراسة الطقس وحركته إلى النظام المناخي والتنبؤ بمناخ المستقبل، ومن المعروف أن النظام المناخي معقد لم يستطع العلماء الالمام بجميع أسرارها، لهذا أي تطور جديد في علم المناخ يترتب عليه التطور في دقة هذه النماذج المناخية. وعليها ظهرت أنواع مختلفة من هذه النماذج منها: -

- النماذج الأحادية One Dimension Modell: حيث تركز هذه النماذج على فكرة توازن الطاقة بين الكمية الواردة والكمية المنبعثة والمعكوسة في نقطة واحدة فقط وبشكل عمودي إذ يسمى بنموذج الإشعاع المحلي. إذ أنه يهتم بانبعاث الطاقة من الأرض أكثر من درجة الحرارة.
- النماذج الثنائية Tow Dimension Modell: يعمل هذا النموذج على حساب نقل الطاقة أفقياً على مستوى الغلاف الجوي عليه يمكن حساب معدل درجة الحرارة لأكثر من نقطة على سطح الأرض.
- النماذج الثلاثية Three Dimension Modell: تستخدم هذه النماذج أبعاد ثلاثية أو بالأصح رباعية، فتحدد منطقة على أساس الإحداثيات (خطوط الطول ودوائر العرض)، وعلى عدة مستويات من الغلاف الجوي، وتكون كبيرة نسبياً إذ قد تدمج فيها اليابسة مع الماء. إذ يعطي هذا النموذج صورة واضحة على مناخ الأرض وما يمكن أن نتوقعه مثل نموذج مركز هادلي HadsM، الذي يمتد في 2.5 دائرة عرضية، و3.75 خط طول (12).

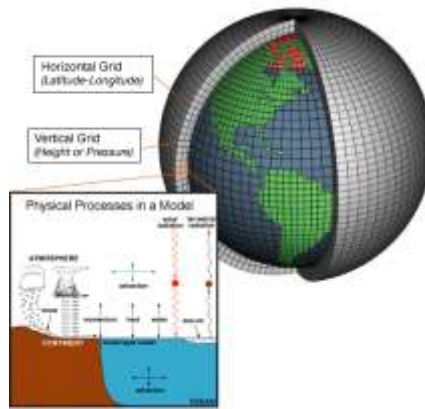
لكي نحصل على معلومات تتعلق بسلوك مناخنا بعد 50 أو 100 سنة، عمل العلماء على بناء نماذج مناخية تعتمد على المحاكاة الرمزية لسلوك الغلاف الجوي بواسطة برامج الكمبيوتر، وذلك لاستحالة القيام بالتجارب في ظروف واقعية، ولتحقيق ذلك قسّموا الغلاف الجوي إلى عددٍ محدودٍ من النقاط أو وحدات حجمية (خلايا)، بطول يتراوح بين 200-300 كم في النماذج العالمية وأقل من ذلك في النماذج الإقليمية، ويصل ارتفاع الخلية الواحدة إلى 1 كم، ولكل خلية يتم تحديد الظروف المناخية السائدة فيها من (درجة الحرارة، الضغط، الرياح، الرطوبة، تراكيز الغازات، ملوحة البحر... الخ)، استناداً إلى فترة مرجعية حدّدت قبل عام 1990 وهو عام مرجعي للاتفاقيات الدولية، إذ يخضع التطور المنطلق من الشروط الأولية السائدة إلى أنظمة من المعادلات تسعى إلى مقارنة الظواهر الطبيعية مثل (انتشار الغازات، توصيل الحرارة، خصائص الهواء،....) ومراقبة سلوك النظام المناخي لفترات طويلة تصل إلى عقود من الزمن⁽¹³⁾.

تستخدم النماذج المناخية طرقاً كمية لمحاكاة تفاعلات الغلاف الجوي والمحيطات وسطح الأرض والجليد، ويتم استخدامها لمجموعة متنوعة من الأغراض مثل دراسة ديناميكيات نظام الطقس والمناخ وتوقعات المناخ في المستقبل، فالمناخ في توازن تقريباً ما بين الطاقة الواردة للغلاف الجوي للأرض مثل الموجات الكهرومغناطيسية القصيرة (إشعاع مرئي وفوق بنفسجي) مع الإشعاع الأرضي أو الطاقة الصادرة مثل الموجات الكهرومغناطيسية الطويلة (الأشعة تحت الحمراء)، وأي خلل في هذه العلاقة ينتج عنه تغيير في متوسط درجة حرارة الأرض.

تقدم النماذج المناخية أدوات مناسبة لدراسة التأثيرات المتعددة على مناخ الكرة الأرضية وتدفقات الطاقة في الغلاف الجوي، وتعطي محاكاة جيدة للاحتار الذي حصل على مدى القرون الأخيرة، وذلك عندما يتم تضمين تأثيرات نسبة الغازات الدفيئة في تلك النماذج، فضلاً عن تضمين العوامل الطبيعية والبشرية، بينما لا تقدم محاكاة واقعية عندما يتم تضمين العوامل الطبيعية فقط، فالعوامل البشرية هي من تعطي محاكاة مناسبة جغرافياً لتغير درجة حرارة الأرض، وتعتمد النمذجة المناخية أساساً على فهم وتوقع السلوك الإحصائي للنظام المناخي للأرض⁽¹⁴⁾، وتسعى المؤسسات المعنية بالتغير المناخي إلى وضع نماذج مختلفة وسيناريوهات متعددة للنظام المناخي، ويرجع ذلك لاختلاف التوقعات المناخية لسيناريوهات انبعاثات غازات الدفيئة، مما يترتب عليه وضع النماذج المناخية المزروجة والمركبة أو المدمجة.

ويمكن تمثيل آلاف الخلايا الشبكية ثلاثية الأبعاد بمعادلات رياضية تصف المواد الموجودة فيها والطريقة التي تتحرك بها الطاقة خلالها اعتماداً على القوانين الأساسية للفيزياء وحركة السوائل والكيمياء، فمن أجل "تمثيل" نموذج "ما" يحدد العلماء التأثير المناخي مثل تحديد متغيرات كمية غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي اعتماداً على أجهزة كمبيوتر قوية لحل المعادلات في كل خلية، ويتم تمرير النتائج من كل خلية شبكية إلى الخلايا المجاورة، ويتم تكرار العملية من خلال العديد من الخطوات الزمنية مرور الوقت⁽¹⁵⁾، الشكل (20).

الشكل (20) المفهوم المستخدم في النماذج المناخية.



https://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate_Model/Modelling_schematic.html

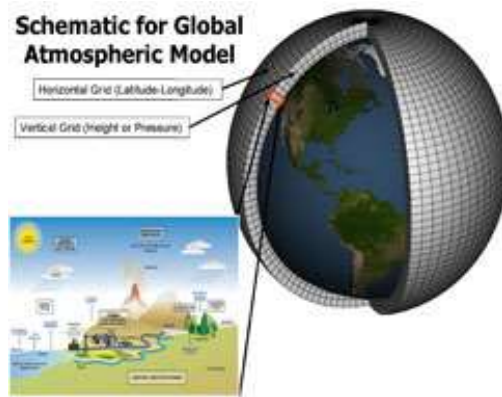
1- النماذج العالمية:

نماذج المناخ هي أدوات مهمة لتحسين فهمنا لسلوك المناخ وإمكانية التنبؤ به مستقبلاً، حيث تبحث تلك النماذج في الدرجة التي قد تكون فيها التغيرات المناخية الملحوظة ناجمة عن التقلبات الطبيعية أو النشاط البشري أو كليهما، وتوفر نتائج الإسقاطات معلومات أساسية تعكس القرارات ذات الأهمية الوطنية والإقليمية والمحلية بشكل أفضل، مثل إدارة موارد المياه والزراعة والنقل والتخطيط الحضري.

يعد نموذج الدوران العام **(GCM) General Circulation Model** من أهم النماذج العالمية وهو تمثيل رياضي معقد لمكونات النظام المناخي الرئيسية وتفاعلاتها التي تحقق توازن طاقة الأرض بينها، وهو مفتاح التنبؤ بالمناخ على المدى الطويل، وتتمثل المكونات الرئيسية التي يعتمد عليها هذا النموذج المناخي في عمليات المعالجة في⁽¹⁶⁾:

- ✓ مكّون الغلاف الجوي: الذي يحاكي السحب والغبار الجوي، ويلعب دورًا كبيرًا في نقل الحرارة والماء حول العالم.
 - ✓ مكّون سطح الأرض: الذي يحاكي خصائص السطح مثل الغطاء النباتي والغطاء الثلجي ومياه التربة والأنهار وتخزين الكربون.
 - ✓ مكّون المحيط: الذي يحاكي الحركة الحالية والاختلاط، والكيمياء الحيوية، لأن المحيط هو الخزان المهيمن للحرارة والكربون في نظام المناخ.
 - ✓ مكّون الجليد البحري: الذي يعدل امتصاص الإشعاع الشمسي وتبادلات حرارة الجو والبحر والمياه.
- ويعتمد النموذج على تقسيم الكرة الأرضية إلى شبكة ثلاثية الأبعاد من الخلايا تمثل مواقع جغرافية ضمن ارتفاعات محددة، يحتوي كل جزء من تلك الشبكة على مكونات متفاعلة مع بعضها (الغلاف الجوي، سطح الأرض، المحيط، والجليد البحري) وفق معادلات محسوبة على الشبكة العالمية لمجموعة من المتغيرات المناخية مثل درجة الحرارة، وحساب كيفية تغيرها بمرور الوقت⁽¹⁷⁾ - الشكل (21).

الشكل (21) نموذج تخطيطي لعمل نموذج GCM



<https://www.gfdl.noaa.gov/climate-Modelling/>

2 - النماذج الإقليمية:

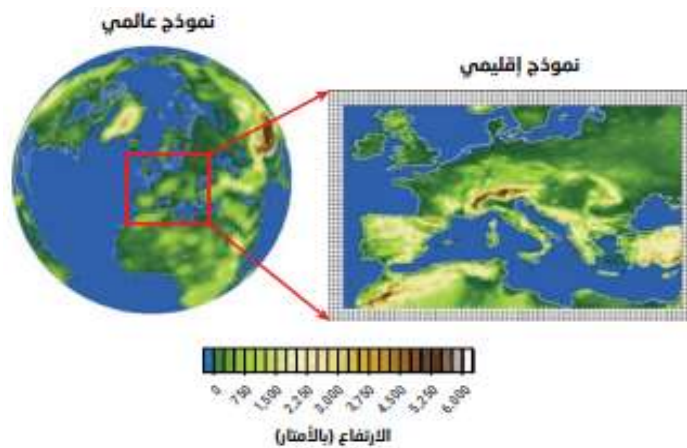
على الرغم مما تشهده النماذج المناخية العالمية من تطور وزيادة فهم لديناميكية المناخ، إلا أنه توجد بعض الثغرات في مجال إعداد نتائج على نطاقات أصغر بسبب المؤثرات المحلية، ولفهم هذه الآليات صغيرة النطاق، قلّص خبراء المناخ قياس النماذج المناخية التي وضعوها لوصف مناطق محددة من العالم ضمن نطاقات محددة، وذلك عبر استخدام نماذج مناخية

إقليمية، وكل نطاق يُعيّن الحدود التي يدرج فيها النموذج الإقليمي ضمن نموذج المناخ العام، ومن ثم يمكن لنموذج مناخي إقليمي أن يوفر صورة أكثر دقة وفهماً أفضل لأحوال المناخ الإقليمية عبر التركيز على منطقة محددة (نطاق محدد)، واستخدام القوى المحركة والمؤثرة التي تنتج من النموذج المناخي العام كمدخلات⁽¹⁸⁾ - الشكل (22) - بمعنى أنه تمت معالجة مشكلة عمومية النماذج العامة عن طريق "تصغير" معلومات المناخ العام إلى النطاق المحلي أو الإقليمي، وأخذ المعلومات المقدمة من GCM أو الملاحظات على نطاق واسع وتطبيقها على مكان أو منطقة محددة من العالم⁽¹⁹⁾، إذا يعرف التصغير على أنه تقنية نستخدمها لإعادة بناء حقول لعناصر المناخ عالية الدقة من الحقول منخفضة الدقة⁽²⁰⁾، وهناك طريقتان لتصغير النماذج العامة إلى نماذج إقليمية هما⁽²¹⁾:

1- التصغير الإحصائي:

ويُعرّف أيضاً بالتصغير التجريبي، ويعتمد على معادلات إحصائية تربط نواتج نماذج الدوران العام أو النماذج المناخية الإقليمية بالظروف المناخية على مستوى البلدان والأقاليم تستعمل روابط ومعاملات إحصائية لتوقع الأحوال المناخية المستقبلية استناداً إلى توقعات نموذج الدوران العام والنموذج المناخي الإقليمي مقارنة بمناخ فترة الأساس.

الشكل (22) إدراج النماذج الاقليمية من النماذج العالمية.



المصدر: التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ التقرير الرئيسي، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2017، ص43.

2- **التصغير الديناميكي:** يُعرّف بأنه التصغير الرقمي، ويعني استعمال النماذج المناخية الإقليمية التي تتدرج ضمن نموذج الدوران العام من خلال واجهة ببنية لتسهيل التداخل المتبادل بين النموذج الإقليمي ونموذج الدوران العام، وتعد هذه الطريقة مكلفة جداً ومعقدة من الناحية الحسابية، ويتضمن تمثيلاً أفضل للظواهر المناخية الواسعة النطاق، بما فيها الظواهر المناخية المتطرفة.

ويبلغ عدد النماذج الإقليمية المعترف بها دولياً نحو عشرين نموذجاً عالمياً، منها نموذج مركز هادلي في المملكة المتحدة بإصداراته المختلفة، والنموذج الفرنسي بمعهد بيار سيمون لابلاس (IPSL)، والنموذج الأمريكي (CCM) الذي أعده المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي، نموذج معهد بوتسدام لبحوث التأثيرات المناخية في ألمانيا (PIK)، ونموذج المركز الأوروبي للتوقعات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF) (22).

النموذج الإقليمي نموذج هادلي HadCM3 (HadCM3):

ويعد نموذج HadCM3 نموذجاً مناخياً مقترناً بالنماذج العالمية مثل نموذج الدوران العام تم استخدامه على نطاق واسع للتنبؤ بالمناخ واكتشافه وإسناده ودراسات الحساسية المناخية الأخرى، ويرمز HadCM3 إلى الإصدار 3، من نموذج Hadley Center المقترن، وقد تم تطويره في عام 1999 من قبل مكتب الأرصاد الجوية في المملكة المتحدة، واستخدم بشكل موسع خلال الخمسة عشر عاماً الماضية لمجموعة من دراسات تغير المناخ الماضي والمستقبلي⁽²³⁾، لقدرته على إعطاء معلومات وبيانات أكثر تفصيلاً من النماذج العالمية، وذلك لأنه يركز على تمثيل المناخ على نطاقات مكانية معينة لغرض الحصول على توقعات دقيقة، إذ يعمل نموذج Hadley بواسطة مخرجات نموذج الدوران العام GCM، ويهدف إلى محاكاة المناخ على نطاق إقليمي فوق منطقة معينة، وهو الأمر الذي اعتمد بواسطة منظمة الأرصاد الجوية العالمية MWO والذي نشر في دليل الممارسات المناخية 2011⁽²⁴⁾، وكان هذا النموذج أحد النماذج الرئيسية المستخدمة في التقييمين الثالث والرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، واستخدم أيضاً في التقييم الخامس في عام 2014، وكانت محاكاته الجيدة للمناخ الحالي دون استخدام تعديلات التدفق تقدماً كبيراً في وقت تطويره ولا يزال يحتل مرتبة عالية مقارنة بالنماذج الأخرى في هذا الصدد، كما أنه لديه القدرة على التقاط البصمة المعتمدة على

الوقت لتغير المناخ التاريخي استجابةً للتأثيرات الطبيعية والبشرية المنشأ مما جعلها أداة مفيدة بشكل خاص في الدراسات المتعلقة باكتشاف وإسناد التغيرات المناخية الماضية⁽²⁵⁾.

سيناريوهات الانبعاثات العالمية:

تعتمد نمذجة المناخ العالمي على دراسة آليات انتقال وتدفق الطاقة بين مختلف النظم البيئية، والتي تعتمد على معادلات رياضية وقوانين فيزيائية للطبيعة، وعمليات كيميائية وبيولوجية متداخلة تضمن توازن الطاقة بين الأشعة الشمسية التي تصل إلى الأرض والأشعة تحت الحمراء التي تنبعث منها، والتي تقع ضمن ثلاث عمليات، وهي العمليات الإشعاعية التي تنقل الحرارة أو الإشعاع الكهرومغناطيسي في النظام المناخي من خلال الانبعاث والامتصاص والانعكاس، والعمليات الديناميكية التي تنقل الطاقة عبر الغلاف الجوي أفقياً وعمودياً من خلال الحمل الحراري والانتشار، والعمليات السطحية التي تصف التفاعلات بين اليابس والمحيطات والبحار والجليد، وتبدلات الطاقة بين السطح والغلاف الجوي، ومن خلال هذه العمليات يمكن للعلماء بناء معادلات ونماذج حاسوبية للمناخ تدعم نماذج الدوران العالمية وتقيم مقدار التغيرات في الغلاف الجوي والمحيطات واليابسة.

وتبرز العلاقة بين النشاط البشري والتغيرات في المناخ العالمي مع مرور الزمن، فعلى الرغم من مقدار التفاصيل التي تتضمنها نماذج الدوران العالمية عن التفاعلات بين المعايير البيوفيزيائية مثل تفاعلات الغلاف الجوي والمحيطات وسطح الأرض وما عليها من غطاء نباتي، إلا أنها يجب أن تتضمن سيناريوهات الانبعاثات الناجمة عن النشاطات البشرية وتأثيرها على النظم البيوفيزيائية، ففي إطار دراسة حالة المناخ في المستقبل يجب تلقين النماذج الحاسوبية مدخلات من خارج النظام الطبيعي في حال أريد لعمليات النمذجة أن تتضمن الآثار الاجتماعية والاقتصادية للنشاط البشري، ويمكن القيام بذلك من خلال وضع سيناريوهات للنماذج المناخية تعتمد على تركيزات مختلفة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، وإدخال مسار تركيز تمثيلي أكثر عمومية يمثل التغيرات في الاختلال الإشعاعي، الذي يؤثر في الغلاف الجوي من دون الدخول في تفاصيل مصدر هذا الاختلال أو سببه، بما يسمح لتلك النماذج بدمج آثار البعد الاجتماعي الاقتصادي في عمليات النمذجة المناخية⁽²⁶⁾.

وتشير اتجاهات تدفقات الطاقة إلى أن هناك تغيراً أساسياً يحدث في التوازن بين دخول الطاقة وخروجها من النظام الأرضي، فالمناخ يأخذ اتجاهاً نحو الاحترار بسبب ازدياد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ذات المنشأ البشري بشكل كبير جداً مع دخول العالم إلى الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر واستمرت إلى ما بعده، فصارت الغازات المتوفرة في الجو تمتص الإشعاع الحراري الذي يبث من جديد باتجاه سطح الأرض، الأمر الذي ساهم في ارتفاع الحرارة على الأرض وفي طبقات الغلاف الجوي السفلى، وقد زاد التأثير المتراكم لغازات الاحتباس الحراري منذ منتصف القرن العشرين الناتجة عن النشاط البشري الذي أدى إلى مستويات مختلفة من الاختلال الإشعاعي اعتماداً على المسارات المختلفة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، ولذا تعتمد النماذج المناخية على تسلسلات افتراضية لمختلف الانبعاثات المستقبلية، والمعروفة بسيناريوهات الانبعاثات والتي تستند إلى وصف مؤثرات مناخ الماضي وإسقاطه على المستقبل وفهم الظروف المكانية والزمانية لتلك الافتراضات والإسقاطات المستقبلية للمناخ، ورغم صعوبة وضع نماذج دقيقة إلا أنه يمكن وصفها بناء على قواعد واضحة تحدها أنماط النمو الاقتصادي والديموغرافي وأشكال التكنولوجيات المستخدمة وفقاً للمعايير الأساسية الآتية⁽²⁷⁾:

- **الاتساق مع الإسقاطات العالمي (consistency)** لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري التي تشير إلى تراوح معدلات تركيز ثاني أكسيد الكربون فيها بين 541 و970 جزء في المليون.
- **المعقولة من الناحية الفيزيائية** والتقييد الصارم بالقوانين الفيزيائية، بما يظهر تغيرات متسقة في كافة أنحاء الكرة الأرضية وبين مختلف المتغيرات المناخية.
- **إمكانية تطبيق متغيرات تقييم الأثر كقيم وسطى** يومية إلى سنوية للتغيرات في الحرارة، والتساقط، والإشعاع الشمسي، والرطوبة، وسرعة الرياح.
- **القدرة التمثيلية (Representativity)** ينبغي أن تعطي سيناريوهات الانبعاثات فكرة عن النطاق المحتمل لتغير المناخ الإقليمي في المستقبل.
- **سهولة المنال (Accessibility)** ينبغي أن تكون سيناريوهات الانبعاثات سهلة المنال والتفسير والتطبيق في تقييمات الأثر.

وقد أدى التقدم في وضع النماذج للآثار الاجتماعية الاقتصادية للنشاط البشري إلى تحسن سيناريوهات الانبعاثات التي وضعتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، ويمكن ملاحظة هذا التحسن من تقرير إلى آخر اعتباراً من التقرير الخاص بسيناريوهات الانبعاثات الذي أُعد على أساسه التقريران التقييميان الثالث والرابع، ويصف كل سيناريو تطور إنمائي بديل، ويتوزع أربع مجموعات من سيناريوهات الانبعاثات، هي (28):

✓ **1A** نمو اقتصادي سريع مع بلوغ حجم السكان العالمي ذروته في عام 2050 ، والدخول السريع لتكنولوجيات جديدة وأكثر كفاءة.

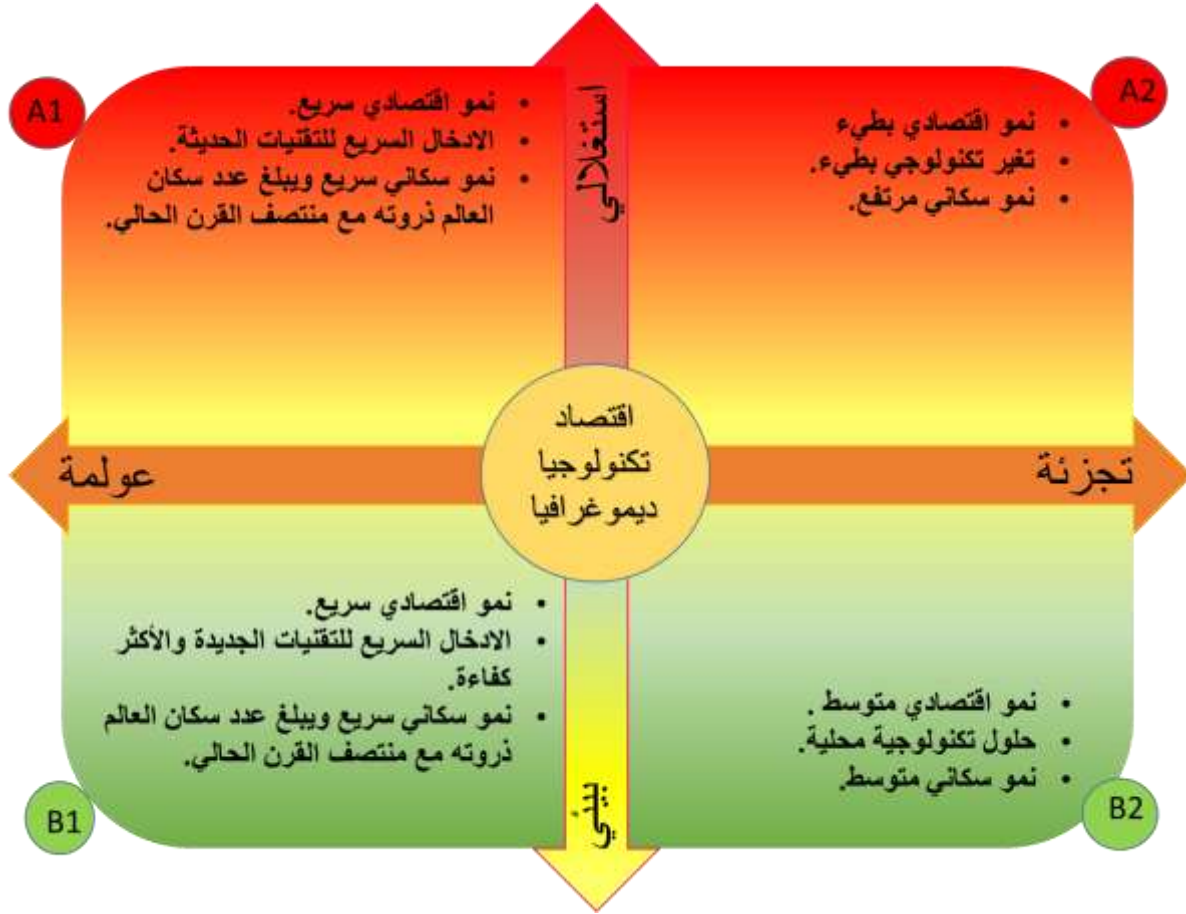
✓ **2A** عالم غير متجانس، يتزايد فيه عدد السكان العالمي باستمرار؛ يتركز النمو فيه على الصعيد الإقليمي ويكون أكثر تجزئة وأبطأ من بقية السيناريوهات.

✓ **1B** عالم متقارب، فيه عدد السكان نفسه كما في السيناريو 1A، لكن تتحول فيه البنى الاقتصادية بسرعة نحو اقتصاد فيه تكنولوجيات أنظف وأكثر كفاءة.

✓ **2B** اقتصاد عالمي مجزئاً نسبياً مع مزيد من التركيز على حلول التنمية المستدامة المحلية، ومع استمرار مستويات السكان في الزيادة لكن بوتيرة أبطأ من السيناريو 2A ، وتكون مستويات التنمية الاقتصادية متوسطة.

تصف سيناريوهات الانبعاثات 1 A و 2A اقتصاداً أكثر تلوثاً إذا ما قورنت بسيناريوهات المجموعتين 1B و 2B، ويفترض في المجموعتين 1A و 1B اتجاه العالم إلى عولمة الاقتصاد، في حين تمثل المجموعتين 2A و 2B اقتصاداً عالمياً أكثر تجزئة - شكل (23).

شكل (23) سيناريوهات الانبعاثات بحسب تقارير IPCC



المصدر: الأمم المتحدة، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، تقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية، نيويورك، 2011، ص48.

المبحث الثالث: البيانات المناخية المستخدمة ومصادرها:

تم الاعتماد في دراسة نمذجة التغير في درجة الحرارة في منطقة الزاوية على نوعين من

البيانات، وهما:

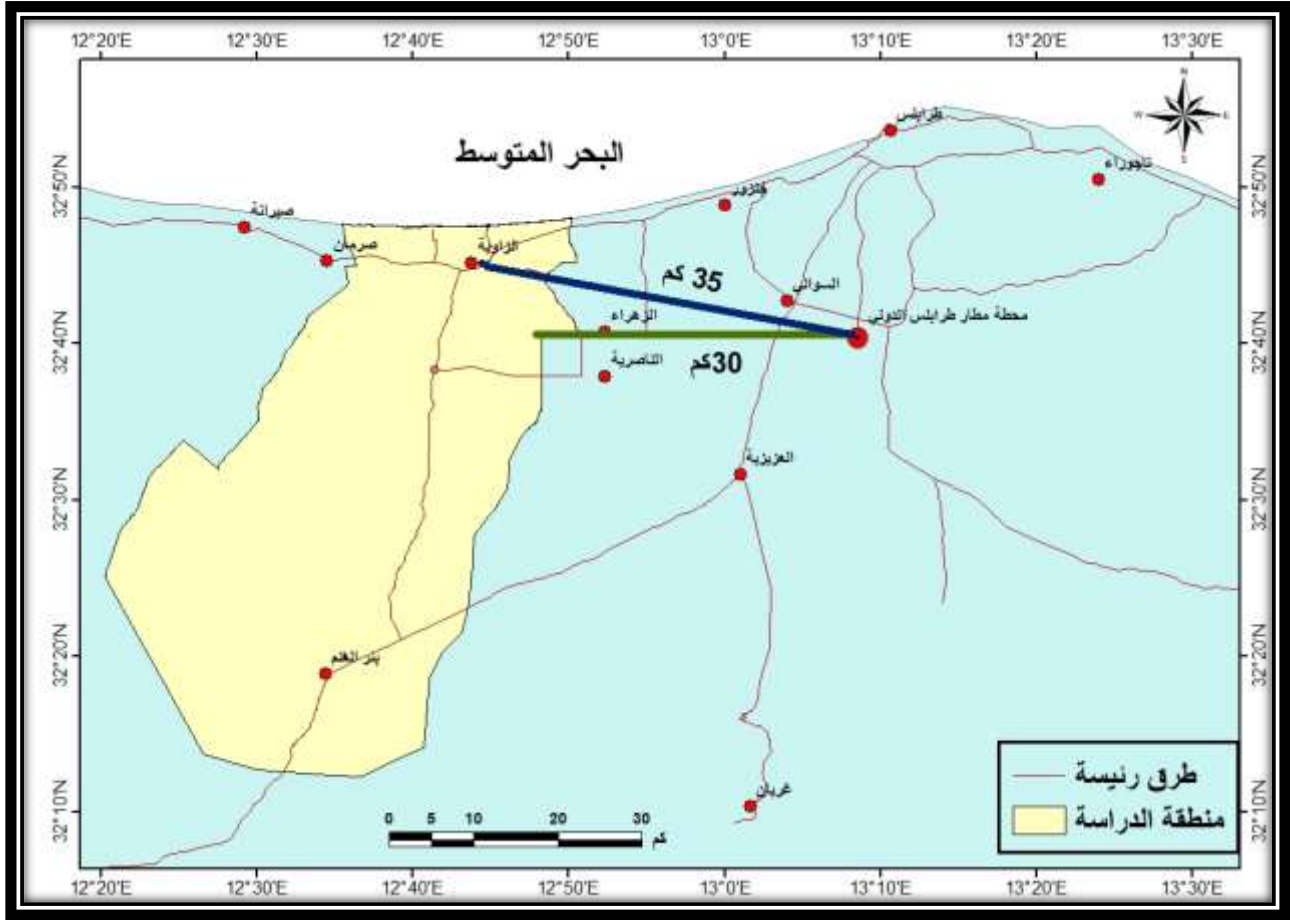
1- البيانات اليومية لدرجة الحرارة العظمى والصغرى لمحطة مطار طرابلس للفترة من (1961 - 1990)، على اعتبار أن الفترات الزمنية المتتالية التي تمتد الواحدة منها على ثلاثين سنة تكفي لتحديد الأنماط المناخية بوضوح، بحسب تحديد المنظمة العالمية للأرصاد الجوية للفترة الزمنية اللازمة لحساب المعدلات المعيارية المناخية، وقد تم اختيار محطة مطار طرابلس باعتبار أنها أقرب محطة تتوفر فيها بيانات مناخية موثوقة ودقيقة نظراً لارتباطها بحركة الملاحة

الجوية الدولية (29)، إضافة إلى التشابه الكبير في الظروف الطبيعية لموقع المحطة مع منطقة الدراسة، فهي تقع إلى الشرق من منطقة الزاوية بمسافة تقدر بحوالي 35 كم تقريباً، عند تقاطع خط طول 36° 08' 13° و دائرة عرض 25° 40' 32°، كما هو مبين بالخريطة (6).

2 - بيانات النمذجة وفق سيناريوهات تختص بالتنبؤ المستقبلي لدرجات الحرارة، ومنها بيانات نموذج الدوران العام للغلاف الجوي General Circulation Model (GCM) كمدخلات في تحليل وتحديد قوة العلاقات بين العناصر المناخية المختلفة، والتي تعدّ من أشهر النماذج التي تستخدم في إنشاء قواعد البيانات العالمية وإعداد تقارير التغير المناخي على مستوى العالم، بالإضافة إلى بيانات سيناريوهات الانبعاثات لفهم تغير المناخ عبر الزمن خلال القرن الحادي والعشرين (HadCM3) الصادرة عن مركز هادلي (The Hadley Center) والذي يعدّ من أهم السيناريوهات في دراسة التغيرات المناخية، ويعتمد هذا السيناريو أساساً على اتخاذ معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة التي سجلت عام 2000 كمعيار للمقارنة، حيث أن النظام المناخي وفق هذا السيناريو يتعرض لقدرة من التغير بناءً على تباين تركيزات العناصر المتنوعة للغلاف الجوي، وهي:

السيناريو A2a: الذي يوصف عالمياً متنوعاً وغير متجانس، شديد التباين يعتمد على الذات، بحيث تكون التنمية الاقتصادية موجهة توجهاً مختلفاً إقليمياً بحسب المناطق، كما يفترض أن هناك تبايناً في أنماط الخصوبة عبر المناطق، مما يعني نمواً مستمراً في عدد سكان العالم وزيادة في الكثافة السكانية.

خريطة (6) موقع محطة مطار طرابلس بالنسبة لمنطقة الدراسة.

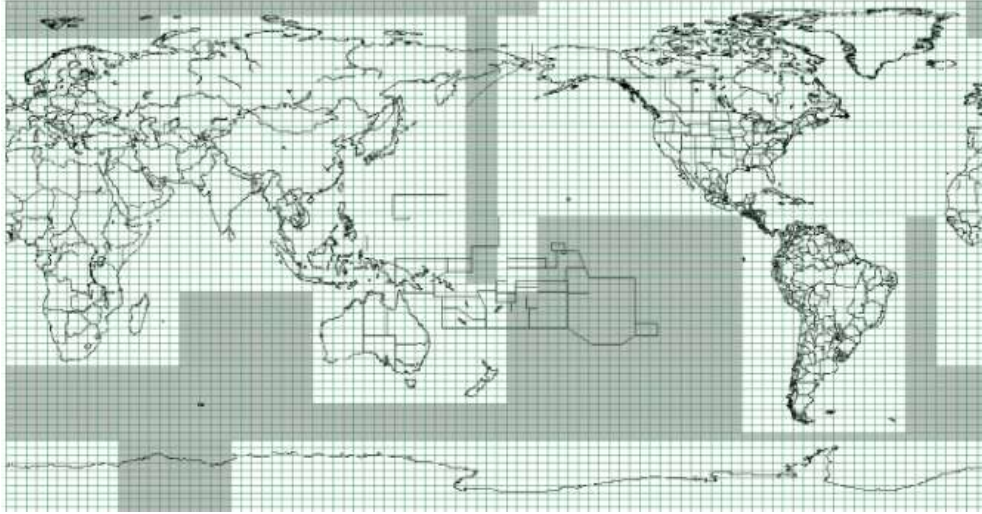


المصدر: عمل الباحثة بناء على google Earth و ArcMap 10.8.

السيناريو B2a: وهذا السيناريو موجه نحو الحلول العالمية للاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، ويعتمد على التوجه نحو مصادر الطاقة البديلة والحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، وتحقيق العدالة الاجتماعية والاقتصادية وتخفيض في كثافة استغلال الموارد، وهو أيضا يفترض أن هناك زيادة مستمرة في عدد السكان ولكن بوتيرة أقل من السيناريو A2a، وبمعدل متوسط من التنمية الاقتصادية، وبتغير تقني أقل سرعة وأكثر تنوعاً⁽³⁰⁾.

ومن أجل تقليل حجم البيانات في نموذج HadCM3 تم تقسيم العالم إلى شبكة من المربعات مساحة كل واحد منها 2500 كم² بأبعاد (50×50 كم) - الشكل (24) - وفقاً لإحداثيات أفقية مقسمة إلى 96 مربعاً أفقياً، ويمثل كل مربع منها 3.75 درجة طول، وإحداثيات رأسية مقسمة إلى 69 مربعاً رأسياً، كل منها 2.5 درجة عرض، ويمثل كل مربع صندوق Box لمتغيرات النمذجة المناخية بما يتوافق مع نظام تنسيق الشبكة الخاصة

الشكل (24) شبكة بيانات نموذج HadCM3.



المصدر:

https://climate-scenarios.canada.ca/?page=pred-hadcm3&fbclid=IwAR3DfmIDIRY5NB9JCZXKa_ztoRvC0PFHI5cz2kF5pwgsyKeQiVJWecr2Hlc

بنموذج الدوران بين المحيط والغلاف الجوي المقترنة بمركز هادلي، مما يتطلب تحديد الإحداثيات الأفقية والرأسية على المحورين (X و Y) للصندوق الذي تقع ضمنه منطقة الدراسة - جدول (15)، وتحميل بيانات التنبؤات في صورة ملف مضغوط يحتوي على دليل بيانات التوقع المرصودة يومياً ولمدة 41 عاماً من 1961-2001، ويتكون من ثلاثة أدلة - الصورة (2) - وهي⁽³¹⁾:

- **NCEP (National Center for Environmental Prediction)**: يحتوي هذا الدليل على سجل لمدة 41 عاماً من بيانات التوقع المرصودة يومياً خلال الفترة 1961-2001، المستمدة من عمليات إعادة تحليل NCEP، والتي تم استخراجها خلال فترة 1961-1990 من نموذج الدوران GCM.
- **H3A2a_1961-2099**: يحتوي هذا الدليل على 139 عاماً من بيانات توقع GCM اليومية، والمستمدة من السيناريو HadCM3 (A2a)، التي تمت معايرتها ببيانات الفترة 1961-1990.

جدول (15) احداثيات شبكة متغيرات النمذجة المناخية في نموذج HadCM3.

LATITUDES			LONGITUDES								
Y	BOX	LATITUDES	Y	BOX	LATITUDES	X	BOX	LONGITUDES	X	BOX	LONGITUDES
NUMBER			NUMBER			NUMBER		(E)	NUMBER		(W)
1		85.0000	36		-2.5000	1		0.0000	49		180.0000
2		82.5000	37		-5.0000	2		3.7500	50		183.7500
3		80.0000	38		-7.5000	3		7.5000	51		187.5000
4		77.5000	39		-10.0000	4		11.2500	52		191.2500
5		75.0000	40		-12.5000	5		15.0000	53		195.0000
6		72.5000	41		-15.0000	6		18.7500	54		198.7500
7		70.0000	42		-17.5000	7		22.5000	55		202.5000
8		67.5000	43		-20.0000	8		26.2500	56		206.2500
9		65.0000	44		-22.5000	9		30.0000	57		210.0000
10		62.5000	45		-25.0000	10		33.7500	58		213.7500
11		60.0000	46		-27.5000	11		37.5000	59		217.5000
12		57.5000	47		-30.0000	12		41.2500	60		221.2500
13		55.0000	48		-32.5000	13		45.0000	61		225.0000
14		52.5000	49		-35.0000	14		48.7500	62		228.7500
15		50.0000	50		-37.5000	15		52.5000	63		232.5000
16		47.5000	51		-40.0000	16		56.2500	64		236.2500
17		45.0000	52		-42.5000	17		60.0000	65		240.0000
18		42.5000	53		-45.0000	18		63.7500	66		243.7500
19		40.0000	54		-47.5000	19		67.5000	67		247.5000
20		37.5000	55		-50.0000	20		71.2500	68		251.2500
21		35.0000	56		-52.5000	21		75.0000	69		255.0000
22		32.5000	57		-55.0000	22		78.7500	70		258.7500
23		30.0000	58		-57.5000	23		82.5000	71		262.5000
24		27.5000	59		-60.0000	24		86.2500	72		266.2500
25		25.0000	60		-62.5000	25		90.0000	73		270.0000
26		22.5000	61		-65.0000	26		93.7500	74		273.7500
27		20.0000	62		-67.5000	27		97.5000	75		277.5000
28		17.5000	63		-70.0000	28		101.2500	76		281.2500
29		15.0000	64		-72.5000	29		105.0000	77		285.0000
30		12.5000	65		-75.0000	30		108.7500	78		288.7500
31		10.0000	66		-77.5000	31		112.5000	79		292.5000
32		7.5000	67		-80.0000	32		116.2500	80		296.2500
33		5.0000	68		-82.5000	33		120.0000	81		300.0000
34		2.5000	69		-85.0000	34		123.7500	82		303.7500
35		0.0000				35		127.5000	83		307.5000
						36		131.2500	84		311.2500
						37		135.0000	85		315.0000
						38		138.7500	86		318.7500
						39		142.5000	87		322.5000
						40		146.2500	88		326.2500
						41		150.0000	89		330.0000
						42		153.7500	90		333.7500
						43		157.5000	91		337.5000
						44		161.2500	92		341.2500
						45		165.0000	93		345.0000
						46		168.7500	94		348.7500
						47		172.5000	95		352.5000
						48		176.2500	96		356.2500

المصدر:

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://climate-scenarios.canada.ca/files/hadcm3_predictor.pdf

الصورة (2) ملفات HadCM3

Name	Date modified	Type	Size
H3A2a_1961-2099	2021/11/16 م 08:58	File folder	
H3B2a_1961-2099	2021/11/16 م 08:58	File folder	
NCEP_1961-1990	2021/11/16 م 08:58	File folder	
BOX_04X_22Y.zip	2023/03/13 ص 01:14	WinRAR ZIP archive	6,572 KB

المصدر: https://climate-scenarios.canada.ca/?page=pred-hadcm3&fbclid=IwAR3DfmIDIRY5NB9JCZXKa_ztoRvC0PFHI5cz2kF5pwgsyKeQiVJWecr2Hlc

- **H3B2a_1961-2099**: يحتوي هذا الدليل على 139 عامًا من بيانات توقع GCM اليومية، والمستمدة من السيناريو HadCM3 (B2a)، التي تمت معايرتها ببيانات الفترة 1961-1990. كما هو مبين بالصورة (3) حيث تقع محطة مطار طرابلس ومنطقة الزاوية ضمن Box 4, Y22.

الصورة (3) إحداثيات الصندوق الذي تقع ضمنه منطقة الدراسة.

Click on the box you wish to retrieve



X box number:
4

Y box number:
22

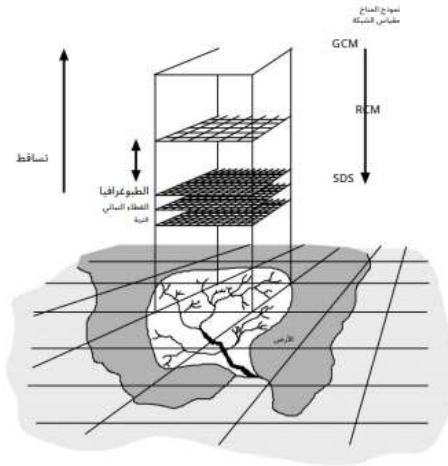
Get Data

Activate Windows
Go to Settings to activate it

Source: https://climate-scenarios.canada.ca/?page=pred-hadcm3&fbclid=IwAR3DfmIDIRY5NB9JCZXKa_ztoRvC0PFHI5cz2kF5pwgsyKeQiVJWecr2Hlc

المبحث الرابع: مراحل استخدام تقنية (SDSM) Statistical Downscaling Model

دعت الحاجة إلى اختراع تقنيات للتنبؤ بمناخ المستقبل ومعرفة سلوك عناصره، فظهرت مجموعتان من التقنيات كوسيلة لاشتقاق الطقس السطحي من متغيرات التنبؤ على النطاق الإقليمي الشكل (25) فيما يعرف بالنماذج الإحصائية والنماذج الإقليمية. الشكل (25) اشتقاق متغيرات التنبؤ على النطاق الإقليمي.



Source: Wilby and Dawson (2007), p7

تم تصميم برنامج (SDSM) Statistical Downscaling Model من قبل Robert Wilby¹ and Christian W. Dawson²، حيث يعمل الأول في وحدة تغير المناخ بوكالة البيئة في ويلز بالمملكة المتحدة، بينما يعمل الثاني في قسم علوم الحاسوب في جامعة نوتنغهام في المملكة المتحدة. ويعد Robert Wilby أستاذ في الجغرافية الطبيعية ومتخصص في النمذجة المائية، في جامعة Loughborough University. ومستشار مستقل في علوم تغير المناخ بجامعة Nottingham⁽³²⁾.

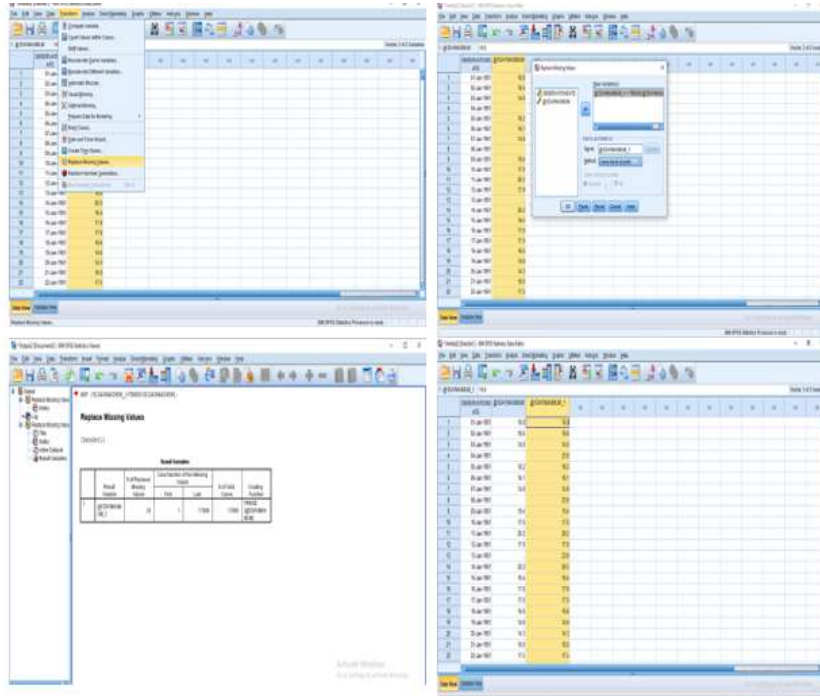
ويتضمن البرنامج العمل على عدة مراحل بدءاً من التأكد من صحة البيانات من خلال أيقونة Quality Control إلى Summary Statistics وهي المرحلة الأخيرة التي تلخص بيانات التنبؤ إحصائياً (Wilby and Dawson 2007).

مراحل عمل النمذجة بتقنية SDSM:

1 - ضبط جودة البيانات Data Quality Control:

عند القيام بإدخال البيانات المناخية في مكاتب الأرصاد الجوية على ملفات Excel أو أي ملفات أخرى قد تحدث مجموعة من الأخطاء، منها خطأ كتابة التواريخ فقد ينسى المُدخِل كتابة يوم في الشهر أو يضيف يوماً أو يكرر اليوم، كما قد يخطئ في كتابة القيمة المسجلة فأحياناً القيمة المقاسة مثلاً لدرجة الحرارة العظمى كانت 25 م° يدخلها بالعكس 52 م° أو يغير القيمة تماماً، ولهذا السبب يجب على الباحث قبل الذهاب مباشرة إلى عملية التحليل عبر البرامج الإحصائية مثل SDSM عليه مراجعة كافة العناصر الموجودة ليتأكد من جودة البيانات، كما أن القليل أو من النادر توفر بيانات مناخية في هيئات الأرصاد الجوية كاملة ودقيقة بنسبة 100%، لذا يجب على الباحث التعامل مع القيم المفقودة والتحقق من القيم المتطرفة الخاصة بكل محطة، حيث تم استخراج القيم المفقودة من خلال برنامج SPSS، بطريقة اعتبار البيانات على أنها خط وننتزع القيم من هذا الخط ونعوض بها القيم المفقودة - الصورة (4).

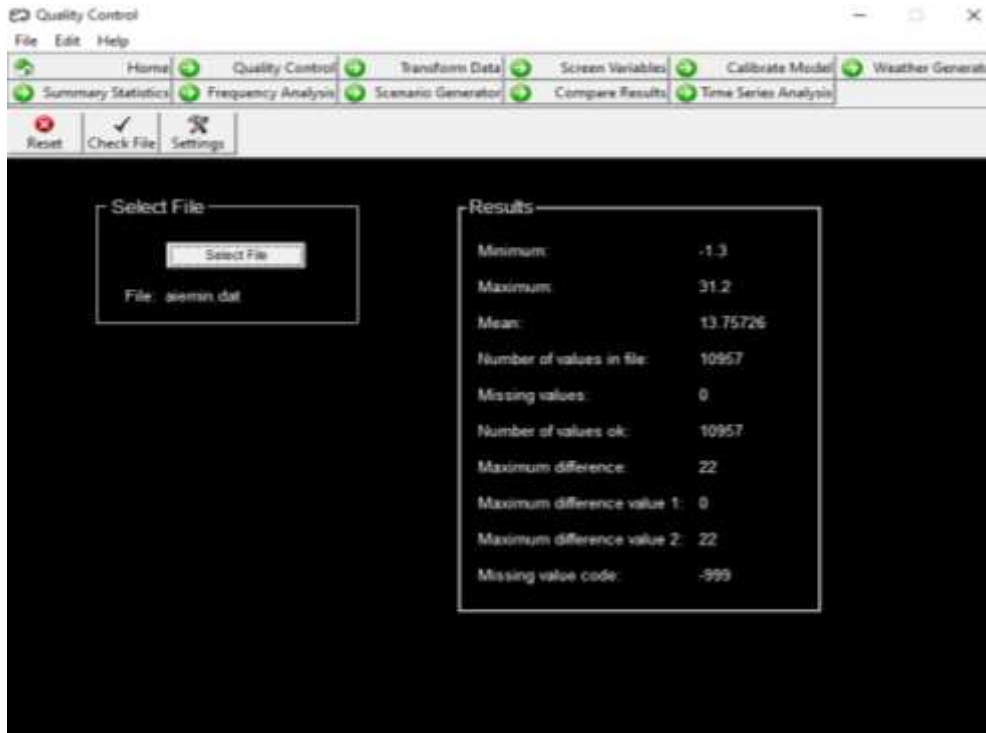
الصورة (4) مراحل استخراج القيم المفقودة باستخدام برنامج SPSS.



المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SPSS. V21.

وفي SDSM تتم اختبار جودة البيانات من خلال نافذة Quality Control حيث يتم ادخال ملف البيانات الخاصة بدرجة الحرارة المطلوبة لمحطة الدراسة، ثم النقر على نافذة Check File لتظهر نافذة تُظهر خصائص البيانات المدخلة، ومن خبرت الباحث يستطيع أن يحكم على مدى صحة وجودة البيانات التي أمامه قبل التعامل معها إحصائياً، بحيث يكون عدد القيم العددية (المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة) لفترة الأساس حوالي 10957، وفيها يتم التأكد من أكبر وأصغر قيمة، والتحقق من القيم المفقودة إن وجدت، ومن الصورة (5) يجب أن يكون عدد البيانات المرصودة 10957 رصدة، ويلاحظ أن أصغر قيمة سجلت حوالي 1.3، وأكبر قيمة 31.2 ولذا يجب التأكد من دقة القيمة السابقة من خلال الرجوع إلى ملف بيانات محطة الأرصاد اليومية والشهرية، حيث لوحظ أن الرصدة الشاذة كانت بتاريخ 1973/6/6، مع عدم وجود قيم مفقودة، للتأكيد من وصول درجة الحرارة الصغرى في محطة مطار طرابلس إلى تلك القيمة تم الرجوع إلى تقرير مصلحة الأرصاد الجوية بأن صيف 1973 شهدت البلاد فيه أطول موجة حر، والتي تكررت كذلك في صيف 2021⁽³³⁾.

الصورة (5) ضبط جودة البيانات.

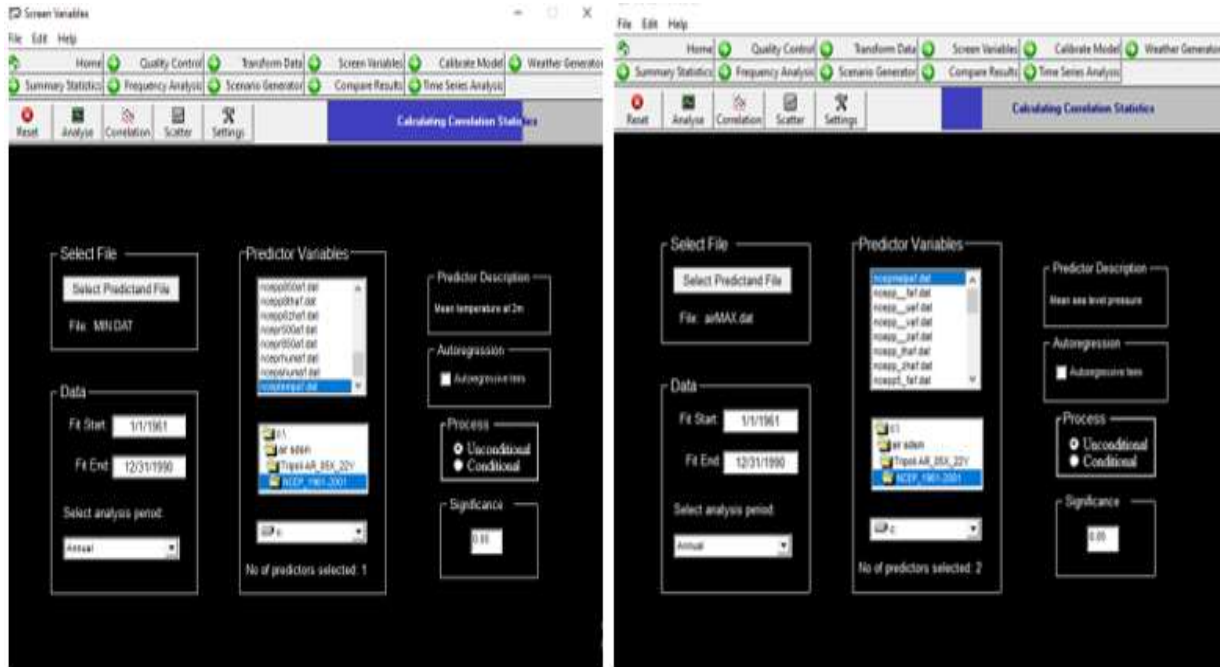


المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.

2 - شاشة المتغيرات screen variables:

يتم في هذه المرحلة اختبار المتغيرات المؤثرة في التنبؤات المستقبلية لدرجات الحرارة اعتماداً على مربعات شبكة التصغير الإحصائي لنموذج الدوران العام GCM، حيث يتم تحديد العلاقات التجريبية للمتغيرات الستة والعشرون مع درجات الحرارة العظمى والصغرى كل على حدة، حتى لا تتأثر قيمته بالعناصر الأخرى - الصورة (6) - وفقاً لل صندوق الذي تقع ضمنه منطقة الدراسة، حيث يتم التعرف على قيمة الارتباط بين درجة الحرارة وتلك المتغيرات.

الصورة (6) استخراج قيمة الارتباط لدرجات الحرارة العظمى والصغرى مع متغيرات GCM.



المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9

وبعد استخراج قيمة ارتباط تلك العناصر مع درجة الحرارة يتم فرزها باستخدام Excel وترتيب قوتها من الأكبر إلى الأصغر، واختيار أقوى ثمانية عناصر تأثيراً في المنطقة، كما هو بالجدول (16)، حيث يتضح أن لكل عنصر من درجة الحرارة أنهما يرتبطان بنفس العناصر من نموذج الدوران العام GCM، ولكن يختلفان من حيث قوة الارتباط، ومن نتائج معامل الارتباط يتضح أن درجتى الحرارة العظمى والصغرى في المنطقة ترتبطان ارتباطاً قوياً مع المتغير رقم 26، والمتمثل في درجة الحرارة عند 2 متر (Mean temperature at 2 meter) من متغيرات نموذج GCM، إذ بلغ على التوالي (0.779، 0.926) وأقل ارتباط كان مع المتغير

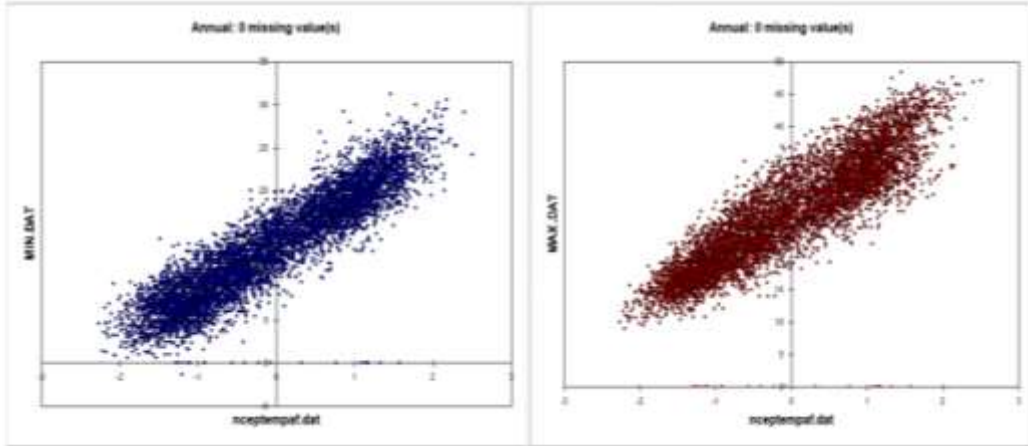
رقم 23 (Relative humidity at 850hpa) المتمثل في الرطوبة النسبية على ارتفاع 850 هكتو باسكال، إذ بلغ معامل الارتباط مع درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى على التوالي (-0.667، -0.503) - الشكلين (26) و(27).

جدول (16) المتغيرات الثمانية لنموذج (GCM) التي ترتبط بدرجة الحرارة العظمى والصغرى في منطقة الدراسة.

R	code	variable	Order
Minimum temperature			
0.926	tempaf	Mean temperature at 2 meter	26
0.84	shumaf	Surface specific humidity	25
0.811	p500af	hpa geopotential height500	12
0.387	p850af	hpa geopotential850	19
0.326	p_thaf	surface wind direction	6
0.268	p_vaf	Surface meridional velocity	4
0.153	p8_vaf	hpa meridional velocity850	17
0.144	p8thaf	hpa wind direction850	20
maximum temperature			
0.893	tempaf	Mean temperature at 2 meter	26
0.836	p500af	hpa geopotential height500	12
0.735	shumaf	Surface specific humidity	25
0.455	p_vaf	Surface meridional velocity	4
0.436	p850af	hpa geopotential850	19
0.271	p_thaf	surface wind direction	6
0.221	p8_vaf	hpa meridional velocity850	17
0.221	P5thaf	hpa wind direction500	13

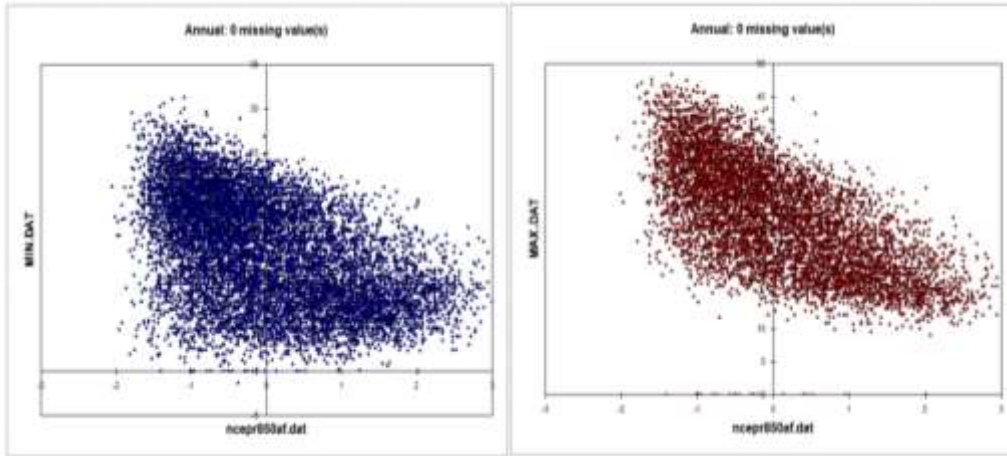
المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9.

الشكل (26) تمثل الارتباط لدرجات الحرارة العظمى والصغرى مع المتغير 26.



المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9.

الشكل (27) تمثل الارتباط لدرجات الحرارة العظمى والصغرى مع العنصر 23.

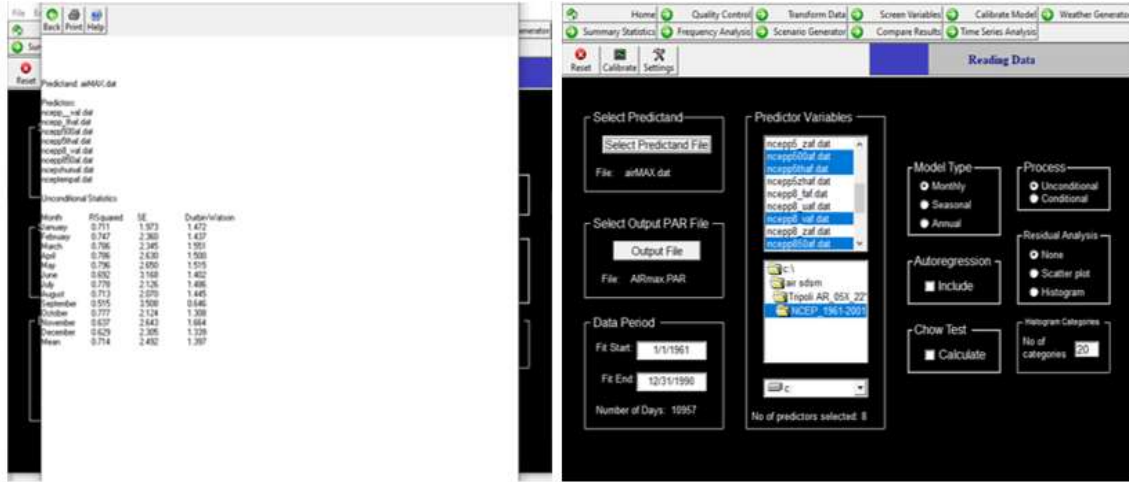


المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9

3 - معايرة النموذج Calibrate Model

وتعتمد هذه المرحلة على دراسة علاقة الانحدار الخطي المتعدد بين بيانات درجة الحرارة العظمى وبيانات العناصر الثمانية الأكثر ارتباطاً من نموذج GCM لتتحصل على ملف بصيغة PAR، وهو يمثل البيانات الوصفية المرتبطة بمعايرة النموذج وأوزان النموذج ومقاييس "الجودة والملاءمة (النسبة المئوية المفسرة للتباين RS، والخطأ المعياري للنموذج SE) الصورة (7)⁽³⁴⁾.

الصورة (7) معايرة النموذج.



المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9

من خلال الجدول (17) نجد أن النسبة المئوية للتباين المفسر بواسطة نماذج الانحدار الشهرية باستخدام المتغيرات الثمانية لدرجة الحرارة العظمى بلغ متوسطها 0.74 وارتفعت إلى 0.83 خلال شهري مايو ويوليو. بينما بلغ لدرجة الحرارة الصغرى 0.56، وبلغت أعلى نسبة في مايو حوالي 0.68، أما الخطأ المعياري المتوسط للنموذج فقد بلغ لدرجة الحرارة العظمى 2.4 و2 لدرجة الحرارة الصغرى، وعليه يشير متوسط النسبة المئوية للتباين المفسر ومتوسط الخطأ المعياري إلى جودة المعايرة⁽³⁵⁾.

4 - توليد السيناريو Scenario Generation:

وفي هذه المرحلة يتم إنتاج أو توليد السيناريوهات المستقبلية لتغير المناخ من نماذج الدوران العالمية (GCMS) التي تعد مصدراً مهماً لبيانات الأرصاد الجوية لتقريب أو تقدير معرفة سمات المناخ المحلي المستقبلي بواسطة تقنية SDSM، وتنتج عملية إنشاء السيناريو مجموعات من سلاسل الطقس اليومية من خلال محاكاة المتغيرات الثمانية الأكثر ارتباطاً من GCM - الصورة (8)، والتي دمجت في ملف واحد بصيغة PAR لكل عنصر من درجات الحرارة على حدة (العظمى، الصغرى)، ومن ثم عمل تنبؤ بواسطة السيناريوهان A2a & B2a، وفقاً للفترة المستقبلية (2010 - 2099)، بحيث تقسم على ثلاث فترات وهي (2010 - 2039)، (2040 - 2069)، (2070 - 2099)، وتنتج على هيئة ملفات بصيغة SIM & OUT.

الجدول (17) نتائج معايرة متغيرات التنبؤ الثمانية مع متوسط درجتي الحرارة العظمى والصغرى.

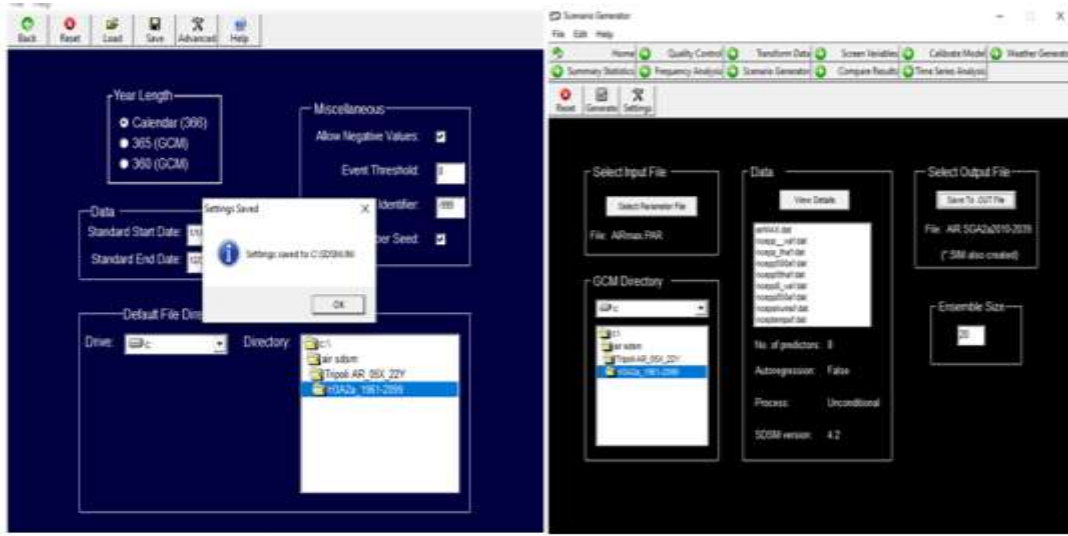
Durbin-Watson		الخطأ المعياري		النسبة المئوية للتبيان المفسر		الشهر
درجة الحرارة الصغرى	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	درجة الحرارة العظمى	
1.4	1.5	1.9	1.9	0.44	0.72	يناير
1.5	1.4	1.9	2.3	0.50	0.76	فبراير
1.5	1.5	2.1	2.3	0.59	0.79	مارس
1.8	1.5	2.2	2.5	0.63	0.80	أبريل
1.5	1.5	2.2	2.3	0.68	0.83	مايو
1.5	1.4	2.2	2.9	0.64	0.75	يونيو
1.4	1.6	1.8	1.9	0.62	0.83	يوليو
1.6	1.5	1.7	1.9	0.54	0.75	أغسطس
0.8	1.6	2.5	3.6	0.41	0.49	سبتمبر
1.3	1.5	1.9	2.1	0.64	0.79	أكتوبر
1.5	1.3	2	2.6	0.56	0.65	نوفمبر
1.4	1.3	1.9	2.2	0.50	0.66	ديسمبر
1.2	1.4	2	2.4	0.56	0.74	المتوسط

المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9

5 - التلخيص الإحصائي Summary Statistics:

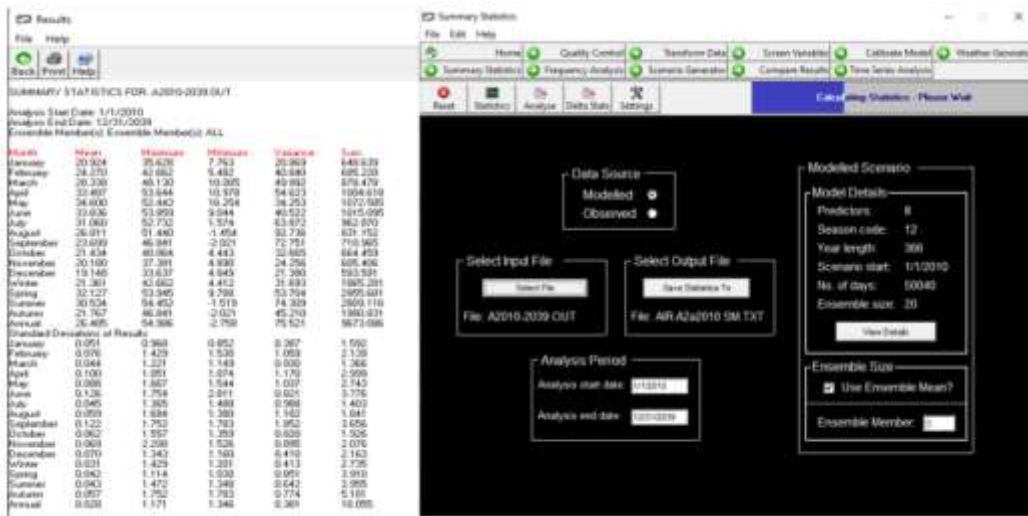
وهي المرحلة الأخيرة التي تلخص بيانات التنبؤ للسيناريوهان A2a & B2a إحصائياً، والتي أنتجت كماً هائلاً من البيانات فيتم تلخيصها في متوسطات Mean، لكل سنة على حدة، أي من 2010 - 2099، كما في الصورة (9).

الصورة (8) توليد السيناريو.



عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9

الصورة (9) التلخيص الإحصائي.



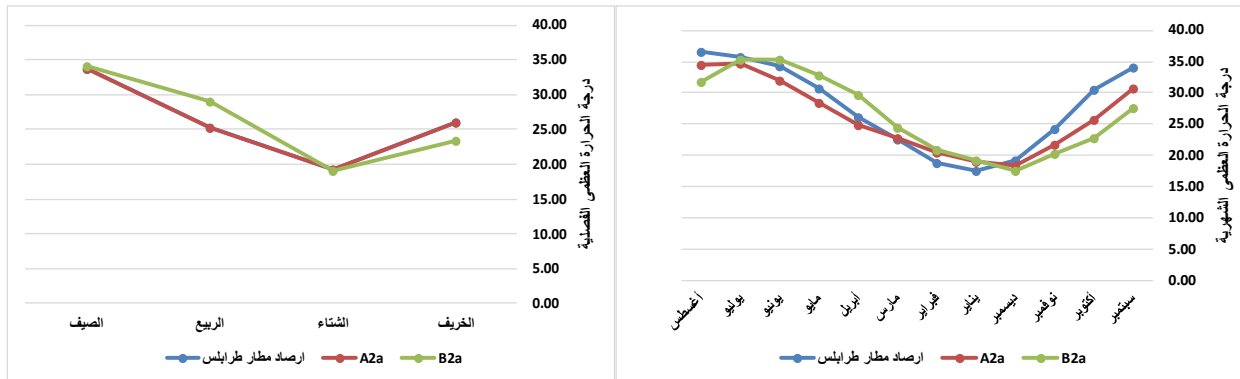
المصدر: عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9.

دقة التنبؤ بواسطة برنامج SDSM لبيانات منطقة الدراسة:

تستخدم النماذج المناخية لعمل توقعات للمستقبل المحتمل والمتغير بمرور الوقت لعدة فترات مناخية مستقبلية والتي لا توجد لها نظائر سابقة بدقة، ويمكن تكوين ثقة في تلك النماذج من خلال محاكاة السجل التاريخي لعناصر المناخ ومقارنتها بمخرجاتها⁽³⁶⁾،. وللتأكد من دقة نتائج النمذجة لاتجاهات درجات الحرارة المستقبلية المستمدة من نموذج SDSM تمت معايرة

التنبؤ ومطابقة نتائج النموذج ومقارنتها بالإحصائيات والبيانات المرصودة من المحطة المناخية لمطار طرابلس الدولي باعتبارها أنها أقرب محطة مناخية لمنطقة الدراسة، ويتوفر لها أرشيف منظم لتلك البيانات منذ عام 1945، علاوة على دقة بياناتها المرصودة بسبب ارتباطها بحركة الملاحة الجوية، فبعد إنشاء ملفات بصيغ SIM & OUT، وتلخيصها إحصائياً تمت معايرة التنبؤ واختبار دقة النتائج لفترة ماضية من خلال اشتقاق بيانات بواسطة برنامج SDSM لدرجة الحرارة العظمى والصغرى الشهرية والفصلية لفترة من (1991-2009) لمحطة مطار طرابلس ومقارنتها بالبيانات المرصودة، فكانت النتائج متطابقة وبخاصة بالنسبة للبيانات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى، وكذلك الحال ظهرت مطابقة البيانات الفصلية لفصلي الصيف والشتاء، فمن خلال الشكل (28) يلاحظ التطابق بين البيانات النمذجة بواسطة SDSM باستخدام سيناريو A2a والبيانات المسجلة في أرشيف الأرصاد الجوية، الأمر الذي يؤكد لنا صحة البيانات المرصودة من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية بطرابلس من ناحية، ومن ناحية أخرى يقين بدقة برنامج SDSM بالتنبؤ بدرجات الحرارة العظمى مستقبلاً، كما يلاحظ من خلال الشكل (29) نجد هناك تطابق في بيانات النمذجة لدرجات الحرارة الصغرى وفق سيناريو A2a مع البيانات المسجلة في محطة مطار طرابلس في معظم أشهر السنة باستثناء (أبريل، سبتمبر، وأكتوبر).

الشكل (28) معدل الخطأ في درجة الحرارة العظمى الشهرية والفصلية لمحطة أرصاد المطار مع البيانات النمذجة بواسطة SDSM للفترة من (2009 – 1091).

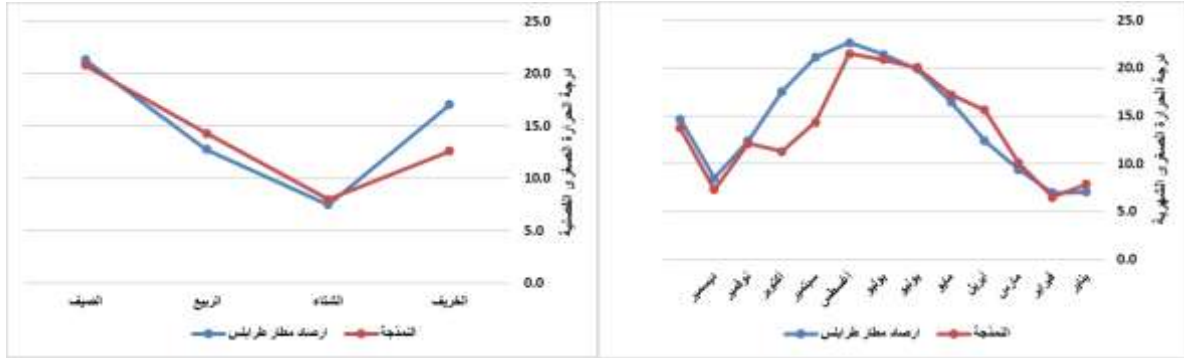


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: -

1. - بيانات درات الحرارة العظمى الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية الليبية، طرابلس

Source: Wilby and Dawso - 2

الشكل (29) معدل الخطأ في درجة الحرارة الصغرى الشهرية والفصلية لمحطة أرصاد المطار مع البيانات النمذجة بواسطة SDSM للفترة من (1091 – 2009).



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على:

1- بيانات درجات الحرارة العظمى الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية الليبية، طرابلس

Source: Wilby and Dawso - 2

هوامش الفصل الرابع

- 1- محمد إبراهيم محمد شرف، جغرافية المناخ والبيئة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر، ص 270.
- 2- عبد الفتاح محمد وهيب، الجغرافية التاريخية بين النظرية والتطبيق، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، لبنان، بدون تاريخ، ص 237 - 238.
- 3- حسن زهدي، الأرصاد الجوية ونظرة المستقبل، مؤسسة الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة، مصر، ط 1، 1997، ص 24.
- 4- علي حسن موسي، التغيرات المناخية، دار الفكر، دمشق، سورية، ط 2، 1996، ص 7.
- 5 - www. green. peace .org. lp.
- 6 - <https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-climate-change>.
Access Date 12/2/2023.
- 7- علي مصطفى سليم، التغير المناخي وأثره على درجة الحرارة في منطقة مصراته خلال الفترة 1980-2010، ص 358..
- 8- علي حسن موسي، التغيرات المناخية، مصدر سابق، ص 29.
- 9- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، 2013: ملخص لصانعي السياسات، في تغير المناخ 2013: الأساس الفيزيائي، مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الولية المعنية بتغير المناخ، ص 13.
- 10- عدنان ماجد عبد الرحمن بري، النمذجة والمحاكاة، جامعة الملك بن سعود، الرياض، السعودية، ط 1، يوليو 2002، ص 12.
- 11- سامي عزيز عباس العتيبي، إياد عاشور الطائي، الإحصاء والنمذجة في الجغرافيا، مكتب ومطبعة أكرم للطباعة والاستنساخ، بغداد، العراق، ط 1، 2012، ص 305-309).
- 12- قصي عبد المجيد السامرائي، الأقاليم المناخية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ط 1، 2008، ص 443-446.
- 13- إيف سيما، التغير المناخي، المجلة العربية، الرياض، السعودية، ط 1، 2015، ص 24.

14- الأمم المتحدة، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، تقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية، نيويورك، 2011، ص48.

15- إيف سيما، التغير المناخي، مرجع سابق، ص24.

16 - Kiehl, J.T.(2006), " Overview of Climate modeling " in: Kiehl, J.T. & Ramanathan V.(eds.), Frontiers of Climate Modeling, Cambridge University Press, p2.

17-

https://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate_model/modeling_schematic.html .Access Date 2/7/2021.

18 - Review of Methodologies and Possible Scenarios for Conducting Vulnerability Assessments to Climate Change, Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA), Expert Group Meeting Towards Assessing the Vulnerability of Water Resources to Climate Change in the Arab Region, Beirut, 26-28 October 2009.P9,10.

19 - <https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/> Access Date 7/7/2021.

20- Training Course, on Machine Learning for Weather and Climate Forecasting, Competence Centre/University of Luxembourg. Sponsored by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) 13-1-2023:31-4-2023.

21- الأمم المتحدة، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ التقرير الرئيسي، مرجع سابق. ص48.

22 - <https://www.carbonbrief.org/qa-how-do-climate-models-work> Access Date 6/8/2021.

23 – Paul J. Valdes¹, Edward Armstrong and another, The BRIDGE HadCM3 family of climate models: HadCM3@Bristol v1.0, review for journal Geoscientific Model Development, 8 February 2017, p1.

24- رضوان علي أحمد المريمي، التنبؤ بدرجات الحرارة السطحية وساعات سطوع الشمس على ليبيا باستخدام نموذج التنبؤ بالمناخ الإقليمي ((RegCM-4.4))، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة الى قسم الغلاف الجوي، كلية العلوم، جامعة طرابلس، 2019، ص15.

25- Paul J. Valdes¹, Edward Armstrong and another, The BRIDGE HadCM3 family of climate models: HadCM3@Bristol v1.0, review for journal Geoscientific Model Development, 8 February 2017, p1.

26- الأمم المتحدة، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ التقرير الرئيسي، مرجع سابق، ص 15-26.

27- المرجع السابق نفسه، ص 28.

28- المرجع السابق نفسه، ص 29.

29- أسمهان علي المختار عثمان، تغير المناخ دراسة تطبيقية لاتجاه وتغير درجات الحرارة في ليبيا من الفترة 1971-2000، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى مجلس كلية الآداب الزاوية، قسم الجغرافيا، جامعة الزاوية، 2011، ص7.

30- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC SPECIAL REPORT EMISSIONS SCENARIOS, 2000.

31- Rashid Mahmood & Mukand S. Babel, Evaluation of SDSM developed by annual and monthly sub -models for downscaling temperature and precipitation in the Jhelum basin, Pakistan and India, / Published online: 25 September 2012 Springer-Verlag 2012, p28.

32-https://www.lboro.ac.uk/subjects/geography-environment/staff/rob-wilby/?fbclid=IwAR3XNrmdUp_4S8nbxKoEthzpl2HPkY8V-j2ivia3hDUOkKCpuYBh_IryO3o

33- أسمهان علي المختار عثمان، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة زوارة للفترة (1961 - 2050) باستخدام تقنية SDSM، مجلة المؤتمر الدولي الأول لكليات العلوم بجامعة الزاوية، 19-20 نوفمبر 2021، ص45.

34- Robert L. Wilby and Christian W. Dawson, User Manual, Sponsors of SDSM; A Consortium for the Application of Climate Impact Assessments(ACACIA) Canadian Climate Impacts Scenarios (CCIS) Project Environment Agency of England and Wales, August 2004, p13.

35- Robert L. Wilby and Christian W. Dawson, User Manual, p18.

36- Sébastien Gagnon, Bhawan Singh, Jean Rousselle and Luc Roy, An Application of the Statistical Downscaling Model (SDSM) to Simulate Climatic Data for Streamflow Modelling in Québec, Canadian Water Resources Journal, 2005, P301.

الفصل الخامس

النمذجة المستقبلية لدرجات الحرارة في
منطقة الزاوية للفترة (1961 – 2099).

الفصل الخامس

النمذجة المستقبلية لدرجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة (1961 – 2099).

المبحث الأول: التغيير في درجات الحرارة في منطقة الزاوية خلال الفترة (1961 – 2099).

1- التغيير في درجة الحرارة الصغرى.

تظهر نتائج الجدولين (18) و(19) مقارنة معدّل درجة الحرارة الصغرى لفترة الأساس (1961 – 1990) مع فترات النمذجة الثلاث التي تمتد من (2010-2099) اعتماداً على السيناريوهين H3A2a و H3B2a، ومنه يلاحظ عدم وجود تغيير واضح في المعدّل السنوي للفترات الثلاث لدرجة الحرارة الصغرى، إذ يبلغ الفارق وفق السيناريو A2a حوالي (-1.0 م°). بينما يصل الفارق في السيناريو B2a أقصاه (-0.4 م°) خلال الفترة 2010-2039 مقارنة بفترة الأساس.

الجدول (18) التغيير في درجة الحرارة الصغرى خلال الفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو A2a.

2099 – 2070		2069 – 2040		2039 – 2010		المتوسط الشهري لفترة الأساس 1990 – 1961	الشهور
فارق التغيير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغيير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغيير الشهري	المتوسط الشهري		
-11.3	8.5	-8.2	11.6	-8.1	11.7	19.8	سبتمبر
-6.2	10.2	-6.2	10.2	-6	10.4	16.4	أكتوبر
-0.1	11.5	-3.2	8.4	-3.1	8.5	11.6	نوفمبر
0.4	8.3	0.5	8.4	0.5	8.4	7.9	ديسمبر
3	9.7	3	9.7	2.8	9.5	6.7	يناير
4.7	11.8	4.6	11.7	4.6	11.7	7.1	فبراير
5.4	14.5	5.5	14.6	5.3	14.4	9.1	مارس
6.5	18.6	6.5	18.6	6.4	18.5	12.1	أبريل
4.6	20.1	4.5	20	4.6	20.1	15.5	مايو
0.2	19.3	0.1	19.2	0.1	19.2	19.1	يونيو
-3.5	16.6	-3.6	16.5	-3.7	16.4	20.1	يوليو
-6.7	14.3	-6.7	14.3	-6.6	14.4	21	أغسطس
-0.1	14.2	-0.1	14.2	-0.1	14.2	14.3	المعدّل السنوي

المصدر: عمل الباحثة باستخدام تقنية SDSM4.2.9.

الجدول (19) التغير في درجة الحرارة الصغرى خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو B2a.

2099 – 2070		2069 – 2040		2039 – 2010		المتوسط الشهري لفترة الأساس 1990 – 1961	الشهور
المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري		
-8.7	11.1	-8.2	11.6	-8.4	11.4	19.8	سبتمبر
-6.6	9.8	-6.5	9.9	-6.6	9.8	16.4	أكتوبر
-3.2	8.4	-3.3	8.3	-3.4	8.2	11.6	نوفمبر
0.3	8.2	0.3	8.2	0.2	8.1	7.9	ديسمبر
2.8	9.5	3	9.7	2.7	9.4	6.7	يناير
4.4	11.5	4.6	11.7	4.4	11.5	7.1	فبراير
5.2	14.3	5.5	14.6	5.2	14.3	9.1	مارس
6.2	18.3	6.5	18.6	6.2	18.3	12.1	أبريل
4.4	19.9	4.3	19.8	4.3	19.8	15.5	مايو
-0.4	18.7	-0.3	18.8	-0.1	19	19.1	يونيو
-3.7	16.4	-3.8	16.3	-4	16.1	20.1	يوليو
-6.7	14.3	-6.8	14.2	-7.2	13.8	21.0	أغسطس
-0.3	14	-0.2	14.1	-0.4	13.9	14.3	المعدل السنوي

المصدر: عمل الباحثة باستخدام تقنية SDSM4.2.9.

يشير الشكل (30) إلى المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية خلال فترات النمذجة الثلاث واتجاهات تغيرها المستقبلي مقارنة بأشهر فترة الأساس وفقاً للسيناريوهين A2a و B2a، حيث تأخذ تلك المعدلات اتجاهاً نحو الزيادة من ديسمبر وحتى يونيو بالرغم من أن يونيو يشهد زيادة طفيفة لا تتجاوز (0.2 م°) خلال الفترة (2099-2010)، ويمثل شهر أبريل ذروة الارتفاع بمعدل (6.5 م°)، بينما ستخف درجة الحرارة الصغرى في باقي الأشهر مقارنة بفترة الأساس من يوليو وحتى نوفمبر بفارق كبير يتراوح بين (-6.7 م°) في شهر أغسطس، و(-11.3 م°) في شهر سبتمبر خلال الفترة 2099 - 2070 بحسب نتائج نمذجة السيناريو A2a وبنفس الفارق لشهر أغسطس و (-8.7 م°) لشهر سبتمبر وفق السيناريو B2a خلال الفترة ذاتها.

الشكل (30) اسقاطات درجة الحرارة الصغرى الشهرية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a, B2a.



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الجدول (18،19).

2- التغير في درجة الحرارة العظمى.

تبيّن نتائج نمذجة درجات الحرارة العظمى في منطقة الزاوية وفقاً للسيناريوهين A2a و B2a أن معدّلها السنوي سيأخذ اتجاهًا نحو الارتفاع، إذ سيبلغ ذلك المعدّل ذروته في الفترتين (2069-2040) و(2070-2099)، وبزيادة مقدارها (0.4 م°) عن معدّلها السنوي في فترة الأساس (1990-1961)، كما هو موضح في الجدولين (20) و(21)؛ وكما يتضح ذلك أيضاً بالنسبة إلى نتائج نمذجة التغير في المعدّلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى في منطقة الزاوية وفقاً للسيناريوهين، كما هو مبين بالشكل (31) الذي يؤكد على أن هناك زيادة في درجة الحرارة العظمى الفترة من ديسمبر وحتى مايو، وهي متطابقة في اتجاه الزيادة مع درجة الحرارة الصغرى، إذ سيسجل شهر مايو ذروة الارتفاع بفارق حراري يصل إلى (9.8 م°) مقارنة بفترة الأساس، بينما تسجل الأشهر من يونيو وحتى نوفمبر تناقصاً واضحاً في درجات الحرارة العظمى مقارنة بفترة الأساس، ويمثل شهر يونيو أقل الأشهر تغيراً، وبفارق (-0.2 م°)، بينما يصل في شهر سبتمبر إلى (-9.5 م°).

الجدول (20) التغير في درجة الحرارة العظمى خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو A2a.

2099 – 2070		2069 – 2040		2039 – 2010		المتوسط الشهري لفترة الأساس 1990 – 1961	الشهور
فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري		
9.4-	23.7	9.5-	23.6	9.4-	23.7	33.1	سبتمبر
7.1-	21.4	7.1-	21.4	7.1-	21.4	28.5	أكتوبر
3.2-	20.1	3.2-	20.1	3.1	20.2	23.3	نوفمبر
0.3	19.1	0.4	19.2	0.3	19.1	18.8	ديسمبر
3.4	20.9	3.5	21	3.4	20.9	17.5	يناير
4.8	24.2	4.9	24.3	4.9	24.3	19.4	فبراير
2.5	28.3	2.7	28.5	2.5	28.3	25.8	مارس
5.4	33.4	5.5	33.5	5.5	33.5	29.9	أبريل
9.7	34.5	9.8	34.6	9.8	34.6	24.8	مايو
0.1-	33.9	0.2-	33.8	0.2-	33.8	34	يونيو
4.2-	31	4.2-	31	4.1-	31.1	35.2	يوليو
7.9-	26.8	7.9-	26.8	7.9-	26.8	34.7	أغسطس
0.4	27.3	0.4	27.3	0.1-	26.5	26.8	المعدل السنوي

المصدر: عمل الباحثة باستخدام تقنية SDSM4.2.9.

الجدول (21) التغير في درجة الحرارة العظمى خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو B2a

2099 – 2070		2069 – 2040		2039 – 2010		المتوسط الشهري لفترة الأساس 1990 – 1961	الشهور
فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري		
-9.7	23.4	-9.5	23.6	-9.3	23.8	33.1	سبتمبر
-7.0	21.5	-7.2	21.3	-7.1	21.4	28.5	أكتوبر
-2.7	20.6	-3.1	20.2	3.1	20.2	23.3	نوفمبر
0.5	19.3	0.4	19.2	-0.5	19.3	18.8	ديسمبر
3.5	21	3.5	21	-3.4	20.9	17.5	يناير
5.1	24.5	4.9	24.3	-4.9	24.5	19.4	فبراير
2.6	28.4	2.6	28.4	2.5	28.2	25.8	مارس
5.4	33.4	5.4	33.4	5.5	33.5	29.9	أبريل
9.9	34.7	9.7	34.5	9.8	34.4	24.8	مايو
0.0	34	-0.1	33.9	-0.2	33.8	34	يونيو
-3.7	31.5	-4.4	30.8	-4.4	30.8	35.2	يوليو
-7.8	26.9	-7.8	26.9	-7.6	27.1	34.7	أغسطس
0.6	27.5	0.4	27.3	-0.4	27.3	26.8	المعدل السنوي

المصدر: عمل الباحثة باستخدام تقنية SDSM4.2.9.

الشكل (31) اسقاطات درجة الحرارة العظمى الشهرية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a, B2a.



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الجدولين (20) و (21).

3- التغير في درجة الحرارة المتوسطة.

تُظهر نتائج نمذجة متوسط درجات الحرارة في منطقة الزاوية وفقاً للسيناريوهين A2a و B2a - والجدولين (22) و (23) - أن معدلها السنوي لن يشهد تغيراً واضحاً، إذ سيتراوح معدل التغير ما بين (0.1 - 0.4 م°). كما يؤكد الشكل (32) أن التغير في المعدلات الشهرية لمتوسط درجة الحرارة سيأخذ اتجاهاً نحو الزيادة خلال الفترة من شهر ديسمبر وحتى مايو، وهي متطابقة مع اتجاهات التغير من حيث الفترة مع تغير درجتي الحرارة الصغرى والعظمى، حيث ستبلغ ذروة الزيادة في شهر مايو بفارق حراري يصل إلى (7.2 م°) خلال الفترات المستقبلية الثلاث مقارنة بفترة الأساس، بينما ستشهد الأشهر من يونيو وحتى نوفمبر تناقصاً واضحاً في متوسط درجات الحرارة مقارنة بفترة الأساس، حيث يمثل شهر يونيو أقل الأشهر تغيراً بفارق يتراوح بين (± 0.1 م°)، بينما يصل ذروة التناقص في شهر سبتمبر، إذ يصل الفارق في التغير إلى (-10.4 م°) في الفترة من 2070-2099.

الجدول (22) التغير في درجة الحرارة المتوسطة خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو A2a.

2099 – 2070		2069 – 2040		2039 – 2010		المتوسط الشهري 1990 – 1961	الشهر
فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري		
-10.4	16.1	-8.8	17.6	-8.8	17.7	26.5	سبتمبر
-6.7	15.8	-6.6	15.8	-6.6	15.9	22.5	أكتوبر
-1.7	15.8	-3.1	14.3	-3.1	14.4	17.5	نوفمبر
0.3	13.7	0.4	13.8	0.4	13.8	13.4	ديسمبر
3.2	15.3	3.1	15.6	3.1	15.2	12.1	يناير
4.8	18	4.8	18	4.8	18	13.2	فبراير
4.0	21.4	3.9	21.6	3.9	21.4	17.5	مارس
6.0	26	6.0	26.1	6.0	26	20.1	أبريل
7.2	27.3	7.2	27.3	7.2	27.4	20.2	مايو
0.1	26.6	-0.1	26.1	-0.1	26.5	26.6	يونيو
-3.8	23.8	-3.9	23.8	-3.9	23.8	27.6	يوليو
-7.3	20.6	-7.3	20.6	-7.3	20.6	27.9	أغسطس
0.4	20.8	0.1	20.8	0.1	20.5	20.4	المعدل السنوي

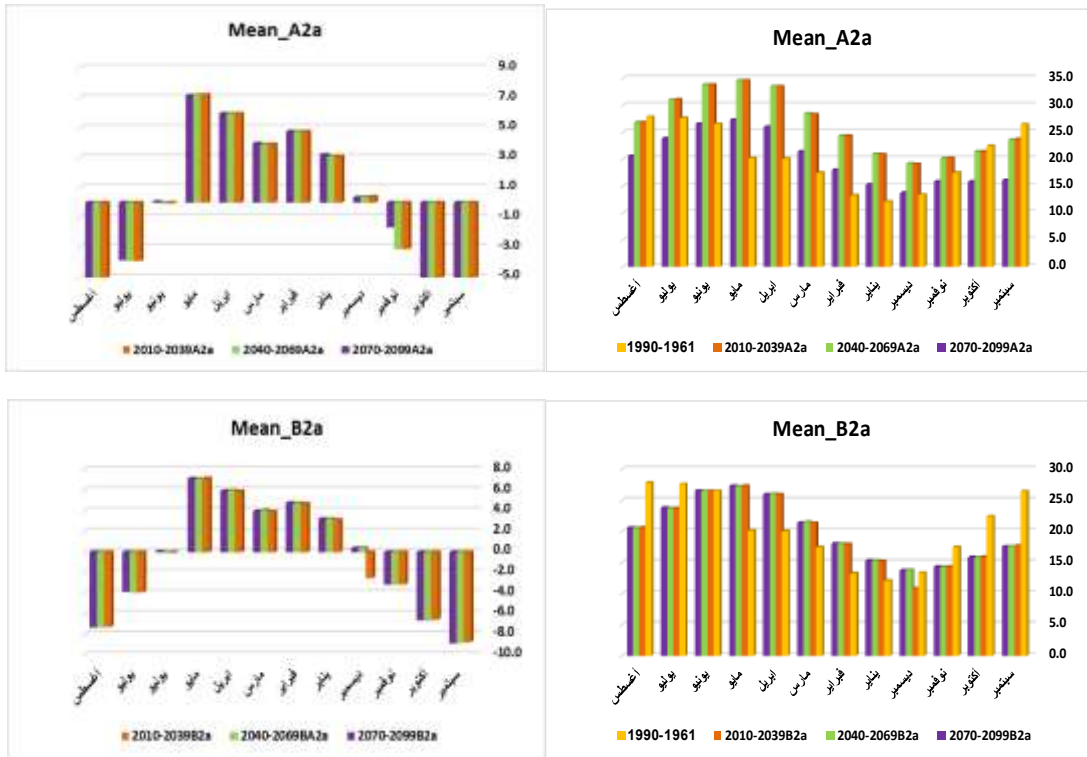
المصدر: عمل الباحثة باستخدام تقنية SDSM4.2.9

الجدول (23) التغير في درجة الحرارة المتوسطة خلال للفترة (1961 – 2099م) وفق سيناريو B2a

2099 – 2070		2069 – 2040		2039 – 2010		المتوسط الشهري 1990 – 1961	الشهر
فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري	فارق التغير الشهري	المتوسط الشهري		
-8.9	17.3	-8.8	17.6	-8.7	17.5	26.5	سبتمبر
-6.6	15.7	-6.7	15.7	-6.6	15.6	22.5	أكتوبر
-3.1	14.5	-3.2	14.2	-3.1	14.2	17.5	نوفمبر
0.4	13.8	0.4	13.7	-2.5	13.7	13.4	ديسمبر
3.2	15.3	3.2	15.4	3.1	15.2	12.1	يناير
4.8	18	4.8	18	4.7	17.9	13.2	فبراير
4.0	21.4	4.1	21.6	3.9	21.4	17.5	مارس
6.0	25.9	6.0	26.1	5.9	25.9	20.1	أبريل
7.2	27.3	7.1	27.3	7.2	27.2	20.2	مايو
0.0	26.4	0.0	26.3	0.0	26.5	26.6	يونيو
-3.8	24	-3.9	23.7	-3.9	23.5	27.6	يوليو
-7.3	20.6	-7.3	20.5	-7.3	20.4	27.9	أغسطس
0.3	20.8	0.3	20.7	0.6	20.6	20.4	المعدل السنوي

المصدر: عمل الباحثة باستخدام تقنية SDSM4.2.9.

الشكل (32) اسقاطات درجة الحرارة المتوسطة الشهرية مع فارق التغير وفق سيناريو H3A2a,B2a.



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الجدولين (22) و(23).

المبحث الثاني: اتجاهات التغير في درجات الحرارة.

1- اتجاهات التغير في درجة الحرارة الصغرى.

يتضح من الجدولين (24) و(25) نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية والتي تظهر اتجاهاً واضحاً نحو الزيادة في المعدلات السنوية - شكل (33) - وتبايناً في المعدلات الفصلية بكلا السيناريوهين، وهذا دليل ومؤشر بأن درجة الحرارة تتجه نحو الاحترار في منطقة الزاوية، من خلال وجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترة الثلاث المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990) بالرغم من ظهور زيادة دون مستوى الدلالة الإحصائية، إذ تراوح معامل الانحدار b ما بين 0.036 و0.38، بينما نجد أن هناك تبايناً واضحاً في التغير على المستوى الفصلي، إذ سينتج عن ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة تقلبات واضحة في فصول السنة وتغير خصائصها مستقبلاً، مما يندرج بمشكلات بيئية وخيمة مستقبلاً.

كما نستنتج من الجدولين والشكل (34) أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية تتجه اتجاهاً واضحاً نحو الانخفاض خلال الفترات المستقبلية الثلاث في فصلي الخريف

والصيف، حيث كانت قيم b سالبة، وبتباين مفسر مرتفع بلغ 65% في فصل الخريف و79% في فصل الصيف، وعلى مستوى دال إحصائياً، بينما ظهر الاتجاه نحو الارتفاع في فصل الشتاء، بمعامل ارتباط تجاوز 91%، وبتباين مفسر بلغ 85% وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.000، وكذلك الحال في فصل الربيع بلغ معامل الارتباط 0.95، وبتباين مفسر بلغ 91% وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.000، كما هو مبين بالشكل (5).

جدول (24) اتجاهات تغير درجة الحرارة الصغرى الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية

وفق سيناريو H3A2a.

الفصول	الفترات	متوسط درجة الحرارة الصغرى	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R ²)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة (الإحصائية sing)
فصل الخريف	1990 - 1961	15.9	0.86	0.33	0.11	0.032	0.076
	2039 - 2010	10.18	2.98	0.81	0.65	-0.274	0.000
	2069 - 2040	10.08	2.87	0.80	0.65	-0.262	0.000
	2099 - 2070	10.07	2.82	0.80	0.65	-0.259	0.000
فصل الشتاء	1990 - 1961	7.23	0.77	0.01	0.000	-0.001	0.943
	2039 - 2010	9.84	2.89	0.91	0.83	0.299	0.000
	2069 - 2040	9.94	2.89	0.91	0.82	0.299	0.000
	2099 - 2070	9.96	2.83	0.90	0.81	0.290	0.000
فصل الربيع	1961 - 1990	12.21	0.84	0.089	0.008	0.009	0.640
	2039 - 2010	17.86	4.05	0.95	0.91	0.439	0.000
	2069 - 2040	17.71	4.19	0.94	0.89	0.451	0.000
	2099 - 2070	17.72	4.12	0.95	0.89	0.443	0.000
فصل الصيف	1990 - 1961	20.07	0.78	0.33	0.11	0.030	0.072
	2039 - 2010	16.53	4	0.89	0.79	-0.405	0.000
	2069 - 2040	16.66	4.01	0.85	0.71	-0.386	0.000
	2099 - 2070	16.71	4	0.85	0.72	-0.386	0.000
المعدل السنوي	1990 - 1961	14.25	0.03	0.31	0.097	0.019	0.093
	2039 - 2010	14.21	0.73	0.43	0.185	0.036	0.053
	2069 - 2040	14.22	0.79	0.41	0.17	0.38	0.022
	2099 - 2070	14.25	0.78	0.38	0.11	0.34	0.038

عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9..

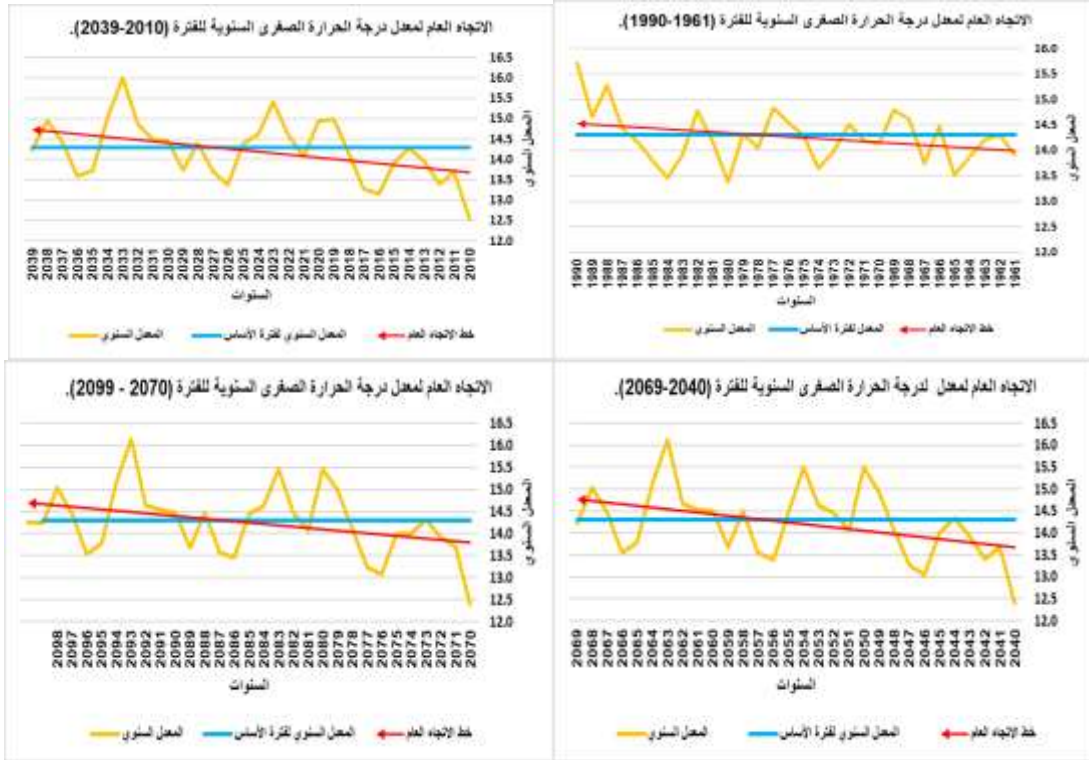
جدول (25) اتجاهات تغير درجة الحرارة الصغرى الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية

وفق سيناريو H3B2a.

مستوى الدلالة الإحصائية (sing)	معامل الانحدار (b)	نسبة التباين المفسر (R ²)	معامل الارتباط (R)	الانحراف المعياري	متوسط درجة الحرارة الصغرى	الفترات	الفصول
0.076	0.032	0.11	0.33	0.86	15.92	1990 - 1961	فصل الخريف
0.000	-0.226	0.60	0.78	2.55	9.79	2039 - 2010	
0.000	-0.265	0.65	0.81	2.89	9.94	2069 - 2040	
0.000	-0.251	0.69	0.83	2.66	9.76	2099 - 2070	
0.943	-0.001	0.000	0.01	0.77	7.23	1990 - 1961	فصل الشتاء
0.000	0.313	0.85	0.92	2.97	9.65	2039 - 2010	
0.000	0.296	0.83	0.91	2.86	9.95	2069 - 2040	
0.000	0.270	0.82	0.90	2.62	9.73	2099 - 2070	
0.640	0.009	0.008	0.089	0.84	12.21	1961 - 1990	فصل الربيع
0.000	0.479	0.90	0.95	4.44	17.48	2039 - 2010	
0.000	0.449	0.89	0.95	4.17	17.65	2069 - 2040	
0.000	0.417	0.87	0.93	3.93	17.47	2099 - 2070	
0.072	0.030	0.111	0.33	0.78	20.07	1990 - 1961	فصل الصيف
0.000	-0.353	0.68	0.83	3.7	16.29	2039 - 2010	
0.000	-0.379	0.72	0.85	3.92	16.42	2069 - 2040	
0.000	-0.380	0.71	0.84	3.98	16.44	2099 - 2070	
0.093	0.019	0.097	0.31	0.03	14.25	1990 - 1961	المعدل السنوي
0.001	0.066	0.39	0.63	0.92	13.39	2039 - 2010	
0.050	0.38	0.18	0.43	0.79	14.10	2069 - 2040	
0.039	0.025	0.76	0.28	0.8	13.97	2099 - 2070	

عمل الباحثة باستخدام: SDSM4.2.9.

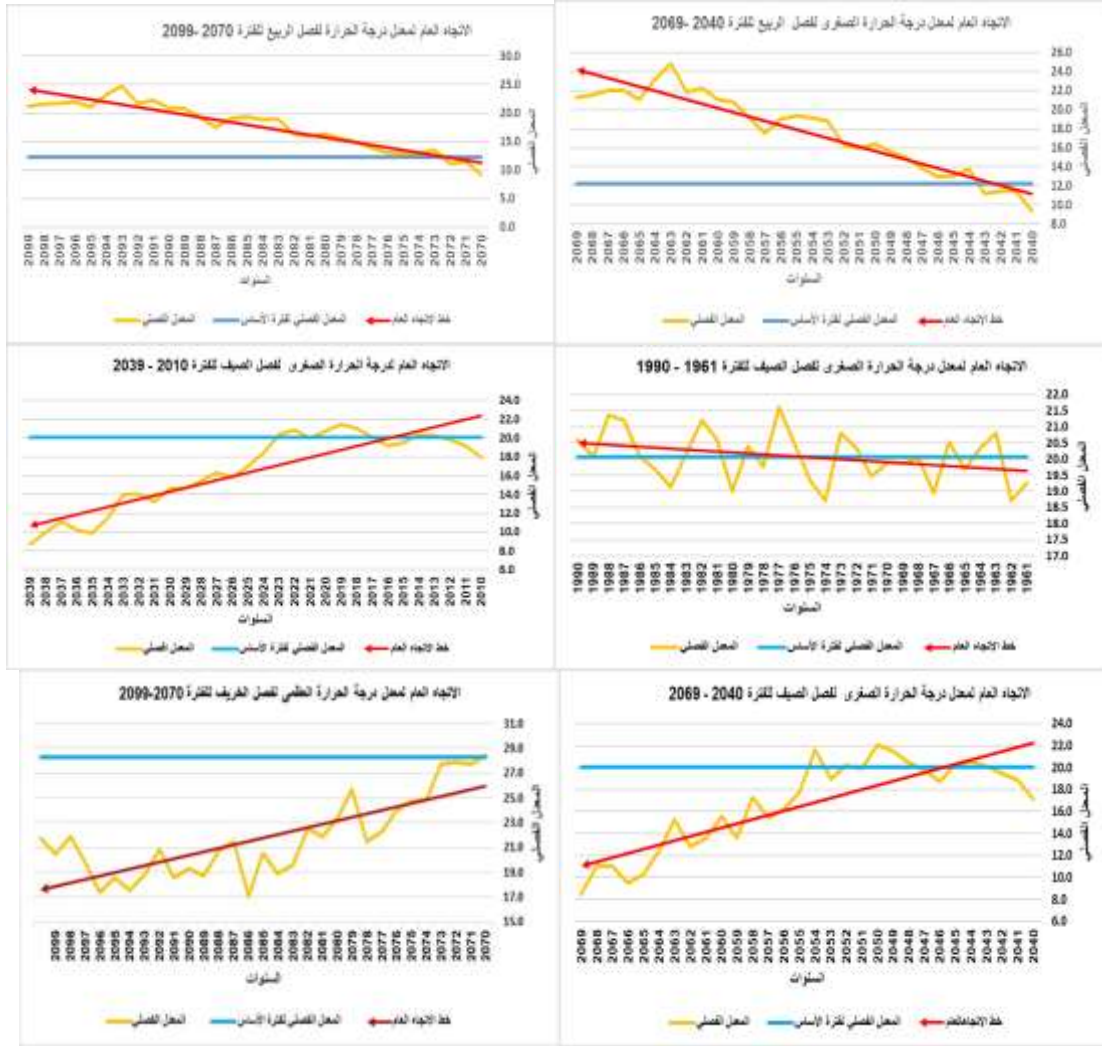
الشكل (33) الاتجاه العام للمعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (24،25) باستخدام Excel.

الشكل (34) الاتجاه العام للتغيرات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.





المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدولين (24) و(25) باستخدام Microsoft Excel 2010

2- اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى:

أظهرت نتائج الانحدار الخطي البسيط لدرجات الحرارة العظمى في منطقة الزاوية، كما هو مبين في الشكل (34) اتجاهًا واضحًا للزيادة في المعدلات السنوية، وتباينًا في المعدلات الفصلية بكلا السيناريوهين، وهذا دليل ومؤشر بأن درجة الحرارة تتجه نحو الاحترار في منطقة الدراسة، حيث دلت نتائج تحليل الانحدار الخطي - الجدولين (26) و(27) - إلى وجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترة الثلاث المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)، بالرغم من ظهور زيادة دون مستوى الدلالة الإحصائية، إذ تراوح معامل الانحدار b ما بين 0.008 - 0.13.

كما يستنتج كذلك أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى في منطقة الزاوية تتجه اتجاهًا واضحًا نحو الانخفاض خلال الفترات المستقبلية الثلاث في فصلي الخريف والصيف حيث كانت

قيم b سالبة، وبتباين مفسر مرتفع بلغ 75% في فصل الخريف و80% في فصل الصيف، وعلى مستوى دال إحصائياً، بينما ظهر الاتجاه نحو الارتفاع في فصلي الشتاء والربيع بمعامل ارتباط تجاوز 90%، وبتباين مفسر بلغ 88% وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.000 - الشكل (35).

جدول (26) اتجاهات تغير درجات الحرارة العظمى الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية وفق سيناريو H3A2a للفترة (1961-2099).

الفصول	الفترات	متوسط درجة الحرارة العظمى	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R ²)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الإحصائية (sing)
فصل الخريف	1990 - 1961	28.3	1.10	0.18	0.03	0.022	0.345
	2039 - 2010	21.8	3.3	0.81	0.66	-0.306	0.000
	2069 - 2040	21.7	3.3	0.80	0.75	-0.297	0.000
	2099 - 2070	21.8	3.3	0.81	0.66	-0.307	0.000
فصل الشتاء	1990 - 1961	18.6	1.1	0.18	0.03	0.022	0.345
	2039 - 2010	21.4	3.2	0.92	0.85	0.333	0.000
	2069 - 2040	21.5	3.2	0.93	0.86	0.335	0.000
	2099 - 2070	21.4	3.2	0.92	0.86	0.332	0.000
فصل الربيع	1961 - 1990	25.8	1.1	0.21	0.05	0.028	0.260
	2039 - 2010	32.1	4.9	0.94	0.87	0.520	0.000
	2069 - 2040	32.2	4.7	0.86	0.74	0.454	0.000
	2099 - 2070	31.1	4.9	0.94	0.88	0.523	0.000
فصل الصيف	1990 - 1961	34.9	1	0.242	0.059	0.028	0.197
	2039 - 2010	30.6	5.2	0.89	0.80	-0.532	0.000
	2069 - 2040	30.5	5.3	0.89	0.80	-0.538	0.000
	2099 - 2070	30.6	5.2	0.89	0.80	-0.531	0.000
السنوية	1990 - 1961	26.8	0.6	0.42	0.18	0.029	0.019
	2039 - 2010	26.8	0.7	0.29	0.08	0.023	0.123
	2069 - 2040	27.3	0.9	0.08	0.01	0.008	0.660
	2099 - 2070	27.3	0.9	0.13	0.02	0.13	0.479

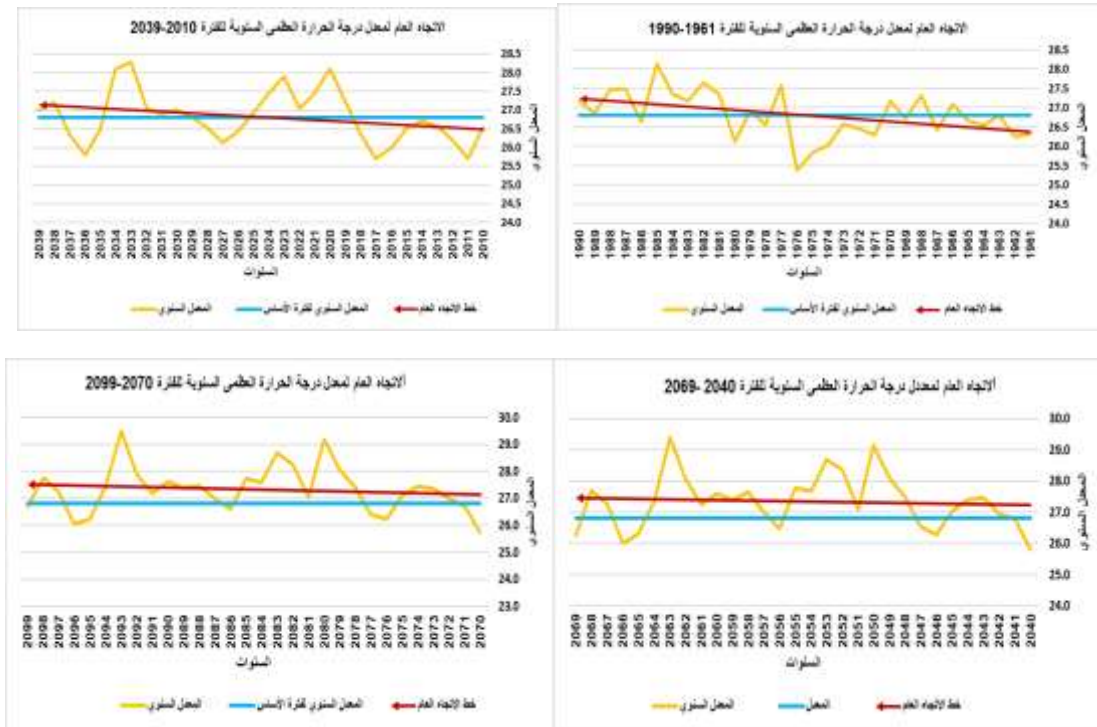
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SDSM & SPSS.

جدول (27) اتجاهات تغير درجات الحرارة العظمى الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية وفق سيناريو H3B2a للفترة (1961-2099).

الفصول	الفترات	متوسط درجة الحرارة العظمى	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R ²)	معامل الاتحدار (b)	مستوى الدلالة الإحصائية (sing)
فصل الخريف	1990 - 1961	18.6	1.10	0.18	0.03	0.022	0.345
	2039 - 2010	21.8	3.34	0.79	0.62	-0.300	0.000
	2069 - 2040	21.7	3.25	0.80	0.75	-0.297	0.000
	2099 - 2070	21.8	3.33	0.81	0.66	-0.307	0.000
فصل الشتاء	1990 - 1961	18.6	1.11	0.18	0.03	0.022	0.345
	2039 - 2010	21.6	3.30	0.92	0.84	0.344	0.000
	2069 - 2040	21.5	3.18	0.93	0.86	0.335	0.000
	2099 - 2070	21.4	3.17	0.92	0.86	0.332	0.000
فصل الربيع	1961 - 1990	25.8	1.14	0.21	0.05	0.028	0.260
	2039 - 2010	32.1	4.78	0.94	0.89	0.512	0.000
	2069 - 2040	32.2	4.65	0.86	0.74	0.454	0.000
	2099 - 2070	31.1	4.92	0.94	0.88	0.523	0.000
فصل الصيف	1990 - 1961	34.9	1.0	0.242	0.059	0.028	0.197
	2039 - 2010	30.6	5.22	0.89	0.80	-0.532	0.000
	2069 - 2040	30.5	5.28	0.89	0.80	-0.538	0.000
	2099 - 2070	30.6	5.22	0.89	0.80	-0.531	0.000
السنوية	1990 - 1961	26.8	0.61	0.42	0.18	0.029	0.019
	2039 - 2010	27.3	0.79	0.15	0.02	0.014	0.422
	2069 - 2040	27.3	0.89	0.15	0.02	0.016	0.279
	2099 - 2070	27.4	0.87	0.20	0.04	0.020	0.415

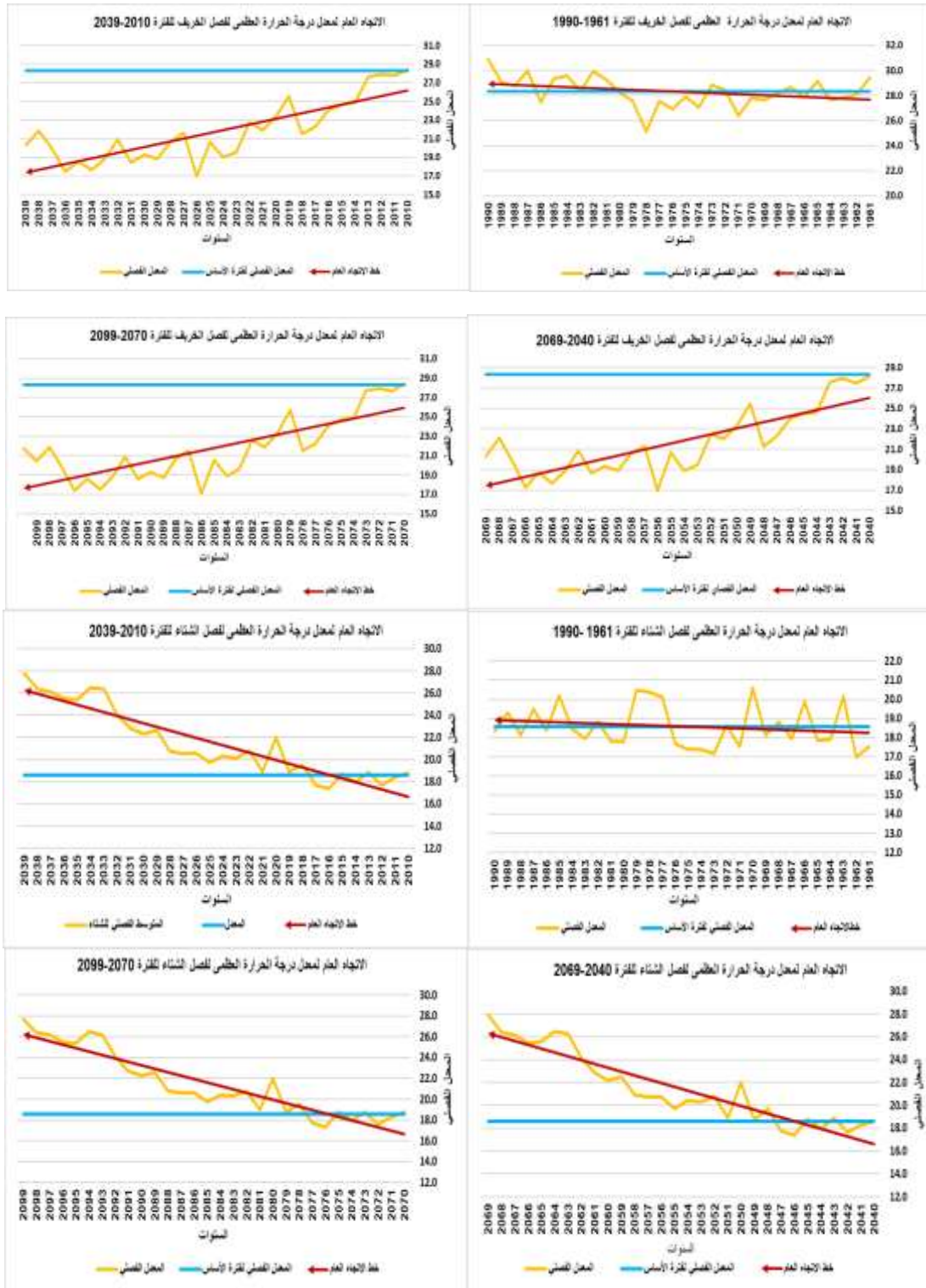
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SDSM & SPSS.

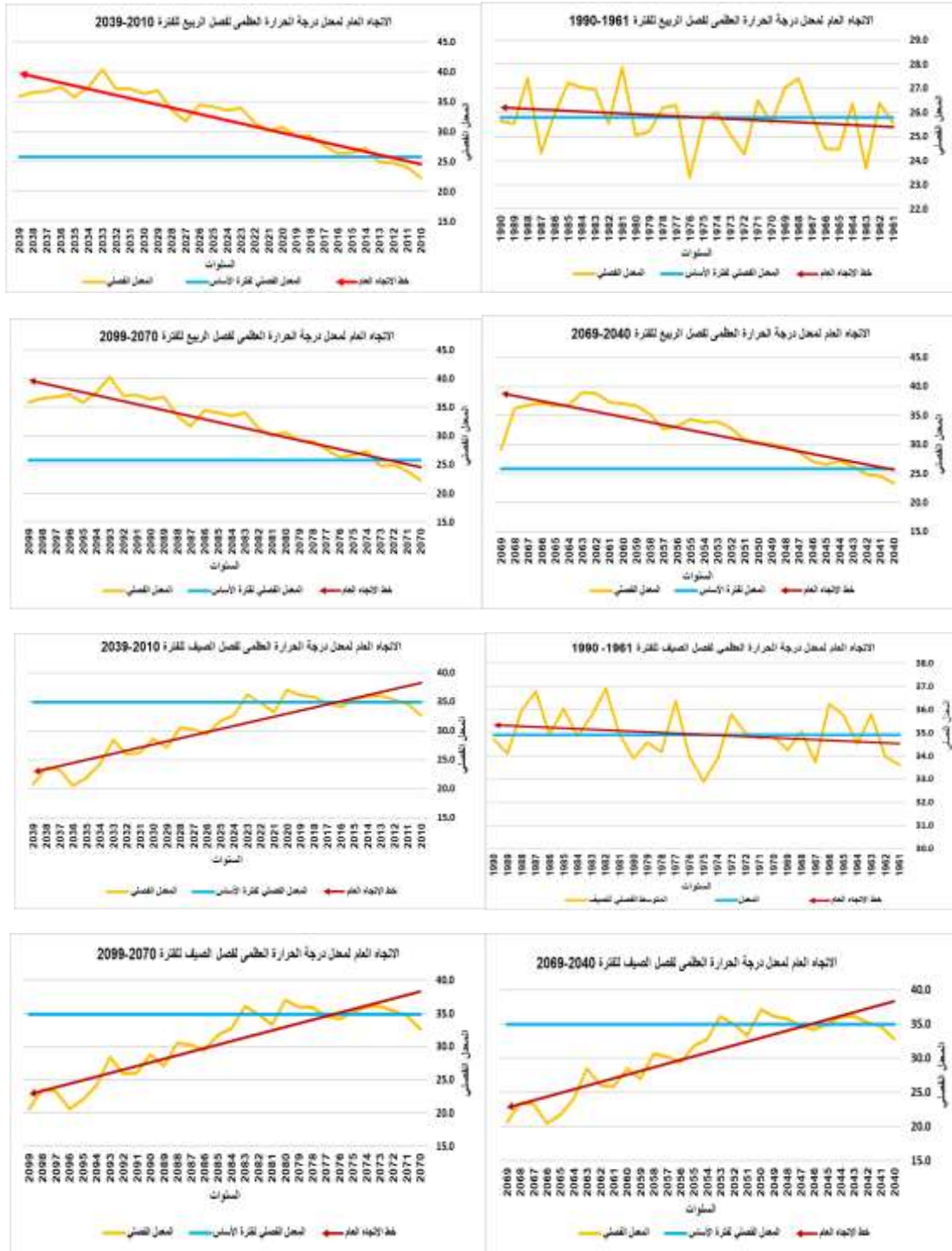
الشكل (35) الاتجاه العام للمعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (26،27) باستخدام Excel

الشكل (36) الاتجاه العام للتغيرات الفصلية لدرجة الحرارة العظمى في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.





المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (26,27) باستخدام Microsoft Excel 2010

3- اتجاهات التغير في درجات الحرارة المتوسطة:

اتفقت نتائج الانحدار الخطي البسيط لدرجة الحرارة المتوسطة السنوية في الجدولين (28) و(29) بأن هناك اتجاهًا واضحاً نحو الزيادة وفقاً للسيناريوهين - الشكل (36) - بينما تتباين في المعدلات الفصلية، والتي ستشهد ارتفاعاً واضحاً خلال فصلي الشتاء والربيع، حيث دلّت نتائج

تحليل الانحدار الخطي في الجدولين المذكورين إلى وجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترات الثلاث المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990) في فصل الشتاء بمعامل ارتباط تجاوز 92%، وبتباين مفسر بلغ 86% وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.000، الشكل (37)، أما في فصل الربيع فقد بلغ معامل الارتباط أيضاً 0.92، وبتباين مفسر بلغ 84% وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.000.

وكما نستنتج كذلك أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة المتوسطة يتجه اتجاهاً واضحاً نحو الانخفاض خلال الفترات المستقبلية الثلاث في فصلي الخريف والصيف، حيث كانت قيم b سالبة، وبتباين مفسر مرتفع بلغ 66% في فصل الخريف و78% في فصل الصيف، وعلى مستوى دال إحصائياً.

جدول (28) اتجاهات تغير درجة الحرارة المتوسطة الفصلية والسنوية في محطة مطار طرابلس

وفق سيناريو H3A2a.

مستوى الدلالة (الإحصائية sing)	معامل الانحدار (b)	نسبة التباين المفسر (R ²)	معامل الارتباط (R)	الانحراف المعياري	متوسط درجة الحرارة	الفترات	درجة الحرارة المتوسطة الفصلية والسنوية
0.048	0.038	0.13	0.36	0.9	22.1	1990 - 1961	فصل الخريف
0.000	-0.262	0.62	0.79	2.9	15.8	2039 - 2010	
0.000	-0.277	0.62	0.79	3.1	15.9	2069 - 2040	
0.000	-0.207	0.66	0.81	2.9	15.8	2099 - 2070	
0.539	0.011	0.01	0.12	0.8	12.9	1990 - 1961	فصل الشتاء
0.000	0.330	0.86	0.91	3.1	15.5	2039 - 2010	
0.000	0.322	0.85	0.92	3.1	15.7	2069 - 2040	
0.000	0.309	0.84	0.92	2.9	15.6	2099 - 2070	
0.339	0.018	0.03	0.18	0.9	19	1961 - 1990	فصل الربيع
0.000	0.459	0.84	0.92	4.4	25.6	2039 - 2010	
0.000	0.443	0.82	0.83	4.1	25.9	2069 - 2040	
0.000	0.421	0.82	0.91	4.1	25.7	2099 - 2070	
0.103	0.029	0.092	0.303	0.8	27.5	1990 - 1961	فصل الصيف
0.000	-0.441	0.77	0.88	4.4	23.4	2039 - 2010	
0.000	-0.449	0.78	0.88	4.5	23.5	2069 - 2040	
0.000	-0.451	0.77	0.88	4.5	23.6	2099 - 2070	
0.008	0.024	0.22	0.47	0.44	20.4	1990 - 1961	السنوية
0.083	0.030	0.11	0.33	0.8	20.9	2039 - 2010	
0.279	0.018	0.04	0.20	0.8	20.9	2069 - 2040	
0.584	0.009	0.01	0.10	0.8	20.9	2099 - 2070	

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

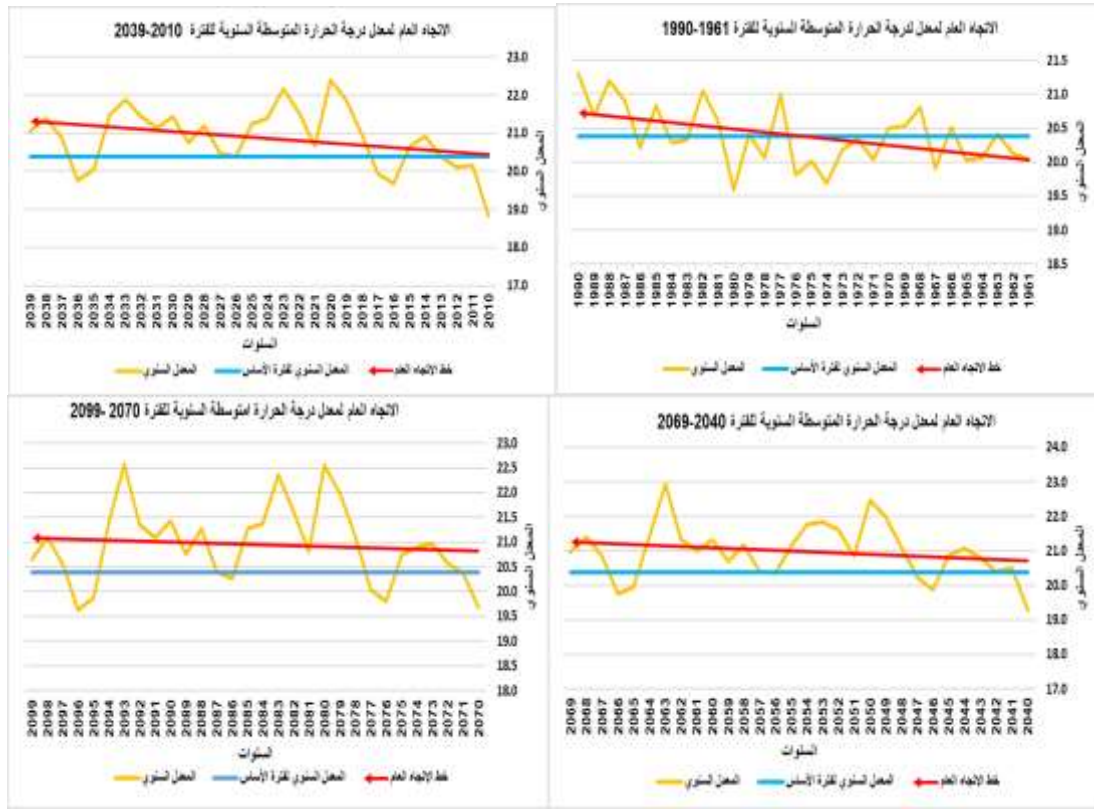
جدول (29) اتجاهات تغير درجة الحرارة المتوسطة الفصلية والسنوية في منطقة الزاوية

وفق سيناريو H3B2a.

درجة الحرارة المتوسطة الفصلية والسنوية	الفترة	متوسط درجة الحرارة	الانحراف المعياري	معامل الارتباط (R)	نسبة التباين المفسر (R ²)	معامل الانحدار (b)	مستوى الدلالة الإحصائية (sing)
فصل الخريف	1990 - 1961	22.1	0.9	0.36	0.13	0.038	0.048
	2039 - 2010	15.9	3.1	0.81	0.66	-0.290	0.000
	2069 - 2040	15.9	3	0.81	0.65	-0.280	0.000
	2099 - 2070	15.9	3	0.81	0.66	-0.283	0.000
فصل الشتاء	1990 - 1961	12.9	0.8	0.12	0.01	0.011	0.539
	2039 - 2010	14.7	2.7	0.93	0.87	0.284	0.000
	2069 - 2040	15.7	3	0.92	0.85	0.317	0.000
	2099 - 2070	15.6	2.9	0.91	0.84	0.311	0.000
فصل الربيع	1961 - 1990	19	0.9	0.18	0.03	0.018	0.339
	2039 - 2010	24.9	4.6	0.94	0.89	0.490	0.000
	2069 - 2040	24.9	4.5	0.94	0.88	0.485	0.000
	2099 - 2070	24.9	4.5	0.94	0.88	0.483	0.000
فصل الصيف	1990 - 1961	27.5	0.8	0.303	0.092	0.029	0.103
	2039 - 2010	23.6	4.6	0.88	0.77	-0.456	0.000
	2069 - 2040	23.6	4.6	0.77	0.88	-0.462	0.000
	2099 - 2070	23.6	4.5	0.88	0.77	-0.459	0.000
السنوية	1990 - 1961	20.4	0.4	0.47	0.22	0.024	0.008
	2039 - 2010	19.8	0.7	0.08	0.08	0.007	0.460
	2069 - 2040	20	0.7	0.19	0.03	0.015	0.237
	2099 - 2070	20.9	0.8	0.10	0.01	0.009	0.584

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

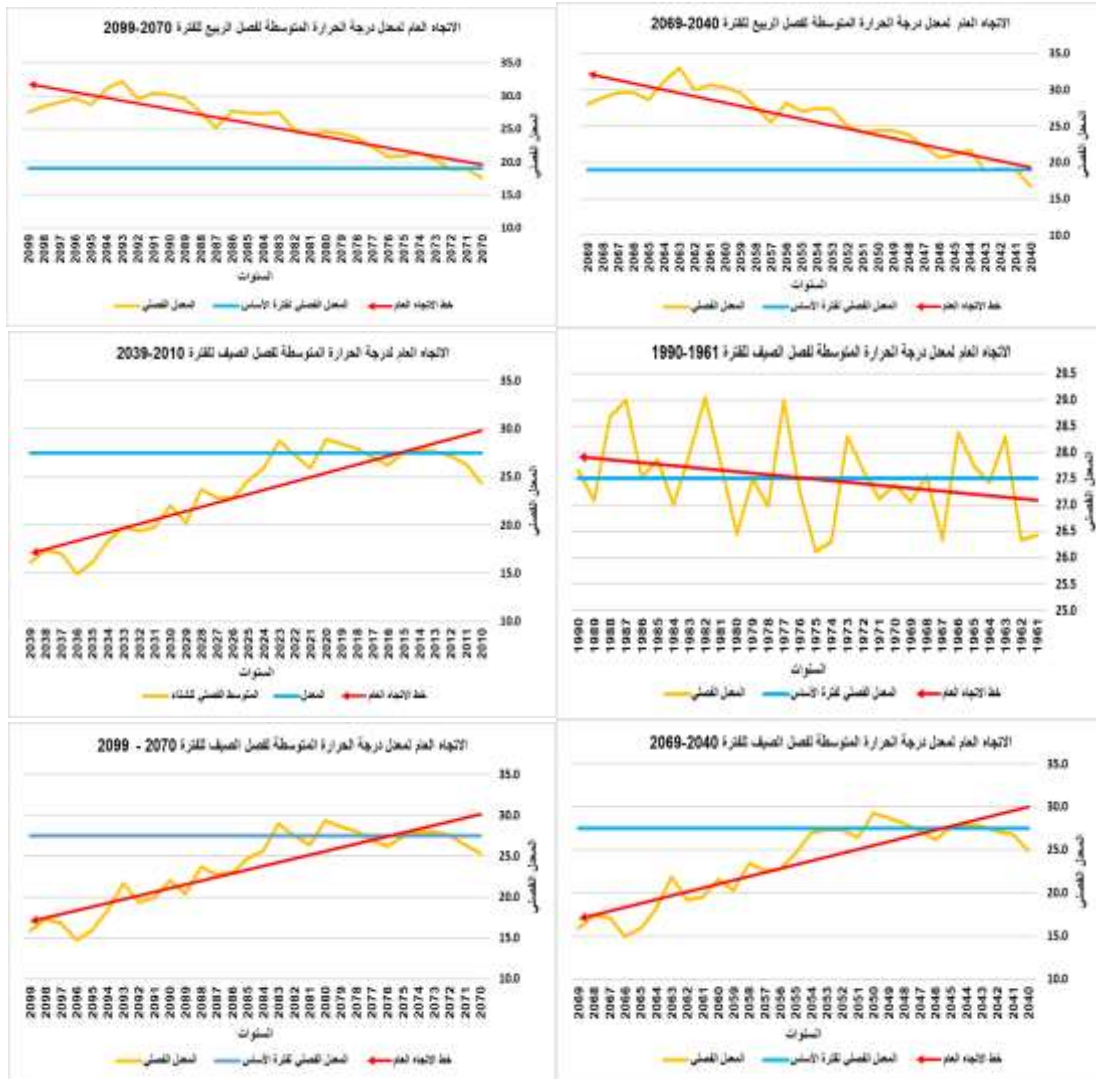
الشكل (37) الاتجاه العام للمعدل السنوي لدرجة الحرارة المتوسطة في منطقة الزاوية للفترة 2099-1961.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدولين (28) و (29) باستخدام Excel

الشكل (38) الاتجاه العام لدرجة الحرارة المتوسطة الفصلية في منطقة الزاوية للفترة 1961-2099.





المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (28،29) باستخدام Excel

المبحث الثالث: اختبار التباين الأحادي (One-way Analysis of Variance (ANOVA) في متوسطات درجات الحرارة.

1- اختبار تباين الأحادي (One-way ANOVA) Analysis of Variance في متوسطات درجات الحرارة الصغرى.

هو أحد الاختبارات المعملية التي تستخدم في المقارنة بين المتوسطات، ويطلق عليه تحليل التباين الأحادي (One-way analysis of variance)، 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⁽¹⁾. ويشترط فيه أن تكون العينة متجانسة، أي أن عدد مجموع كل عينة متساو⁽²⁾.

فقد دلت نتائج الجدول (30) على عدم وجود اختلاف أو تباين في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة الصغرى بين فترة الأساس (1961-1990) والفترات المستقبلية الثلاث (2010 - 2039)، (2040-2069)، (2070-2099) وبدون فروقات ذات دلالة إحصائية، كما في الشكل (38)، بينما أشارت النتائج إلى وجود تباين في المتوسطات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى نحو الانخفاض عن متوسط سنة الأساس خلال فصلي الخريف والصيف، ففي فصل الخريف بلغ مقدار الفارق (5.8 م°) وعلى مستوى دلالة 0.002، أما في فصل الصيف فستتخفص درجة الحرارة الصغرى خلال الفترات المستقبلية الثلاث مقارنة بالفترة الأولى، وبفارق قدره (4 م°) وعلى مستوى دلالة إحصائية بلغ 0.000.

كما أكدت نتائج اختبار التباين على الاتجاه نحو الارتفاع لدرجات الحرارة الصغرى في فصلي الشتاء والربيع، فعند مقارنة متوسطات الفترات الثلاث المستقبلية نجد أنها ترتفع بفارق مقداره (2.9 م°) في فصل الشتاء، وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.000، وبفارق (5.6 م°) في فصل الربيع وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.005.

الجدول (30) اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة الصغرى لسيناريو A2a لفترة (1961-2099) في منطقة الزاوية.

مستوى الدلالة الإحصائية (sing)	الفارق في المتوسط	التجانس sig	الانحراف المعياري	متوسط درجة الحرارة الصغرى	الفترات	الفصول
-	-	0.000	0.8	15.9	1990 - 1961	الخريف
0.000	5.7	0.000	2.10	10.2	2039 - 2010	
0.000	5.8	0.000	2.9	10.1	2069 - 2040	
0.000	5.8	0.000	2.8	10.1	2099 - 2070	
-	-	0.000	0.7	7.2	1990 - 1961	الشتاء
0.001	2.6	0.000	2.9	9.8	2039 - 2010	
0.000	2.7	0.000	2.9	9.9	2069 - 2040	
0.000	2.7	0.000	2.8	10	2099 - 2070	
-	-	0.000	0.8	12.2	1961 - 1990	الربيع
0.000	5.6	0.000	4	17.9	2039 - 2010	
0.000	5.5	0.000	4.1	17.7	2069 - 2040	
0.000	5.5	0.000	4.1	17.7	2099 - 2070	
-	-	0.000	0.7	20.1	1990 - 1961	الصيف
0.001	3.5	0.000	4	16.5	2039 - 2010	
0.001	3.4	0.000	4	16.7	2069 - 2040	
0.002	3.3	0.000	4	16.7	2099 - 2070	
-	-	0.190	0.5	14.3	1990 - 1961	المعدل السنوي
0.995	0.1	0.190	0.7	14.2	2039 - 2010	
0.998	0.1	0.190	0.8	14.2	2069 - 2040	
0.998	0.1	0.190	0.8	14.2	2099 - 2070	

عمل الباحثة استنادا على: SDSM4.2.9.

الشكل (39) اختبار التباين الاحادي لمتوسطات درجة الحرارة الصغرى لفترة (1961-2099).



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (30) باستخدام Excel Microsoft 2010

2- اختبار التباين الأحادي (One-way ANOVA) في Analysis of Variance في متوسطات درجات الحرارة العظمى:

من خلال الجدول (31) نلاحظ أن هناك تطابقاً في النتائج، إذ دلت على عدم وجود اختلاف أو تباين في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العظمى بين الفترتين (1961-1990) و (2010-2039). بينما هناك تبايناً واضحاً في ارتفاع متوسط درجة الحرارة العظمى خلال الفترتين (2040-2069) و (2070-2099) مقارنة بفترة الأساس (1961-1990) بفارق في المتوسط بلغ (0.5 م°) وعلى مستوى دلالة أقل من 0.05، كما في الشكل (39).

وتشير نتائج اختبار التباين لفصلي الخريف والصيف إلى وجود اختلاف في متوسطات درجة الحرارة العظمى مسجلة انخفاضاً في فصل الصيف مقداره (4.2 م°) وعلى مستوى دلالة 0.002، وكذلك الحال عند مقارنة الفترة الأولى مع الفترات الثلاث المستقبلية خلال فصل الخريف، وبفارق (6.5 م°) وعلى مستوى دلالة إحصائية بلغ 0.000، بينما دلت نتائج الاختبار على الإتجاه نحو الارتفاع لدرجات الحرارة في فصلي الشتاء والربيع، فعند مقارنة متوسطات الفترات الثلاث المستقبلية مع فترة الأساس نجد أنها ترتفع بفارق مقداره (2.9 م°) في فصل الشتاء، وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.001، وبفارق (6.4 م°) في فصل الربيع وعلى مستوى دلالة 0.000.

الجدول (31) اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة العظمى لسيناريو A2a

لفترة (1961-2099).

الفصول	الفترات	متوسط درجة الحرارة العظمى	الانحراف المعياري	التجانس sig	الفارق في المتوسط	مستوى الدلالة الإحصائية (sig)
فصل الخريف	1990 - 1961	28.3	1.2	0.000	-	-
	2039 - 2010	22.3	3.3	0.000	6.5	0.000
	2069 - 2040	22	3.3	0.000	6.6	0.000
	2099 - 2070	21.8	3.3	0.000	6.5	0.000
فصل الشتاء	1990 - 1961	18.6	1.10	0.000	-	-
	2039 - 2010	21.5	3.2	0.000	2.9	0.001
	2069 - 2040	21.5	3.2	0.000	2.9	0.001
	2099 - 2070	21.4	3.2	0.000	2.9	0.001
فصل الربيع	1961 - 1990	25.8	1.1	0.000	-	-
	2039 - 2010	32.2	4.9	0.000	6.3	0.000
	2069 - 2040	32.2	4.7	0.000	6.4	0.000
	2099 - 2070	32.1	4.9	0.000	6.3	0.000
فصل الصيف	1990 - 1961	43.9	0.6	0.000	-	-
	2039 - 2010	30.6	0.5	0.000	4.2	0.002
	2069 - 2040	30.5	0.5	0.000	4.4	0.002
	2099 - 2070	30.6	4.5	0.000	4.4	0.002
المعدل السنوي	1990 - 1961	26.8	0.5	0.004	-	-
	2039 - 2010	26.8	0.5	0.004	0.0	0.000
	2069 - 2040	27.3	0.6	0.004	0.5	0.000
	2099 - 2070	27.1	0.6	0.004	0.5	0.000

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SDSM & SPS.

الشكل (40) اختبار التباين الاحادي لمتوسطات درجة الحرارة العظمى لفترة (1961-2099).



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (31) باستخدام Excel Microsoft 2010

3- اختبار التباين الأحادي (One-way ANOVA) في درجات الحرارة المتوسطة:

أكدت نتائج الاختبار في الجدول (32) والشكل (40) على اتجاه ارتفاع المعدل السنوي لدرجات الحرارة المتوسطة، فعند مقارنة متوسطات الفترات الثلاث المستقبلية (2039-2010) و (2069- 2040) و (2099 – 2072) نجد أنها ترتفع وتنخفض بفارق (± 0.1 م°) وبفارق غير دال إحصائياً.

أما على المستوى الفصلي فيظهر التباين الواضح الذي يؤكد خط الاتجاه، ففي فصلي الخريف والصيف يتجه متوسط درجة الحرارة نحو الانخفاض مقارنة بفترة الأساس بفارق يتراوح بين (3.2-6.2 م°) في فصل الخريف وعلى مستوى دلالة أقل من 0.005، أما في فصل الصيف فيتراوح الفارق ما بين (2.1-3.9 م°) وعلى مستوى دلالة أقل من 0.005، بينما في

فصلي الشتاء والربيع تؤكد النتائج على أن هناك ارتفاعاً في متوسط درجة الحرارة مقارنة بفترة الأساس، وبفارق يبلغ نحو (2.8 م°) في فصل الشتاء، و(3.9 م°) في فصل الربيع وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل 0.005.

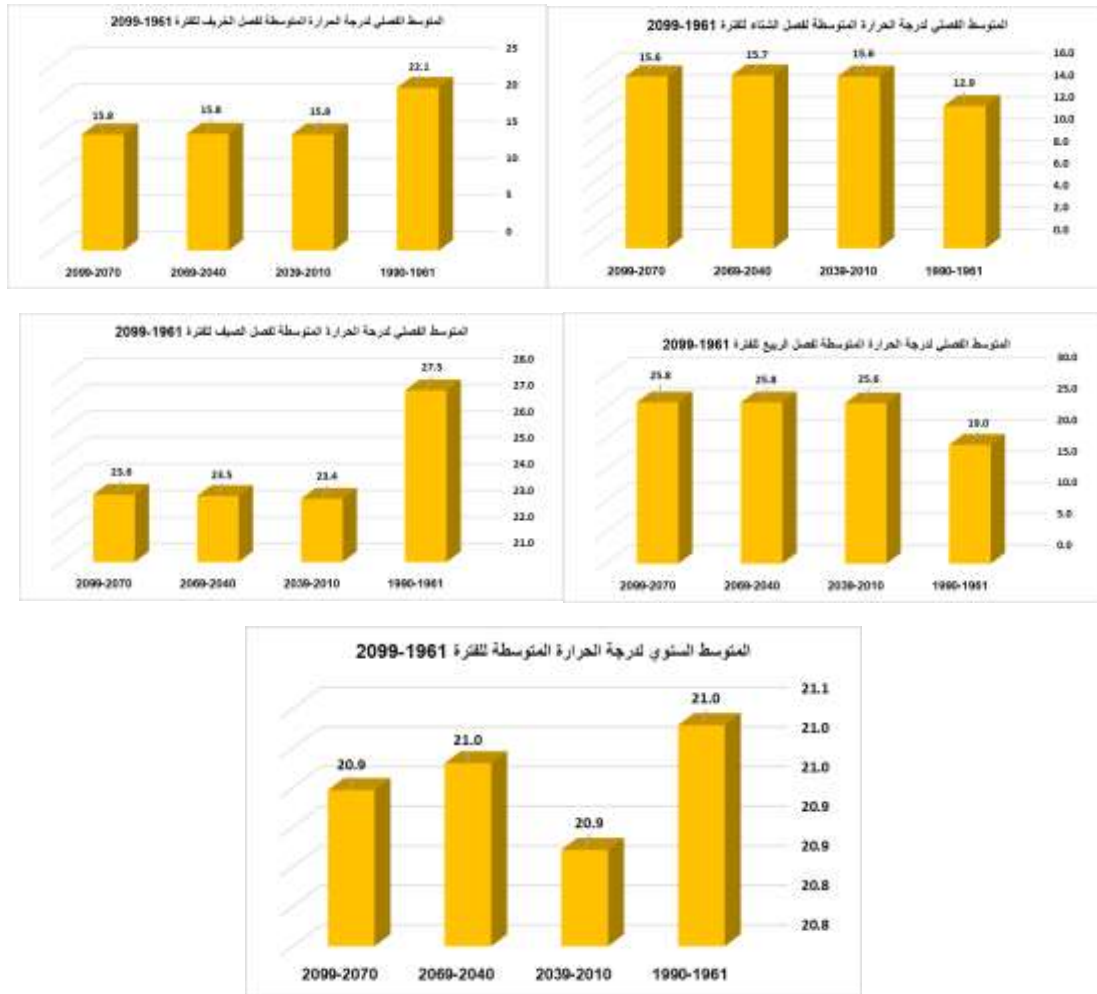
الجدول (32) اختبار التباين الأحادي لمتوسطات درجة الحرارة المتوسطة لسيناريو A2a

للفترة (1961-2099) في منطقة الزاوية.

الفصول	الفترات	درجة الحرارة المتوسطة	الانحراف المعياري	التجانس Sig	الفارق في المتوسط	مستوى الدلالة (الإحصائية sing)
فصل الخريف	1990 - 1961	22.1	0.9	0.000	-	-
	2039 - 2010	15.8	4.3	0.000	3.2	0.000
	2069 - 2040	15.9	3	0.000	6.2	0.000
	2099 - 2070	15.9	3	0.000	6.2	0.000
فصل الشتاء	1990 - 1961	12.9	0.8	0.000	-	-
	2039 - 2010	15.6	2.3	0.000	1	0.215
	2069 - 2040	15.7	3	0.000	2.8	0.000
	2099 - 2070	15.7	2.10	0.000	2.8	0.000
فصل الربيع	1961 - 1990	19	0.8	0.000	-	-
	2039 - 2010	25.7	4.5	0.000	3.7	0.001
	2069 - 2040	25.8	4.5	0.000	5.9	0.000
	2099 - 2070	25.7	4.5	0.000	5.9	0.000
فصل الصيف	1990 - 1961	27.5	0.8	0.000	-	-
	2039 - 2010	23.5	4.2	0.000	2.1	0.116
	2069 - 2040	23.6	4.6	0.000	3.9	0.001
	2099 - 2070	23.7	4.5	0.000	3.9	0.001
المعدل السنوي	1990 - 1961	21	0.4	0.001	-	-
	2039 - 2010	20.9	0.8	0.001	0.1	0.868
	2069 - 2040	21	0.7	0.001	0	0.283
	2099 - 2070	20.9	0.7	0.001	0.1	1.291

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

الشكل (41) اختبار التباين الاحادي لمتوسطات درجة الحرارة المتوسطة لفترة (1961-2099).



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (32) باستخدام Excel Microsoft 2010

المبحث الرابع: الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجات الحرارة.

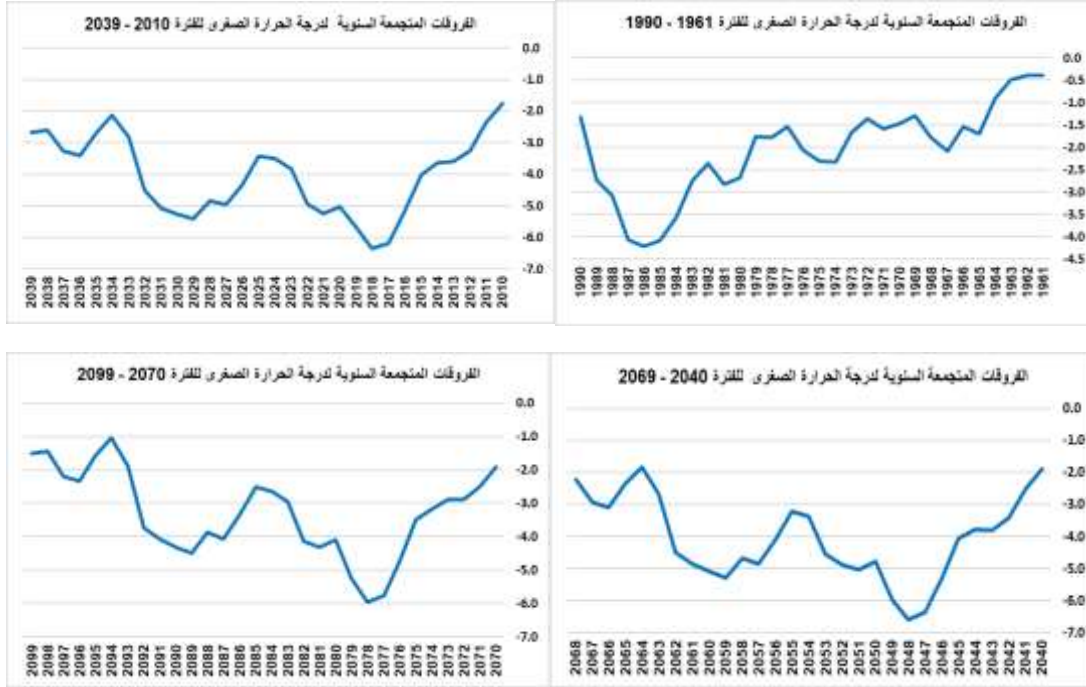
الفروقات المتجمعة أو التراكمية هي أسلوب إحصائي لا يتأثر بمتوسط البيانات أو حجمها وهي حاصل جمع الانحراف المعياري لكل سنة مع السنة اللاحقة، ويستخدم من أجل تأكيد اتجاه التغيرات التي حدثت في السلسلة الزمنية لدرجة الحرارة العظمى السنوية والفصلية في منطقة الزاوية⁽³⁾.

1- الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجة الحرارة الصغرى.

تظهر منحنيات الفروق المتجمعة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى - الشكل (41) - للفترة الأولى أنه حصل ارتفاع في بداية الستينات، ومن ثم انخفضت درجة الحرارة الصغرى لتعود إلى الارتفاع في منتصف الثمانينات حتى نهاية الفترة، أما خلال الفترات المستقبلية فتكاد

تكون متطابقة من حيث الارتفاع والانخفاض خلال كل فترة وتتطابق في اتجاهها نحو الارتفاع في نهاية كل فترة، كما أنها ستشهد ارتفاع في الفترة (2026-2023) و (2056-2053) وتشهد ذروة الارتفاع في الفترة (2094-2096).

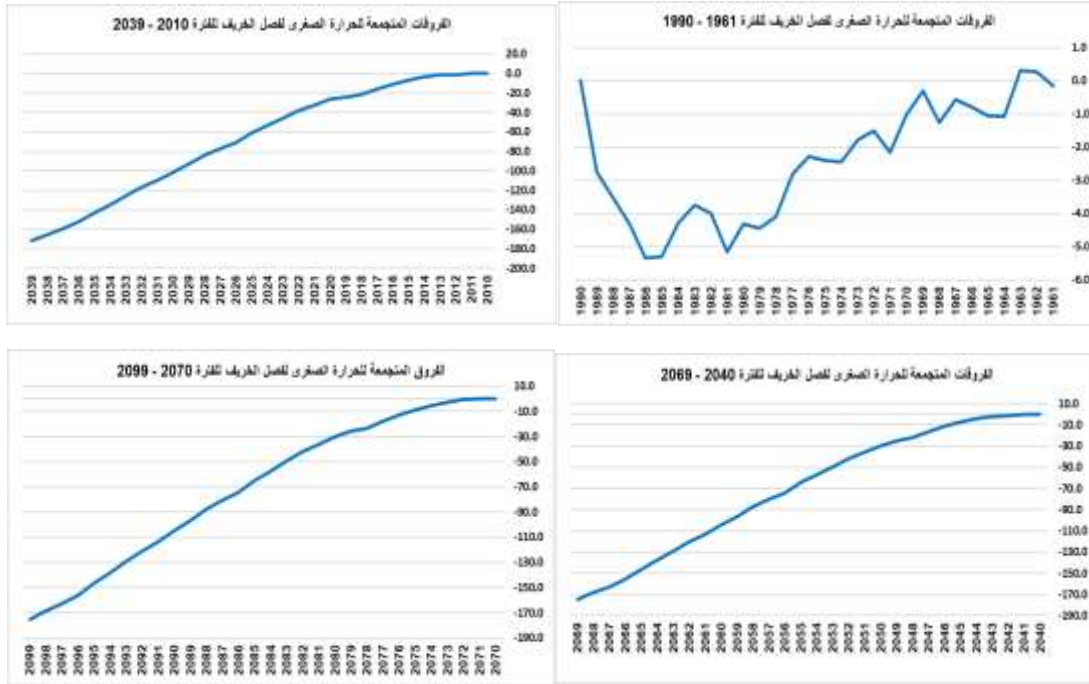
الشكل (42) منحنيات الفروقات المتجمعة السنوية لدرجة الحرارة الصغرى للفترة (1961-2099).



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

من خلال الشكل (42) بينت منحنيات الفروق المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى أن فصل الخريف في بداية الفترة الأولى (1961-1969) شهد ارتفاعاً في درجة الحرارة الصغرى، بينما شهد انخفاضاً بشكل عام من سنة 1970 إلى 1981، ثم تغير اتجاه المنحى نحو الارتفاع حتى نهاية هذه الفترة، ثم يستمر في الارتفاع عن المعدل من بداية الفترة الثانية، وهذا ينطبق على آخر فترتين، حيث تكون الحرارة الصغرى مرتفعة في بداية كل فترة، ثم تتجه اتجاهها واضحاً نحو الانخفاض حتى نهايتها.

الشكل (43) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الخريف للفترة (1961-2099).

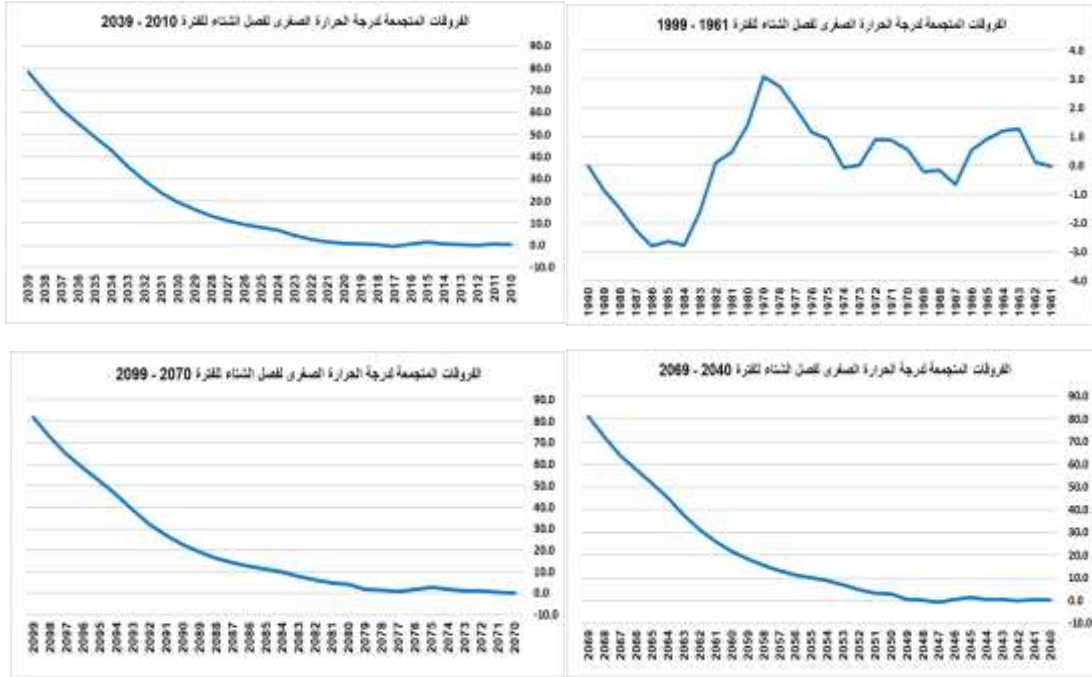


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SPSS & SDSM.

كما أظهرت نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الشتاء شكل (43) أن هناك تنذباً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى، إذ شهدت الفترة 1961-1963 ارتفاعاً واضحاً في درجات الحرارة الصغرى، أما في الفترة الثانية من (2010-2039) فيبدو أن هناك ارتفاعاً عاماً يكون تدريجي من عام 2020 ويصل ذروته في نهاية الفترة، وهذا يتطابق مع الفترات المستقبلية من (2040-2099).

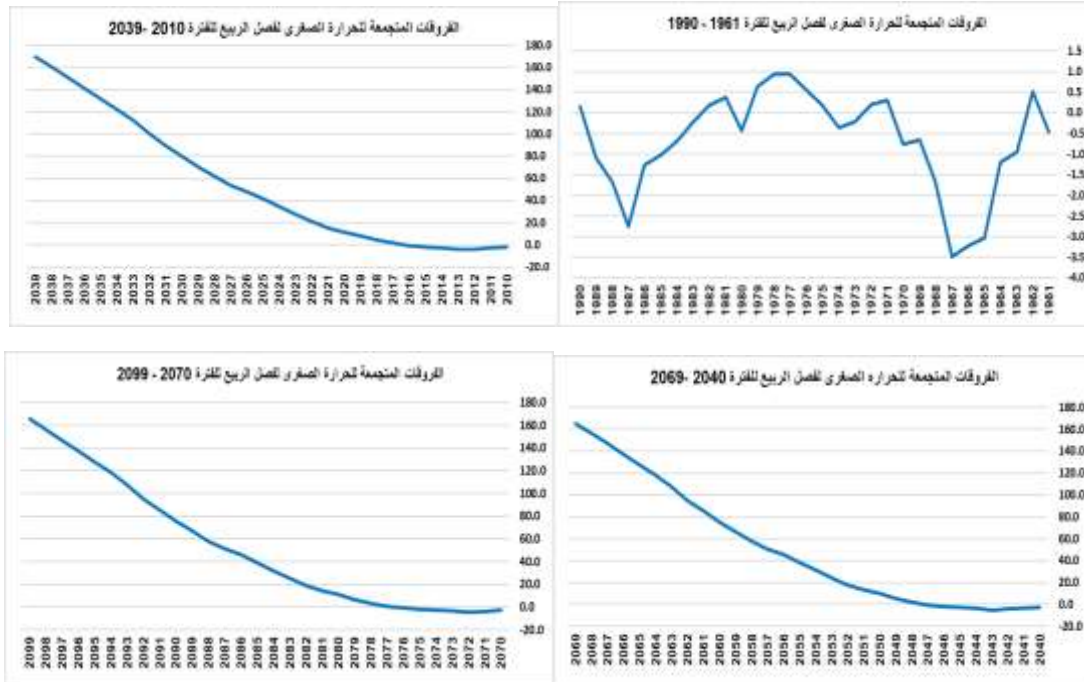
كما تؤكد كذلك نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الربيع شكل (44) أن هناك تنذباً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى مشابه لفصل الشتاء، بينما شهدت الفترة 1971-1981 ارتفاعاً واضحاً. أما في الفترات المستقبلية نجد أن المنحنى مشابه لفصل الشتاء ويتطابق معه في الاتجاه نحو الانخفاض في بداية كل فترة ويرتفع في نهايتها.

الشكل (44) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الشتاء للفترة (1961-2099).



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

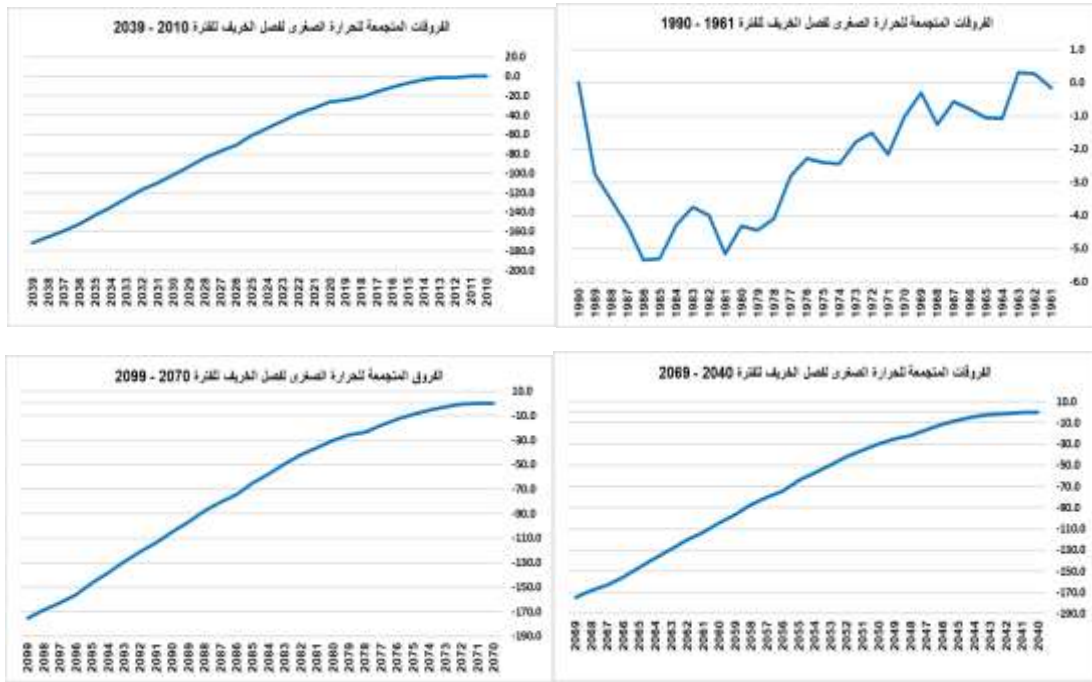
الشكل (45) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الربيع للفترة (1961-2099).



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

تظهر نتائج المنحى شكل (45) أن الفروقات المتجمعة لفصل الصيف متذبذبة بين الانخفاض والارتفاع بشكل عام خلال الفترة الأولى، ويشير نحو الارتفاع في نهايتها، أما منحى الفترة المستقبلية فيشير بشكل عام إلى أن الحرارة الصغرى حول المعدل في بداية كل فترة من الفترات الثلاث ثم تتجه نحو الانخفاض حتى نهاية كل فترة، لتؤكد على الاتجاه العام لدرجة الحرارة الصغرى أنها تتجه نحو الانخفاض في فصل الصيف.

الشكل (46) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الصيف للفترة (1961-2099).

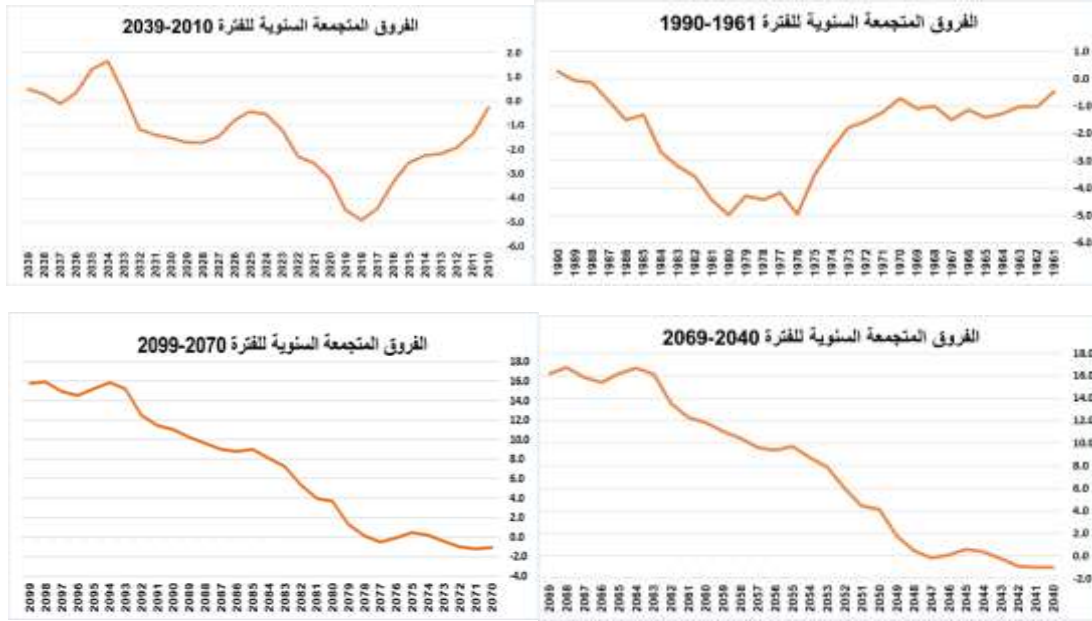


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SDSM & SPSS.

2- الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجة الحرارة العظمى:

من خلال الشكل (46) تظهر منحنيات الفروقات المتجمعة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى للفترة الأولى اتجاهاً نحو الزيادة، وتحديداً خلال الفترة (1961-1971)، ثم شهدت انخفاضاً واضحاً حتى سنة 1975، وأما خلال الفترة الثانية من (2039-2010) فتشير النتائج أنها انخفضت بشكل واضح من 2010-2017، ومن ثم ستعود بعدها إلى الارتفاع من جديد حتى نهاية الفترة، كما تشير نتائج النمذجة أنه خلال الفترة من 2069-2040 سيبقى المنحى حول المعدل في بداية الفترة حتى سنة 2042، ويبدأ بعدها في الارتفاع من جديد حتى عام 2069، وسيمثل عام 2063 ذروة ارتفاع الحرارة ل يبلغ معدلها 29.2 م°، وكذلك الحال في الفترة (2099-2070) نجد هناك تشابهاً كبيراً في اتجاه المنحى للفترة السابقة من ناحية الارتفاع والانخفاض.

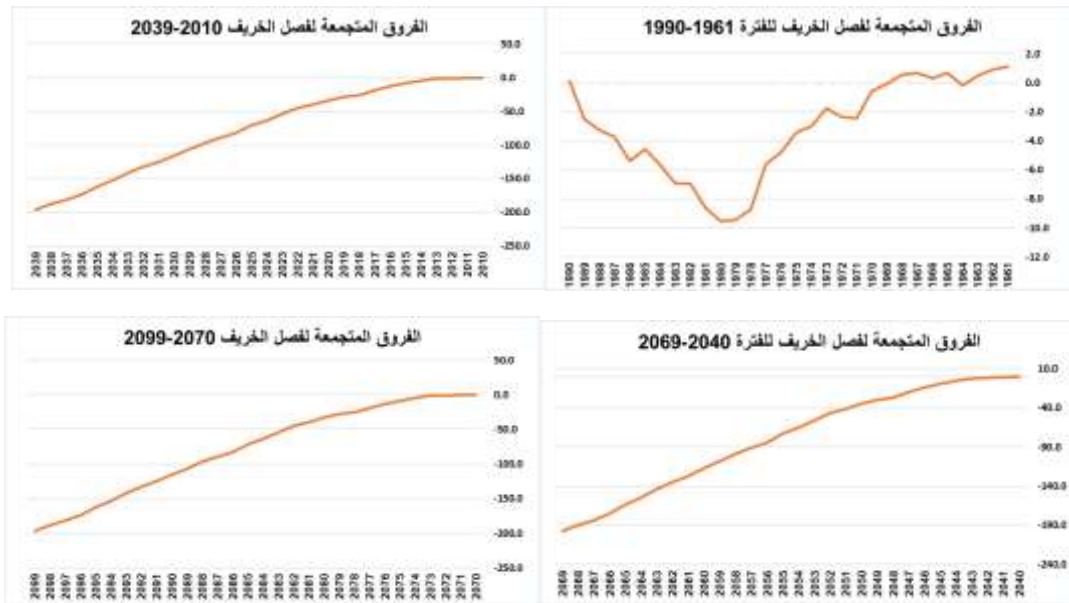
الشكل (47) منحنيات الفروقات المتجمعة السنوية لدرجة الحرارة العظمى للفترة (1961-2099).



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

يشير الشكل (47) إلى منحنيات الفروقات المتجمعة خلال فصل الخريف، حيث سجل في بداية الفترة الأولى (1961-1969) أعلى من المعدل، بينما شهد انخفاضاً بشكل عام من سنة (1970) إلى (1981)، وتغير بعدها اتجاه المنحنى نحو الارتفاع حتى نهاية هذه الفترة، وقد سجل ارتفاعاً عن المعدل في بداية الفترة الثانية، ثم يتجه بعدها نحو الانخفاض، وهذا يتطابق مع اتجاه درجة الحرارة الصغرى، وأما في الفترة الثالثة (2040-2069) سيبدأ المنحنى بالارتفاع عن المعدل عام (2040) حتى عام (2044)، ثم سيأخذ بعدها اتجاهاً نحو الانخفاض حتى نهاية الفترة، وليعود إلى الارتفاع من جديد بداية من خريف (2067)، ويستمر كذلك في نفس الاتجاه حتى عام (2069)، وأما في الفترة الرابعة فتشير النتائج أن المنحنى إلى انخفاض درجة الحرارة في بدايتها ثم ترجع إلى الارتفاع في نهايتها عام (2097).

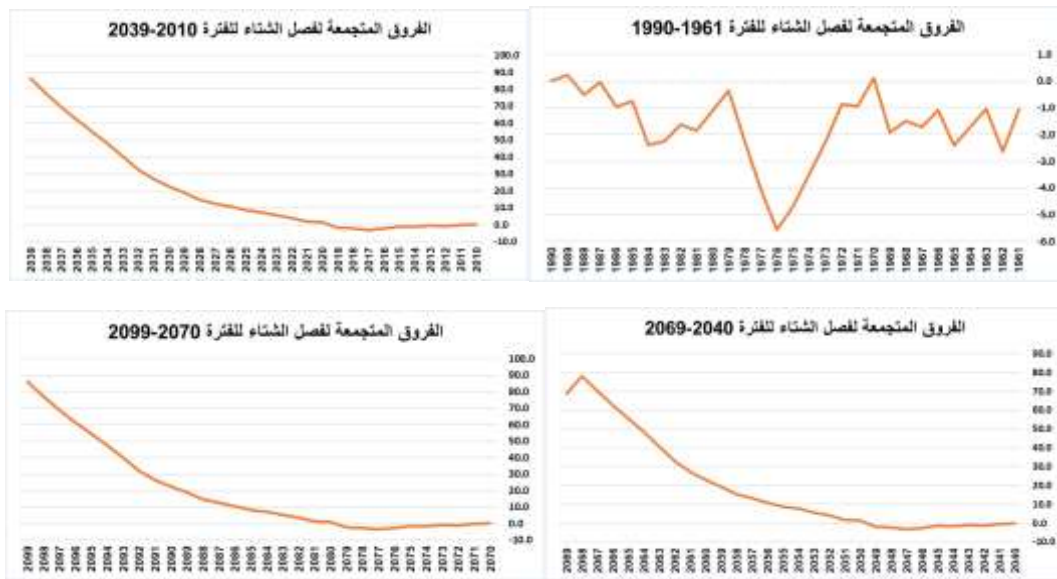
الشكل (48) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الخريف للفترة (1961-2099).



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

وكما أظهرت نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الشتاء شكل (48) أن هناك تنديباً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى (1961-1990)، لاسيما خلال المدة بين عامي (1971-1976) التي شهدت انخفاضاً واضحاً في درجات الحرارة العظمى، أما في الفترة الثانية من (2010-2039)

الشكل (49) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الشتاء للفترة (1961-2099).

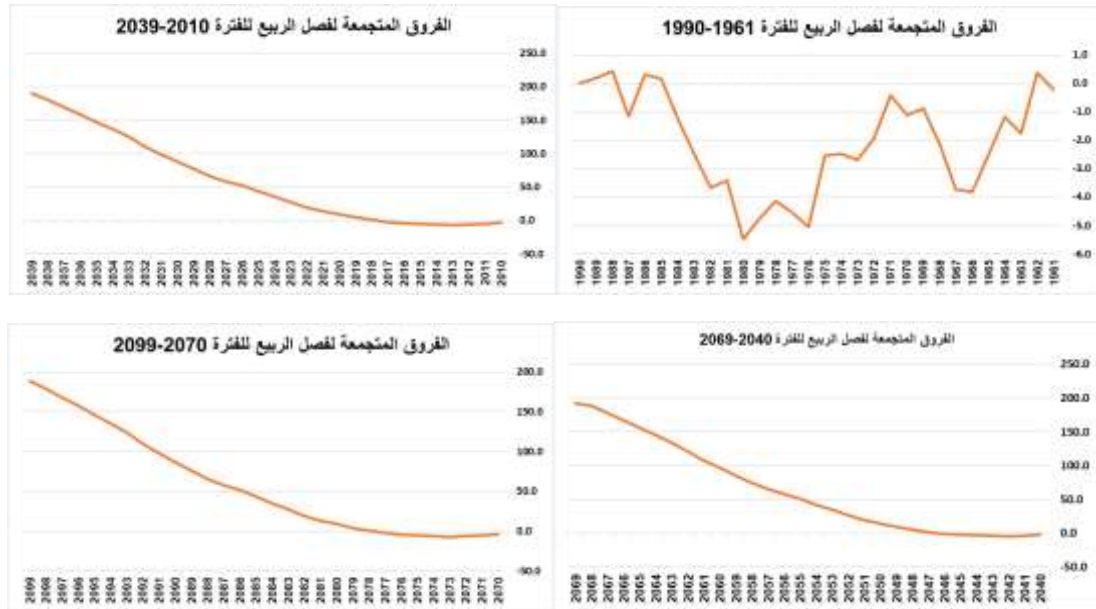


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SDSM & SPSS.

فيظهر أن هناك ارتفاعاً عاماً يكون تدريجياً بداية الفترة ويصل ذروته في نهايتها في الفترات الثلاث المستقبلية من (2040-2099).

تؤكد نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الربيع شكل (49) وجود تذبذب في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى مشابه لفصل الشتاء، حيث شهدت الفترة (1971-1981) انخفاضاً واضحاً في معدلات درجة العظمى، أما في الفترات المستقبلية فنلاحظ أن المنحنى سيأخذ اتجاهاً مشابهاً لفصل الشتاء، ويتطابق معه في الاتجاه نحو الزيادة في بداية كل فترة ونهايتها.

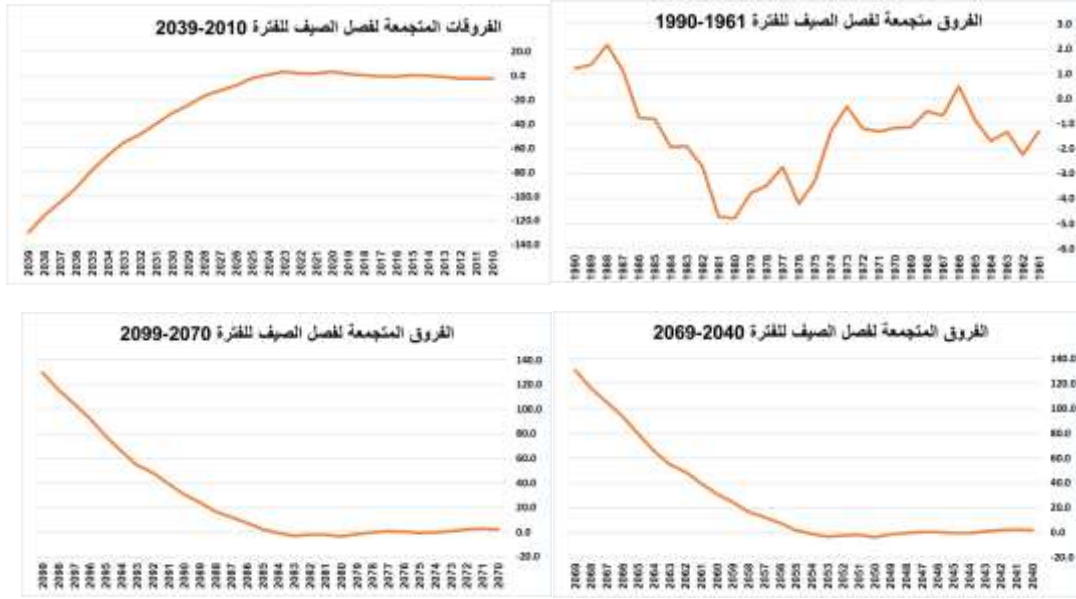
الشكل (50) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الربيع للفترة (1961-2099).



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

ومن الشكل (50) نجد منحنى الفروقات المتجمعة لفصل الصيف متذبذب بين الانخفاض والارتفاع بشكل عام وكذلك يمثل عام (1988) بداية ذروة الارتفاع، وأما منحنى الفترة الثانية فيشير بشكل عام نحو الارتفاع في بدايتها وحتى عام (2025)، ويؤكد هذه النتائج أن فصل الصيف سجل خلال عامي (2019) و(2020) معدلات بلغت (36.1 م°) و(37 م°) على التوالي، وهي أعلى من المعدل الصيفي في المنطقة، حيث سجل صيف 2019 موجتي حر متتاليتان استمرتتا 18 يوماً أدتا إلى اندلاع حرائق مأسوفلة في الغرب الليبي⁽⁴⁾، بينما يشير المنحنى إلى الانخفاض من عام (2026) حتى نهاية الفترة، وفي آخر فترتين يبدأ المنحنى الارتفاع عن المعدل بشكل تدريجي إلى أن يصل ذروته نهاية كل منها.

الشكل (51) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة العظمى لفصل الصيف للفترة (1961-2099).

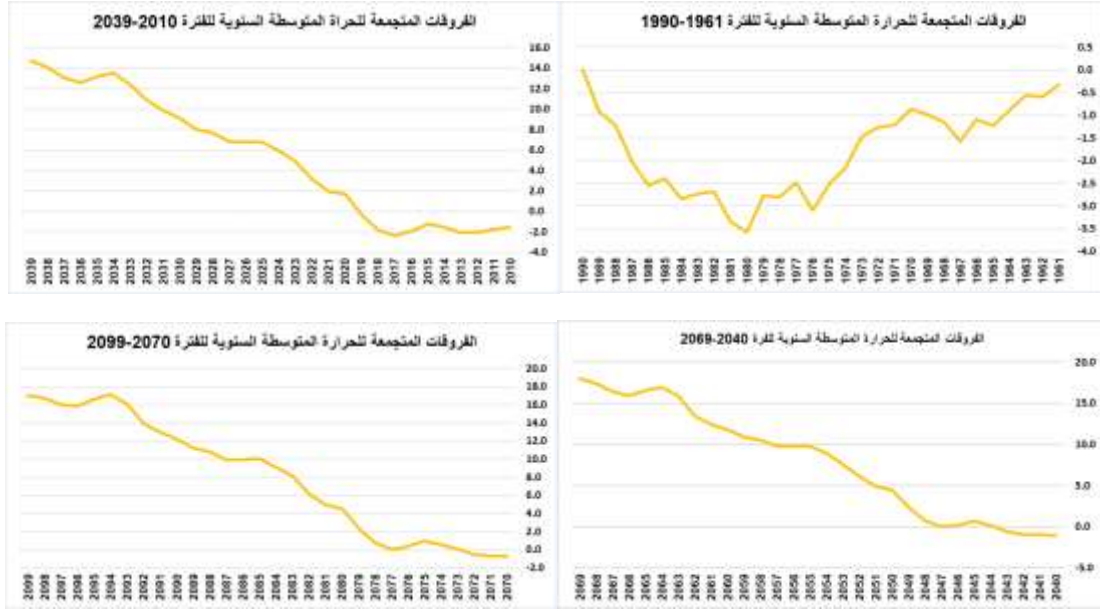


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SPSS & SDSM.

3- الفروقات المتجمعة Cumulated Sums لدرجة الحرارة المتوسطة:

تظهر منحنيات الفروقات المتجمعة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة المتوسطة للفترة الأولى تذبذباً، وتشير نحو الارتفاع في نهاية الفترة الشكل (51)، وفي الفترة من (2039-2010) يبقى المنحنى حول المعدل في بداية الفترة حتى سنة (2018)، يبدأ بعدها يشير إلى الارتفاع من جديد في نهايتها، وكذلك الحال في الفترة (2099-2040) نجد هناك تشابهاً كبيراً في اتجاه المنحنى للفترة السابقة من حيث الارتفاع، مما يؤكد على الاتجاه العام للمعدل السنوي لدرجة الحرارة المتوسطة للفترة الثلاث.

الشكل (52) منحنيات الفروقات المتجمعة السنوية لدرجة الحرارة المتوسطة للفترة (1961-2099).

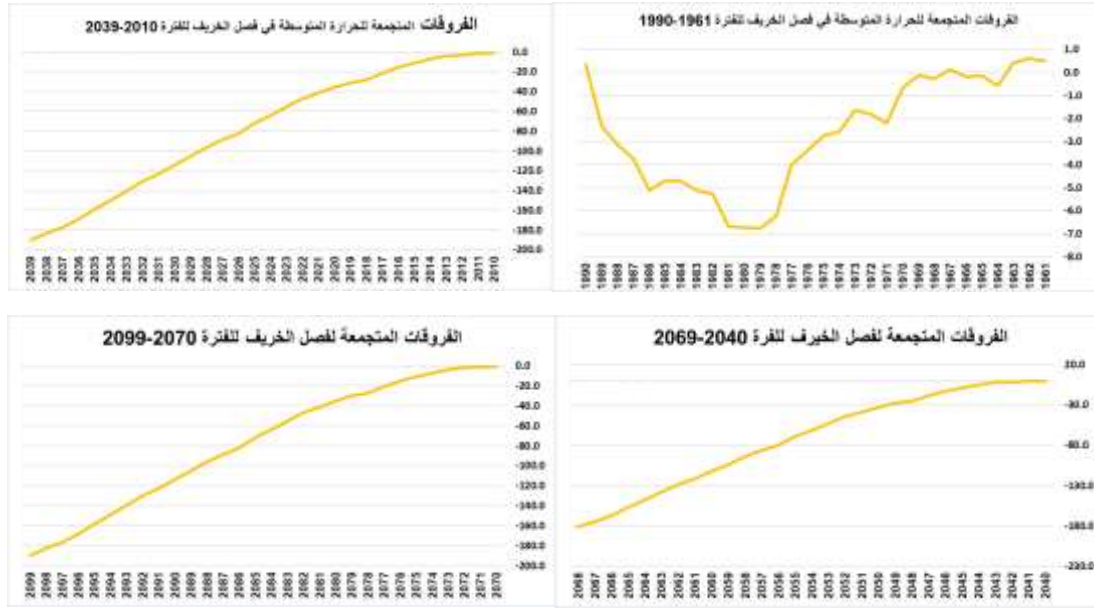


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SDSM & SPSS.

ومن خلال الشكل (52) يتضح أن منحنيات الفروق المتجمعة لفصل الخريف في بداية الفترة الأولى (1961-1969) كانت أعلى من المعدل، بينما شهدت انخفاضاً بشكل عام من سنة (1970) إلى (1980)، ثم تغير اتجاه المنحنى نحو الارتفاع حتى نهاية هذه الفترة، واستمر حول المعدل من بداية الفترة الثانية ثم يتجه بعدها نحو الانخفاض، وهذا يتطابق مع اتجاه درجة الحرارة الصغرى والعظمى لنفس الفترة، وأما في الفترتين (2040-2069) و(2070-2099) فيبقى المنحنى حول المعدل خلال المدة (2040-2044)، ويعود في معدله مع بداية خريف 2067 ويستمر في نفس الاتجاه حتى نهاية الفترة.

الشكل (53) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الخريف

للفترة (1961-2099).

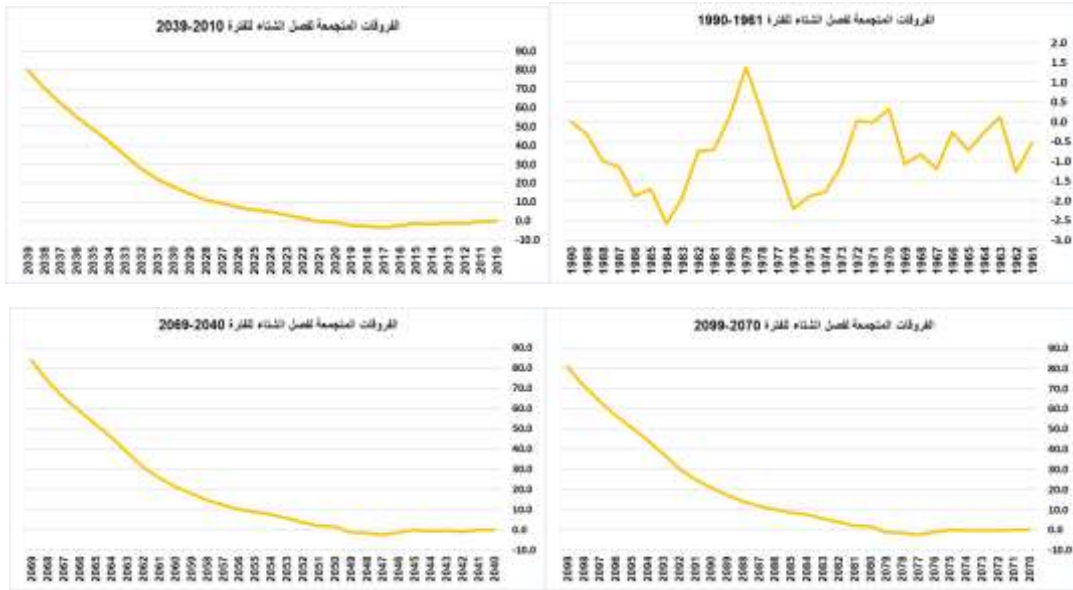


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس باستخدام SPSS & SDSM

وكما تُظهر نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الشتاء شكل (53) تبايناً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى، حيث شهدت الفترة (1978-1980) ذروة الارتفاع في درجة الحرارة المتوسطة، وأما في الفترات المستقبلية فنجد أن العشر سنوات الأولى ستبقى حول المعدل، ثم يكون هناك ارتفاع تدريجي حتى نهاية الفترات المستقبلية الثلاث (2040-2099).

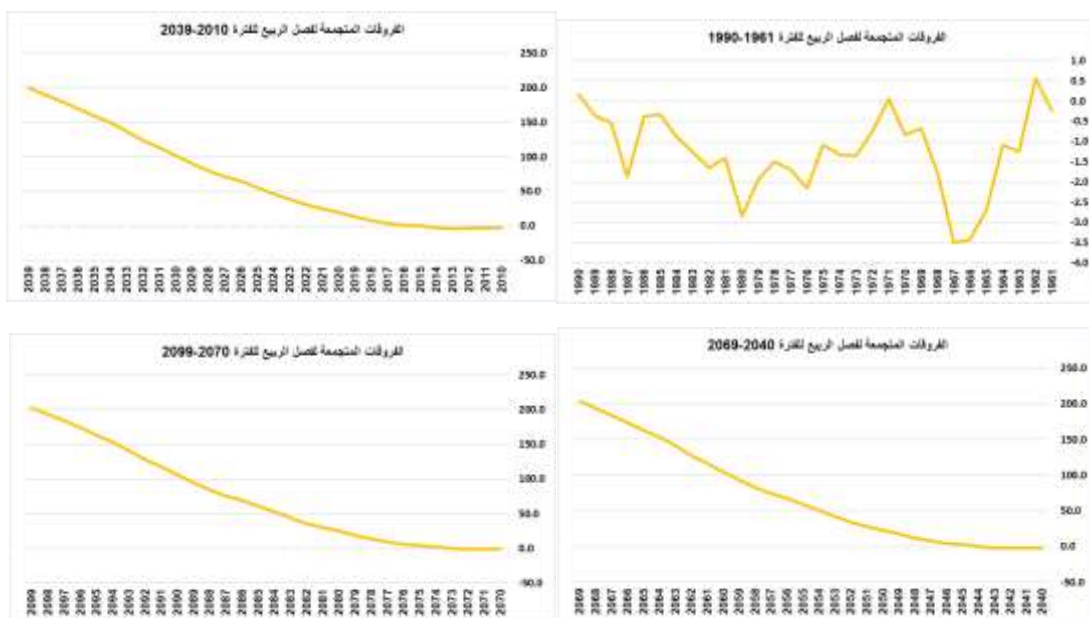
وتؤكد كذلك نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الربيع شكل (54) أن هناك تنديباً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى، فبينما شهدت الفترة (1964-1967) انخفاضاً واضحاً في درجة الحرارة المتوسطة، وستشهد الفترات المستقبلية منحناً مشابهاً لفصل الشتاء، ويتطابق معه في الاتجاه نحو الزيادة في بداية كل فترة ونهايتها.

الشكل (54) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الشتاء للفترة (1961-2099).



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

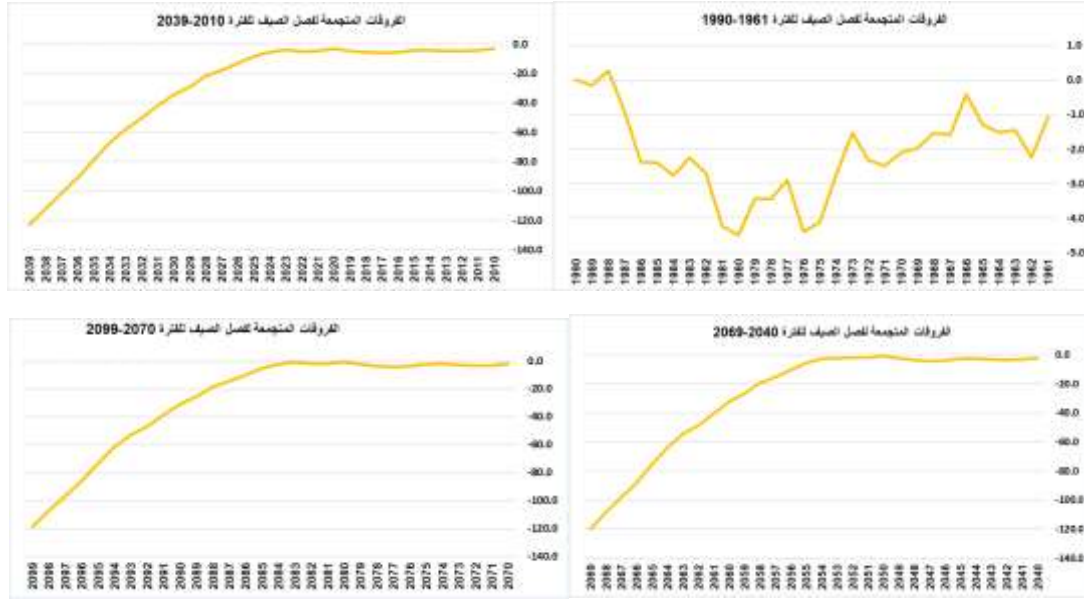
الشكل (54) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الربيع للفترة (1961-2099).



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

ومن الشكل (55) نجد أن منحنى الفروقات المتجمعة لفصل الصيف متذبذب كذلك بين الانخفاض والارتفاع بشكل عام، ومثل عام (1988) بداية ذروة الارتفاع، وهذا يتطابق مع منحنى الحرارة الصغرى والعظمى، وأما اتجاه المنحنى في الفترات المستقبلية فيشير إلى درجات حرارة حول معدلها في أول عشر سنوات من كل فترة ثم يتجه إلى الانخفاض بشكل كبير.

الشكل (56) منحنيات الفروقات المتجمعة لدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الصيف للفترة (1961-2099).



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

هوامش الفصل الخامس :

- 1- عيسى علي إبراهيم، الأساليب الإحصائية في الجغرافيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر ط1، 2004، ص350.
- 2- سمير سليم فاضل العبيدي، جمال إبراهيم داود البياتي، الإحصاء التطبيقي طرق اختبارات الفروض وموضوعات أخرى في الإحصاء الاستدلالي الإحصائي، دار شموع الثقافة للنشر والتوزيع، الزاوية، ليبيا، ط1، 2002، ص237
- 3- علي مصطفى سليم، التغيرات الحديثة في درجة الحرارة بمنطقة جبل نفوسة، مجلة مؤتمر التنمية المكانية للأراض الزراعية وسبل الحد من آثار الأخطار التي تهددها، قسم الجغرافيا، كلية التربية ناصر، جامعة الزاوية، ليبيا، 2019، ص167.
- 4- أسمهان علي المختار عثمان، الخصائص المناخية لموجات الحر وعلاقتها بالحرائق في غرب ليبيا، مجلة مؤتمر التنمية المكانية للأراضي الزراعية وسبل الحد من آثار الأخطار التي تهددها، قسم الجغرافيا، كلية التربية ناصر، جامعة الزاوية، ليبيا، 2019، ص229.

الفصل السادس

مناقشة النتائج

الفصل السادس: مناقشة النتائج.

1- أثبتت نتائج المعايرة من خلال نمذجة بيانات درجات الحرارة العظمى والصغرى والشهرية والفصلية للفترة من (1991 - 2009) لمنطقة الدراسة بواسطة SDSM ومقارنتها بالبيانات المرصودة من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية، وجود تطابق بينها وبخاصة للبيانات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى، وكذلك الحال للبيانات الفصلية لفصلي الصيف والشتاء، كما كان هناك تطابق بين البيانات المنمذجة بواسطة SDSM بواسطة سيناريو A2a والبيانات المسجلة في أرشيف الأرصاد الجوية، الأمر الذي يؤكد لنا صحة البيانات المرصودة من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية بطرابلس من ناحية، ومن ناحية أخرى يقين بدقة برنامج SDSM بالتنبؤ في درجات الحرارة العظمى مستقبلاً.

كما وجد تطابق في البيانات المنمذجة لدرجات الحرارة الصغرى وفق سيناريو A2a مع البيانات المسجلة في محطة مطار طرابلس في أشهر الشتاء (ديسمبر، يناير، وفبراير)، وكذلك الحال ظهر هناك تطابق في تلك البيانات خلال شهر يونيو.

وهذا يتفق مع دراسة (Gagnon وآخرون) في (2005) حول قدرة تقنية نموذج التقييم الإحصائي SDSM في اشتقاق ونمذجة سلسلة من بيانات درجة الحرارة المحلية وهطول الأمطار التي يمكن استخدامها كمدخلات نموذج هيدرولوجي لنمذجة التدفق في ثلاث أحواض في مقاطعة كيبيك، وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن تقنية SDSM وفرت تصغير الحجم بشكل معقول للبيانات عند استخدام تنبؤات تمثل المناخ الحالي المرصود⁽¹⁾.

كما أكد كل من (Brebish & Othman) في (2022) معايرة نموذج المحاكاة مع خلال مقارنة بيانات درجة الحرارة العظمى في محطة زوارة المرصودة خلال الفترة (1991-2010) الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية مع نتائج عملية النمذجة بواسطة تقنية SDSM للفترة نفسها، حيث اتضح تطابق البيانات المسجلة خلال عدة أشهر وهي (أبريل ومايو ويونيو وديسمبر). وهذا دليل على دقة النمذجة حتى لو كانت متطابقة في أربعة أشهر فقط في حين يرجع السبب عدم التطابق في بقية الشهور إلى عدم دقة القياس أو قلة تسجيل البيانات في باقي الأشهر من قبل الراصد في المحطة المذكورة⁽²⁾.

كما تم معايرة نموذج المحاكاة من قبل (عثمان، شلغوم، سليم)، في (2022)، بمقارنة بيانات درجة الحرارة العظمى في محطة سرت المرصودة خلال الفترة (1991-2000) الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية مع نتيجة عملية النمذجة بواسطة تقنية SDSM للفترة نفسها، حيث اتضح تطابق البيانات المسجلة خلال شهور (يناير، فبراير، أبريل، يوليو، أغسطس، سبتمبر، نوفمبر، ديسمبر). أي تطابق في البيانات في ثمانية أشهر، وهو ما يدل على دقة النمذجة، في حين قد يرجع السبب عدم التطابق في بقية الشهور الأربعة إلى عدم دقة البيانات في باقي الأشهر (3).

2- أظهرت نتائج معامل الارتباط أن درجتي الحرارة العظمى والصغرى في منطقة الدراسة ترتبطان ارتباطاً قوياً مع العنصر رقم 26، والمتمثل في درجة الحرارة عند 2 متر (Mean temperature at 2 meter) من متغيرات نموذج GCM، إذ بلغ على التوالي (0.779، 0.926) وأقل ارتباط كان مع عنصر رقم 23 (Relative humidity at 850hpa) المتمثل في الرطوبة النسبية على ارتفاع 850 هكتو باسكال، إذ بلغ معامل الارتباط مع درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى على التوالي (-0.667، -0.503)، وهذا يتطابق مع ما أظهرته دراسة (عثمان) (2023) فوجد أن محطات الدراسة الثلاث (مطار طرابلس، سرت، بنينا) تتفق في نفس العناصر التي ترتبط معها من نموذج GCM لاسيما مع العنصر 26، وهو متوسط درجة الحرارة عند مستوى 2متر، ولكنها تختلف من ناحية الترتيب من حيث قوة الارتباط مع بقية العناصر، وهو ما يشير وجود تشابه في العناصر بين محطة أرصاد بنينا وسرت، وهذا يرجع إلى طبيعة الموقع الجغرافي لكل محطة من المحطات الثلاث (4).

3- اعتمدت مرحلة معايرة النموذج على دراسة علاقة الانحدار الخطي المتعدد بين بيانات درجة الحرارة العظمى والصغرى وبيانات العناصر الثمانية التي تم اختيارها من نموذج GCM لتتحصل على ملف بصيغة PAR، وهو ما يمثل البيانات الوصفية المرتبطة بمعايرة النموذج وأوزان النموذج ومقاييس "الجودة والملاءمة"، حيث بلغ الخطأ المعياري المتوسط للنموذج لدرجة الحرارة العظمى (2.4) و(2) لدرجة الحرارة الصغرى، مما يدل على جودة المعايرة.

4- من خلال النمذجة المستقبلية ومقارنة المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى لفترة الأساس (1961-1990) مع فترات النمذجة الثلاث التي تمتد من (2010-2099) اعتماداً على

السيناريوهين H3A2a و H3B2a، أظهرت تغيراً في المعدل السنوي للفترات المستقبلية الثلاث لدرجة الحرارة الصغرى، إذ يبلغ الفارق وفق السيناريو A2a حوالي (-0.1 م°). بينما يصل الفارق في السيناريو B2a أقصاه (-0.4 م°) خلال الفترة 2010-2039 مقارنة بفترة الأساس. وبمقارنة التغير في المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية خلال فترات النمذجة الثلاث واتجاهات تغيرها المستقبلي مقارنة بأشهر فترة الأساس وفقاً للسيناريوهين A2a و B2a، نجدها تأخذ اتجاهاً واضحاً نحو الزيادة من ديسمبر وحتى يونيو، وعلى الرغم من أن هذا الأخير يشهد زيادة طفيفة لا تتجاوز (0.2 م°) خلال الفترة (2010-2099)، ويمثل شهر أبريل ذروة الارتفاع بمعدل (6.5 م°)، بينما ستخضع درجة الحرارة الصغرى في باقي الأشهر مقارنة بفترة الأساس من يوليو وحتى نوفمبر بفارق يتراوح بين (-6.7 م°) في شهر أغسطس، و(-11.3 م°) في شهر سبتمبر خلال الفترة 2070-2099 بحسب نتائج نمذجة السيناريو A2a وبنفس الفارق لشهر أغسطس و (-8.7 م°) لشهر سبتمبر وفق السيناريو B2a خلال الفترة ذاتها.

5- بينت نتائج نمذجة درجات الحرارة العظمى في منطقة الزاوية وفقاً للسيناريوهين A2a و B2a أن معدلها السنوي سيأخذ اتجاهاً نحو الارتفاع، إذ سيبلغ ذلك المعدل ذروته في الفترتين (2040-2069) و(2070-2099)، وبزيادة مقدارها (0.4 م°) عن معدلها السنوي في فترة الأساس (1961-1990)، كما بينت نتائج نمذجة التغير في المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى في المنطقة أن هناك زيادة في تلك المعدلات خلال الفترة من ديسمبر وحتى مايو، وهي متطابقة في اتجاه الزيادة مع درجة الحرارة الصغرى، إذ سيسجل شهر مايو ذروة الارتفاع بفارق حراري يصل إلى (9.8 م°) مقارنة بفترة الأساس، بينما تسجل الأشهر من يونيو وحتى نوفمبر تناقصاً واضحاً في درجات الحرارة العظمى مقارنة بفترة الأساس، ويمثل شهر يونيو أقل الأشهر تغيراً، وبفارق (-0.2 م°)، بينما يصل في شهر سبتمبر إلى (-9.5 م°).

6- أظهرت نتائج نمذجة متوسط درجات الحرارة في منطقة الزاوية وفقاً للسيناريوهين A2a و B2a، أن معدلها السنوي سيشهد تغيراً ما بين (0.1 - 0.4 م°). وهذا يتطابق مع تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC "ملخص السياسات" الذي أشار في الصفحة 22 أن درجة الحرارة المتوسطة في غرب ليبيا تزداد من (0.5 - 1 م°) وفق لسيناريو المسار التركيز النموذجي 2.6⁽⁵⁾، ويتطابق كذلك مع تقرير IPCC في 2013 بأن

اتجاه التغير في درجة الحرارة المتوسطة يتراوح بين ($0.8 - 1$ م°) وفق (مركز هادلي/وحدة البحوث المناخية) ((HadCRUT))، و(معهد غودارد للدراسات الفضائية لتحليل درجات الحرارة السطحية) (GISTEMP) (6).

7- كما تؤكد النمذجة أن التغير في المعدلات الشهرية لمتوسط درجة الحرارة سيأخذ اتجاهًا نحو الزيادة خلال الفترة من شهر ديسمبر وحتى مايو، وهي متطابقة مع اتجاهات التغير في درجتي الحرارة الصغرى والعظمى، حيث ستبلغ ذروة الزيادة في شهر مايو بفارق حراري يصل إلى (7.2 م°) خلال الفترات المستقبلية الثلاث مقارنة بفترة الأساس. بينما ستشهد الأشهر من يونيو وحتى نوفمبر تناقصاً واضحاً في متوسط درجات الحرارة مقارنة بفترة الأساس، حيث يمثل شهر يونيو أقل الأشهر تغيراً بفارق يتراوح بين (± 0.1 م°)، بينما يصل ذروة التناقص في شهر سبتمبر، إذ يصل الفارق في التغير إلى (-10.4 م°) في الفترة من 2070 - 2099

8- دلت نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية والتي تظهر اتجاهًا نحو الزيادة في المعدلات السنوية، وتبايناً في المعدلات الفصلية لكلا السيناريوهين، وهذا دليل ومؤشر بأن درجة الحرارة تتجه نحو الاحترار في منطقة الزاوية، من خلال وجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترات الثلاث المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990) بالرغم من ظهور زيادة دون مستوى الدلالة الإحصائية، إذ تراوح معامل الانحدار b ما بين 0.036 و 0.38، بينما نجد أن هناك تبايناً واضحاً في التغير على المستوى الفصلي، إذ سينتج عن ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة تقلبات واضحة في فصول السنة وتغير خصائصها مستقبلاً، مما ينذر بمشكلات بيئية وخيمة مستقبلاً، كما أن درجة الحرارة الصغرى في منطقة الزاوية تتجه اتجاهًا واضحاً نحو الانخفاض خلال الفترات المستقبلية الثلاث في فصلي الخريف والصيف، حيث كانت قيم b سالبة، وتباين مفسر مرتفع بلغ 65% في فصل الخريف و 79% في فصل الصيف، وعلى مستوى دال إحصائياً، بينما ظهر الاتجاه نحو الارتفاع في فصل الشتاء، بمعامل ارتباط تجاوز 91%، وتباين مفسر بلغ 85% وعلى مستوى دال إحصائياً، وكذلك الحال في فصل الربيع وبمعامل ارتباط 0.95، وتباين مفسر بلغ 91% وعلى مستوى دلالة إحصائية تقل عن 0.05.

9- أظهرت نتائج الانحدار الخطي البسيط لدرجات الحرارة العظمى في منطقة الزاوية، اتجاهًا للزيادة في المعدلات السنوية، وتبايناً في المعدلات الفصلية لكلا السيناريوهين، وهذا دليل ومؤشر

بأن درجة الحرارة تتجه نحو الاحترار في منطقة الدراسة، حيث دلت نتائج تحليل الانحدار الخطي إلى وجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترات الثلاث المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990)، بالرغم من ظهور زيادة دون مستوى الدلالة الإحصائية، إذ تراوح معامل الانحدار (b) ما بين 0.008 - 0.13، كما يلاحظ كذلك أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى في منطقة الزاوية يأخذ اتجاهاً واضحاً نحو الانخفاض خلال الفترات المستقبلية الثلاث في فصلي الخريف والصيف حيث كانت قيم (b) سالبة، وبتباين مفسر مرتفع بلغ 75% في فصل الخريف و80% في فصل الصيف، وعلى مستوى دال إحصائياً، بينما ظهر الاتجاه نحو الارتفاع في فصلي الشتاء والربيع بمعامل ارتباط تجاوز 90%، وبتباين مفسر بلغ 88% وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.000.

10- اتفقت نتائج الانحدار الخطي البسيط لدرجة الحرارة المتوسطة السنوية بأن هناك اتجاهاً نحو الزيادة وفقاً للسيناريوهين، بينما تتباين في المعدلات الفصلية والتي ستشهد ارتفاعاً واضحاً خلال فصلي الشتاء والربيع، حيث دلت نتائج تحليل الانحدار الخطي إلى وجود قيم موجبة للمتغير (b) في المعدلات السنوية للفترات الثلاث المستقبلية مقارنة بفترة الأساس (1961-1990) في فصل الشتاء بمعامل ارتباط تجاوز 92%، وبتباين مفسر بلغ 86% وعلى مستوى دال إحصائياً - الشكل (9). أما في فصل الربيع فقد بلغ معامل الارتباط أيضاً 0.92، وبتباين مفسر بلغ 84% وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.000، كما نستنتج كذلك أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة المتوسطة يتجه اتجاهاً واضحاً نحو الانخفاض خلال الفترات المستقبلية الثلاث في فصلي الخريف والصيف، حيث كانت قيم b سالبة، وبتباين مفسر مرتفع بلغ 66% في فصل الخريف و78% في فصل الصيف، وعلى مستوى دال إحصائياً.

11- أثبتت نتائج التباين (One-way analysis of variance)، إلى وجود تباين في المتوسطات الفصلية لدرجة الحرارة الصغرى نحو الانخفاض عن متوسط سنة الأساس خلال فصلي الخريف والصيف، ففي فصل الخريف سيبلغ مقدار الفارق (5.8 م°) وعلى مستوى دلالة 0.002. أما في فصل الصيف فستتخفص درجة الحرارة الصغرى خلال الفترات المستقبلية الثلاث مقارنة بالفترة الأولى، وبفارق قدره (4 م°) وعلى مستوى دلالة إحصائية بلغ 0.000، كما أكدت نتائج اختبار التباين على الاتجاه نحو الارتفاع لدرجات الصغرى في فصلي الشتاء

والربيع، فعند مقارنة متوسطات الفترات الثلاث المستقبلية نجد أنها سترتفع بفارق مقداره (2.9 م°) في فصل الشتاء، وعلى مستوى دلالة إحصائية تقل عن 0.05. وبفارق (5.6 م°) في فصل الربيع وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل أيضاً عن 0.005.

12- دلت نتائج التباين على عدم وجود اختلاف أو تباين في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العظمى بين الفترتين (1961-1990) و (2010-2039). بينما هناك تبايناً واضحاً في ارتفاع متوسط درجة الحرارة العظمى خلال الفترتين (2040-2069) و (2070-2099) مقارنة بفترة الأساس (1961-1990) بفارق في المتوسط بلغ (0.5 م°) وعلى مستوى دلالة أقل من 0.05.

13- أشارت نتائج اختبار التباين لفصلي الخريف والصيف إلى وجود اختلاف في متوسطات درجة الحرارة العظمى مسجلة انخفاضاً في فصل الصيف مقداره (4.2 م°) وعلى مستوى دلالة 0.002، وكذلك الحال عند مقارنة الفترة الأولى مع الفترات الثلاث المستقبلية خلال فصل الخريف، وبفارق (6.5 م°) وعلى مستوى دلالة إحصائية بلغ 0.000، بينما دلت نتائج الاختبار على الاتجاه نحو الارتفاع لدرجات الحرارة العظمى في فصلي الشتاء والربيع، فعند مقارنة متوسطات الفترات الثلاث المستقبلية مع فترة الأساس نجد أنها ترتفع بفارق مقداره (2.9 م°) في فصل الشتاء، وعلى مستوى دلالة إحصائية 0.001، وبفارق (6.4 م°) في فصل الربيع وعلى مستوى دلالة 0.000.

14- أكدت نتائج اختبار التباين على اتجاه ارتفاع المعدل السنوي لدرجات الحرارة المتوسطة، فعند مقارنة متوسطات الفترات الثلاث المستقبلية (2010-2039) و (2040-2069) و (2072-2099) نجد أنها ترتفع وتتناقص بفارق (0.1 ± م°) بفارق غير دال إحصائياً، أما على المستوى الفصلي فيظهر التباين الواضح الذي يؤكد خط الاتجاه العام، ففي فصلي الخريف والصيف يتجه متوسط درجة الحرارة نحو الانخفاض مقارنة بفترة الأساس، وبفارق يتراوح بين (3.2-6.2 م°) في فصل الخريف وعلى مستوى دلالة أقل من 0.005، أما في فصل الصيف فيتراوح الفارق ما بين (2.1-3.9 م°) وعلى مستوى دلالة أقل من 0.005، بينما في فصلي الشتاء والربيع تؤكد النتائج على أن هناك ارتفاعاً في متوسط درجة الحرارة مقارنة بفترة الأساس،

وبفارق يبلغ نحو (2.8 م°) في فصل الشتاء، و(3.9 م°) في فصل الربيع وعلى مستوى دلالة إحصائية أقل 0.005.

15- أظهرت منحنيات الفروق المتجمعة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى للفترة الأولى أنه حدث ارتفاع في بداية الستينات، ومن ثم انخفضت درجة الحرارة الصغرى لتعود إلى الارتفاع منذ منتصف الثمانينات حتى نهاية الفترة (2009). أما خلال الفترات المستقبلية فتكاد تكون متطابقة من حيث الارتفاع.

16- بينت منحنيات الفروق المتجمعة لدرجة الحرارة الصغرى أن فصل الخريف في بداية الفترة الأولى (1961-1969) شهد تذبذباً بين انخفاض وارتفاع معدلاتها، وليستمر في الارتفاع عن المعدل من بداية الفترة الثانية، وهذا ينطبق على آخر فترتين، حيث تكون الحرارة الصغرى مرتفعة في بداية كل فترة، ثم تتجه اتجاهاً واضحاً نحو الانخفاض حتى نهايتها. وفي فصل الشتاء كان هناك تذبذباً أيضاً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى، أما في الفترة الثانية من (2010-2039) فسيكون هناك ارتفاعاً عاماً بشكل تدريجي من عام 2020 ويصل ذروته في نهاية هذه الفترة، وهذا يتطابق مع الفترات المستقبلية من (2040-2099). كما أكدت نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الربيع أن هناك تذبذباً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى مشابهاً لفصل الشتاء، ويتطابق معه في الاتجاه نحو الانخفاض في بداية كل فترة ويرتفع في نهايتها. وتظهر نتائج المنحى أن الفروقات المتجمعة لفصل الصيف متذبذبة بين الانخفاض والارتفاع بشكل عام خلال الفترة الأولى، ولكن يشير نحو الارتفاع في نهايتها. أما منحى الفترة المستقبلية فيشير بشكل عام إلى أن الحرارة الصغرى حول المعدل في بداية كل فترة من الفترات الثلاث ثم تتجه نحو الانخفاض حتى نهاية كل فترة، لتؤكد على الاتجاه العام لدرجة الحرارة الصغرى أنها تتجه نحو الانخفاض في فصل الصيف.

17- تظهر منحنيات الفروقات المتجمعة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى للفترة الأولى اتجاهاً نحو الزيادة، وفي الفترة الثانية من (2010-2039) تشير النتائج أنها انخفضت بشكل واضح من 2010-2017، ومن ثم ستعود بعدها إلى الارتفاع من جديد حتى نهاية الفترة. كما بينت النتائج أنه خلال الفترة من 2040-2069 سيبقى المنحى حول المعدل في بداية الفترة حتى سنة 2042، ويبدأ بعدها في الارتفاع من جديد حتى عام 2069، وسيمثل عام 2063

ذروة ارتفاع الحرارة ليبلغ معدّلها 29.2 م°، وكذلك الحال في الفترة (2070-2099) فنجد هناك تشابهاً كبيراً في اتجاه المنحنى للفترة السابقة من ناحية الارتفاع والانخفاض. وتشير نتائج الفروقات المتجمعة خلال فصل الخريف، أنه سجل في بداية الفترة الأولى (1961-1969) أعلى من المعدّل، وتغير بعدها اتجاه المنحنى نحو الارتفاع حتى نهاية هذه الفترة، وقد سجل ارتفاعاً عن المعدّل في بداية الفترة الثانية، ثم سيتجه بعدها نحو الانخفاض، وهذا يتطابق مع اتجاه درجة الحرارة الصغرى، أما في الفترة الثالثة (2040-2069) سيبدأ المنحنى بالارتفاع عن المعدّل عام (2040) حتى عام (2044)، ثم سيأخذ بعدها اتجاهاً نحو الانخفاض حتى نهاية الفترة، وليعود إلى الارتفاع من جديد بداية من خريف (2067)، ويستمر كذلك في نفس الاتجاه حتى عام (2069)، وأما في الفترة الرابعة فتشير النتائج إلى اتجاه المنحنى إلى انخفاض درجة الحرارة في بدايتها ثم يرجع إلى الارتفاع في نهايتها عام (2097)، كما أظهرت نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الشتاء أن هناك تذبذباً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى (1961-1990)، في درجات الحرارة العظمى، أما في الفترة الثانية من (2019-2039) فيظهر أن هناك ارتفاعاً عاماً يكون تدريجياً بداية الفترة حتى عام (2021)، وهو يتطابق مع ما أثبتته نتائج النمذجة لدرجة الحرارة العظمى الملحق (3) أن يناير 2021 سجل معدل درجة حرارة (19.1) وهو أعلى من المعدّل الشهري لسنة الأساس الذي بلغ (17.5)، إذ شهد يناير 2021 موجة حر في ذروة الشتاء يوم 2021/1/10 بلغت درجة الحرارة 35 درجة مئوية، كما ظهر في التقرير الموسمي لفصل الشتاء (2022-2023) أن فصل الشتاء دافئ حيث سجلت درجة حرارة وفقاً للملحق (2) معدلاً قدره (20.8 م°) وهو أعلى من معدل سنة الأساس.

كما تؤكد نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الربيع وجود تذبذب في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى مشابهة لفصل الشتاء، حيث شهدت الفترة (1971-1981) انخفاضاً واضحاً في معدلات درجة العظمى، أما في الفترات المستقبلية فنلاحظ أن المنحنى سيأخذ اتجاهاً مشابهاً لفصل الشتاء، ويتطابق معه في الاتجاه نحو الزيادة في بداية كل فترة ونهايتها، وفي فصل الصيف كان المنحنى متذبذباً بين الانخفاض والارتفاع بشكل عام، ويمثل عام (1988) بداية ذروة الارتفاع. أما منحنى الفترة الثانية فيشير بشكل عام نحو الارتفاع في بدايتها وحتى عام (2025)، ويؤكد هذه النتائج أن فصل صيف سجل خلال عامي (2019) و(2020) معدّلات

بلغت (36.1 م°) و(37 م°) على التوالي، وهي أعلى من المعدل الصيفي في المنطقة، حيث سجل صيف 2019 موجتي حر متتاليتان استمرتتا 18 يوماً أدتا إلى اندلاع حرائق مأسوفلة في الغرب الليبي، بينما يشير المنحى إلى الانخفاض من عام (2026) حتى نهاية الفترة، وفي آخر فترتين يبدأ المنحى في الارتفاع عن المعدل بشكل تدريجي إلى أن يصل ذروته نهاية كل منها. 18- تُظهر منحنيات الفروق المتجمعة للمعدل السنوي لمتوسط درجة الحرارة للفترة الأولى تذبذباً، ثم يشير إلى نحو الارتفاع في نهايتها. وفي الفترة من (2010-2039) يبقى المنحى حول المعدل في بداية الفترة حتى سنة (2018)، ويبدأ بعدها يشير إلى الارتفاع من جديد في نهايتها، وكذلك الحال في الفترة (2040-2099) نجد هناك تشابهاً كبيراً في اتجاه المنحى للفترة السابقة من حيث الارتفاع، مما يؤكد على الاتجاه العام للمعدل السنوي لدرجة الحرارة المتوسطة للفترة الثلاث، وهذا يتطابق مع تقرير التقييم الخامس IPCC بأن درجة الحرارة ستشهد ارتفاعاً في غرب ليبيا في الفترة 2081-2100 بزيادة تتراوح بين (1-1.25)⁽⁷⁾. وتتطابق نتائج النمذجة لدرجة الحرارة المتوسطة للفترة (218 - 2022) وتتطابق نتائج النمذجة لدرجة الحرارة المتوسطة للفترة (2018 - 2022) مع تقرير WMO بأن درجة الحرارة ترتفع في شمال غرب ليبيا ما بين (0.5 - 1)⁽⁸⁾.

19- أظهرت منحنيات الفروق المتجمعة لفصل الخريف في بداية الفترة الأولى (1961-1969) كانت أعلى من المعدل، ثم تغير اتجاه المنحى نحو الارتفاع حتى نهاية هذه الفترة، واستمر حول المعدل من بداية الفترة الثانية ثم سيتجه بعدها نحو الانخفاض، وهذا يتطابق مع اتجاه درجة الحرارة الصغرى والعظمى لنفس الفترة، أما في الفترتين (2040-2069) و(2070-2099) فيبقى المنحى حول المعدل خلال المدة (2040-2044)، ويعود إلى معدله مع بداية خريف 2067 ويستمر في نفس الاتجاه حتى نهاية الفترة، كما تظهر نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الشتاء تبايناً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى، حيث شهدت الفترة (1978-1980) ذروة الارتفاع في درجة الحرارة المتوسطة. أما في الفترات المستقبلية فنجد أن العشر سنوات الأولى ستبقى حول المعدل، ثم سيكون هناك ارتفاع تدريجي حتى نهاية الفترات المستقبلية الثلاث (2040-2099). وتؤكد كذلك نتائج الفروقات المتجمعة لفصل الربيع أن هناك تذبذباً في الارتفاع والانخفاض خلال الفترة الأولى، فبينما شهدت الفترة (1964-1967)

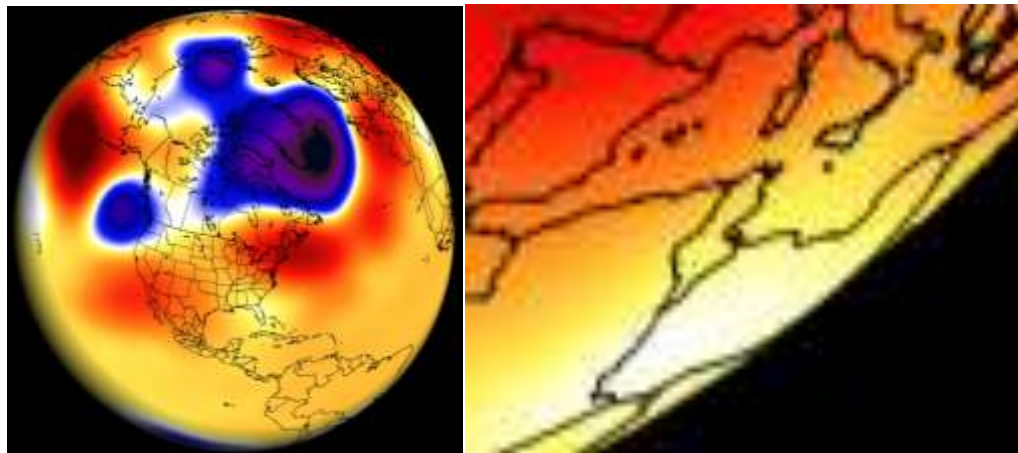
انخفاضاً واضحاً في درجة الحرارة المتوسطة، ستشهد الفترات المستقبلية منحناً مشابهاً لفصل الشتاء، ويتطابق معه في الاتجاه نحو الزيادة في بداية كل فترة ونهايتها. كما نجد أن منحنى الفروقات المتجمعة لفصل الصيف متذبذب كذلك بين الانخفاض والارتفاع بشكل عام، ومثل عام (1988) بداية ذروة الارتفاع، وهذا يتطابق مع منحنى الحرارة الصغرى والعظمى.، وأما اتجاه المنحنى في الفترات المستقبلية فيشير إلى درجات حرارة حول معدلها في أول عشر سنوات من كل فترة ثم يتجه إلى الانخفاض بشكل كبير.

الخلاصة:

من خلال إصدارات الباحثة للتقارير بالتنبؤات الموسمية وفقاً للملاحق ما أثبتت دقة النمذجة في التنبؤ بالآتي:

1- أثبتت نتائج النمذجة لدرجة الحرارة المتوسطة أن صيف 2022 سجل درجة حرارة حول المعدل وهذا ما أثبتته تقرير (SEVERE WEATHER EUROPE)، الذي مثل غرب البلاد باللون الأبيض دلالة على أنها حول المعدل في حين أظهرت نتائج النمذجة الموسمية لفصل الصيف 2022 أنه سجل 27.5م° وهي أقل من المعدل الفصلي لسنة الأساس الذي بلغ 27.5م°.

الصورة (10) التنبؤ بدرجة الحرارة المتوسطة لصيف 2022.

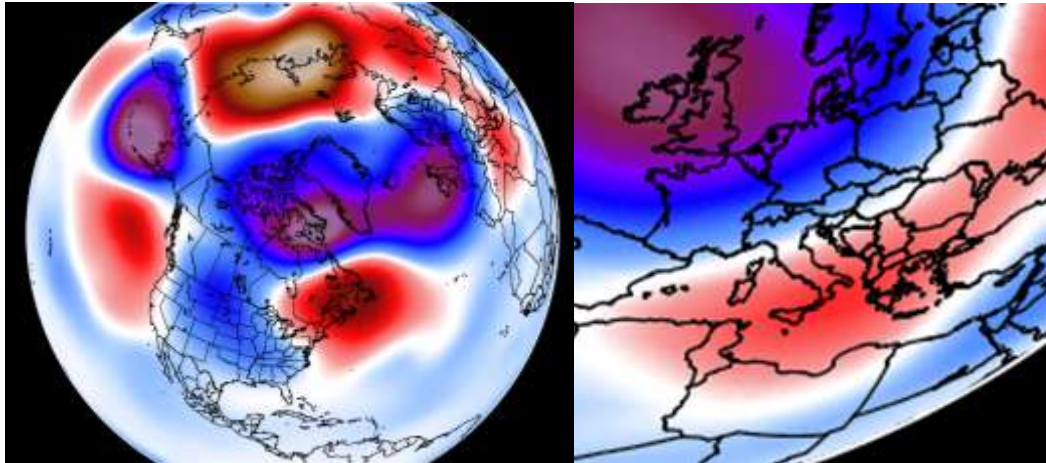


المصدر: <https://www.severe-weather.eu/long-range-2/summer-2022-forecast-seasonal-update-united-states-europe-fa/>

2- من خلال الملحق (1)، تطابقت نتائج النمذجة مع النماذج العالمية لفصل الخريف، حيث أشارت النماذج بأن عام 2022 يسجل درجات حرارة أقل من المعدل بقيمة بلغت 16.4 م° بشكل عام مقارنة مع الفترة المرجعية (1990-1961) التي سجلت درجة حرارة 22 م°، وخط الاتجاه العام لفصل الخريف للفترة المستقبلية يشير إلى الانخفاض، في حين نجد أن شهري سبتمبر 2022 سيسجل ارتفاعاً في متوسط درجة الحرارة عن السنوات الماضية والقادمة، أما شهري أكتوبر ونوفمبر فقد سجلا درجة حرارة أقل من المعدل لعام 2022 مقارنة مع باقي السنوات.

3- أكد تقرير (SEVERE WEATHER EUROPE)، أن المنطقة الغربية من ليبيا سيشهد فصل الشتاء فيها لعام (2023-2022) متوسط درجة حرارة أعلى من المعدل، وهذا ما حدث بالفعل إذ سجل وفق نتائج النمذجة السنوية 29 م° وهي أعلى من سنة الأساس الذي بلغ 27.7 م°.

الصورة (11) التنبؤ بدرجة الحرارة المتوسطة لشتاء 2023-2022.



المصدر: <https://www.severe-weather.eu/long-range-2/fall-2022-weather-forecast-update-la-nina-seasonal-usa->

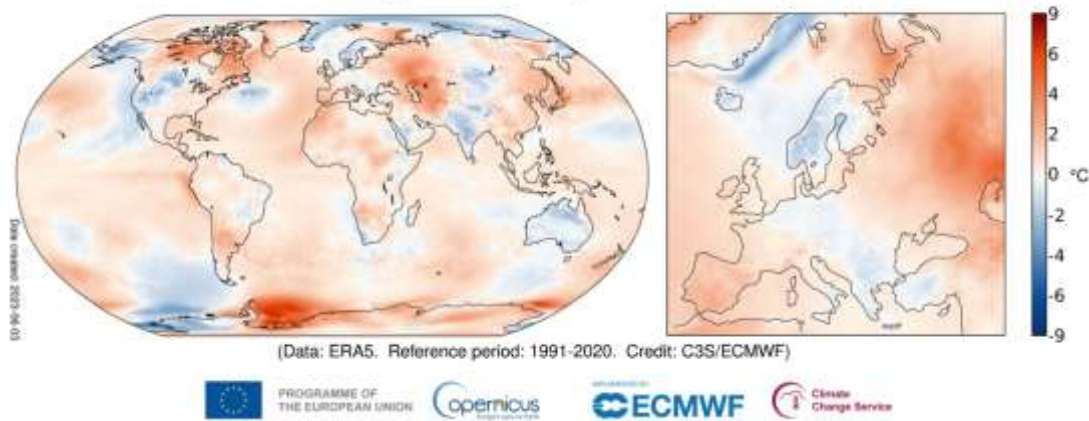
[europe-fa/?fbclid=IwAR1uuHxfsiRDDIAOEmMMYj1jQiEhHVScOytl2dgCqhmL3jpPMFVFWs9qvOk](https://www.severe-weather.eu/long-range-2/fall-2022-weather-forecast-update-la-nina-seasonal-usa-europe-fa/?fbclid=IwAR1uuHxfsiRDDIAOEmMMYj1jQiEhHVScOytl2dgCqhmL3jpPMFVFWs9qvOk)

4- أكد تقرير فصل الربيع الملحق (3) أنه سيسجل درجة الحرارة أعلى من المعدل بالاتفاق مع بقية نماذج العالمية. حيث ورد في نص التقرير الموسمي لفصل الربيع 2023 (يسجل درجات حرارة في (الصغرى، العظمى، المتوسطة) أعلى من معدل سنة الأساس، وأعلى من معدل

السنوات الأربع الماضية، عليه سيكون فصل الربيع هذه السنة هو الأكثر دفئاً، ويعد شهر مايو أحر أشهر الربيع هذا العام)، وهذا يتطابق مع نشرت خدمة تغير المناخ الصادرة عن المركز الأوروبي للتنبؤات متوسطة المدى (C3S) Copernicus Climate Change Service (ECMWF)، الصادر بتاريخ 8/يونيو/2023، حيث أشارت في تقريرها حول (Surface air temperature for May 2023)، بأن شهر مايو لعام 2023 كانت عدة أجزاء من أفريقيا أكثر دفئاً من المعتاد⁽⁹⁾.

الصورة (12) التنبؤ بدرجة الحرارة المتوسطة لفصل الربيع 2023.

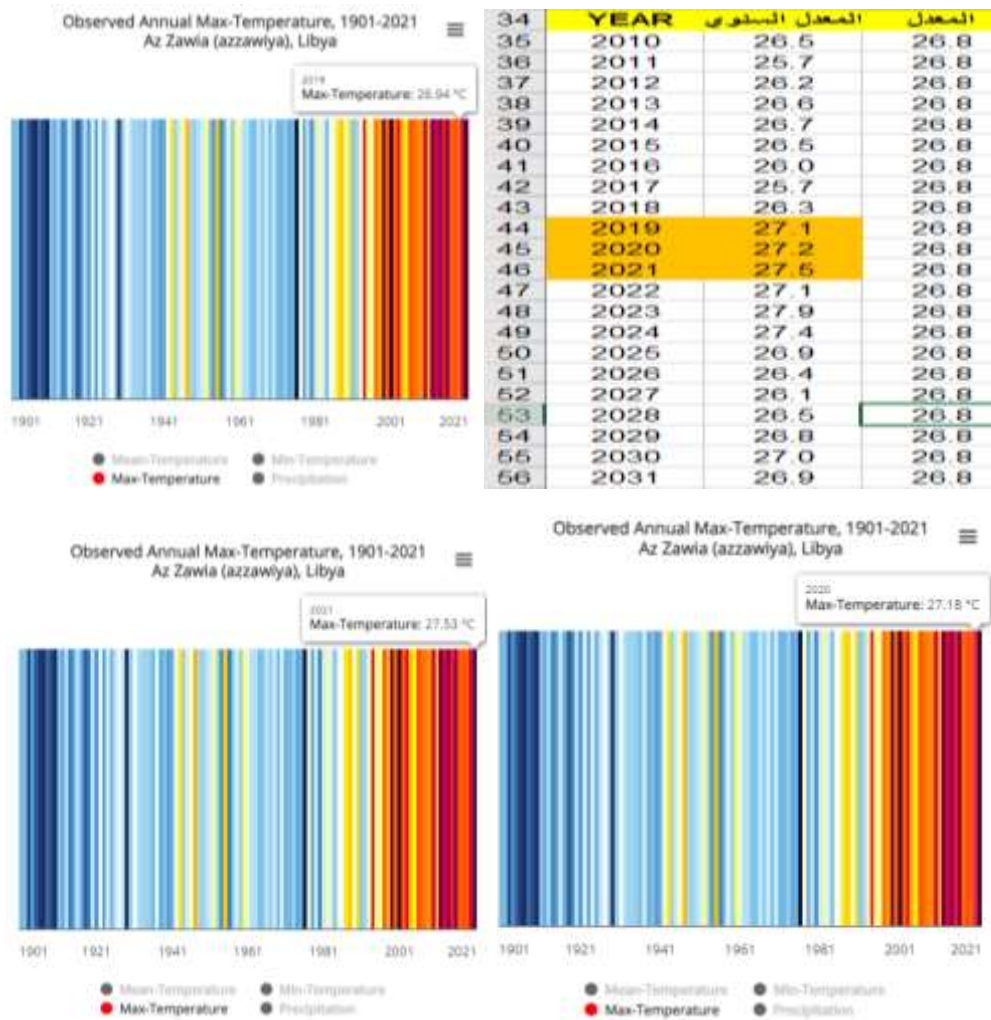
Surface air temperature anomaly for March to May 2023



المصدر: https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-may-2023?utm_source=fb&utm_medium=socialmedia&utm_campaign=CBmay23&fbclid=IwAR0Fqf1b2J0vly4QQu8oUelxYdsBUD44sugHLwFpfWBBRm0hFY8tcaURpTY

5- أثبتت بيانات البنك الدولي (بوابة المعرفة الخاصة بتغير المناخ) دقة البيانات السنوية لدرجة الحرارة العظمى المنمذجة من سنة 2010 بواسطة SDSM، أنها على تطابق خلال آخر السنوات (2019 / 2020 / 2021) التي شهدت موجات حر تجاوزت 18 يوماً الصورة (13).

الصورة (13) تطابق البيانات المنمجة لدرجة الحرارة العظمى بواسطة SDSM مع بيانات البنك الدولي لتغير المناخ.



المصدر: البنك الدولي بوابة المعرفة الخاصة بتغير المناخ:

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>

هوامش الفصل السادس

1- Sébastien Gagnon, Bhawan Singh, Jean Rousselle and Luc Roy, An Application of the Statistical DownScaling Model (SDSM) to Simulate Climatic Data for Streamflow Modelling in Québec, Canadian Water Resources Journal Vol. 30(4): 297–314 (2005).

2- 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.

3- أسمهان علي المختار عثمان، إيمان أبو القاسم شلغوم، علي مصطفى سليم، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى بمنطقة سرت للفترة (1961 – 2099) باستخدام تقنية SDSM، الدولي الثالث لعلوم البيئة والتكنولوجيا، 5-6 يونيو مصراته، 2022، المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة، ص6.

4- أسمهان علي المختار عثمان، التباين في اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى على الساحل الليبي للفترة (1961 – 2099) باستخدام التقنيات المكانية، المؤتمر العالمي لقسم الجغرافية، كلية الآداب، الجامعة العراقية (الجغرافية التطبيقية نحو التحولات الرقمية)، 22-23 فبراير 2023.

5- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، تغير المناخ 2013 الأساس العلمي الفيزيائي (ملخص لصانعي السياسات)، التقرير التقييم الخامس، 2013، ص22.

6- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، تغير المناخ 2013 الأساس العلمي الفيزيائي (ملخص لصانعي السياسات)، التقرير التقييم الخامس، 2013، ص80.

7- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، تغير المناخ 2013 الأساس العلمي الفيزيائي (ملخص لصانعي السياسات)، التقرير التقييم الخامس، 2013، ص22.

8- World Meteorological Organization, Global Annual to Decadal Climate Update, Target years: 2023 and 2023–2027, p3

9- https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-may-2023?utm_source=fb&utm_medium=socialmedia&utm_campaign=CBmay23&fbclid=IwAR0Fqf1b2J0vly4QQu8oUelxYdsBUD44sugHLwFpfWBBRm0hFY8tcaURpTY Access Date 9/6/2023

10- <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>
Access Date 9/6/2023.

التوصيات

التوصيات.

- 1- إن 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، لذا 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 لخصوبتها وخصائصها والذي سيكون له الأثر الكبير على الأراضي الزراعية والمحاصيل، لذا يتوجب التوعية بتلك المخاطر وترشيد المياه للحد من الجفاف والتصحر.
- 2- 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.
- 3- يجب التنويه إلى الاهتمام بعمليات طرق الرصد وتحسينها كماً ونوعاً، وذلك بتوفير معدات وأجهزة القياس المتطورة، مع تنمية القدرات والرفع 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.
- 4- يجب نشر الوعي بخطورة آثار التغير المناخي، فالارتفاع في متوسط درجة الحرارة العظمى له آثار مباشرة على صحة الإنسان، والزيادة على طلب الطاقة، إضافة إلى الأضرار بالمحاصيل الزراعية وتلفها.
- 5- أخذ التدابير اللازمة لتفادي الآثار الخطيرة الناتجة عن تغير المناخ في البلاد، كالتوقف عن استهلاك الوقود الاحفوري والبحث عن مصادر بديلة نظيفة للطاقة.
- 6- إلزام المركز الوطني للأرصاد الجوية بطرابلس توفير البيانات اليومية لجميع محطات الرصد في البلاد خدمة للباحثين في مجال المناخ والتغيرات المناخية.
- 7- العمل على تدريب العاملين في مجال الأرصاد والبحاث المختصين في مجال الطقس والمناخ على هذا النوع من التقنيات؛ ليتم وضع تنبؤ مستقبلي موسمي وسنوي لمناخ للبلاد، وبخاصة لعنصري درجة الحرارة والمطر لتفادي تطرفات الطقس من موجات حر وبرد وما ينتج عنها من تشكل السيول وتجمع الغدران في المدن.

المراجع والمصادر

أولاً: المراجع العربية.

1- الكتب: -

- 1- امقلي، امحمد عياد، مقدمة في الطقس والمناخ، دار شموع الثقافة للطباعة والنشر والتوزيع، الزاوية، ليبيا، ط2، 2003.
- 2- أمين، أسامة ربيع، التحليل الإحصائي باستخدام SPSS ، مكتبة الأكاديمية، القاهرة، مصر، الجزء الأول، ط2، 2007.
- 3- إبراهيم، عيسى علي، 2004، الأساليب الإحصائية في الجغرافيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر ط.1. 2004.
- 4- أبوعيانة، فتحي محمد، مدخل إلى التحليل الإحصائي في الجغرافيا البشرية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر، ط1.
- 5- الجديدي، حسن محمد، أسس الهيدرولوجيا العامة، منشورات جامعة الفاتح، طرابلس، 1998.
- 6- موسى، علي حسن، المعجم الجغرافي المناخي، دار الفكر للطباعة والتوزيع النشر، دمشق، سوريا، ط1، 1976.
- 7- السامرائي، قصي عبد المجيد، مبادي الطقس والمناخ، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، العراق، ط1، 2007.
- 8- السامرائي، قصي عبد المجيد، الأقاليم المناخية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ط1، 2008.
- 9- العبيدي، سمير سليم فاضل، جمال إبراهيم داود البياتي، الإحصاء التطبيقي طرق اختبارات الفروض وموضوعات أخرى في الإحصاء الاستدلالي الإحصائي، دار شموع الثقافة للنشر والتوزيع، الزاوية، ليبيا، ط1، 2002.
- 10- العتبي، سامي عزيز عباس، إياد عاشور الطائي، الإحصاء والنمذجة في الجغرافية، مكتبة ومطبعة احرم للطباعة والاستنساخ، بغداد، العراق، ط1، 2012.
- 11- بري، عدنان ماجد عبد الرحمن، النمذجة والمحاكاة، جامعة الملك بن سعود، الرياض، السعودية، ط1، يوليو 2002.

12- حافظ، محمد السيد، مفرح بن ضايم القراضي، تغير المناخ العالمي: النماذج والاسقاطات والتقنيات الحديثة، مجلة المناخ والبيئة، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة، مصر العدد 124، سنة 2019.

13- داوود، جمال إبراهيم، سمسر سليم فال، تحليل الارتباط ونماذج الانحدار البسيط، دار الكتب الوطنية، بنغازي، ليبيا، ط1، 2004.

14- زهدي، حسن زهدي، الأرصاد الجوية ونظرة المستقبل، مؤسسة الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة، مصر، ط 1، 1997.

15- سيما، إيڤ، ترجمة زينب منعم، التغير المناخي، منشورات المجلة العربية، الرياض، 2015.

16- شرف، أمحمد إبراهيم محمد، جغرافية المناخ والبيئة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر، ط1، 2001.

17- وهيبة، عبد الفتاح محمد، الجغرافية التاريخية بين النظرية والتطبيق، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، لبنان، بدون تأريخ.

18- هيكل، عبد العزيز، مباد الأساليب الإحصائية، دار النهضة العربية، بيروت، لبنان، 1980.

19- عبد ربه، إبراهيم علي إبراهيم، ناشد محمود عبد السلام شحاته، مبادي الأساليب الإحصائية (بين النظرية والتطبيق)، الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر، ط1، 2006.

20- غانم، علي أحمد، الجغرافيا المناخية، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان الأردن، ط4، سنة 2013.

2- التقارير الدولية: -

1- الأمم المتحدة، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، تقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية، نيويورك، 2011.

2- التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2017، بيروت، لبنان.

3- الهيئة الحكومية الولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، 2013: ملخص لصانعي السياسات، في تغير المناخ 2013: الأساس الفيزيائي، مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الولية المعنية بتغير المناخ.

4- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، تغير المناخ 2013 الأساس العلمي الفيزيائي (ملخص لصانعي السياسات)، التقرير التقييم الخامس، 2013.

5- تقرير التقييم الرابع الذي أعدته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC.

6- دليل الممارسات المناخية، المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، مطبوع رقم 100، 2011.

7- دليل مبادئ التحليل الإحصائي، أداة المنهجية والجودة، دليل رقم 10، أبو ظبي، الإمارات المتحدة في:

<https://www.scad.gov.ae/MethodologyDocumentLib/GPSA%20AR%20017MAR01.pdf>.

3- الرسائل العلمية: -

1- عثمان، أسمان علي المختار، تغير المناخ دراسة تطبيقية لاتجاه وتغير درجة الحرارة في ليبيا للفترة (1971-2000)، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى مجلس كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا، 2011.

2- المريمي، رضوان علي أحمد، التنبؤ بدرجات الحرارة السطحية وساعات سطوع الشمس على ليبيا باستخدام نموذج التنبؤ بالمناخ الإقليمي (RegCM-4.4)، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى قسم الغلاف الجوي، كلية العلوم، جامعة طرابلس، 2019.

4- المجالات العلمية: -

1- إبراهيم، عبد السلام أحمد محمد، نمذجة التغير في درجة الحرارة بمنطقة مصراته باستخدام تقنية (SDSMS)، مجلة جامعة الزيتونة، العدد 28، ديسمبر 2018، ترهونة، ليبيا.

2- المليان، جمعة المليان، شرف الدين بن سعيد، عبد الرحمن الغافود، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة شحات للفترة (1961-2009) باستخدام تقنية SDSM، مجلة كلية الآداب، جامعة مصراته، العدد 17، يونيو 2021.

- 3- بدرية بنت محمد، الجزر الحرارية لمدينة الذمام - دراسة باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب للبنات، الذمام، السعودية دراسة غير منشورة، 2012.
- 4- سليم، علي مصطفى، 2019، 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، 2019.
- 5- سليم، علي مصطفى، التغير المناخي وأثره على درجة الحرارة في منطقة مصراته خلال الفترة 1980-2010.
- 6- عثمان، أسمهان علي المختار، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة زوارة للفترة (1961 - 2050) باستخدام تقنية SDSM، كتاب المؤتمر الدولي الأول لكليات العلوم جامعة الزاوية، (العلوم الأساسية أساس الإبداع والتألق) 19-20 ديسمبر 2021.
- 7- عثمان، أسمهان علي المختار، إيمان أبو القاسم شلغوم، علي مصطفى سليم، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى بمنطقة سرت للفترة (1961 - 2099) باستخدام تقنية SDSM، الدولي الثالث لعلوم البيئة والتكنولوجيا، 5-6 يونيو مصراته، 2022، المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة.
- 8- عثمان أسمهان علي المختار، نمذجة اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى في محطة مطار طرابلس للفترة (1961 - 2099) وأثرها في التطرف الحراري، المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب التغيرات المناخية ي ليبيا (الاتجاهات والتداعيات)، تنظيم قسم الجغرافيا بكلية الآداب جامعة سرت منشورات قسم البحوث والاستشارات جامعة سرت، ط1، 29 ديسمبر 2022.
- 9 - عثمان، أسمهان علي المختار، عاشور صالح ساسي صالح، الإسقاطات المستقبلية لدرجة الحرارة في محطة أرصاد بنينا للفترة (1961 - 2099) باستخدام تقنية SDSM، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، جامعه المرقب، العدد 14، المجلد 1، ط1، 2022.
- 10 - عثمان، أسمهان علي المختار، عبد السلام أحمد محمد إبراهيم، عادل المختار عبد الله الشريف، نمذجة اتجاهات التغير في درجة الحرارة العظمى في محطة زوارة للفترة (1961 - 2050) وأثرها في التطرف الحراري، المؤتمر الجغرافي الأول (تغير المناخ وآثاره على الموارد

المائية والبيئية) ، كلية العلوم الاجتماعية / قسم الجغرافيا/ جامعة مؤتة، الأردن، 25-26 أكتوبر.

11 - عثمان، أسمهان علي المختار، التباين في اتجاهات التغير في درجات الحرارة العظمى على الساحل الليبي للفترة (1961 - 2099) باستخدام التقنيات المكانية، مجلة مداد الآداب، العدد الخاص بالمؤتمر العالمي للقسم الجغرافية، كلية الآداب، الجامعة العراقية (الجغرافية التطبيقية نحو التحولات الرقمية) ، 22-23 فبراير 2023.

12- عثمان، أسمهان علي المختار، التباين المكاني لدرجات الحرارة بين منطقتي الزاوية وغريان، المجلة الليبية للدراسات، دار الزاوية للكتاب، الزاوية، ليبيا، العدد التاسع، المجلد الثاني، سنة 2015.

13- أسمهان علي المختار عثمان، تغير المناخ دراسة تطبيقية لاتجاه وتغير درجات الحرارة في ليبيا من الفترة 1971-2000، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى مجلس كلية الآداب الزاوية، قسم الجغرافيا، جامعة الزاوية، الزاوية، 2011.

14- عثمان، أسمهان علي المختار، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة زوارة للفترة (1961 - 2050) باستخدام تقنية SDSM، مجلة المؤتمر الدولي الأول لكليات العلوم بجامعة الزاوية، 19-20 نوفمبر 2021.

15- عثمان، أسمهان علي المختار، 2019، الخصائص المناخية لموجات الحر وعلاقتها بالحرائق 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.

16- سليمان، محمود محمد، التوزيع المكاني لاختلاف مؤشرات المناخ البحري والقاري في ليبيا، مجلة العلوم الإنسانية، كلية الآداب الخمس، جامعة المرقب، العدد 25، سبتمبر 2022.

17- بريش، مولود على، أسمهان علي المختار عثمان، تغير في كثافة الغطاء النباتي وعلاقتها بتغير كمية الأمطار في منطقة الزاوية للفترة 1990 - 2020، المجلة الليبية للدراسات، المجلد 1، دار الزاوية للكتاب، الزاوية، ليبيا، العدد الثامن عشر، يونيو 2020.

ثانيا: المصادر الأجنبية: -

1- Using SDSM Version 4.2 — A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts (User Manual), obert L.

Wilby and Christian W. Dawson, Climate Change Unit, Environment Agency of England and Wales, Nottingham, NG2 5FA,UK, August 2004, P6-7

2- World Meteorological Organization, Global Annual to Decadal Climate Update, Target years: 2023 and 2023-2027, p3

3- A. Deniz, H. Toros and S. Incecik, Spatial distribution of climatic indices in Turkey, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, 2018, P69.

4- Moloud Ali Brebish, Asmahan Ali Othman, Modelling 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- -Sebastien Gagnon, Bhawan Singh, Jean Rousselle and Luc Roy, An Application of the Statistical downscaling Modell (SDSM) to Simulate Climatic Data for Streamfl ow Modelling in Quebec, Canadian Water Resources Journal Vol. 30(4): 297–314 (2005).

6- R.L. Wilby And T.M.L. Wigley, Precipitation Predictors for Downscaling: Observed And General Circulation Modell Relationships, International Journal of Climatology, Accepted 9 September 1999, P645.

7- Javed Mallick, Yogesh Kant and B.D.Bharath, Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+, J. Ind. Geophys. Union, Vol.12, No.3, July 2008, P132 .

8- Ugur Avdan and Gordana Jovanovska, -Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data, Journal of Sensors, 2016, p.2, in <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>.

9- Aliihsan Sekertekin and Stefania Bonafoni, Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Modells and Toolbox Implementation, Remote Sens. 2020, 12, 294, p 9. In www.mdpi.com/journal/remotesensing.

10- Rajeshwari A1, Mani N D2, ESTIMATION OF LAND SURFACE TEMPERATURE OF DINDIGUL DISTRICT USING LANDSAT 8 DATA, International Journal of Research in Engineering and Technology, May-2014, p124.

- 11 - Kiehl, J.T.(2006), " Overview of Climate Modelling " in: Kiehl, J.T. & Ramanathan V.(eds.), Frontiers of Climate Modelling, Cambridge University Press, p2.
- 12 - Review of Methodologies and Possible Scenarios for Conducting Vulnerability Assessments to Climate Change, Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA), Expert Group Meeting Towards Assessing the Vulnerability of Water Resources to Climate Change in the Arab Region, Beirut, 26-28 October 2009.P9,10.
- 13 - Paul J. Valdes¹, Edward Armstrong and another, The BRIDGE HadCM3 family of climate Modells: HadCM3@Bristol v1.0, review for journal Geoscientific Modell Development, 8 February 2017, p1.
Paul J. Valdes¹, Edward Armstrong and another, The BRIDGE HadCM3 family of climate Modells: HadCM3@Bristol v1.0, review for journal Geoscientific Modell Development, 8 February 2017, p1
- 14- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC SPECIAL REPORT EMISSIONS SCENARIOS, 2000.
- 15- Rashid Mahmood & Mukand S. Babel, Evaluation of SDSM developed by annual and monthly sub -Modells for downscaling temperature and precipitation in the Jhelum basin, Pakistan and India, Published online: 25 September 2012 Springer-Verlag 2012, p28.

الدورات التدريبية: -

- 1- Training Course, on Machine Learning for Weather and Climate Forecasting, Competence Centre/University of Luxembourg. Sponsored by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) 13-1-2023:31-4-2023.

المواقع الالكترونية: -

1 https://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate_Modell/Modelling_schematic.html .Access Date 2/7/2021.

2 - <https://www.gfdl.noaa.gov/climate-Modelling/> Access Date 7/7/2021

<https://www.carbonbrief.org/qa-how-do-climate-Modells-work/>Access Date 6/8/2021.

3- https://www.lboro.ac.uk/subjects/geography-environment/staff/rob-wilby/?fbclid=IwAR3XNrmdUp_4S8nbxKoEthzpl2HPkY8V-j2ivia3hDUOkKCpuYBh_IryO3o.Access Date 15/10/2022.



الملاحق

الملحق (1)

التقرير الموسمي لفصل الخريف 2022 لمنطقة شمال غرب ليبيا

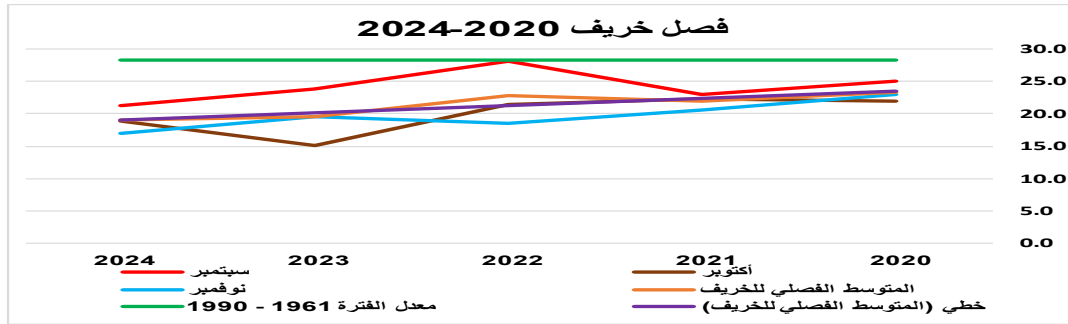
إعداد: أسهمان علي المختار غتمان

أستاذ مساعد/ قسم الجغرافيا/ كلية الآداب الزاوية/ جامعة الزاوية

a.almukhtar@zu.edu.ly

في هذا التقرير سنوضح لكم التنبؤ الموسمي لفصلي الخريف والشتاء لسنة 2022 بالاعتماد على أبحاثي التي تختص بنمذجة درجة الحرارة والتي تم الاعتماد على النموذج البريطاني HadCM3 وبرنامج SDSM. وما نتج عنها من مطابقة لنتائج التقارير الموسمية للنماذج لعالمية، إذ أشارت نتائج أطروحة الدكتوراه (ما زالت قيد الكتابة) بأن فصل الخريف يسجل درجات حرارة أقل من المعدل بشكل عام مقارنة مع الفترة المرجعية (1961-1990) وخط الاتجاه العام لفصل الخريف للفترة المستقبلية يشير الى الانخفاض.

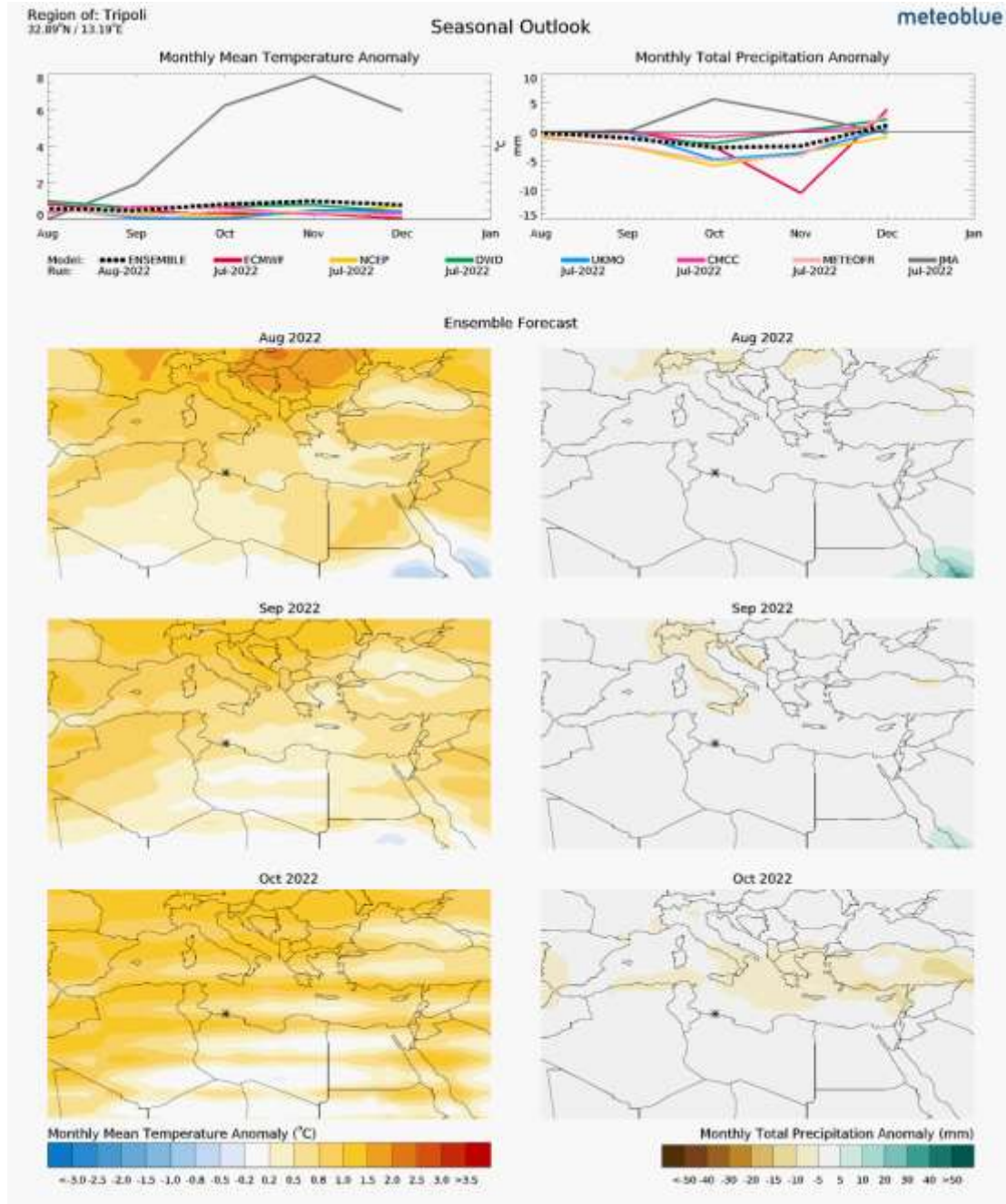
في حين نجد أن شهري سبتمبر وأكتوبر 2022 يسجلان ارتفاع في متوسط درجة الحرارة عن السنوات الماضية والقادمة. أما شهر نوفمبر فإنه يسجل أقل درجة حرارة لهذا العام 2022 مقارنة مع باقي السنوات.



النماذج العالمية:

الشكل التالي يجمع تنبؤ للنماذج العالمية لفصل الخريف 2022 وهي: المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (ECMWF)، المركز الوطني للتنبؤ البيئي (NCEP / NOAA)، خدمة الطقس الألمانية (DWD)، UK-Met Office (UKMO)، MeteoFrance (METEOFR)، والوكالة اليابانية للأرصاد الجوية (JMA) والمركز الأوروبي لمتوسطي لتغير المناخ (CMCC).

حيث نجد بيانات HadCM3 تتطابق مع النماذج العالمية * المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (ECMWF)، * المركز الوطني للتنبؤ البيئي (NCEP / NOAA)، * خدمة الطقس الألمانية (DWD)، UK-Met Office (UKMO)، MeteoFrance (METEOFR)، * والمركز الأوروبي لمتوسطي لتغير المناخ (CMCC).



المصدر:

<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgzGsnBZnXQhKrXVKXjgWqKDZppDx>

الملحق (2)

التقرير الموسمي لفصل الشتاء 2023-2022 لمنطقة شمال غرب ليبيا

إعداد: أسهمان علي المختار عثمان

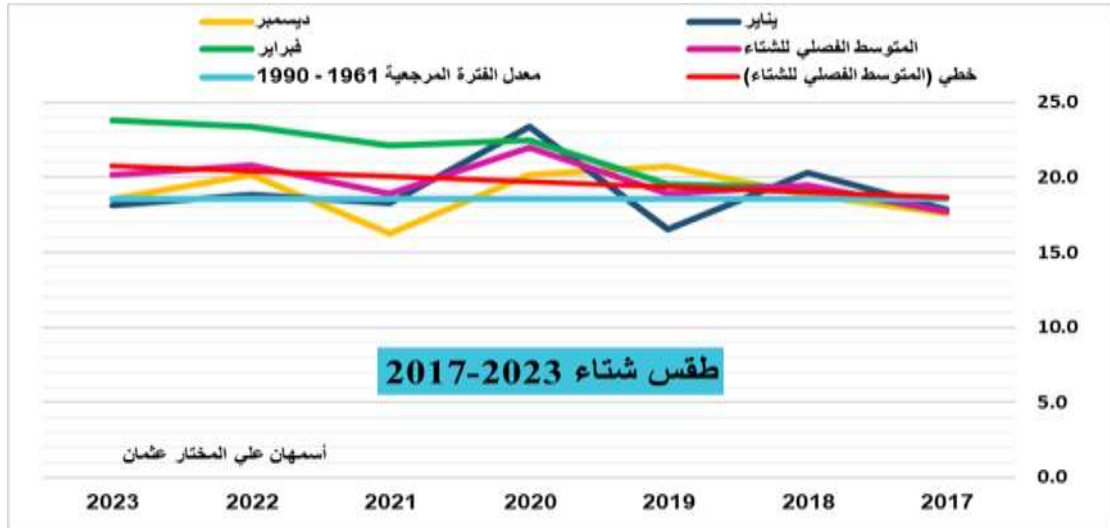
أستاذ مساعد/ قسم الجغرافيا/ كلية الآداب الزاوية/ جامعة الزاوية

a.almukhtar@zu.edu.ly

في هذا التقرير سنوضح لكم التنبؤ الموسمي لفصل الشتاء لسنة 2023 بالاعتماد على أبحاثي التي تختص بنمذجة درجة الحرارة والتي تم الاعتماد على النموذج البريطاني HadCM3 وبرنامج SDSM. وما نتج عنها من مطابقة لنتائج التقارير الموسمية للنماذج العالمية، إذ أشارت نتائج أطروحة الدكتوراه (مازالتم قيد الكتابة) بأن فصل الشتاء يسجل درجات حرارة أعلى من المعدل مقارنة مع الفترة المرجعية (1961-1990) وخط الاتجاه العام لفصل الشتاء للفترة المستقبلية يشير إلى الارتفاع في درجة حرارة فصل الشتاء.

بشكل أدق نجد أن شهري ديسمبر ويناير لشتاء 2023 يسجلان درجة حرارة أعلى من المعدل الفصلي لشتاء 2023 بفارق 1.6 درجة مئوية لديسمبر و 2 درجة مئوية ليناير، وبفارق 0.4 رجة مئوية لديسمبر، و 0.1 ليناير مقارنة بالفترة المرجعية، بينما نجد أن شهر فبراير يسجل درجة حرارة أعلى من المعدل الفصلي بفارق 3.6 درجة مئوية، و 5.6 درجة مئوية مقارنة بالفترة المرجعية.

إذا تشهد منطقة شمال غرب ليبيا شتاء دافئ مقارنة بالسنوات الأربعة الماضية، وهو معتاد حسب الفترة المرجعية السابقة 1961-1990.



الملحق (3)

التقرير الموسمي لفصلي الربيع والصيف 2023 لمنطقة شمال غرب ليبيا

إعداد: أسمةان علي المختار عثمان

أستاذ مساعد/ قسم الجغرافيا/ كلية الآداب الزاوية/ جامعة الزاوية

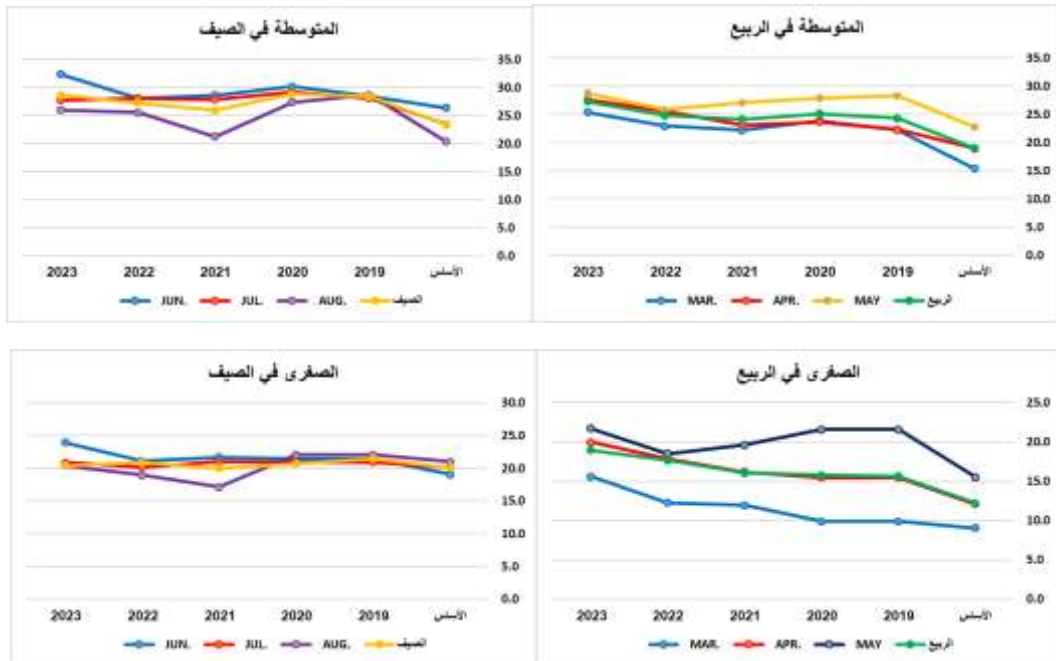
a.almukhtar@zu.edu.ly

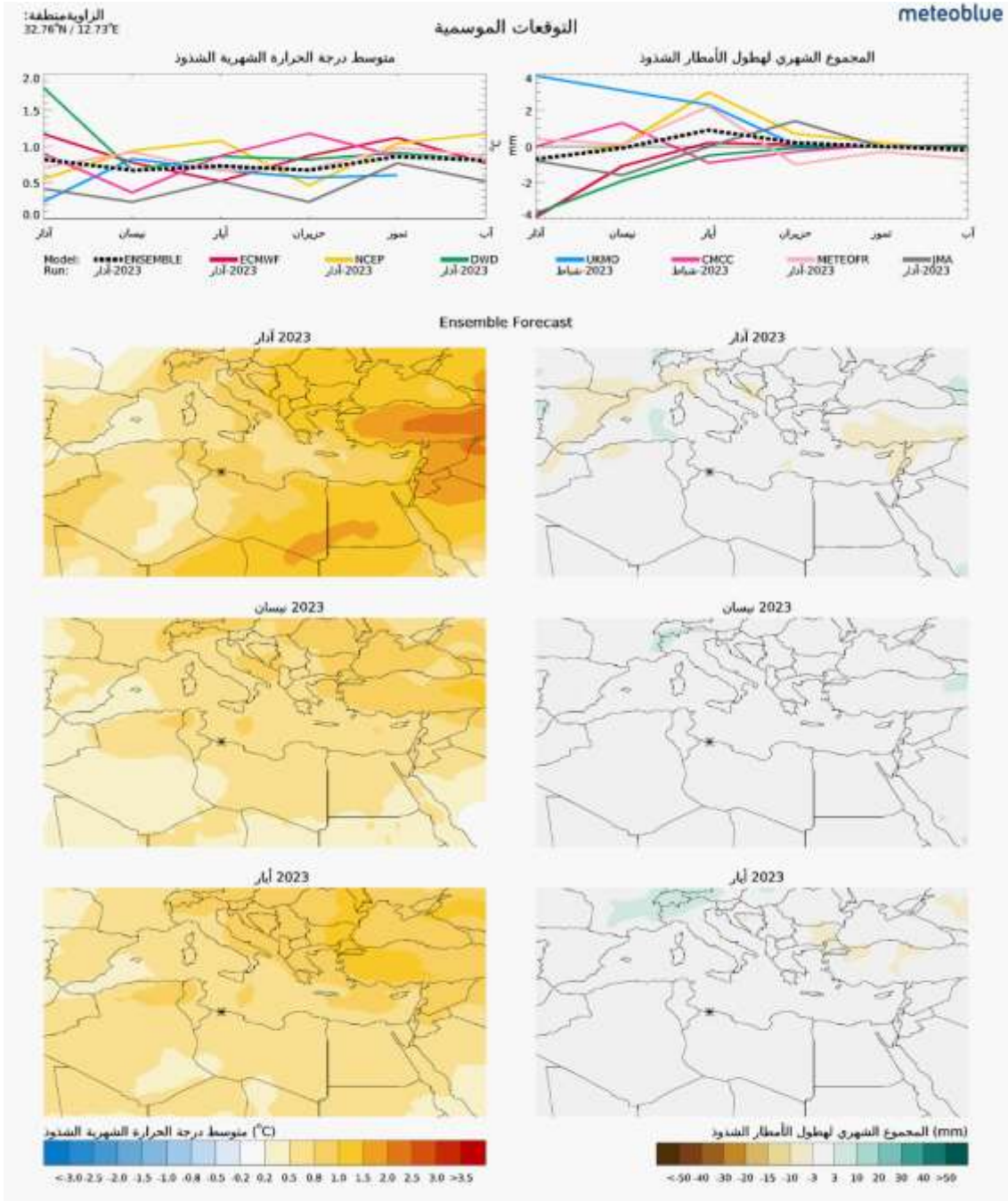
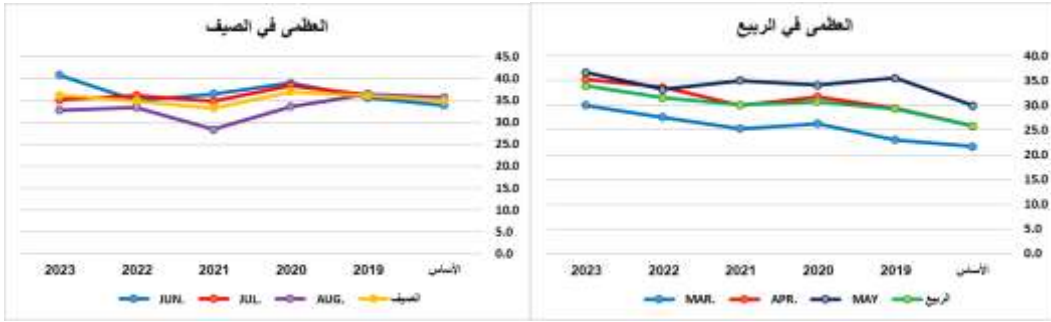
في هذا التقرير سنوضح لكم التنبؤ الموسمي لفصلي الربيع والصيف لسنة 2023 بالاعتماد على النتائج النهائية لأطروحتي التي تختص بنمذجة درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة (1961-2009) والتي تم الاعتماد فيها على نموذج GCM ونموذج HadCM3 باستخدام برنامج SDSM، من خلال الاعتماد على الفترة المرجعية (1961-1990) فترة الأساس.

فصل الربيع: - يسجل درجات حرارة في (الصغرى، العظمى، المتوسطة) أعلى من معدل سنة الأساس، وأعلى من معدل السنوات الأربع الماضية، عليه سيكون فصل الربيع هذه السنة هو الأكثر دفئا، ويعد شهر مايو أحر أشهر الربيع هذا العام.

فصل الصيف: - صيف 2023 مشابه في خصائصه لصيفي 2019، و2020 اللذان شهدا موجتي حر متتاليتين بلغت 18 يوما في 2019 و20 يوما في 2020، ويعد شهر يونيو أحر أشهر الصيف حرارة هذا العام، مما ينذر بتعرض غرب البلاد لموجة حر طويلة. **والله أعلم....**

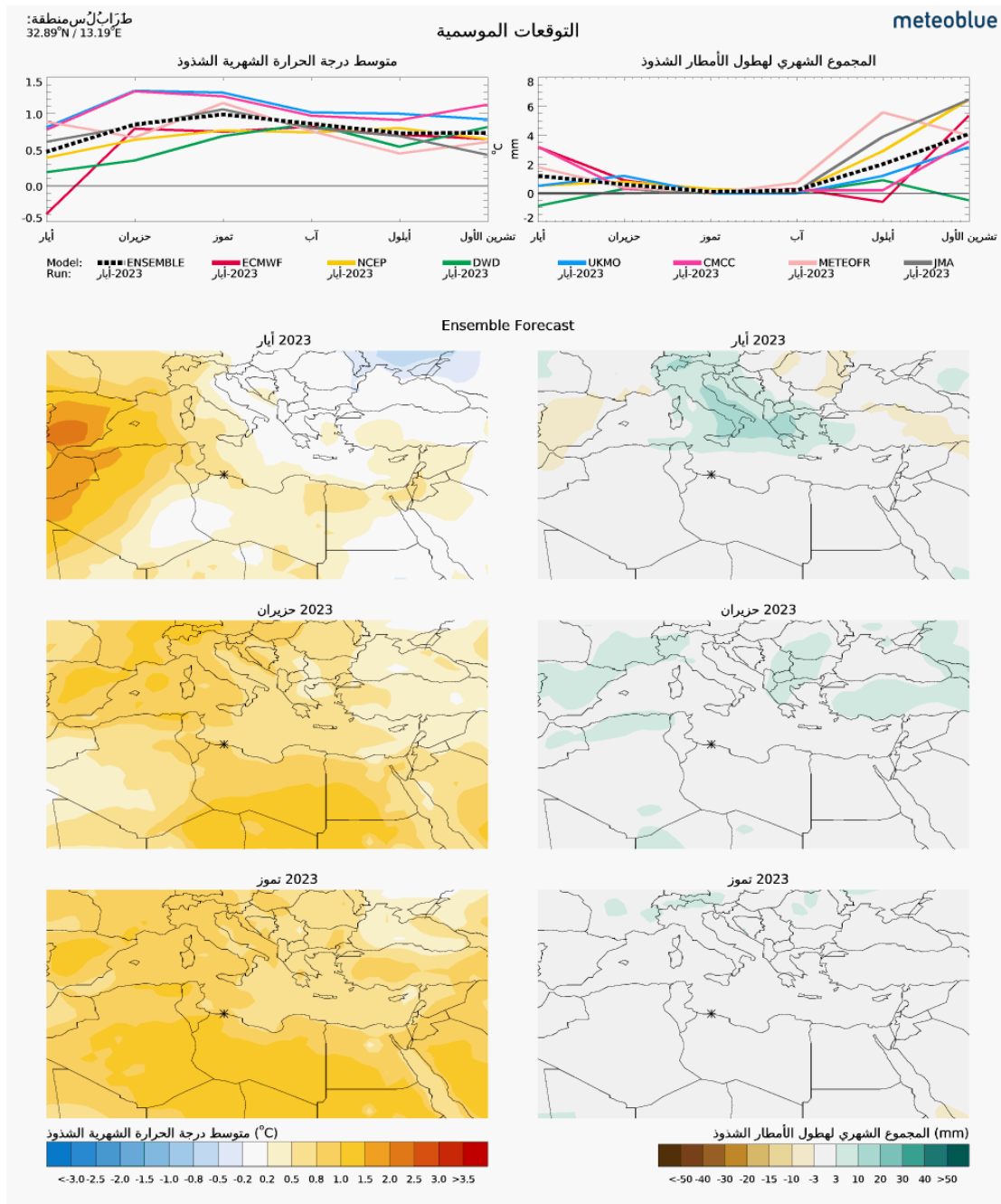
الشكل يوضح معدلات درجات الحرارة لفصلي الربيع والصيف لفترات النمذجة مقارنة بفترة الأساس





المصدر:

<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgzGsnBznXQhKrXVKXjgwqKDZppDx>



المصدر:

<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgzGsnBZnXQhKrXVKXjgwqKDZppDx>