

Temperature changes in Tartus and Safita stations during the period 1960-2010

Dr. Michael Skaf *
Layal Ranjous **

(Received 22 / 5 / 2017. Accepted 28 / 8 / 2017)

□ ABSTRACT □

Climate change is considered as one of the most important challenges facing society and environment during the last decades in several parts of the world. Seasonal and annual average of maximum and minimum temperatures for Safita and Tartous during the period 1960-2010 were used to detect changes in temperature regime in some parts of Syrian coastal region. Z-Score was calculated for Tmax and Tmin according to the mean of the standard period 1960-1990. Moving average and point change analyzes were used to detect changes in seasonal and annual temperature time series. Normal distribution was computed for two periods 1960-1985 and 1986-2010 to detect changes in probability of high temperatures.

Results showed significant shift in annual temperatures during last two decades due to increasing tendency in maximum and minimum temperatures for warm period, especially in summer and spring. We also found that probability of extreme high temperature increased during the second half of the study period.

This change in temperature will pose a threat to the agricultural production and natural ecosystem in this region.

Keywords: Climate change, Temperature changes, Syrian climate, distribution change.

*Assistant Professor, Department of Forestry and Environment, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Postgraduate Student, Department of Forestry and Environment, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

تغيرات درجة الحرارة في محطتي طرطوس وصافيتا خلال الفترة 1960-2010

د. ميشيل سكاف¹ *

ليال رنجوس**

(تاريخ الإيداع 22 / 5 / 2017. قبل للنشر في 28 / 8 / 2017)

□ ملخص □

يعد تغير المناخ من أهم التحديات التي تواجه المجتمعات البشرية والنظم البيئية خلال العقود الأخيرة في مختلف مناطق العالم. استخدمت متوسطات الحرارة الفصلية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى للفترة 1960-2010 لكل من صافيتا وطرطوس للتحقق من التغير في النظام الحراري في بعض أجزاء المنطقة الساحلية من سوريا. تم حساب الانحرافات القياسية لكل من الحرارة العظمى والصغرى بالنسبة لمعدل الفترة 1960-1990 كما استخدم المتوسط المتحرك واختبار نقطة التغير للتحقق من حدوث التغير في السلاسل الفصلية والسنوية لدرجات الحرارة. تم تطبيق التوزيع الطبيعي على كلا الفترتين 1960-1985 و 1986-2010 لدراسة التغير في احتمالية حدوث درجات الحرارة المرتفعة.

أظهرت النتائج انزياحاً واضحاً ومعنوياً في معدلات الحرارة السنوية خلال العقد الأخيرين بسبب الاتجاه نحو الزيادة في درجات الحرارة العظمى والصغرى خلال الفترة الدافئة من العام وخاصة في الصيف والربيع، كذلك بينت النتائج أن احتمال حدوث حرارة متطرفة تزايد خلال الفترة الثانية من الدراسة بشكل ملحوظ. إن هذه التغيرات في الحرارة ستشكل تهديداً للإنتاج الزراعي والنظم البيئية الطبيعية في هذه المنطقة.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، تغير درجات الحرارة، مناخ سوريا، تغير التوزيع.

* مدرس - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

يعد تغير المناخ Climate change أحد أهم الأخطار التي تهدد المجتمعات البشرية والنظم البيئية خلال السنوات الأخيرة في مختلف مناطق العالم (IPCC 2013; Hansen et al., 2016). فعلى الرغم من تزايد درجات الحرارة السطحية منذ بداية القرن العشرين إلا أن وتيرة التزايد تعاضمت منذ أواخر السبعينات وحتى الآن، إذ بلغت الزيادة في درجات الحرارة 0.2°C لكل عقد مع ملاحظة أن الارتفاع في درجات الحرارة الصغرى (الليلية) يفوق الارتفاع في درجات الحرارة العظمى (النهارية) بمقدار الضعف تقريباً (Hansen et al., 2010). وقد ترافق هذا التسخين بتأثيرات فيزيائية أهمها انحسار المساحات المغطاة بالجليد (IPCC, 2007; 2013)، وبيولوجية كالتبكير في تفتح البراعم والأزهار وتغير سلوك الحشرات والطيور (Parmesan and Yohe, 2003).

ترتبط معظم التذبذبات قصيرة الأمد في درجات الحرارة بين السنوات والعقود بثلاثة عوامل معروفة هي ظاهرة النينو (ENSO) El NINO Southern Oscillation (Newell and Weare, 1976; Trenberth et al., 2002) والانفجارات البركانية في الطاقة الشمسية والتي تتضمن دورات البقع الشمسية (Lean and Rind, 2008)، غير أن تحليل السلاسل الزمنية لدرجات الحرارة بعد تعديل البيانات لاستبعاد هذه التأثيرات يظهر وجود ارتفاع حاد ومعنوي في درجات الحرارة السطحية مما يؤكد على دور النشاطات البشرية في إحداث هذه التغيرات (Foster and Rahmstorf, 2011; Hansen et al., 2016).

يؤثر ارتفاع درجات الحرارة في نشاط وصحة الإنسان بشكل مباشر من خلال الإجهاد الذي تسببه موجات الحر، وبشكل غير مباشر من خلال تعديل ظروف انتشار الأمراض والأوبئة (Bell et al., 2008; Cheung et al., 2016)، كما يؤدي إلى تزايد الاحتياجات للطاقة اللازمة للتكيف (DOE, 2013).

يعد الإجهاد الحراري من أهم العوامل المهددة لإنتاج المحاصيل الزراعية في مختلف مناطق العالم (Porter and Semenov, 2005; Wheeler and von Braun, 2013)، إذ ترتبط معظم الخسائر الكبيرة في الإنتاج الزراعي بارتفاع درجات الحرارة وخاصة خلال مراحل التكاثر الجنسي (Farooq et al., 2011; Feller and Vaseva, 2014)، هذا بالإضافة إلى دور ارتفاع درجات الحرارة في تعديل أنظمة الاضطراب كانتشار الحشرات (Tylianakis et al., 2008; Robinet and Roques, 2010) والأمراض (Garrett et al., 2006) والأعشاب الضارة (Ziska and Dukes, 2011).

أهمية البحث وأهدافه:

تعد درجات الحرارة من أهم العوامل المحددة لنمو و انتشار النباتات ومن أهم العناصر المؤثرة في نشاطها الحيوي وإنتاجيتها. كذلك تلعب دوراً بالغ الأهمية في تحديد الميزان المائي لأي منطقة من خلال تأثيرها المباشر في كميات التبخر-نتح الممكن، لذلك فإن تقدير التغير في معدلات الحرارة الفصلية والسنوية العظمى والصغرى في طرطوس وصافيتا، حيث تنتشر الكثير من الزراعات الهامة والنظم البيئية الحرجية، يعد أمراً بالغ الأهمية من أجل تخطيط الإنتاج الزراعي وإدارة الموارد الطبيعية. وقد تركزت أهداف البحث في النقطتين التاليتين:

- تقدير التغير في معدلات الحرارة العظمى والصغرى خلال الفترة 1960-2010 بالنسبة إلى المعدل العام للفترة القياسية 1960-1990 و تحديد فترات التغير .
- دراسة التغير في التوزيع واحتمالية حدوث القيم المتطرفة.

طرائق البحث ومواده:

استخدمت لإنجاز البحث بيانات المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية لمعدلات الحرارة الشهرية العظمى والصغرى لمحطتي صافيتا وطرطوس خلال الفترة الممتدة من عام 1960 م حتى عام 2010 م .
تقع محطة صافيتا على خط عرض $34^{\circ}49'$ وخط طول $36^{\circ}08'$ وترتفع عن سطح البحر 350 م في حين تقع طرطوس على خط عرض $34^{\circ}53'$ وخط طول $35^{\circ}53'$ وترتفع عن سطح البحر 15م.
تم استخدام مخططات الصندوق box plots لدراسة الخصائص الإحصائية لمعدلات الحرارة الفصلية والسنوية خلال فترة الدراسة (50 عاماً).

تم حساب الانحرافات القياسية لمتوسطات الحرارة الفصلية والسنوية العظمى والصغرى بالنسبة لمعدل الفترة 1960-1990 م والتي اعتمدت كفترة قياسية من قبل منظمة الأرصاد العالمية WMO واللجنة الدولية المعنية بدراسة تغيرات المناخ IPCC وذلك باستخدام العلاقة التالية:

$$Z = \frac{T_i - \bar{T}_{(60-90)}}{S}$$

حيث:

Z : الانحراف القياسي للحرارة بالنسبة لمعدل الفترة 1960-1990 .

T_i : متوسط الحرارة خلال فترة معينة (فصل أو عام معين).

$\bar{T}_{(60-90)}$: المعدل العام لدرجات الحرارة العظمى أو الصغرى المدروسة خلال الفترة 1960-1990.

S : الانحراف المعياري للفترة 1960-1990

استخدم المتوسط المتحرك لسبع سنوات لتوضيح الاتجاه العام لتغير الحرارة خلال الفترة المدروسة حيث تؤخذ قيمة العام مع الأعوام الثلاثة التي تليها والأعوام الثلاثة التي تسبقها.

تم تحديد فترة حدوث التغير point of change من خلال الدمج بين مفهوم المجموع التراكمي cumulative sum والمقارنة bootstrapping (Taylor, 2000) لتحديد فيما إذا كان هناك انزياح في السلاسل الزمنية الفصلية والسنوية للانحرافات القياسية لكل من الحرارة العظمى والصغرى المحسوبة بالنسبة لمعدلاتها للفترة 1960-1990م.

يعد التوزيع الطبيعي Normal distribution من أفضل التوزيعات تمثيلاً للسلاسل الزمنية لدرجات الحرارة لذلك ومن أجل تقدير التغير في التوزيع وفي تكرار القيم ضمن المجالات المختلفة فقد تم تقسيم السلاسل الزمنية لمتوسطات الحرارة العظمى والصغرى الفصلية والسنوية إلى فترتين متساويتين الأولى من عام 1960 حتى عام 1985 والثانية من عام 1986 حتى عام 2010 (Thomas and Thomas,2006) مع حساب القيم الاحتمالية عند مختلف المستويات (5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95%) لإظهار التغير في الحرارة المتطرفة.

النتائج والمناقشة:

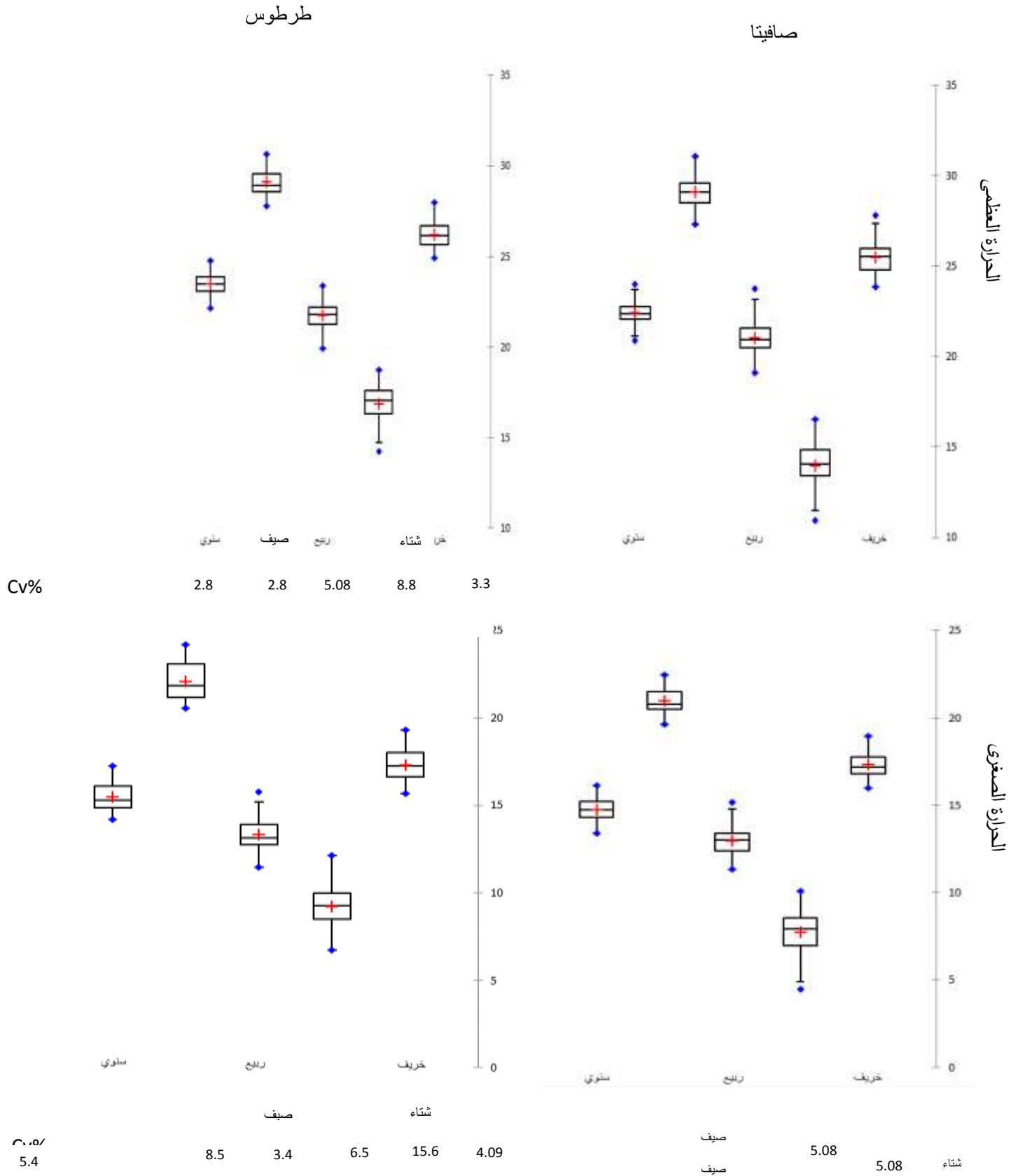
1_ الخصائص العامة لدرجات الحرارة الفصلية والسنوية في صافيتا وطرطوس:

يبين الشكل (1) أهم الخصائص الإحصائية لمتوسطات الحرارة العظمى والصغرى خلال الفترة 1960-2010 في محطتي صافيتا وطرطوس ومنه تظهر أعلى وأدنى قيمة في كل سلسلة مع مستوى كل من المتوسط والوسيط إضافة إلى قيمة كل من الربيع الأول والأخير.

يلاحظ من الشكل (1) وجود مسار واضح لدرجات الحرارة خلال العام لكل من درجات الحرارة العظمى والصغرى إذ تلاحظ أعلى مستويات للحرارة خلال فصل الصيف يليه فصل الخريف ثم الربيع فالشتاء مع وجود تباين محدود نسبياً بين الأعوام لكنه يكون أعلى خلال فصل الشتاء من باقي الفصول ونلاحظ من جهة أخرى تطابق قيم المتوسط مع الوسيط بالنسبة لجميع السلاسل الزمنية تقريباً وهذا يشير إلى توزع القيم الفصلية والسنوية للحرارة العظمى والصغرى بشكل منتظم.

يتضح من قيم معامل التباين $Cv\%$ المدرجة في المخطط أن تباين قيم الحرارة العظمى يبلغ أعلى مستوياته خلال فصل الشتاء لكنه مع ذلك يقل عن 10% أما خلال باقي الفصول فيقل عن 5% ماعداً خلال الربيع في صافيتا حيث بلغ 5.08%، من جهة أخرى نلاحظ أن التباين في متوسطات الحرارة العظمى في صافيتا أعلى مما هو عليه في طرطوس وهذا يعود إلى موقع محطة صافيتا الأكثر ارتفاعاً والذي يؤدي إلى تفاوت حراري أكبر خلال مختلف الفترات.

نلاحظ من جهة أخرى أن معامل التباين للحرارة الصغرى أعلى مما هو عليه بالنسبة للحرارة العظمى وخاصة خلال فصل الشتاء حيث بلغ 15.6% في صافيتا و 12.4% في طرطوس. لكن على الرغم من ذلك فإن التذبذب في قيم عنصر الحرارة يبقى محدوداً خلال مختلف الفترات من العام باستثناء الشتاء.



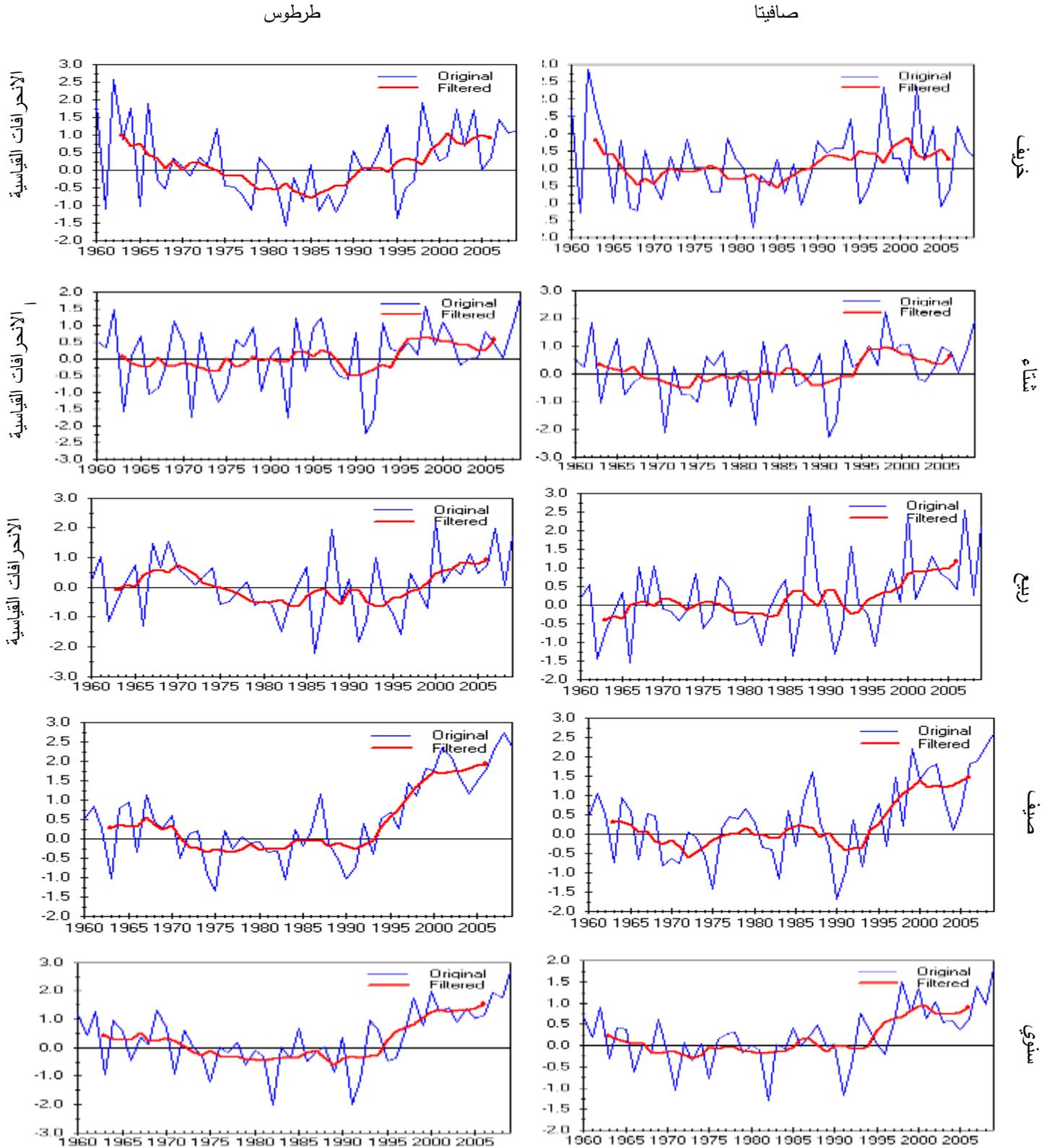
الشكل (1) الخصائص الإحصائية لمتوسطات الحرارة العظمى والصغرى في محطتي صافيتا وطرطوس خلال الفترة 2010-2010.

2_ الاتجاه العام لتغيرات الحرارة العظمى والصغرى في صافيتا وطرطوس:

توضح المخططات المدرجة في الشكلين (2) و (3) تغير قيم الانحرافات القياسية لكل من الحرارة العظمى والصغرى الفصلية والسنوية بالنسبة لمعدل الفترة 1960-1990 مع قيم المتوسط المتحرك الممثل لكل سلسلة والمحسوب لسبع سنوات.

يتضح من الشكل (2) وجود اتجاه واضح نحو تزايد معدلات الحرارة السنوية العظمى في كلا المحطتين وهذا يظهر من خلال قيم الانحرافات القياسية التي تزايدت بشكل ملحوظ خلال العقدین الأخيرين في جميع الفصول. تظهر المخططات المدرجة في الشكل (2) وجود تشابه كبير في منحنى التزايد لدرجات الحرارة العظمى على المستوى الفصلي والسنوي بين طرطوس وصافيتا إلا أن مستوى التزايد السنوي كان أعلى في طرطوس وذلك لأن الارتفاع في متوسطات الحرارة العظمى خلال فصل الصيف كان أكثر حدة خلال السنوات الأخيرة في هذه المحطة. نلاحظ من جهة أخرى أن موجة التزايد لم تبدأ في نفس الفترة خلال جميع الفصول إذ بدأت في منتصف الثمانينات خلال الخريف والشتاء والربيع في طرطوس والشتاء والربيع في صافيتا بينما لم تبدأ خلال فصل الصيف إلا مع بداية التسعينات، الأمر الذي انعكس على منحنى التزايد السنوي الذي بدأ أيضاً في العقد الأخير من القرن الماضي.

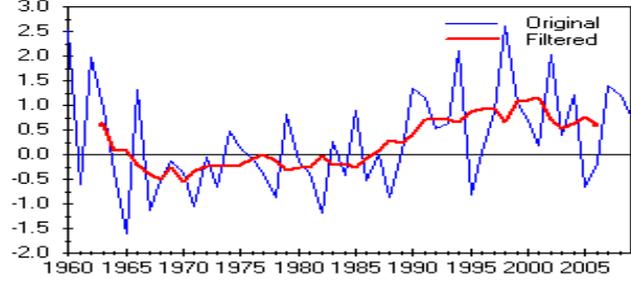
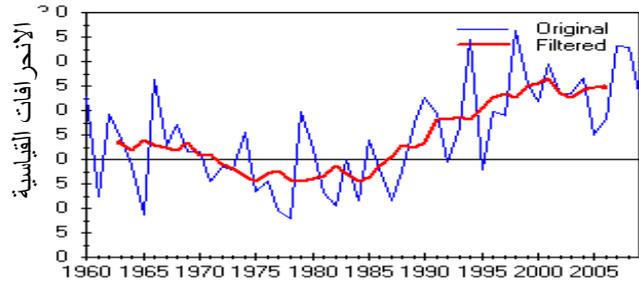
يتبين من قيم الانحرافات القياسية للحرارة الصغرى المحسوبة لمعدل الفترة 1960-1990 والمتوسطات المتحركة التي تمثلها (الشكل (3)) أن معدل التزايد في درجات الحرارة الصغرى يفوق وبشكل ملحوظ ما هو عليه بالنسبة للحرارة العظمى وخاصة خلال الفترة الدافئة من العام. وهنا نلاحظ أنه بالرغم من تشابه المنحنى العام لتزايد درجات الحرارة الصغرى على المستوى الفصلي والسنوي فإن هناك اختلافاً في منحنى الزيادة لفصل الربيع، إذ إن التزايد بدأ في صافيتا منذ عقد الثمانينات في حين تأخر إلى عقد التسعينات في طرطوس. من جهة أخرى يتضح أن قيمة التزايد على المستوى السنوي في طرطوس أعلى وبشكل واضح مما هي عليه في صافيتا وذلك بسبب التزايد الأكثر حدة في هذه المحطة خلال الخريف والربيع



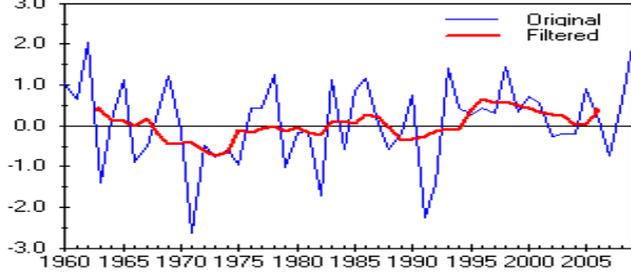
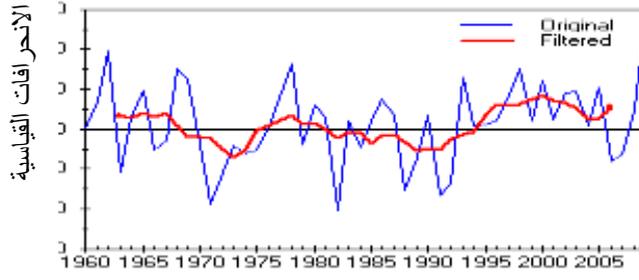
الشكل (2) اتجاه التغير في الانحرافات القياسية لقيم الحرارة العظمى بالنسبة لمعدل الفترة 1960-1990 في محطتي طرطوس وصافيتا خلال الفترة 2010-1960 (باللون الأزرق) والمنحني الممهد المطبق عليها باستخدام المتوسط المتحرك المحسوب على مستوى سبع سنوات (باللون الأحمر).

طرطوس

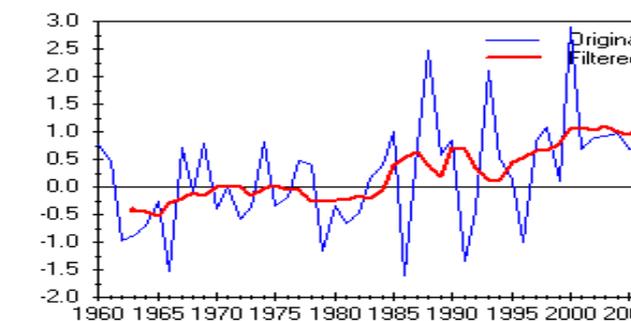
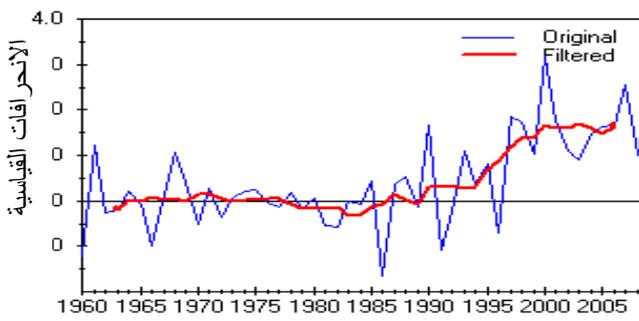
صافيتا



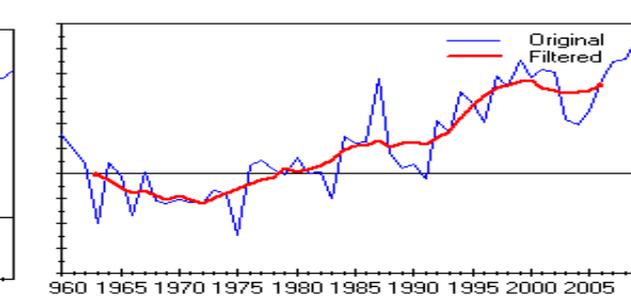
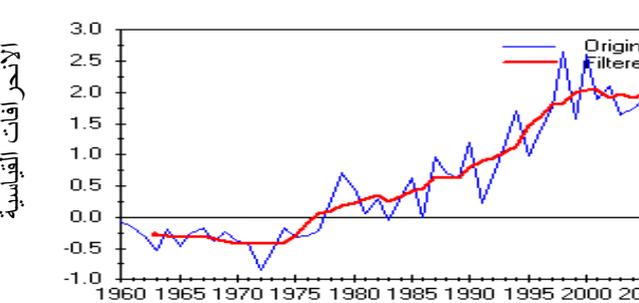
خريف



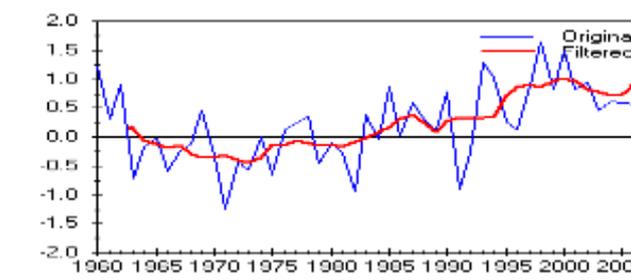
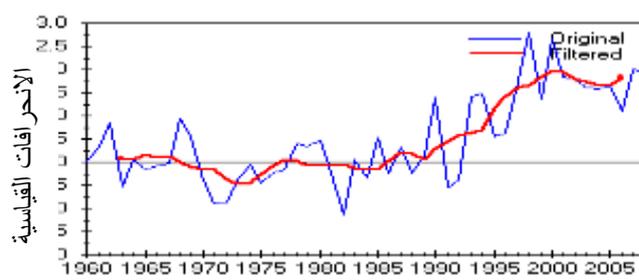
شتاء



ربيع



صيف



خريف

الشكل (3) اتجاه التغير في الانحرافات القياسية لقيم الحرارة الصغرى بالنسبة لمعدل الفترة 1960 - 1990 في محطتي طرطوس وصافيتا خلال الفترة 1960 - 2010 (باللون الأزرق) والمنحني الممهد المطبق عليها باستخدام المتوسط المتحرك المحسوب على مستوى سبع سنوات (باللون الأحمر).

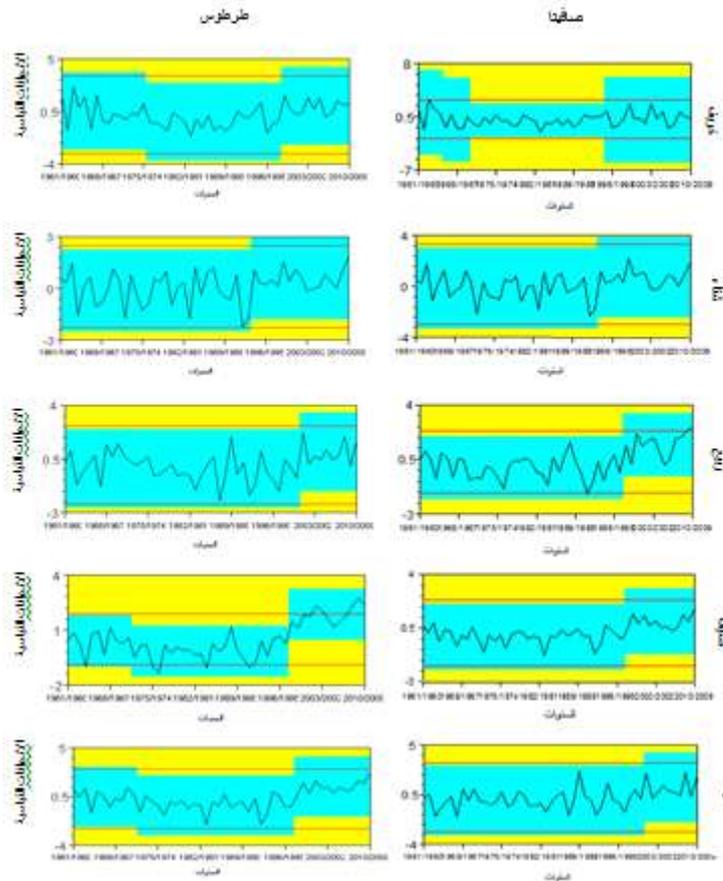
3_ فترات حدوث التغير في معدلات الحرارة العظمى والصغرى في صافيتا وطرطوس:

يتضح من النتائج المبينة في الجدول (1) والمخططات المدرجة في الشكل (4) وجود انزياح واضح نحو تزايد معدلات الحرارة السنوية العظمى خلال الفترة 1997-1998 بمستوى تغير من الدرجة الأولى ومستوى ثقة 100%، وهذا يعود إلى التزايد في جميع الفصول في طرطوس وفي الشتاء والربيع والصيف في صافيتا. هنا نلاحظ أن أعلى قيمة للتغير حدثت خلال فصل الصيف في كلا المحطتين خلال الفترة 1997-1998 وبمستوى ثقة 100% وهذا ما أدى إلى حدوث التغير السنوي خلال نفس الفترة.

أما التغير خلال الشتاء فقد حدث في الفترة 1993-1994 في حين تأخر انزياح الحرارة العظمى في الربيع إلى 2000-2001 أما خلال الخريف فإن الزيادة اقتصرت على محطة طرطوس في حين أن درجات الحرارة العظمى في صافيتا تناقصت خلال هذا الفصل في البداية ولم تزداد في النهاية كعمدل لكن تزايد التذبذب كما هو مبين في الشكل (4).

جدول (1) فترات حدوث الانزياح في الانحرافات القياسية لدرجات الحرارة العظمى خلال الفترة 1960-2010 والمحسوبة بالنسبة لمعدل الفترة 1960-1990 في المحطات الساحلية المدروسة

المحطة	الفترة	نقطة التغير	مجال الثقة	مستوى الثقة	من	إلى
صافيتا	خريف	1966/1965	1988-1961	93%	1.1667	0.0576
	شتاء	1994/1993	1999-1971	98%	-0.1151	0.7465
	ربيع	2001/2000	2006-1991	94%	0.0040	1.1618
	صيف	1998/1997	2001-1994	100%	-0.0131	1.4732
	سنوي	1998/1997	1999-1994	100%	-0.0130	0.9415
طرطوس	خريف	1976/1975	1981-1963	96%	0.5480	0.3701
		1999/1998	2001-1994	100%	-0.3701	0.9597
	شتاء	1994/1993	1999-1964	93%	-0.12089	0.59039
	ربيع	2001/2000	2006-1985	99%	-0.12312	0.95632
	صيف	1972/1971	1989-1965	93%	0.41039	-
		1998/1997	1998-1996	100%	-0.14154	1.8536
	سنوي	1972/1971	1988-1966	93%	0.50441	-0.3023
	1998/1997	1998-1995	100%	-0.30234	1.4376	



الشكل (4) فترات حدوث الانزياح في الانحرافات القياسية لدرجات الحرارة العظمى في محطتي طرطوس وصافيتا خلال الفترة 1960-2010

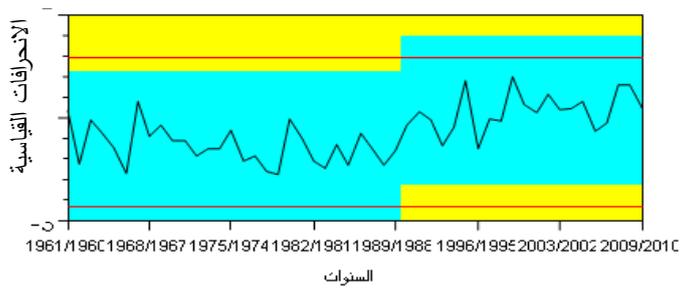
يتبين من النتائج المبينة في الجدول (2) والمخططات المدرجة في الشكل (5) أن التغير في معدلات الحرارة السنوية الصغرى حدث في نفس الفترة 1993-1994 في كلا المحطتين لكن قيمة التغير كانت أعلى وبشكل ملحوظ في طرطوس بالمقارنة مع صافيتا عدا ذلك فإن قيمة التغير للحرارة الصغرى بشكل عام كانت أعلى مما هي عليه بالنسبة للحرارة العظمى.

نلاحظ من الجدول (2) والشكل (5) أن أعلى قيم للتغير حدثت خلال فصل الصيف إلا أن هذا التغير حدث بطرق مختلفة في كلا المحطتين فقد شهدت صافيتا أربع فترات للتغير الأول باتجاه التناقص والثلاثة الأخرى باتجاه الزيادة وذلك منذ منتصف الثمانينات أما طرطوس فقد شهدت فترتين للتغير وكلاهما باتجاه التزايد الأولى من أواخر السبعينات والثانية في الأعوام 1993-1994 وهنا نلاحظ أيضاً أن فترة حدوث التغير لفصل الخريف كانت متقاربة في المحطتين إلا أن التغير حدث خلال فصل الربيع بشكل متأخر في طرطوس بالمقارنة مع صافيتا فبينما حدث تغير في ربيع صافيتا أواخر الثمانينات حدث تغير في طرطوس في أواخر التسعينات.

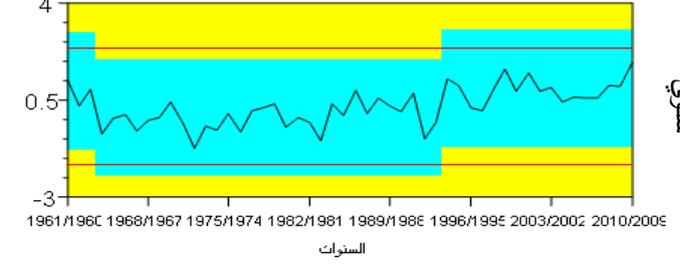
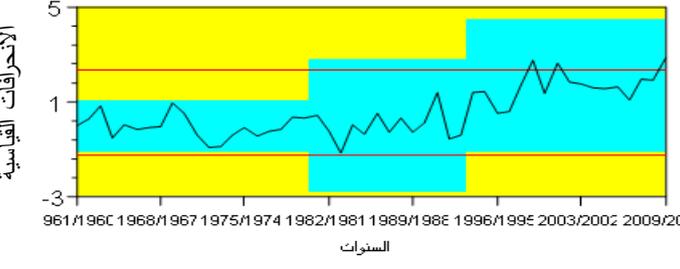
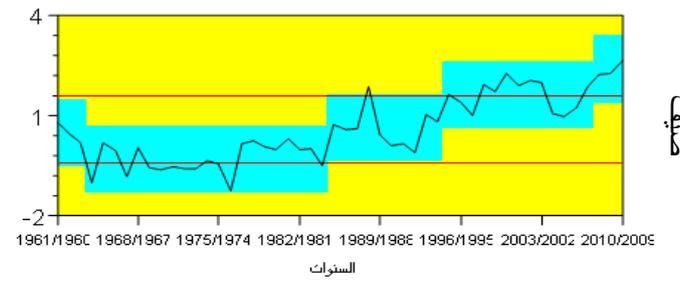
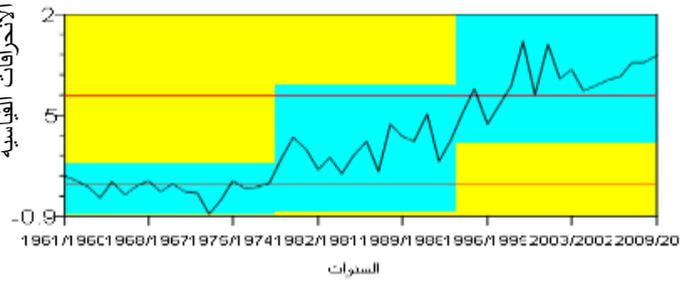
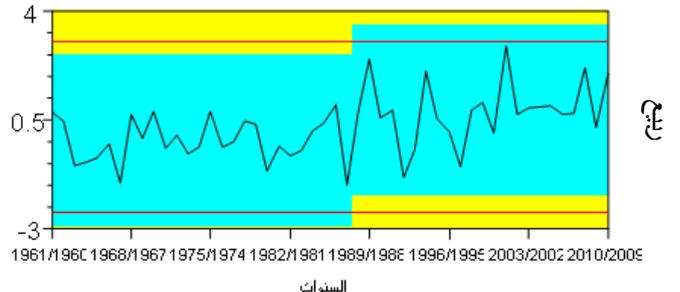
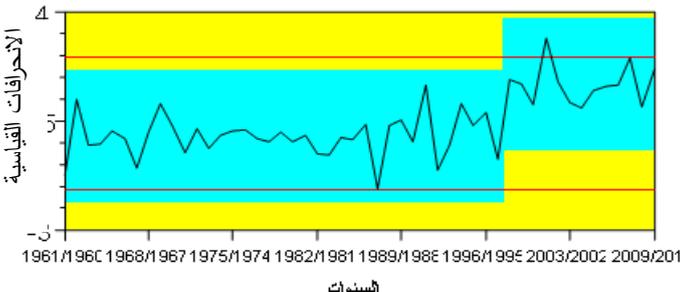
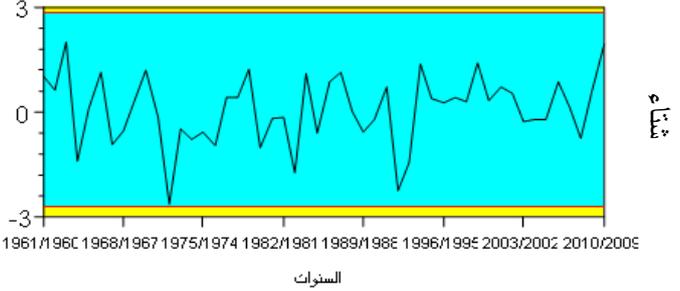
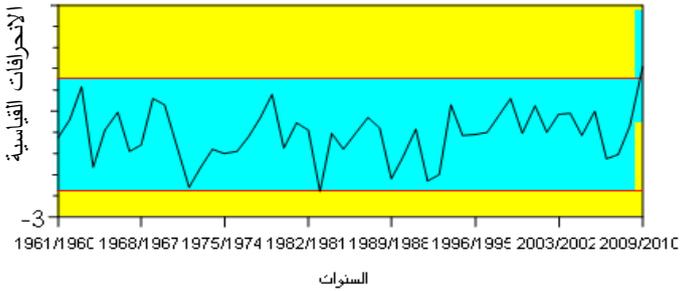
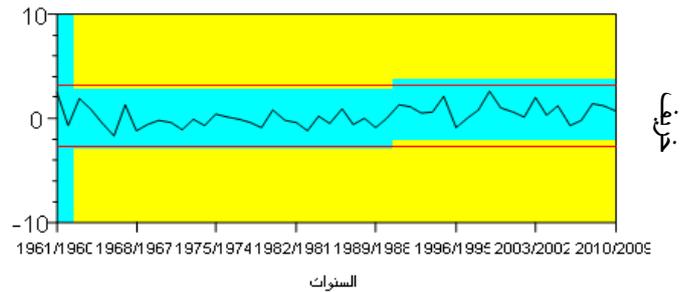
جدول (2) فترات حدوث الانزياح في الانحرافات القياسية لدرجات الحرارة الصغرى خلال الفترة 1960-2010 والمحسوبة بالنسبة لمعدل الفترة 1960-1990 في المحطات الساحلية المدروسة.

المحطة	الفترة	نقطة التغير	مجال الثقة	مستوى الثقة	من	إلى	مستوى التغير
صافيتا	خريف	1991/1990	2000-1978	100%	-0.058529	0.8373	1
	ربيع	1988/1987	1999-1982	100%	-0.16353	0.8267	1
	صيف	1964/1963	1978-1963	99%	0.49691	-0.29059	5
		1985/1984	1988-1982	100%	-0.29059	0.63875	5
		1995/1994	1997-1991	99%	0.63875	1.6339	3
		2008/2007	2008-1999	94%	1.6339	2.3951	4
	سنوي	1964/1963	1973-1962	94%	0.81928	-0.12475	3
		1994/1993	1996-1990	97%	-0.12475	0.91684	1
طرطوس	خريف	1990/1989	1993-1985	100%	-0.07124	1.2691	1
	شتاء	2009/2010	2010-1974	96%	0.096314	2.7047	2
	ربيع	1998/1997	1998-1995	100%	0.009171	1.7013	1
	صيف	1979/1978	1981-1978	100%	-0.33456	0.47338	2
		1994/1993	1995-1992	100%	0.47338	1.8737	1
	سنوي	1994/1993	1995-1992	100%	-0.025603	1.7101	3

طرطوس



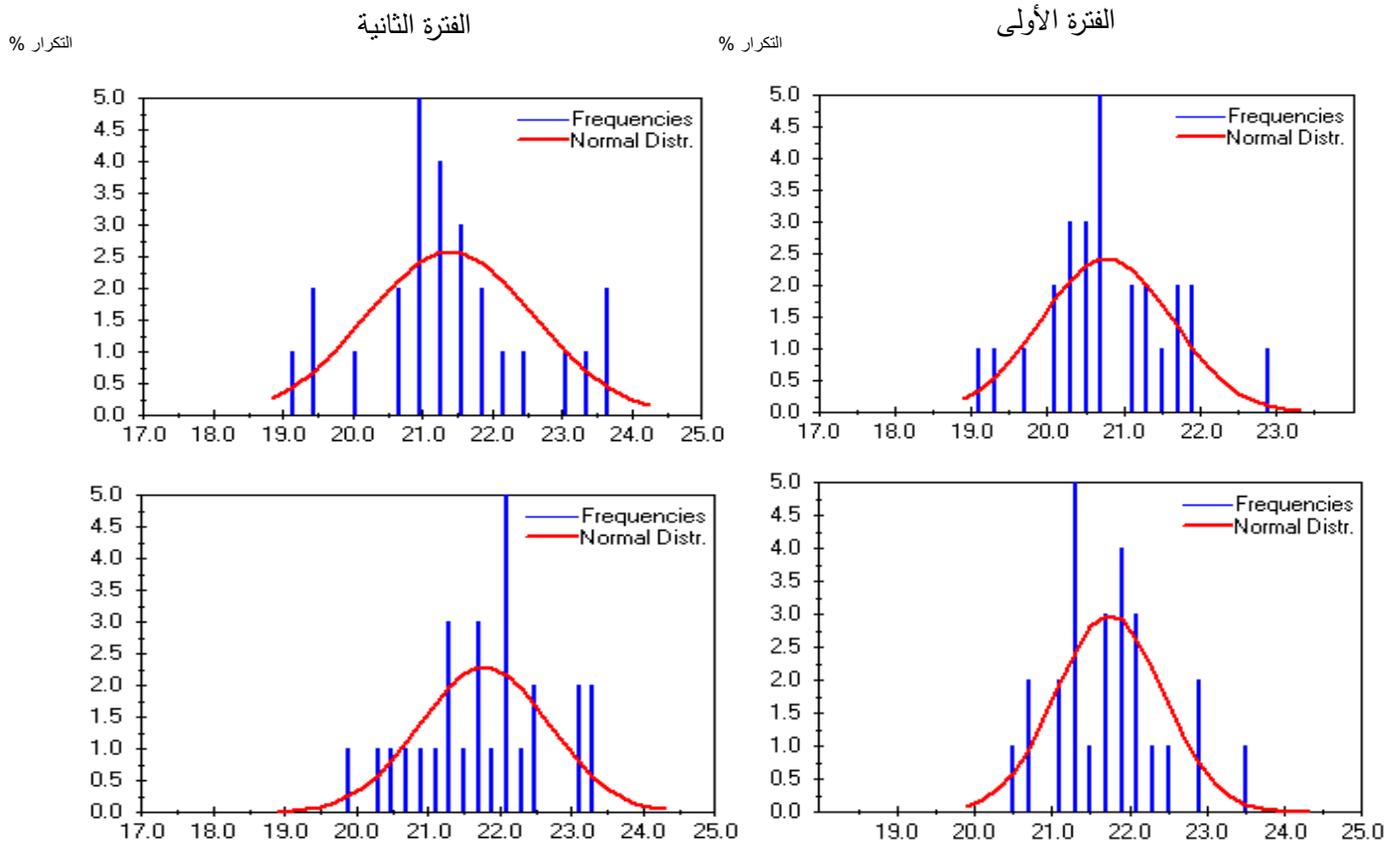
صافيتا



الشكل (5) فترات حدوث الانزياح في الانحرافات القياسية لدرجات الحرارة الصغرى في محطتي طرطوس وصافيتا خلال الفترة 2010-1960.

4_ التغير في التوزيع والقيم الاحتمالية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى في صافيتا وطرطوس:

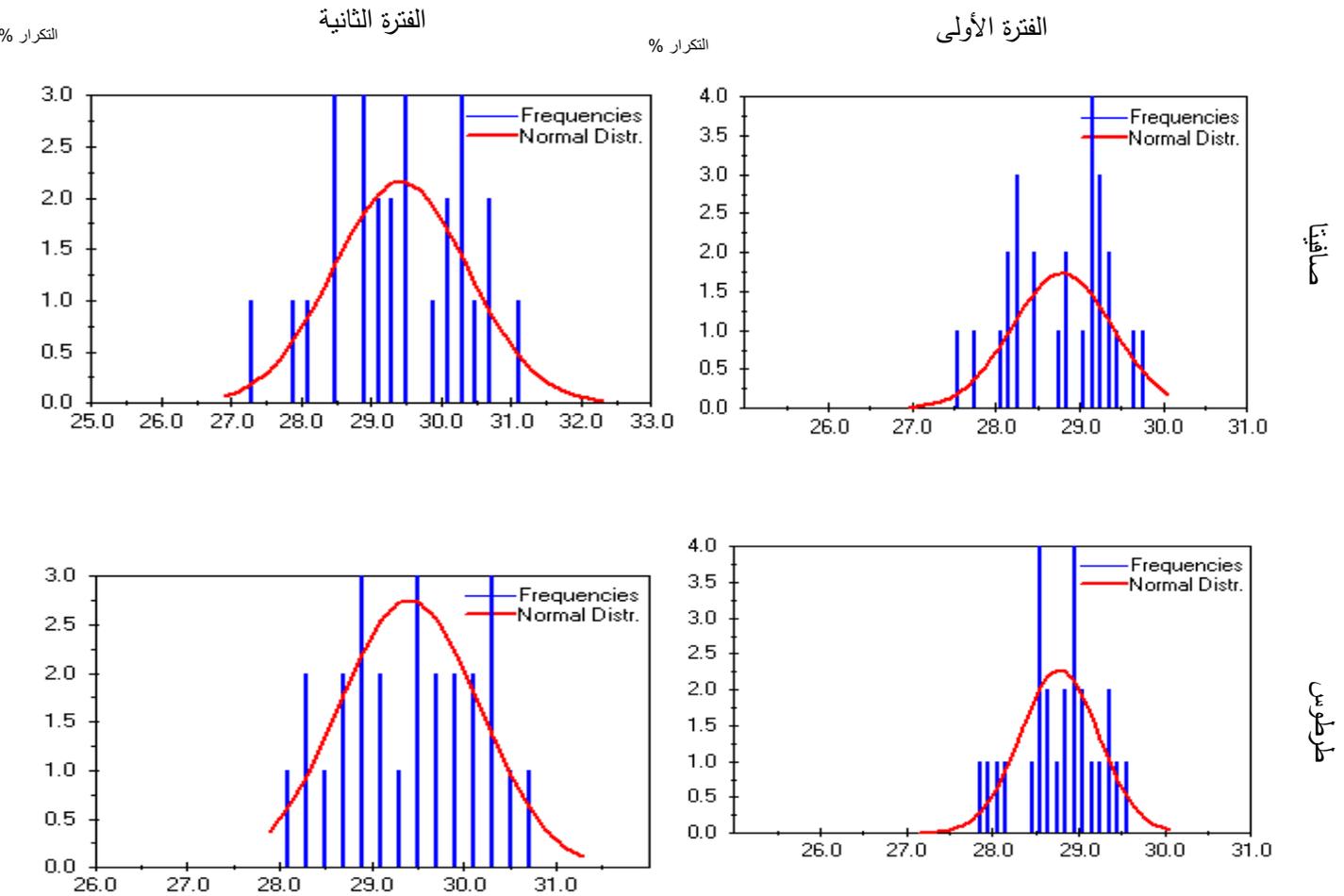
نظراً للتزايد الملحوظ في معدلات الحرارة العظمى والصغرى لكل من الربيع والصيف والتي كان لها الدور الأكبر في انزياح معدلاتها السنوية فقد تم التركيز على التغير في التوزيع التكراري لقيم الحرارة خلال هذين الفصلين كما هو مبين في الأشكال (6) و (7) و (8) و (9) والتي يظهر من خلالها الانزياح الواضح ليس فقط بالنسبة لمعدلات الحرارة العظمى والصغرى وإنما لتغير التوزيع التكراري لقيم الحرارة الأكثر ارتفاعاً لكل منهما. يتضح من الشكل (6) أن الحدود العليا لمجال التوزيع بالنسبة لدرجات الحرارة العظمى في طرطوس لم تتغير خلال فصل الربيع بالمقارنة مما هي عليه في صافيتا التي انزاح فيها مجال التوزيع بمقدار درجة تقريباً إلا أن التكرار الأعظمي في كلا المحطتين تبدل ليأخذ مستوى أعلى خلال الفترة الثانية.



الشكل (6) اختلاف خصائص التوزيع الطبيعي لدرجات الحرارة العظمى لفصل الربيع محطتي صافيتا و طرطوس بين الفترتين (1985 - 1960) و (1986 - 2010).

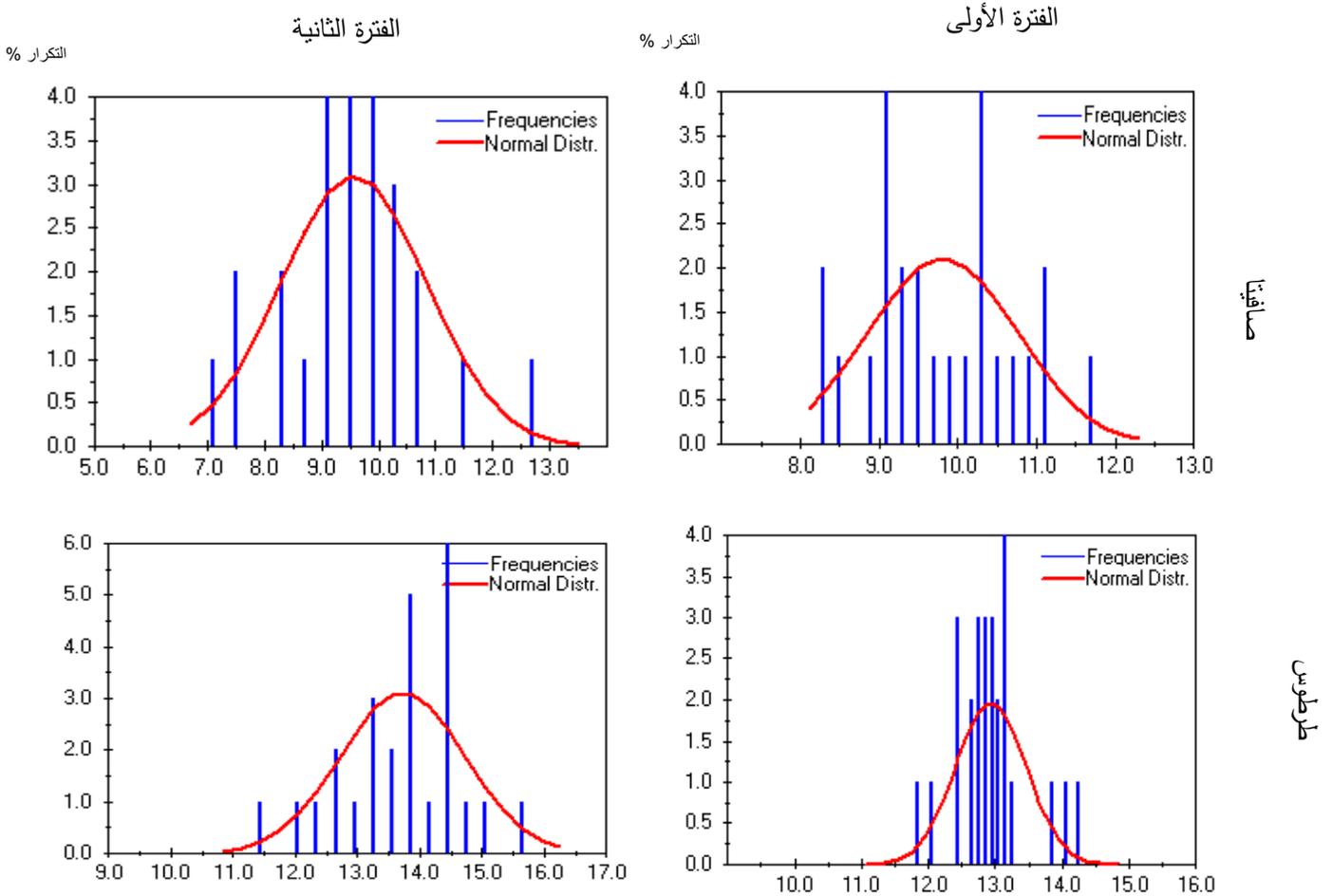
يبين الشكل (7) أن مجال التوزيع لدرجات الحرارة العظمى خلال فصل الصيف كان متشابهاً في صافيتا وطرطوس خلال الفترة الأولى من الدراسة (على الرغم من اختلاف التوزيع التكراري للقيم بين المحطتين) وانشصر ضمن المجال 27 إلى 30 درجة مئوية إلا أنه انزاح بشكل واضح باتجاه مستوى درجات حرارة أكثر ارتفاعاً خلال الفترة الثانية وتوافق ذلك بتغير في التوزيع التكراري للقيم مع وجود تكرار ملحوظ لدرجات الحرارة فوق مستوى 30 °م مما

يؤكد على تردد موجات الحر بشكل كبير خلال الفترة الثانية من الدراسة والتي أدت إلى التزايد الواضح في معدلات الحرارة العظمى.



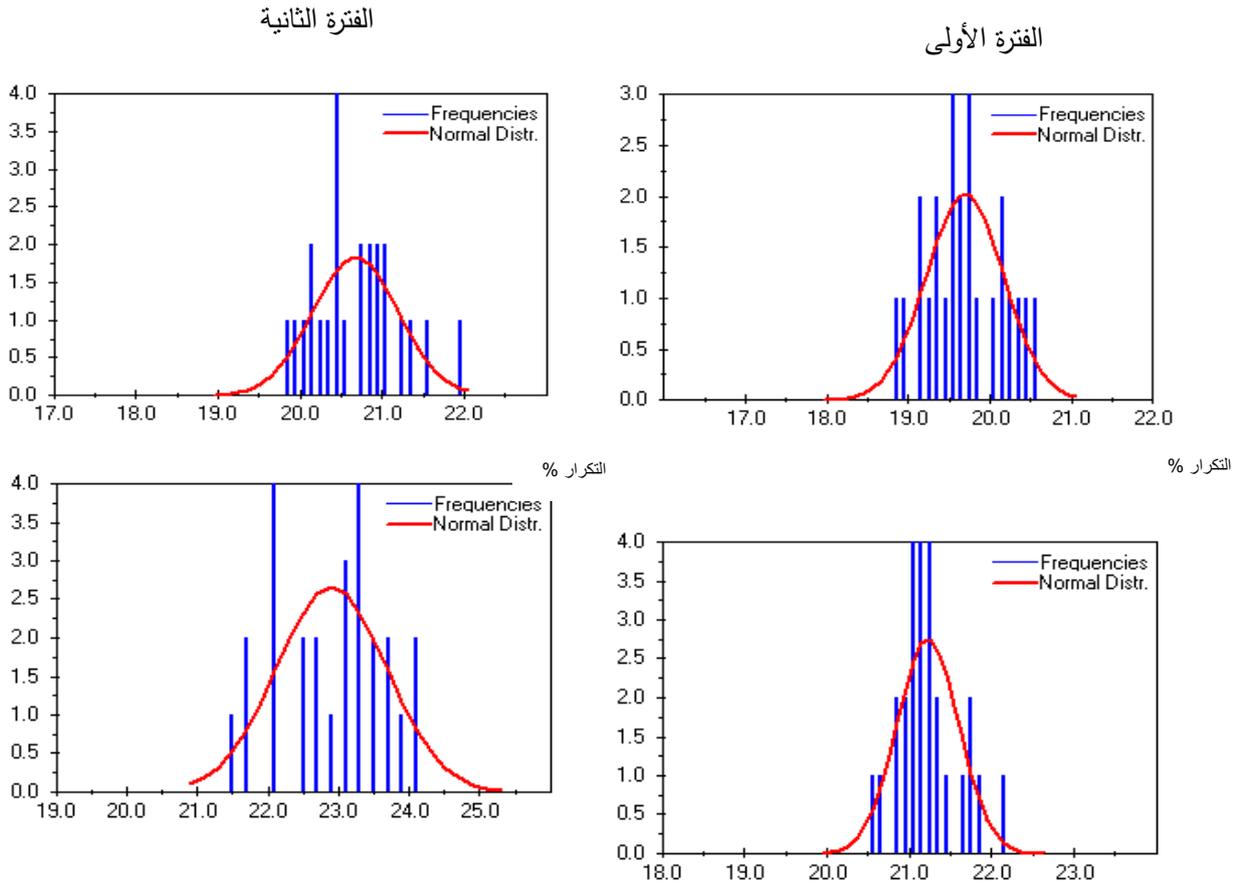
الشكل (7) اختلاف خصائص التوزيع الطبيعي لدرجات الحرارة العظمى لفصل الصيف في محطتي صافيتا و طرطوس بين الفترتين (1960-1985) و (1986-2010).

إن الانزياح في المعدل والتغير الواضح في التوزيع التكراري للقيم يبدو أكثر وضوحاً بالنسبة للحرارة الصغرى، إذ يلاحظ من الشكل (8) أن مجال التوزيع لدرجات الحرارة الصغرى خلال فصل الربيع اتسع باتجاه درجات الحرارة الأكثر ارتفاعاً كما تغير التكرار الأعظمي ليكون عند مستوى 14 م° أو أعلى في طرطوس بدلاً من المجال الذي تركز حول 13 م° خلال الفترة الأولى أما في صافيتا فقد ازداد التكرار الأعظمي لدرجات الحرارة المحصورة بين 9 م° و 11 م° وظهر تكرار ملحوظ للقيم الأعلى من 13 م°.



الشكل (8) اختلاف خصائص التوزيع الطبيعي لدرجات الحرارة الصغرى لفصل الربيع في محطتي صافيتا و طرطوس بين الفترتين (1960 - 1985) و (1986 - 2010).

يوضح الشكل (9) الاختلافات الكبيرة في خصائص التوزيع الطبيعي لدرجات الحرارة الصغرى خلال فصل الصيف فقد انزاح مجال التوزيع في صافيتا والذي امتد من 18 م° إلى 21 م° خلال الفترة الأولى حتى 19 م° إلى 22 م° خلال الفترة الثانية مع ظهور تكرار كبير لدرجات الحرارة عند مستوى 21 م° أو أعلى، أما في طرطوس فقد انزاح مجال التوزيع من 20 م° إلى 22.5 م° خلال الفترة الأولى حتى 21 م° إلى 25 م° خلال الفترة الثانية وترافق ذلك بتغير كبير في مجال التكرار الأعظمي إذ تركزت قيم كبيرة لتكرار درجات الحرارة بين 22 م° و 24 م° وهذا مايدل على زيادة الليالي الدافئة أو المدارية Tropical nights والتي تترافق عادة مع موجات الحر (حيث ترتفع الحرارة العظمى فوق 30 م°).



الشكل(9) اختلاف خصائص التوزيع الطبيعي لدرجات الحرارة الصغرى لفصل الصيف في محطتي صافيتا و طرطوس بين الفترتين (1985-1960) و (1986-2010).

يتبين من مقارنة القيم الاحتمالية لمعدلات الحرارة العظمى (عند مختلف المستويات) بين الفترتين الأولى والثانية والمدرجة في الجدول (3) أن الانزياح حدث بشكل واضح في الذيل الأعلى للتوزيع أي باتجاه درجات الحرارة الأكثر ارتفاعاً خلال الصيف والربيع والشتاء. لكن أهمية هذا التغير تتجلى خلال فصل الصيف إذ تزايدت القيم الاحتمالية لدرجات الحرارة فوق مستوى 30°C ليس فقط عند مستوى 90% و 95% بل عند مستوى 75% وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن هذه المستويات تخص القيم الاحتمالية لمتوسطات الحرارة العظمى وليس للقيم المتطرفة بحد ذاتها والتي يمكن أن تتردد في كلا المنطقتين، فإن ذلك يعني تزايد احتمال حدوث موجات حر بشكل كبير مع إمكانية تردد درجات حرارة مرتفعة للغاية تفوق مستوى هذه المتوسطات، الأمر الذي يشكل إجهاداً حرارياً كبيراً لمختلف الكائنات الحية بدءاً بالإنسان والحيوانات المختلفة وصولاً إلى مختلف الأنواع النباتية المنتشرة طبيعياً أو المزروعة في المنطقة والتي سيتأثر نموها وإنتاجيتها سلباً تحت تأثير هذه الظروف القاسية.

جدول (3) يوضح تغير القيم الاحتمالية للحرارة العظمى عند مستويات (5% و 10% و 25% و 50% و 75% و 90% و 95%) في محطتي صافيتا وطرطوس بين فترتي الدراسة 1960 - 1985 و 1986 - 2010.

المحطة	الفصل	5%		10%		25%		50%		75%		90%		95%
		الفترة الأولى	الفترة الثانية	الفترة الثانية										
صافيتا	خريف	23.9	24.4	24.2	24.4	24.6	24.8	25.3	25.5	26.0	25.92	26.7	26.8	27.3
	شتاء	11.2	11.1	11.9	12.5	12.8	13.6	13.9	14.6	14.4	14.99	15.2	15.6	16.3
	ربيع	19.1	19.3	19.4	19.4	20.2	20.8	20.6	21.2	21.2	22.05	21.8	23.5	23.6
	صيف	27.6	27.5	27.9	28	28.2	28.6	28.8	29.4	29.2	30.30	29.4	30.7	30.9
طرطوس	خريف	24.9	25	25.2	25.1	25.6	25.7	25.9	26.3	26.5	26.8	27.4	27.3	27.4
	شتاء	14.7	14.4	14.9	15.5	15.7	16.6	16.8	17.1	17.4	17.7	18	18.2	18.6
	ربيع	20.5	20.0	20.7	20.3	21.2	21.1	21.7	21.8	22.1	22.33	22.6	23.1	23.3
	صيف	27.8	28	28	28.3	28.5	28.7	28.8	29.5	29.0	30	29.3	30.3	30.5

الاستنتاجات والتوصيات:

- الاستنتاجات:

1. أظهرت نتائج البحث وجود انزياح واضح نحو تزايد درجات الحرارة السنوية العظمى والصغرى خلال العقود الأخرين بسبب الارتفاع الواضح في معدلاتها وخاصة خلال الصيف والربيع.
2. بينت نتائج الدراسة أن التزايد في معدل الحرارة العظمى والصغرى غير متماثل حيث أن الارتفاع في معدلات الحرارة الصغرى يفوق بحوالي الضعف ما هو عليه بالنسبة للحرارة العظمى.
3. يتضح من خلال نتائج البحث أن هناك انزياحاً واضحاً نحو تزايد درجات الحرارة حدث خلال عقد التسعينات وخاصة العام 1998.
4. لوحظ من خلال الدراسة التزايد الواضح في القيم الاحتمالية لدرجات الحرارة الأكثر ارتفاعاً خلال السنوات الأخيرة الأمر الذي يؤكد زيادة تكرار موجات الحر في المنطقة.

- التوصيات:

1. التوسع في دراسة التغير في درجات الحرارة لتشمل مناطق أكثر.
2. ضرورة التركيز على دراسة موجات الحر من حيث الشدة والاستمرارية والتكرار نظراً لأهميتها الكبيرة بالنسبة للوسط الحيوي.

المراجع:

1. BELL, M.L.; O'NEILL, M.S.; RANJIT, N.; BORJA-ABURTO, V.H.; CIFUENTES, L.A. and GOUVEIA, N.C. *Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico*. Int J Epidemiol. 37(4), 2008, 796-804.
2. CHEUNG, S.S.; LEE, J. K. W. and OKSA, J. *Thermal stress, human performance, and physical employment standards*. Appl. Physiol. Nutr. Metab. 41, 2016, 148-164.
3. DOE: DEPARTMENT OF ENERGY. U.S. (2013). *Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather*: U.S. Department of Energy. (pp. 83).
4. FAROOQ ,M.; BRAMLEY ,H.; PALTA,J.A. and SIDDIQUE,K.H.M. *Heat Stress in Wheat during Reproductive and Grain-Filling Phases*, Critical Reviews in Plant Sciences. 30(6), 2011, 491-507.
5. FELLER, U. and VASEVA, I.I. *Extreme climatic events: impacts of drought and high temperature on physiological processes in agronomically important plants*. Environmental Science. 2(39), 2014, 17.
6. FOSTER, G. and RAHMSTORF, S. *Global temperature evolution 1979-2010*. Environ. Res. Lett. 6, 2011, 8pp.
7. GARRETT, K.A.; DEND, S.P.; FRANK, E.E.; ROUSE, M.N. and TRAVERS, S.E. *Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems*. Annual Review of Phytopathology, 44, 2006, 489-509.
8. HANSEN, J.; RUEDY, R.; SATO, M., and LO, K. *Global surface temperature change*, Rev. Geophys. 48, 2010, RG4004.
9. HANSEN, J.; SATO, M.; HEARTY, P.; RUEDY, R.; KELLEY, M.; MASSON-DELMOTTE, V.; RUSSELL, G.; TSELIODIS, G.; CAO, J.; RIGNOT, E.; VELICOGNA, I.; TORMEY, B.; DONOVAN, B.; KANDIANO, E.; VON SCHUCKMANN, K.; KHARECHA, P.; LEGRANDE, A.N.; BAUER, M.; and LO, K. *Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2° C global warming could be dangerous*. Atmos. Chem. Phys., 16, 2016, 3761-3812.
10. IPCC, (2007). *Climate change: the Physical Science Basis*. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M. and Miller, H. L. *Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of intergovernmental panel of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, 996 pp.
11. IPCC, (2013). *Climate Change: The Physical Science Basis* in: Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P.M. *Contribution of Working Group I to the fifth assessment report of intergovernmental panel of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, U.S.
12. LEAN, J. L. and RIND, D. H. *How natural and anthropogenic influences alter global and regional surface temperatures: 1889 to 2006*. Geophys. Res. Lett. 35, 2008, L18701
13. MAHER, N., MCGREGOR, S. ENGLAND, M. H., and SEN GUPTA, A. *Effects of volcanism on tropical variability*, Geophys. Res. Lett., 42, 2015, 6024-6033.
14. NEWELL, R. E. and WEARE, B. C. *Factors governing tropospheric mean temperature*. Science. 194, 1976, 1413-4.

15. PARMESAN, C. and YOHE, G. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*. Nature, 421, 2003, 342.
16. PORTER, J. R. and SEMENOV, M. A. *Crop responses to climatic variability*. Phil. Trans. R. Soc. B .360, 2005, 2021–2035.
17. ROBINET, C. and ROQUES, A. *Direct impacts of recent climate warming on insect populations*. Integrative Zoology, 5, 2010, 132–142.
18. ROBOCK, A. *Volcanic eruptions and climate*. Rev. Geophys. 38, 2000, 191–219.
19. SANTER, B., SOLOMON, S.; RIDLEY, D.; FYFE, J.; BELTRAN, F.; BONFILS, C.; PAINTER, J. and ZELINKA, M. *Volcanic effects on climate*, Nat. Clim. Change, 6, 2015, 3–4
20. TAYLOR, W.A. *Change-point analysis: A powerful new tool for detecting changes*. 2000.
21. THOMAS, M. C. and THOMAS, J.A. *Elements of information Theory*. John Wiley and Sons. 2006, .254.
22. TRENBERTH, K. E.; CARON, J. M.; SSTEPANIAK, D. P. and WORLEY, S. *Evolution of El Niño-southern oscillation and global atmospheric surface temperatures*. J. Geophys. Res. 107, 2002, 4065.
23. TYLIANAKIS, J.M.; DIDHAM, R.K.; BASOMPTE, J.; WARDLE, D.A. *Global change and species interactions in terrestrial ecosystems*. Ecol Lett. 11, 2008, 1351-1363.
24. WESTERLING, A. L.; HIDALGO, H. G.; CAYAN, D. R. and SWETNAM, T. W. *Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity*. Science. 313, 2006, 940–943 .
25. WHEELER, T. and VON BRAUN, J. *Climate Change Impacts on Global Food Security*. Science. 341(6145), 2013, 508-513.
26. ZANCHETTIN, D.; BOTHE, O.; GRAF, H. F. ; LORENZ, S. J. ; LUTERBACHER, J.; TIMMRECK, C. and JUNGCLAUS, J. H. *Background conditions influence the decadal climate response to strong volcanic eruptions*, J. Geophys. Res. Atmos., 118, 2013, 4090–4106.
27. ZISKA, L.H. and DUKES, J.S. *Weed biology and climate change*. Ames, I.A: Wiley-Blackwell. 2011, 248.