

مؤشر التغير المناخي على مطار طرابلس الدولي من خلال ايجاد الاتجاه العام لمتوسطات درجة الحرارة السنوية

*د. زياد زين العابدين حبيب HABIBZEYAD@HOTMAIL.COM **أ. عبدالله الحفيظ ميلاد.

• الملخص

من الضروري دراسة وفهم التغيرات المناخية وتأثيراتها الكبيرة والمتزايدة على الانظمة البيئية والبشرية المختلفة، يهدف هذا البحث الى معرفة اتجاه ومقدار التغير الحاصل في درجة الحرارة على مطار طرابلس العالمي خلال الفترة من سنة 1944م الى سنة 2009م وذلك باستخدام ثلاث طرق هي اختبار مان كيندال و تقدير ميل السلسلة الزمنية بطريقة سينس و استخدام دالة كثافة الاحتمال للتوزيع الطبيعي، وقد اظهرت النتائج وجود اتجاه عام متزايد لدرجة الحرارة ذو اهمية خاصة للفترة 1993-2009. هذه النتائج تؤكد التأثيرات السلبية لظاهرة الاحتباس الحراري العالمي على المستويين الاقليمي والمحلي .

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية، اختبار مان كيندال، طريقة سينس، دالة كثافة الاحتمال للتوزيع الطبيعي

• المقدمة

في العقود الاخيرة ازداد اهتمام كل دول العالم بظاهرة التغيرات المناخية التي عمت الكرة الارضية بالكامل والتي لا تعترف بحدود الدول، بل هي عامة وشاملة وتهدد الحياة على الكرة الارضية وتتمثل في زيادة تكرار حالات الطقس المتطرف مثل الفيضانات والأعاصير المدارية والجفاف وارتفاع مستوى سطح البحر وموجات الحر والبرد الشديد وذوبان الجليد في القطب الشمالي والجنوبي وغيرها من المظاهر الشاذة.

* عضو هيئة تدريس كلية العلوم جامعة طرابلس ليبيا

** عضو هيئة تدريس كلية العلوم جامعة طرابلس ليبيا

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) تُعرف التغير المناخي بأنه تغير في حالة المناخ يمكن تحديده (عن طريق استخدام الطرق الإحصائية مثلاً)، أو بواسطة التغيرات في متوسط خصائصه و/أو تقلبيتها، ويستمر لفترة طويلة تدوم عادة لعقود أو لفترات أطول من ذلك، وقد يُعزى تغير المناخ إلى عمليات داخلية طبيعية أو تأثيرات خارجية مثل عمليات التغيرات التي تحدث في الدورة الشمسية وحالات ثوران البركانية والتغيرات المستمرة الناتجة عن الأنشطة البشرية المنشأ التي تحدث في تركيب الغلاف الجوي أو في استخدام الأراضي. هذا ويعرف تغير المناخ في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي (UNFCCC) في المادة الأولى منها بأنه "التغير في المناخ الذي يُعزى بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى النشاط البشري الذي يغير من تركيب الغلاف الجوي العالمي والذي يشكل إضافة إلى تقلبية المناخ الطبيعية الملاحظة خلال فترات زمنية متماثلة، وعلى ذلك فإن الاتفاقية الإطارية تميز بين تغير المناخ الذي يُعزى إلى الأنشطة البشرية التي تغير من تركيب الغلاف الجوي وبين تقلبية المناخ التي تُعزى إلى أسباب طبيعية (IPCC, 2014-PP191).

ودرجة الحرارة من أهم العناصر المناخية التي تؤثر بشكل مباشر على حياة وانشطة الانسان ولها اهمية كبيرة في تحديد النظام البيئي والحالة العامة للنظام المناخي ومكوناته والكائنات الحية الحيوانية منها والنباتية فوق سطح الكرة الأرضية وهي عامل مهم ومؤثر في العناصر المناخية الأخرى كالضغط والأمطار والتبخر والتكاثف والرطوبة... الخ، وتعتبر التغيرات في درجة الحرارة من أهم المؤشرات والشواهد الدالة على التغير المناخي. هناك العديد من الدراسات التي تناولت التغير في درجة الحرارة سواء كان على مستوى الكرة الأرضية (Morice et al., 2016; IPCC, 2013; Jones et al., 2012) أو على المستوى الإقليمي (Kruger and Shongwe, 2007; Brunet et al., 2004) وأيضاً هناك دراسات عديدة على مستوى شمال أفريقيا (Nouaceur et al., 2014; Nouaceur and Murărescu, 2013) وقد أكدت هذه الدراسات من خلال نتائجها على أن درجة حرارة الهواء قد شهدت إرتفاعاً ملحوظاً خلال القرن الماضي، ففي بعض هذه الدراسات بينت النتائج زيادة في درجة الحرارة على مستوى الكرة الأرضية مقدارها 0.85 درجة مئوية للفترة 1880-2012، الزيادة الملحوظة في درجة

الحرارة خلال الفترة الأولى من القرن الحادي وعشرون تم التأكيد عليها حديثاً من (Jones *et al.* 2016) حيث أن نتائج الدراسة أوضحت أن العقد 2001-2010 كان الأسخن على الإطلاق مقارنةً بكل العقود المسجلة خلال أكثر من مائة عام الماضية بزيادة مقدارها 0.490 درجة مئوية فوق متوسط الفترة المرجعية 1961-1990، أما على النطاق الإقليمي فنجد أن درجة الحرارة المتوسطة السنوية لعموم تونس زادت تقريباً 1.4 درجة مئوية في القرن الماضي ومعظم هذا التسخين حدث في أواخر سبعينيات ذلك القرن (Mitchell *et al.*, 2002)، أيضاً في الجزائر إرتفاع ملحوظ في درجات الحرارة تم تسجيله في بداية الثمانينات إلا أن الزيادة الكبيرة لوحظت بعد 1987 (Nouaceur and Murărescu, 2014). إذاً يتضح مما سبق التباين في مقدار التغير الحراري من مكان إلى مكان وتقدير هـ ذا التغير على المستوى المحلي يعكس في الواقع مدى التأثير الحاصل نتيجةً لظاهرة الإحتباس الحراري العالمي، لذلك في هذا البحث نهدف إلى التعرف على الاتجاه العام للتغير في متوسط درجة الحرارة السنوية ونوعية هذا التغير ايجابيا أو سلبيا على مطار طرابلس العالمي بليبيا من سنة 1944م الى سنة 2009م أي لفترة طولها 66 سنة مما يعطينا مؤشرا على التغيرات المناخية التي تحدث في منطقة المطار، وقد تم في هذا البحث استخدام ثلاث طرق مختلفة لدراسة هذه التغيرات.

• طرق البحث والتحليل

الاتجاه العام لأي سلسلة زمنية لظاهرة مناخية يعبر عن التغير التدريجي المنتظم لحالات التزايد أوالتناقص في الاتجاه خلال فترات زمنية طويلة محددة والاتجاه العام يعطي مؤشر على التغيرات المناخية التي تحدث في السلسلة المناخية وقد تم استخدام ثلاث طرق لتحديد الاتجاه العام هي:

أولاً: اختبار مان كيندال Mann-Kendall test هو أحد الاختبارات اللامعلمية واللاخطية المستخدمة على نطاق واسع (Santosh, 2016) لتحديد وكشف الاتجاه العام لسلسلة زمنية مناخية لمتغير مثل الامطار، درجة الحرارة، الجفاف، الضغط الجوي وغيرها، ويعتمد هذا الاختبار على مقارنة رتب البيانات بدل القيم الفعلية وكذلك على

الارتباط بين مراتب قيم البيانات في السلسلة الزمنية والتسلسل الزمني لها أي مقارنة كل قيمة في البيانات مع جميع القيم التالية لها ومن خصائصه أنه لا يشترط التوزيع الطبيعي للبيانات أي يمكنه التوافق مع أي توزيع ولا يتأثر كثيرا بالقيم المتطرفة في البيانات وأقل حساسية للبيانات الفقدية، وبسبب تفوق هذا الاختبار أصبح مستعمل بكثرة في مجال الأرصاد الجوية وعلم المناخ والهيدرولوجيا وذلك عن طريق التحقق من وجود معنوية محتملة في اتجاهات السلاسل الزمنية، نفترض وجود سلسلة زمنية $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ عدد مفرداتها n و يمكن أن تُعطى معادلة مان كاندليل بالعلاقة الرياضية الموضحة بالمعادلة (1) (Supriya, 2018):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sgn}(x_j - x_k) \text{ for } j > k \quad 1$$

حيث:

$$\text{Sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{if } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{if } x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

x_j, x_k هي رتب البيانات للسلسلة الزمنية حيث تكون قيم S الناتجة ذات توزيع طبيعي بمتوسط يساوي صفر وتباين يتم حسابه من المعادلة (2)

$$\sigma_s^2 = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad 2$$

تشير قيمة S الموجبة على أن هناك اتجاه عام متزايد وموجب لبيانات السلسلة الزمنية أي أن السنوات اللاحقة ذات قيم أكبر من السنوات الاقدم، بينما القيمة السالبة تدل على أن هناك اتجاه عام هابط وسالب للبيانات بمعنى ان السنوات اللاحقة ذات قيم أقل من السنوات الاقدم، وبهذا يكون مجموع القيم الموجبة والسالبة يمثل قيمة اختبار S وفي حالة القيم الموجبة يتم اضافة 1 الى قيمة الاختبار وبالتالي تزداد S وفي حالة القيم السالبة يتم

اضافة 1- الى قيمة اختبار S وبالتالي تنخفض قيمة الاختبار بمقدار 1، وفي حالة وجود مجموعات من القيم المتكررة في سلسلة البيانات ينتج عنها انخفاض في قيمة التباين S الذي يمكن كتابته كما هو موضح بالمعادلة (3):

$$\sigma_s^2 = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)]}{18} \quad 3$$

حيث

g عدد المجموعات التي بها نفس الأرقام متكررة في البيانات.

t_p عدد القيم في المجموعة الواحدة.

n عدد البيانات

ويستخدم اختبار S عندما تكون عدد البيانات المستخدمة في الدراسة أقل أو تساوي 10، أما في حالة ان البيانات التي يبلغ عددها أكبر من 10 فإننا نستخدم اختبار Z ولحسابه نحتاج لحساب التباين وتبعاً للعلاقة الموضحة في المعادلة (4)

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\sigma_s^2}}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\sigma_s^2}}, & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad 4$$

يتم تقييم وجود اتجاه ذي دلالة إحصائية باستخدام قيمة Z المحسوبة التي تشير الى ان القيمة الموجبة للاختبار Z تدل على أن هناك اتجاه صاعد وموجبا للبيانات أي ان السنوات الاقدم ذات قيم أقل من السنوات الاحدث، بينما القيمة السالبة تدل على أن هناك اتجاه هابط وسالب للبيانات أي ان السنوات الاقدم تحتوي على قيم

أعلى من السنوات اللاحقة. وفي هذا المجال يتم استخدام الفرض الاحصائي ذو الجانبين "a two-tailed test" ويعتمد على فرضيتين هما:

- فرضية العدم H_0 : عدم وجود اتجاه هام للسلسلة الزمنية نحو الزيادة أو التناقص.
 - فرضية البديل H_1 : وجود اتجاه هام للسلسلة الزمنية نحو الزيادة أو التناقص.
- وبمقارنة قيم Z المحسوبة وفق المعادلة السابقة مع $Z_{1-\alpha/2}$ الجدولية أو المحسوبة من التوزيع الطبيعي المعياري بمتوسط صفر وانحراف معياري قيمته الواحد حيث $Z_{1-\alpha/2}$ احتمالية التوزيع الطبيعي المعياري عند مستوى معنوية α ، ويتم الاختبار وفق الآتي:

- إذا كانت $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ يتم رفض فرضية العدم H_0 والقبول بالفرضية البديلة التي تنص على وجود اتجاه ذو أهمية نحو الزيادة أو النقصان.
- إذا كانت $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ يتم القبول بفرضية العدم H_0 ورفض الفرضية البديلة التي تنص على عدم وجود اتجاه ذو أهمية نحو الزيادة أو النقصان.

لو افترضنا أن مستوى المعنوية أو الثقة α تساوي 0.05 هذا يعني أن مستوى الثقة مقداره 95% وإن هذه القيمة لـ $Z_{1-\alpha/2}$ تعادل 1.96

ثانياً: تقدير ميل السلسلة الزمنية بطريقة سينس Sen's slope estimator، الذي يعتبر أحد الاختبارات اللامعلمية، حيث يستخدم هذا التقدير لمعرفة مقدار ميل الاتجاه في السلسلة الزمنية للبيانات، هذه الطريقة تفترض ان اتجاه الميل يكون خطي في سلسلة البيانات التي يمكن تمثيل معادلتها الخطية كما هو موضح في العادلة (5). (Zinabu, 2020)

$$f(x) = Qt + B$$

5

وفيها تمثل Q ميل خط الاتجاه العام بينما t تمثل الزمن أما B فهي ثابت، وعليه فإن الميل Q لجميع أزواج قيم البيانات تحسب بالمعادلة (6):

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad \text{for } i = 1, \dots, M \quad \text{and } j > k \quad 6$$

حيث M عدد القيم الناتجة من استخدام المعادلة (6)

$$M = \frac{n(n-1)}{2} \quad 7$$

ويتم استخراج الوسيط للقيم الناتجة من المعادلة (6) وهو يمثل ميل السلسلة الزمنية

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{\left[\frac{M+1}{2}\right]} \\ Q_{\left[\frac{M}{2}\right]} + Q_{\left[\frac{M+1}{2}\right]} \end{cases} \quad 8$$

والوسيط median هو القيمة التي تتوسط مجموعة القيم بعد ترتيبها تدرجيا (تصاعديا أو تنازليا)، أي أنها تقسم عدد القيم إلى نصفين بحيث يكون عدد القيم الأعلى مساويا للأدنى، وفي حالة أن $Q_{med} > 0$ يشير هذا إلى زيادة في الاتجاه العام للسلسلة والعكس صحيح.

ثالثا: استخدام دالة كثافة الاحتمال للتوزيع الطبيعي، حيث أن التوزيع الطبيعي (المعتدل) من أهم التوزيعات المتصلة المستخدمة بكثرة في دراسة العديد من العناصر المناخية كدرجة الحرارة والضغط الجوي... إلخ، يتميز هذا التوزيع بتمائله حول المتوسط وأنه احادي المنوال وتتركز اغلب البيانات فيه عند منتصف التوزيع وفيه أيضا عدد القيم الأقل من المتوسط يساوي عدد القيم الأعلى من المتوسط ولا توجد به قيم متطرفة أو شاذة قد تسبب ابتعاد أحد الأطراف عن الآخر أو تؤدي إلى التواء التوزيع والمتوسط فيه يساوي الوسيط ويساوي المنوال وبالنسبة لإلتواء التوزيع يساوس صفر والمساحة تحت المنحنى تساوي الواحد بحيث تمثل عدد القيم الأقل من المتوسط 50% والأعلى من

المتوسط 50% وبالتالي يمكن القول أن احتمال وقوع أي قيمة دون المتوسط أو فوق المتوسط يساوي 0.5 ويمكن تمثيل هذا التوزيع باستخدام دالة كثافة الاحتمال كما هو مبين في المعادلة (9):

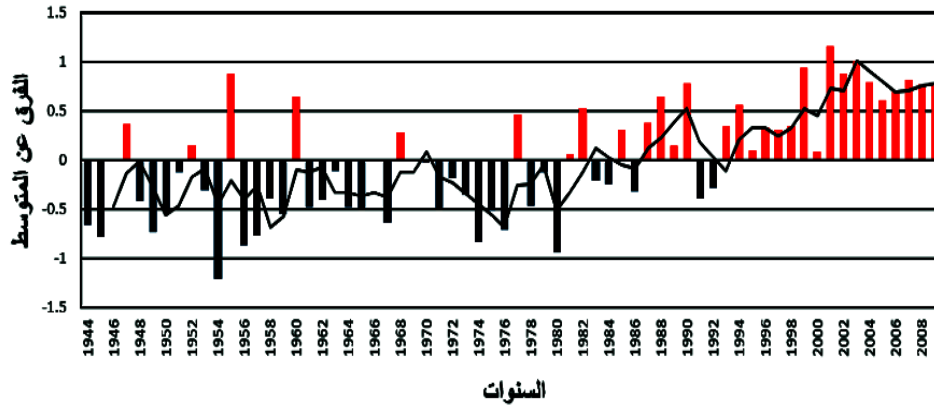
$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (9)$$

حيث X تمثل متوسط درجة الحرارة السنوية وهي متغير عشوائي مستمر خاضع للتوزيع الطبيعي ذو المعلمتين μ التي ترمز الى وسط التوزيع و σ^2 التي ترمز الى تباينه، ومن خلال تحليل وحساب التغيرات والتباينات والاتجاه العام لمتوسط درجة الحرارة السنوية عن طريق استخدام دالة الكثافة الاحتمالية للتوزيع الطبيعي و تقسيم بيانات الفترة الزمنية للدراسة الى فترتين متعاقبتين متساويتين في عدد القيم واستخراج دالة الكثافة الاحتمالية لكل فترة زمنية ومقارنة شكل الدالتين ببعضهما (ميشل، 2011)، فعند انزياح منحنى دالة الكثافة للفترة الثانية نحو القيم الاكبر وابتعادها عن التطابق مع دالة الكثافة الاحتمالية للفترة الاولى يصاحبها زيادة في متوسط درجة الحرارة السنوية مما يشير الى وجود تغير واتجاه عام متزايد درجة الحرارة، وفي حالة انزياح منحنى دالة الكثافة للفترة الثانية نحو القيم الاصغر وابتعادها عن التطابق مع دالة الكثافة الاحتمالية للفترة الاولى يصاحبها نقصان في متوسط درجة الحرارة السنوية مما يشير الى وجود تغير واتجاه عام متناقص درجة الحرارة، وفي حالة انطباق منحنى دالة الكثافة للفترة الثانية مع منحنى دالة الكثافة للفترة الاولى دل ذلك على عدم وجود تغيرات مناخية أو اتجاه عام في بيانات متوسط درجة الحرارة السنوية (IPCC, 2000-pp166).

• النتائج والتوصيات

تم في هذا البحث عمل الحسابات والاشكال الخاصة لتحديد قيمة والاتجاه العام لسلسلة درجة الحرارة السنوية وبالتالي تحديد التغيرات المناخية التي حدثت خلال الستين سنة وفق الاتي:

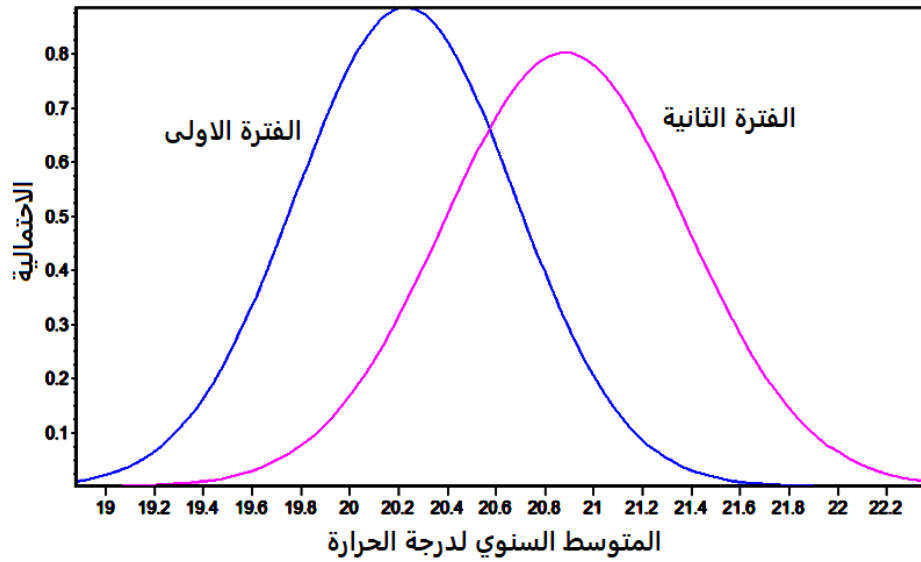
1. الشكل (1) الذي يمثل السلسلة الزمنية للفروقات السنوية عن المتوسط المناخي للبيانات ويحتوي على خط المتوسط المتحرك لفترة ثلاث سنوات ومنه يمكن الحصول على نظرة عامة عن التغيرات التي تحدث في السلسلة الزمنية، حيث نلاحظ ان هناك اتجاه عام متزايد في درجة الحرارة السنوية بداية من سنة 1993م الى سنة 2009م ومنه نجد أن كل الفروقات عن المتوسط ذات قيم موجبة وهي أطول فترة متصلة تكون فيها قيمة درجة الحرارة أعلى من المتوسط وتستمر لمدة 17 سنة، بينما الفترة التي تسبق سنة 1993م تتميز بأن غالبية السنوات يكون فيها متوسط درجة الحرارة السنوية أقل من المتوسط السلسلة ويتخللها عدد من السنوات على فترات متقطعة تكون درجة الحرارة أعلى من المتوسط. ويؤكد خط المتوسط المتحرك الذي اخذ لكل ثلاث سنوات على وجود دورة متصلة تكون فيها درجة الحرارة أقل من المتوسط خلال الفترة ما قبل 1993م أما ما بعدها فتتميز بسنوات درجة حرارتها أعلى من المتوسط. وهذا يدل على ان درجات الحرارة في السنوات الاخيرة تتزايد بشكل غير طبيعي.



الشكل (1) يمثل السلسلة الزمنية للفروقات السنوية عن المتوسط المناخي.

2. في هذا البحث تم استخدام اختبار مان كيندال لايجاد الاتجاه العام للسلسلة الزمنية لدرجة الحرارة السنوية بمستوى المعنوية أو الثقة α تساوي 0.05 هذا يعني أن مستوى الثقة مقداره 95% وإن هذه القيمة لـ $Z_{1-\alpha/2}$ تعادل 1.96، ووجد أن حساب قيمة Z من البيانات تساوي 16.9 (قيمة موجبة) وهي اكبر من $Z_{1-\alpha/2}$ وبالتالي يتم رفض فرضية العدم H_0 والقبول بالفرضية البديلة H_1 التي تنص على وجود اتجاه ذو اهمية للسلسلة الزمنية نحو الزيادة في متوسط درجة الحرارة السنوية.
3. تم استخدام طريقة سينس Sen's slope estimator من اجل تقدير ميل السلسلة الزمنية لمتوسط درجات الحرارة ووجد انه يساوي 0.021 وتشير القيمة الموجبة للميل أن هناك اتجاه عام متزايد لدرجة الحرارة مقدار تزايد السنوي يساوي 0.021 درجة في السنة.
4. بعد تقسيم السلسلة الزمنية لمتوسطات درجة الحرارة السنوية خلال فترة الدراسة الى فترتين متساويتين في الطول، كانت الفترة الاولى من سنة 1944م-1976م والفترة الثانية من سنة 1977م-2009م يعني فترتين كل واحدة طولها 33 سنة ومن بعد هذا تم توفيق البيانات لكل فترة زمنية باستخدام دالة كثافة الاحتمال للتوزيع الطبيعي ومقارنة شكل الدالتين ببعضهما (الشكل 2) ومنهما نستنتج أن هناك ارتفاع في متوسط درجة الحرارة للفترة الثانية وصل الى 20.88 درجة مئوية مقارنة بالفترة الاولى والتي وصل فيها المتوسط الى 20.23 درجة مئوية حيث أدت هذه الزيادة الى ازاحة منحنى التوزيع الطبيعي في اتجاه درجات الحرارة الاعلى، ومن الشكل أيضا يمكن مشاهدة قمة التوزيع في الفترة الثانية قد انخفض عن الفترة الاولى وهذا يشير الى أن احتمالية حدوث درجات الحرارة المعتدلة قلت مع الزمن عن الفترة السابقة لها. وبملاحظة الانحراف المعياري نجده قد ازداد من 0.450 في الفترة الاولى الى 0.497 درجة مئوية في الفترة الثانية وهذا يدل على أن التذبذب والتشتت قد ازداد في متوسطات درجة الحرارة السنوية في الفترة الثانية عن ما كان عليه في الفترة الاولى، وبانظر الى اطراف التوزيع اليمنى واليسرى في الفترة الثانية، نجد أن درجات الحرارة

العالية قد ازدادت قيمتها واحتمالية تكرارها عن الفترة الاولى، أما درجات الحرارة المنخفضة فنجدتها قد حصل فيها ارتفاع في قيمتها واحتمالية تكرارها.



الشكل (2) يمثل دالة كثافة الاحتمال للتوزيع الطبيعي للفترة الاولى والثانية

يتضح من كل ما تقدم أن الاتجاه العام لمتوسط درجات الحرارة السنوية على مطار طرابلس العالمي قد شهدت ارتفاعاً ملحوظاً وزيادة في المتوسط السنوي لدرجات الحرارة، ربما بسبب النشاطات البشرية الضارة بالبيئة التي أسهمت بشكل كبير في وجود التغير المناخي العالمي وظاهرة الاحتباس الحراري، وإن الزيادة الأكبر حدثت خلال الفترة من 1993م-2009م، وهذا مؤشر حقيقي بوجود خطر على البيئة وحياة الإنسان في منطقة الدراسة. وبهذا نوصي بالمزيد من الدراسات العلمية حول تأثير التغيرات المناخية على كل مناطق ليبيا وتوحيد الجهد المشترك بين الجهات ذات الاهتمام بهذا الموضوع من أجل العمل على إصدار تقارير عن التغيرات

المناخية المحلية وتقديمها للمنظمات الدولية المعنية بالتغيرات المناخية والعمل على اصدار قوانين فعالة للحد من الملوثات الضارة لتقليل ظاهرة الاحتباس الحراري.

Abstract

The annual temperature variability at Tripoli Airport station (Libya) has been thoroughly analyzed using a lengthened time series which covers the period 1944–2009. Aiming for the determination of direction and magnitude of temperature change, three tests were deployed, Mann–Kendall test, Sen’s slope estimator and Normal probability density function. The results showed a significant upward (positive) trend in the annual temperature in general but the largest increase is noticed between 1993 and 2009. These results confirm the consequences of the global warming on regional and local scales.

Keywords: Temperature variability, Mann–Kendall test, Sen’s slope estimator, Normal probability density function, global warming.

المراجع:

1. IPCC (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ) ، 2014م، تغير المناخ 2014، أثاره والتكيف معه ومدى التأثير به، الملخصات والاسئلة التواترة والاطر المشتركة بين الفصول، إسهام من الفريق الثاني في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، جنيف، سويسرا، ص.ص 191.

2. ميشل سكاف، عبدالله ابوزخم، شفا مثبتوت، 2011، "تغيرات الحرارة في المناطق شبه الجافة والجافة وشديدة الجفاف في سورية وآثارها الكامنة في الغطاء النباتي، المجلة العربية للبيئات الجافة، 6(2):42-

54

3. Brunet. M., Jones. P.D., Sigro. J., Saladie. O., Aguilar. E., Moberg A, Della-Marta. P.M., Lister. D., Walther. A., Lopez. D. (2007): Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850–2005. J Geophys Res 112:D12117. doi:10.1029/2006JD008249
4. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2013: Climate Change 2013; The Physical Science Basis, <http://www.climatechange2013.org/>
5. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001: CLIMATE CHANGE 2001; the Physical Science Basis, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge university press.
6. Jones, P.D., D.E. Parker, T.J. Osborn, and K.R. Briffa. 2016. Global and hemispheric temperature anomalies—land and marine instrumental records. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi: 10.3334/CDIAC/cli.002
7. Jones, P.D., D.E. Parker, T.J. Osborn, and K.R. Briffa. 2016. Global and hemispheric temperature anomalies—land and marine instrumental records.

- In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi: 10.3334/CDIAC/cli.002
8. Kruger. A.C., Shongwe. S. 2004: Temperature Trends in South Africa 1960–2003., Int. J. Climatol. 24: 1929–1945
 9. Mitchell. J. M., New. L., Hulme. M. 2002: Climatic change in Tunisia; <http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/data/index-table.html>.
 10. Morice, C.P., J.J. Kennedy, N.A. Rayner, and P.D. Jones, 2012: Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: the HadCRUT4 dataset. Journal of Geophysical Research, 117, D08101, doi: 10.1029/2011JD017187.
 11. Nouaceur Z, Laignel B, Turki I... 2013: Physio-Géo <http://physio-geo.revues.org/3686>; DOI: 10.4000/physio-geo.3686, Changements climatiques au Maghreb: vers des conditions plus humides et plus chaudes sur le littoral algérien? Volume 7, 2013.
 12. Nouaceur. Z, Murărescu. O, 2014: The Recent Climate Change in Algeria (North Africa). 2nd International Conference – Water resources and wetlands. 11–13 September, 2014 Tulcea (Romania).
 13. Santosh M. Pingale, Deepak Khare, Mahesh K. Jat, Jan Adamowski, 2016, “Trend Analysis Of Climatic Variables In An Arid And Semi-Arid Region Of The Ajmer

- District, Rajasthan, India”, Journal Of Water And Land Development, No. 28 (I-II): 3-18.
14. SupriyaPalaniswami, KrishnaveniMuthiah, 2018, “Change Point Detection and Trend Analysis of Rainfall and Temperature Series over the Vellar River Basin”, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 27, No. 4 (2018), 1673-1681.
 15. ZinabuAssefaAlemu, Michael O.Dioha, 2020, “Climate change and trend analysis of temperature: the case of Addis Ababa, Ethiopia”, Environmental System Research, volume 9, Article number: 27(2020).