

تحليل اتجاهات التبخر في منطقتي الجبل الأخضر وسهل بنغازي - ليبيا
(للمدة 1966 - 2010م)

د. محمود محمد محمود سليمان

قسم الجغرافيا/كلية الآداب/جامعة طبرق

soliman4075@tu.edu.ly

الملخص:

تتناول هذه الدراسة تحليل اتجاهات التبخر الشهري والفصلي في منطقتي الجبل الأخضر وسهل بنغازي، من خلال بيانات التبخر في محطات درنة وشحات وبنينا (بنغازي) لسلاسل زمنية تصل إلى 45 سنة (1966 - 2010)، وأستخدم في الدراسة اختبار مان كاندال (Mann-Kendall) لتحليل الاتجاه، واختبار سين (Sen) لتحليل اتجاه الانحدار. أظهرت نتائج اختبار (مان كاندال) اتجاهات مختلفة بين المحطات؛ أهمها الاتجاه الإيجابي نحو الزيادة في محطة درنة خلال شهور فصلي الصيف والخريف، والاتجاه السلبي نحو النقصان في محطة شحات خلال فصل الشتاء، بينما لم تعطِ محطة بنينا أي اتجاهات تُذكر. وأظهرت نتائج اختبار (سين) انحداراً إيجابياً نحو الزيادة في محطتي درنة وبنينا في معظم شهور السنة، وانحداراً دائماً نحو النقصان في محطة شحات. واستناداً إلى هذه النتائج؛ يمكن الاستفادة من تحليل اتجاهات التبخر في خطط تنمية الموارد المائية ومواجهة الجفاف بالمنطقة.

الكلمات المفتاحية: التبخر، تحليل الاتجاه، مان كاندال، انحدار سين، الجبل الأخضر، سهل بنغازي.

1. مقدمة:

يُعد تحليل الاتجاهات وتقديرها والتنبؤ بها من الجوانب المهمة في أبحاث المناخ، وبناءً على السلسلة الزمنية للبيانات المناخية القديمة تُستخدم اختبارات تحليلية إحصائية من خلالها يتم تحديد اتجاه التغيرات التي قد تطرأ على تلك السلسلة، كدرجات الحرارة والأمطار والرطوبة النسبية والتبخر والضغط الجوي والرياح وغيرها، بحيث تُحدّد اتجاهاتها المستقبلية نحو الزيادة أو النقصان. ولقد كشفت العديد من الدراسات المناخية المحلية والإقليمية عن وجود أو عدم وجود اتجاهات في درجات الحرارة وهطول الأمطار في العديد من المناطق (Bahadır, 2011., Şen, 2013., Ay, 2017., Yılmaz, 2018. And Soliman, 2020.). ومن الجوانب المهمة في الدراسات المناخية والهيدرولوجية البحث في عنصر التبخر، فهو عنصر رئيس في الدورة المائية وله تأثير كبير على توازن الماء على سطح الأرض، والبحث في خصائص التبخر وثيق الصلة بالدراسات الهيدرولوجية لتحديد وفهم التغيرات المناخية والهيدرولوجية (Traore, 2015)، وإنّ نقص كميات الأمطار وتذبذبها الذي يقابله زيادة في كميات التبخر يؤدي إلى الجفاف المناخي (Burn, 2002)، وتشير بعض الدراسات إلى أنّ التبخر تناقص بشكل كبير خلال النصف الثاني من القرن الماضي في مناطق كثيرة من سطح الأرض، إلا أنّ أهمية هذا الاتجاه السلبي لا تزال مثاراً للجدل، خاصة وأنّ آثاره على الدورة المائية على الصعيد العالمي لا تزال غير واضحة (Brutsaert, 2006).

والتبخر عملية معقدة تحدث نتيجة للتفاعل مع العناصر المناخية الأخرى، لذا يمكن أن يكون مؤشراً مهماً للتنبؤ بالجفاف والعجز المائي في أي منطقة على سطح الأرض، ويؤدّي معدّل التبخر المرتفع إلى بيئة أكثر جفافاً، بينما يؤدّي معدّل التبخر المنخفض إلى بيئة رطبة، ويتوقّف ذلك على عدة عوامل منها كمية الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والضغط الجوي والرياح والأملاح والخصائص الطبوغرافية للمنطقة كمظاهر السطح، ولون التربة ومدى خشونتها ونعومتها، وكذلك وجود الغطاء النباتي أو عدمه (الشواورة، 2012)، ولقد لاحظ عالم المناخ (فيسمان) أنّ التبخر ناتج عن تأثير قوة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة وسرعة الرياح واتجاهاتها، وكذلك نوعية السطح الذي يحدث فيه التبخر (Vissman, 1972)، ولقد أثبتت الدراسات أنّ هناك علاقة عكسية قوية بين كميات التبخر والرطوبة

النسبية، حيث يزداد معدّل التبخر مع تناقص معدل الرطوبة النسبيّة في الجو خاصة في المناطق الساحلية شبه الجافة (سليمان، 2010، ص70). واستمرار ارتفاع معدلات التبخر يؤدّي إلى تجفيف سطح الأرض من المياه وينتج عنه زيادة نسبة تكرار الجفاف، وانخفاض معدل التغذية في المياه تحت السطحية والجوفية. وبطبيعة الحال زيادة كميات الأمطار تقلّل من كميات التبخر و يؤثّر ذلك على الموازنة المائيّة في أي منطقة على سطح الأرض.

وخلال العقود الماضية شهد المناخ الإقليمي والعالمي تحوّراً هائلاً بسبب الأنشطة البشريّة المتزايدة والمتمثلة في إزالة الغابات، والتلوث البيئي الناتج عن الأنشطة الصناعيّة المختلفة، ولقد أشار تقرير (الهيئة الحكوميّة الدوليّة المعنيّة بتغيّر المناخ) إلى أنّ المناطق الجافة وشبه الجافة على مستوى العالم تشهد زيادة في وتيرة الجفاف الناتج عن التغيّرات في كميات التساقط والتبخر (IPCC, 1995)، ومنطقة الدراسة ليست بمنأى عن التغيّر المناخي العالمي الذي يترتّب عليه زيادة في كميات التبخر قد تؤدّي إلى اتساع رقعة الجفاف والعجز المائي المستمر. ولما كانت معظم دراسات تحليل اتجاهات المناخ حول العالم تركز على عنصري الحرارة والأمطار، جاءت فكرة هذا البحث لتحليل اتجاهات التبخر الذي يُعد من العناصر المناخيّة المهمة المؤثّرة على الموارد المائيّة في منطقة الدراسة.

2. مشكلة الدراسة وفروضها:

تحاول الدراسة الإجابة عن السؤالين التاليين:

- ما هي الشهور والفصول التي تعطي اتجاهات (زيادة أو نقصان) في محطات منطقة الدراسة؟
- أي المحطات التي تعطي اتجاهات قوية (زيادة أو نقصان)؟ وهل هناك تباين بين اتجاهات التبخر من محطة إلى أخرى؟

وللإجابة عن هذين السؤالين، والتحقّق من مدى تأثّر منطقة الدراسة بالتغيّر المناخي

العالمي تمّت صياغة ثلاث فرضيات هي:

- H_1 : تُظهر بيانات التبخر اتجاهات نحو الزيادة ذات دلالة إحصائيّة.
- H_2 : تُظهر بيانات التبخر اتجاهات نحو النقصان ذات دلالة إحصائيّة.
- H_3 : لا تُظهر بيانات التبخر أية اتجاهات تُذكر، أو تظهر بيانات التبخر اتجاهات دون دلالة إحصائيّة.

3. أهداف الدراسة وأهميتها:

تهدف الدراسة إلى التعرف على طبيعة اتجاهات التبخر من حيث (الزيادة أو النقصان) من شهر إلى آخر ومن فصل إلى آخر ومن محطة إلى أخرى، كما تهدف إلى دراسة أسباب تغير اتجاهات كميات التبخر في المنطقة ومدى تأثرها بالتغيرات المناخية الإقليمية والعالمية، وتكمن أهمية الدراسة في تقديم بعض المقترحات التي قد تفيد الباحثين في مجال المناخ والتغيرات المناخية والموارد المائية، وقد تسهم النتائج المرجوة من البحث في وضع مقترحات لتنفيذ المشاريع المائية والرعووية والزراعية بمنطقة الدراسة.

4. الدراسات السابقة:

تمّ الاطلاع على العديد من الدراسات حول تحليل اتجاهات العناصر المناخية المختلفة التي أستخدم فيها اختبارات تحليل الاتجاه كاختبار (مان كاندال) و(سين) وغيرها، من بينها دراسات محلية وإقليمية وأخرى عالمية، أهمها ما يلي:

❖ دراسة (Ageena, 2013) تناول فيها الباحث موضوع بعنوان "تحليل اتجاهات وأنماط المناخ في ليبيا" لمدة زمنية بلغت 66 عاماً (1945 – 2010)، وخلصت الدراسة بعدة نتائج أهمها أنّ هناك زيادات سريعة في درجات الحرارة الصغرى خاصة في المحطتين الساحليتين (زورة) في الشمال الغربي و(أجدابيا) في الوسط. وسجّلت العديد من المحطات زيادة ملحوظة في درجات الحرارة الصغرى خلال النصف الأول من مدة الرصد، بينما لوحظ مزيج من الاتجاهات المتزايدة والمتناقصة في درجات الحرارة العظمى خلال الخمسين سنة الأخيرة من مدة الرصد (1961-2010). ويبيّن الباحث أنّ عدد أيام هطول الأمطار كانت أكثر تواتراً خلال 33 عام (1978-2010)، وإنّه تمّ العثور على اتجاهات متزايدة في التبخر المحتمل والفعلي في جميع أنحاء ليبيا. وأوضح الباحث أنّ التمثيل الأضعف في الاتجاهات كان في بيانات هطول الأمطار، حيث تشهد المحطات الواقعة على ارتفاعات أعلى انخفاضاً في دفة نتائج التحليل، وأنّ الآثار المترتبة على ذلك بعيدة المدى، حيث تؤثر على إدارة الموارد المائية والأنشطة الزراعية وتوفيرها.

❖ دراسة (Maged and Ettaibi, 2016)، بحث إحصائي بعنوان "تحليل اتجاهات درجات الحرارة فوق دلتا النيل خلال القرن العشرين"، وأستخدم في البحث عدّة أساليب

إحصائية أهمها اختبار (مان كاندال) لتحليل الاتجاه، ومن خلال النتائج أوضح الباحثان أن حجم التغير المناخي اتجه نحو الزيادة خلال مدة الرصد 1970-2010، وأن اتجاه المعدل السنوي لدرجة الحرارة في مدينة (الإسكندرية) ارتفع من (0.98 درجة مئوية) إلى (1.68 درجة مئوية)، وأيضاً لوحظ من خلال النتائج أن مدينتي (بور سعيد) و(القاهرة) تتجهان نحو الاحترار السريع خلال شهور فصل الصيف.

❖ دراسة (المناسية، 2018) الموسومة بـ "تحليل اتجاهات التغير في معدلات الأمطار السنوية لمحطات مختارة من الأردن خلال الفترة 1979-2017" واستهدفت الدراسة ثلاث محطات أرصاد جوية ذات ارتفاعات متقاربة في إقليم المرتفعات الأردنية وهي: دبين وجرش والجبيهه، وأستخدم في البحث بعض الأساليب الإحصائية كالمتوسطات المتحركة، ومعادلة الانحدار الخطي. وبيّنت المتوسطات المتحركة أن الاتجاه العام للمعدلات المطرية يأخذ اتجاهاً متناقصاً ومتبايناً بين المحطات الثلاث، وأظهر نموذج الانحدار الخطي البسيط للمحطات الثلاث انخفاضاً في معدلات الأمطار السنوية ودون دلالة إحصائية تذكر، وأظهر تحليل التباين للمتوسطات المطرية بين المحطات تبايناً ذا دلالة إحصائية.

❖ دراسة (Yılmaz, 2018) وهي بعنوان "تحليل اتجاهات الحرارة والمطر في منطقة غرب البحر الأسود بتركيا" وأستخدمت في الدراسة اختبارات عديدة لتحليل الاتجاهات منها اختبار (مان كاندال) و اختبار تحليل الاتجاه ل (سبيرمان) واختبار انحدار (سين) ومعادلة الانحدار الخطي البسيط، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من تحليلات الاتجاه أن هناك اتجاه نحو الزيادة في قيم درجات الحرارة العظمى والصغرى في أغلب المحطات بنسبة 95٪، وإن المحطات ذات الاتجاه الصعودي الأقوى هي؛ محطة (بولو) الواقعة في غرب الأناضول بين مدينتي أنقرة وإسطنبول، ولم تظهر أغلب المحطات الواقعة على ساحل البحر الأسود أي اتجاهات تُذكر فيما عدا محطات القسم الغربي من منطقة الدراسة حيث أظهرت اتجاهات نحو الزيادة في شهور فصل الصيف، وأظهرت النتائج أن جميع بيانات هطول الأمطار تشير إلى وجود اتجاهات غير مهمة.

❖ دراسة (الجاللي، 2020) وهي بعنوان "اتجاهات التغير في كميات الأمطار بشمال شرق ليبيا" حيث درس الباحث اتجاهات الأمطار بالمنطقة المدروسة خلال المدة من 1961 -

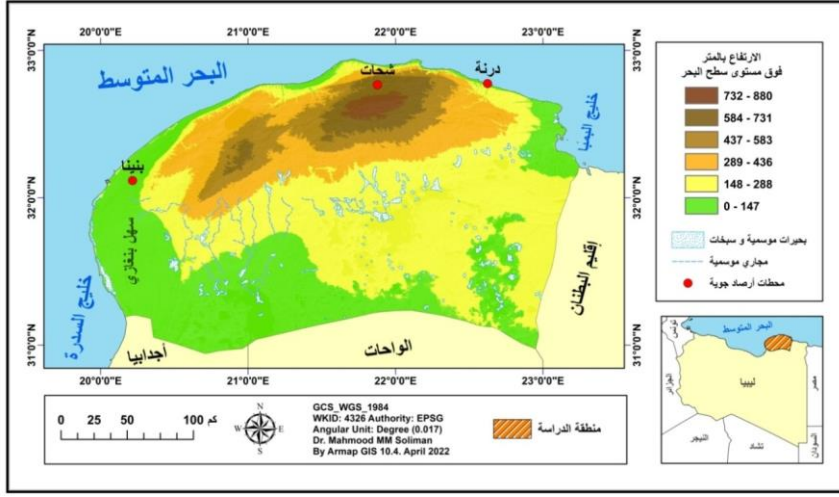
2010م، وأستخدم في البحث طريقتي (خط الاتجاه العام) و(المتوسطات المتحركة الثلاثية)، ومن خلال النتائج تبين أن معدلات الأمطار السنوية اتجهت نحو النقصان في محطات طبرق وشحات وبنينا، بينما اتجهت نحو الزيادة في محطتي درنة وأجدابيا، كما تبين للباحث من خلال تحليل المتوسطات المتحركة الثلاثية وجود تذبذب عشوائي في معدل الأمطار السنوي بين ارتفاع وانخفاض عن المعدل العام، حيث أظهر هذا التفاوت فترات جافة وأخرى رطبة متفاوتة في الطول وفي مقدار ارتفاعها أو انخفاضها عن خط الاتجاه العام.

5. المواد والمنهجية والبيانات:

5.1. منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الشرقي من ليبيا بين دائرتي عرض 31.01° و 32.54° شمالاً وخطي طول 19.55° و 23.09° شرقاً، وتمتد من البحر المتوسط شمالاً إلى تخوم الواحات جنوباً بمسافة تقدر بـ 200 كم تقريباً، ومن هضبة البطان شرقاً حتى أجدابيا غرباً بمسافة تقدر بحوالي 300 كم تقريباً، وبهذا تشكل المنطقة مساحة تقدر بحوالي (53.400 كم²). ومن خلال الخريطة بالشكل (1) يمكن تقسيم سطح المنطقة إلى ثلاثة أقسام رئيسية؛ القسم الأول وهو منطقة الجبل الأخضر الذي يبلغ أقصى ارتفاعه 880 متر عند منطقة سيدي الحمري، وينحدر بشدة نحو البحر المتوسط شمالاً كما في درنة وتوكره، وتدرجياً نحو الشرق والجنوب والجنوب الشرقي، والقسم الثاني يمثل منطقة سهل بنغازي المنبسط الذي يتخذ شكل مخروطي يطل على البحر المتوسط بقاعدة واسعة في الجنوب ورأس ضيق في الشمال الشرقي. ويمثل القسم الثالث منطقة جنوب سهل بنغازي والجبل الأخضر، وهي منطقة شبه صحراوية تقطعها العديد من الأودية التي تجري بما مياه الأمطار شتاءً. وتبعاً للعوامل الطبيعية المتمثلة في الموقع الفلكي والجغرافي والتضاريس المختلفة وغيرها، اختلفت الخصائص المناخية بمنطقة الدراسة؛ من مناخ البحر المتوسط الرطب في إقليمي الجبل الأخضر وسهل بنغازي شمالاً، إلى المناخ شبه الجاف في المناطق الانتقالية بين الساحل والجبل من جهة والصحراء من جهة أخرى، ثم إقليم المناخ الجاف المتمثل في الأطراف الجنوبية من منطقة الدراسة.

شكل (1) خريطة منطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج (ArcMap GIS 10.4).

2.5. مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة على سلسلة شهرية لبيانات التبخر اليومي (ملم / اليوم) عن طريق جهاز بيش (Pich) المعروف في محطات الأرصاد الجوية بليبيا، حيث يتم قراءة كميات التبخر اليومية ورصدها ثم يُستخرج منها المتوسط الشهري للتبخر اليومي، في ثلاث محطات أرصاد جوية تابعة للمركز الوطني للأرصاد الجوية هي: محطة درنة ومحطة شحات ومحطة بنينا (بنغازي)، لمدة رصد بلغت 45 سنة، من سنة 1966 إلى سنة 2010م. والبيانات المذكورة مُدرجة في ملفات (Microsoft Excel) من خلالها تم استخراج المتوسطات الحسابية الشهرية والفصلية والمعدل السنوي العام، ولقد اختيرت المحطات الثلاث في مناطق مختلفة طبوغرافياً وذلك من أجل الحصول على بيانات مختلفة مكانياً بحيث يمكن مقارنة النتائج بين كل محطة وأخرى؛ فمحطة (درنة) تقع على ساحل البحر في وادي وسهل ضيق بين الجبل الأخضر والبحر المتوسط، ومحطة (شحات) تقع على الدرجة الثالثة من الجبل الأخضر وتحيط بها الأعراس والغابات دائمة الخضرة، أمّا محطة (بنينا) فهي تقع في شمال شرق سهل بنغازي عند المنحدرات الجنوبية الغربية للجبل الأخضر. والجدول (1) والخريطة في الشكل (1) يبينان المواضع والخصائص الطبيعية للمحطات المختارة.

جدول (1) الخصائص الجغرافية لمحطات منطقة الدراسة.

الارتفاع بالمتر	البعد عن البحر كيلومتر	الموقع الفلكي		الرمز الدولي	الخطوة
		خط الطول شرقاً	دائرة العرض شمالاً		
129.0	13.0	°20.16'	°32.05'	62053	بنينا (بنغازي)
26.0	0.6	°22.35'	°32.47'	62059	درنة
621.0	11.0	°21.51'	°32.49'	62056	شحات

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، واستخدام برنامج أرك ماب 10.4 في تحديد المسافة والارتفاع.

5. 3. التحقق من توزيع البيانات وتجانسها:

للتأكد من صحة البيانات؛ تمّت الاستعانة ببرنامج (IBM SPSS Statistics)
 (20)، وأستخدم اختبار كولموغوروف-سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov) وهي
 طريقة للتحقق من التوزيع الطبيعي للبيانات في السلاسل الزمنية التي تزيد عن 30 سنة، أمّا إذا
 كان حجم المجموعة أقل من 30 يُفضّل استخدام اختبار Shapiro-Wilks، وهنا تمّ
 استخدام الاختبارين على بيانات المحطات الثلاث؛ وكانت النتيجة أنّ قيمة p أصغر من
 0.05 عند مستوى الثقة 95%، ممّا يعني أنّ البيانات غير موزّعة توزيع طبيعي (الملحق 4).
 وعند دراسة السلاسل الزمنية المناخية أو الهيدرولوجية غالباً ما تكون سجلات الرصد التي يتم
 إجراؤها على البيانات غير متجانسة (Türkeş, 2013). فالسلسلة المناخية تعكس عدم
 التجانس في البيانات، وقد يكون ذلك بسبب التناقض بين البيانات الدورية المستمرة والتغيرات
 التي تطرأ على بعض المتوسطات الحسابية بسبب التغيرات الفجائية في البيانات الخام.

5. 4. خصائص التبخر في منطقة الدراسة:

تتباين كميات التبخر اليومي والشهري في محطات منطقة الدراسة بين محطة وأخرى، ومن
 خلال مقارنة التوزيع الجغرافي لكميات التبخر بمنطقة الدراسة في الخريطة بالشكل (3) والخريطة
 الطبيعية بالشكل (1) يُلاحظ أنّ هناك علاقة قوية بين طبوغرافية السطح من جهة والمعدل
 العام للتبخّر من جهة أخرى. كما أنّ كميات التبخر تختلف من شهر إلى آخر ومن فصل إلى
 آخر، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال الجدول (2) والشكل (2) التاليين.

جدول (2) مجموع المتوسطات الشهرية لكميات التبخر اليومي والشهري (ملم/ بيش) في محطات منطقة الدراسة للمدة 1966-2010م.

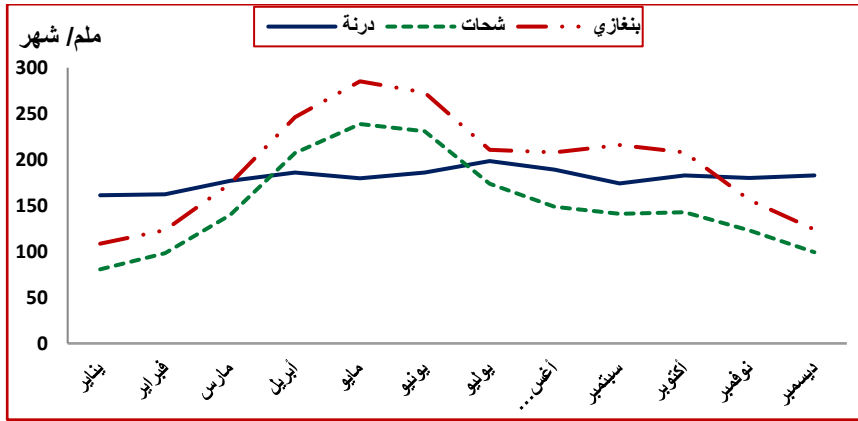
محطة درنة		محطة شحات		محطة بنينا (بنغازي)		الشهور
المتوسط الشهري للتبخر اليومي (ملم بيش)	مجموع المتوسط الشهري للتبخر (ملم بيش/الشهر)	المتوسط الشهري للتبخر اليومي (ملم بيش)	مجموع المتوسط الشهري للتبخر (ملم بيش/الشهر)	المتوسط الشهري للتبخر اليومي (ملم بيش)	مجموع المتوسط الشهري للتبخر (ملم بيش/الشهر)	
5.2	161.2	2.6	80.6	3.5	108.5	يناير
5.8	162.4	3.5	98.0	4.4	123.2	فبراير
5.7	176.7	4.5	139.5	5.6	173.6	مارس
6.2	186.0	6.9	207.0	8.2	246.0	أبريل
5.8	179.8	7.7	238.7	9.2	285.2	مايو
6.2	186.0	7.7	231.0	9.1	273.0	يونيو
6.4	198.4	5.6	173.6	6.8	210.8	يوليو
6.1	189.1	4.8	148.8	6.7	207.7	أغسطس
5.8	174.0	4.7	141.0	7.2	216.0	سبتمبر
5.9	182.9	4.6	142.6	6.7	207.7	أكتوبر
6.0	180.0	4.1	123.0	5.2	156.0	نوفمبر
5.9	182.9	3.2	99.2	4.0	124.0	ديسمبر
5.9	180.0	5.0	151.9	6.4	194.3	المتوسط الشهري
5.9	181.5	4.7	141.8	6.7	207.7	الوسيط
6.4	198.4	7.8	238.7	9.2	285.2	أكبر كمية
5.2	161.2	2.6	80.6	3.5	108.5	أصغر كمية
1.2	37.2	5.2	158.1	5.7	176.7	المدى
0.3	10.5	1.7	51.6	1.9	58.4	الانحراف المعياري

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس. الجدول بناءً على السلسلة الزمنية بالملحق رقم (1 و 2 و 3).

من خلال الجدول السابق، والشكلين (2 و 3) التاليين؛ يتبين أن كميات التبخر تزداد في محطة درنة خلال شهور فصل الصيف لتصل إلى 198.4ملم خلال شهر يوليو، وذلك بسبب الارتفاع في درجات الحرارة، بينما تقل كمية التبخر في شهر يناير وتكون 161.2ملم، ولوحظ زيادة في كمية التبخر خلال شهر أبريل 186ملم. بينما تراوحت كميات التبخر في

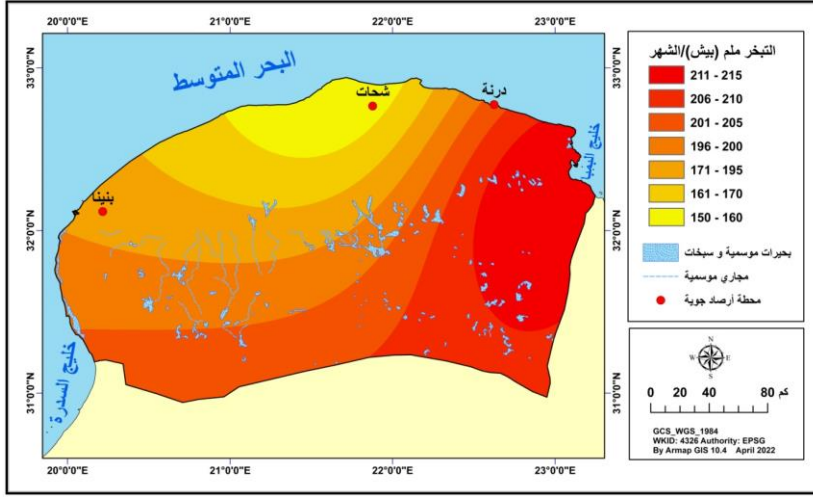
بقية الشهور من 176.7 ملم في مارس إلى 180 ملم في نوفمبر. وتنخفض كميات التبخر في محطة شحات خلال شهور فصل الشتاء وتصل إلى 80.6 ملم في يناير ولعل ذلك بسبب زيادة كميات الأمطار، والارتفاع عن مستوى سطح البحر يؤدي إلى انخفاض درجات الحرارة شتاءً مما يقلل من كميات التبخر. وبسبب زيادة الغطاء النباتي خلال فصل الربيع يؤدي إلى زيادة في كميات التبخر نتج، حيث تزداد كميات التبخر خلال شهور فصل الربيع وتصل إلى 238.7 ملم في مايو. وبصورة عامة يُلاحظ تركيز أكبر لكميات التبخر خلال شهر مايو في محطتي شحات وبنينا، وظهر ذلك واضحاً في بيانات محطة بنينا حيث تصل إلى 285.20 ملم وهي أكبر كمية تبخر سُجلت بالمنطقة خلال مدة الرصد، بينما تقل كميات في شهور فصل الشتاء.

شكل (2) يوضح مجموع المتوسطات الشهرية لكميات التبخر (ملم بيش/ الشهر) في محطات منطقة الدراسة للمدة 1966-2010م.



المصدر: من عمل الباحث.

شكل (3) خريطة تبين المتوسطات الشهرية لكميات التبخر (ملم بيش/ الشهر) في محطات منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج (ArcMap GIS 10.4.1).

5.5. اختبارات تحليل اتجاهات السلاسل الزمنية للتبخر:

عند تحليل الاتجاه؛ من المهم جدًا الحصول على بيانات تحتوي على قياسات طويلة الأجل يمكن من خلالها تحديد الزيادة أو النقصان في اتجاه السلاسل الزمنية من حيث الطرق البارامترية وغير المعلمية (Gümüř, 2006). ومن الممكن الحصول على نتائج أفضل باستخدام الاختبارات البارامترية في الحالات التي يكون فيها توزيع البيانات طبيعيًا وتكون الفروق متجانسة، أمًا في الاختبارات غير البارامترية تُظهر السلسلة الزمنية عمومًا توزيعًا غير طبيعي. لذلك؛ فإنَّ استخدام الأساليب اللامعلمية في تحليل اتجاه المتغيرات المستمرة يوفر نتائج أكثر دقة من الطرق البارامترية (Yılmaz, 2018). ومن مزايا الاختبارات اللامعلمية أنَّها في معظم الحالات لا تتأثر بعدم تحقُّق الافتراضات التي تقوم عليها والتي قد تكون في الأصل افتراضات ضعيفة أو قليلة. هذه الخاصية تمثِّل ما يطلق عليه في الإحصاء الاستدلالي بالإنجليزية Robustness وتشير لقدرة الأداة الإحصائية على الصمود في وجه عدم تحقُّق افتراض تقوم عليه. كذلك فإنَّ بعض الاختبارات اللامعلمية أقوى من شبيهاتها المعلمية خاصة في حالة العينات الصغيرة (عبيس، 2018).

ولقد اعتمدت الدراسة على بيانات السلاسل الزمنية للتبخر في المحطات المختارة من خلال استخدام اختبار تحليل الاتجاه ل مان كاندال (Mann-Kendall)، واختبار تحليل

الانحدار ل سين (Sen's slope) على أساس شهري وفصلي ومعدّل عام. وللحصول على نتائج تحليل الاتجاه بطريقة سهلة؛ تمّت الاستعانة ببرنامج إحصائي على شكل نافذة تعمل على الويندوز، يقوم البرنامج باستخراج قيم تحليل اتجاه (مان كاندال) وانحدار (سين) في ملف (OUT)، وهذا البرنامج هو (Mann-Kendall Teste não paramétrico de Mann-) (Kendall no XLSTAT) الملحق رقم (5).

5.5.1 اختبار مان كاندال (Mann-Kendall):

اختبار تحليل اتجاه مان كاندال هو اختبار غير معلمي (Non-parametric) يُستخدم لتحديد اتجاه التغيّر في سلسلة زمنيّة معينة قد تكون أيام أو شهور أو سنوات أو فترات، وهو نتيجة تطوير اختبار الاتجاه اللامعلمي الذي اقترحه العالم (مان) لأول مرة سنة 1945م. وتمّ تطوير هذا الاختبار بشكل أكبر بواسطة العالم (كاندال) Kendall عام 1975م. وللتعرّف على خطوات تحليل الاتجاه في هذا الاختبار سيتم عرض المعادلات الثلاث التي صاغها العالمان (مان و كاندال) (Bonfils, 2012):

المعادلة رقم (1) $S =$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad \text{المعادلة رقم (1)}$$

تُظهر قيمة S في المعادلة توزيعًا طبيعيًا تقريبًا مع قيم المتوسط والتباين الموضّحة أدناه في الحالات التي يكون فيها n أكبر من ثمانية ($n > 8$). تتوافق قيم n مع طول البيانات في المعادلة بالسنوات ومدة الرصد هنا أكثر من 45 سنة (1966-2010)، ويتم الإشارة إلى القيم المدرجة مقابل كل سنة على التوالي من خلال الاختبار الذي يتم إجراؤه على رتب المتغيرين (X_j) و (X_i)، وبذلك ننتقل إلى المعادلة الثانية وهي كما يلي:

المعادلة رقم (2) sign

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1; & x_j > x_i \\ 0; & x_j = x_i \\ -1; & x_j < x_i \end{cases} \quad \text{المعادلة رقم (2)}$$

وبالاعتماد على نتيجة المعادلة السابقة يتم تحديد التباين ل S بالمعادلة التالية:

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^p t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad \text{المعادلة رقم (3)}$$

في المعادلة أعلاه، يُرمز إلى أرقام المجموعات النسبية في البيانات بقيمة (p) ويتم الإشارة إلى الملاحظات المتصلة في السلسلة الزمنية (i) بقيمة (t) ويرمز لعدد المتغيرات بالحرف (n). ويتبع ذلك يمكن الخروج بتحليل الاتجاه للسلسلة الزمنية المستهدفة.

2.5.5. معامل المنحدر سين (Sen's slope):

هي طريقة إحصائية غير معلمية اخترعها العالم سين سنة (1968) تُستخدم لتحديد تغير منحدر سلاسل البيانات. وأهم ما يميّز هذه الطريقة أنّ نقص البيانات في السلسلة الزمنية لا يشكّل عقبة أمام تنفيذ هذا الاختبار بصورة سليمة، ويتم حساب اتجاه المنحدر في السلسلة الزمنية بسهولة عن طريق خطوتين في المعادلتين التاليتين (Demirci, 2002 and Karpouzou, 2010):

$$Q_i = \frac{x_i - x_k}{j - k} \quad \text{معادلة رقم (4)}$$

في المعادلة السابقة تتوافق قيمة Q_i مع البيانات بين (x_i) و (x_k) ، أمّا البيانات (x_j) و (j) هي القيم التي تمّ تحديدها في السلسلة، و (k) هي القيمة الفاصلة بين القيم في السلسلة (كأن تكون قيم 12 شهر متتالية بين السنة والأخرى) والتي تشكّل الفرق بين كل سنة على التوالي، و (j) هي مجموع القيم في السلسلة. ونتيجة لذلك يتم حساب قيم (n) المتمثلة في عدد البيانات المستهدفة بواسطة المعادلة: $n = n(n-1)$ والقيم المتوسطة ل n هي المستخدمة لتحديد اتجاه (سين) الذي يبدأ من القيم الصغيرة إلى القيم الكبيرة (Polat, 2017) ويتمثل ذلك بالمعادلة التالية:

$$Q = Q_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} \quad \text{معادلة رقم (5)}$$

وأستخدمت المعادلات السابقة بناءً على السلاسل الزمنية للتبخر في محطات منطقة الدراسة بالملاحق (1 و 2 و 3) ومن خلال التطبيق Teste não paramétrico تمّ الحصول على قوائم بنتائج تحليل الاتجاه للاختبارين، وتمّ إدراج النتائج في جداول، وأشكال بيانية، وخرائط يمكن من خلالها التعرف على اتجاهات التبخر للمحطات الثلاث.

ويتم التحقق من فرضيات البحث عند مستويات دلالة محدّدة في التطبيق المستخدم وهي تختلف بين الاختبارين: ففي اختبار (مان كاندال) مستوى الدلالة (< 1.96) هو اتجاه إيجابي نحو الزيادة يمثل الفرضية H_1 ومستوى الدلالة (> 1.96) هو اتجاه سلبي نحو النقصان وهو

ما يمثّل الفرضية H_2 والقيّم بين المستويين لا يوجد اتجاه أو يوجد اتجاه دون مستوى الدلالة وهو ما يمثّل الفرضية H_3 . بينما في اختبار الانحدار (سين) يكون مستوى الدلالة عند $(0.05 <)$ اتجاه إيجابي نحو الزيادة H_1 ويكون مستوى الدلالة $(0.05 >)$ اتجاه سلبي نحو النقصان وهو ما يمثّل الفرضية H_2 والقيّم بين المستويين لا يوجد اتجاه أو يوجد اتجاه دون مستوى الدلالة وهو ما يمثّل الفرضية H_3 ، وذلك عند مستوى الثقة 95%.

6. التحليل والمناقشة:

6.1. نتائج اختبار مان كاندال:

جدول (3) نتائج تحليل اتجاهات التبخر (الشهرية والفصلية/ملم) عند (مان كاندال)

في محطات درنة وشحات وبنينا للمدة 1966-2010م.

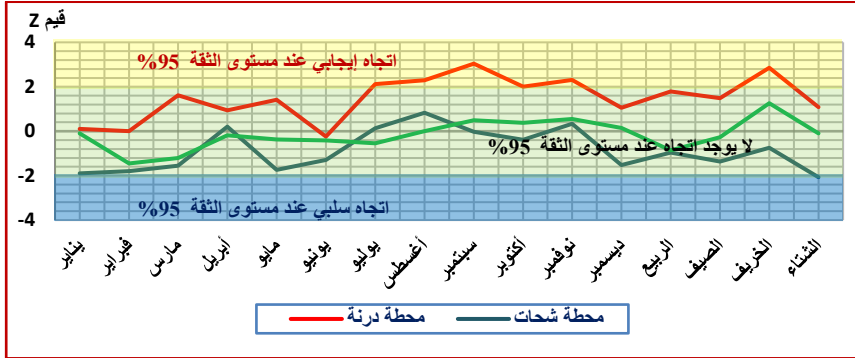
الشهور	محطة درنة		محطة شحات		محطة بنينا	
	قيمة Z	الاتجاه عند %95	قيمة Z	الاتجاه عند %95	قيمة Z	الاتجاه عند %95
يناير	0.11	لا يوجد اتجاه	1.90-	اتجاه سلبي	0.10-	لا يوجد اتجاه
فبراير	0.00	لا يوجد اتجاه	1.79-	لا يوجد اتجاه	1.45-	لا يوجد اتجاه
مارس	1.61	لا يوجد اتجاه	1.55-	لا يوجد اتجاه	1.20-	لا يوجد اتجاه
أبريل	0.94	لا يوجد اتجاه	0.21	لا يوجد اتجاه	0.19-	لا يوجد اتجاه
مايو	1.42	لا يوجد اتجاه	1.74-	لا يوجد اتجاه	0.37-	لا يوجد اتجاه
يونيو	0.24-	لا يوجد اتجاه	1.29-	لا يوجد اتجاه	0.42-	لا يوجد اتجاه
يوليو	2.12	اتجاه إيجابي	0.14	لا يوجد اتجاه	0.54-	لا يوجد اتجاه
أغسطس	2.29	اتجاه إيجابي	0.83	لا يوجد اتجاه	0.00	لا يوجد اتجاه
سبتمبر	3.04	اتجاه إيجابي	0.03-	لا يوجد اتجاه	0.49	لا يوجد اتجاه
أكتوبر	2.01	اتجاه إيجابي	0.39-	لا يوجد اتجاه	0.38	لا يوجد اتجاه
نوفمبر	2.31	اتجاه إيجابي	0.33	لا يوجد اتجاه	0.55	لا يوجد اتجاه
ديسمبر	1.05	لا يوجد اتجاه	1.53-	لا يوجد اتجاه	0.15	لا يوجد اتجاه
الربيع	1.79	لا يوجد اتجاه	0.96-	لا يوجد اتجاه	0.86-	لا يوجد اتجاه
الصيف	1.49	لا يوجد اتجاه	1.36-	لا يوجد اتجاه	0.27-	لا يوجد اتجاه
الخريف	2.86	اتجاه إيجابي	0.75-	لا يوجد اتجاه	1.26	لا يوجد اتجاه
الشتاء	1.08	لا يوجد اتجاه	2.07-	اتجاه سلبي	0.09-	لا يوجد اتجاه
المعدل السنوي	1.93	لا يوجد اتجاه	1.57-	لا يوجد اتجاه	0.54	لا يوجد اتجاه

$Z = 1.96$ < = اتجاه نحو الزيادة. $Z = 1.96$ > = اتجاه نحو النقصان. $Z = 1.96$ إلى 1.96 لا يوجد اتجاه عند مستوى الثقة 95%.

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج Teste não paramétrico de

شكل (4) التمثيل البياني لتحليل اتجاهات التبخر حسب اختبار (مان كاندال)

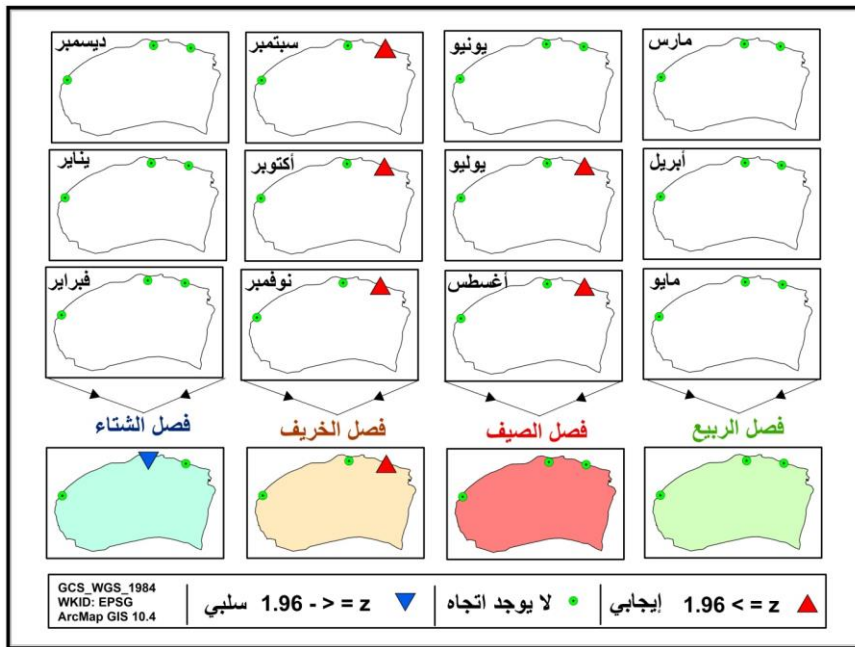
في محطات درنة وشحات وبيننا للمدة 1966-2010م.



المصدر: من إعداد الباحث.

شكل (5) خرائط توضيحية لنتائج تحليل اتجاهات التبخر حسب اختبار (مان كاندال)

في محطات درنة وشحات وبيننا للمدة 1966-2010م.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على نتائج اختبار (مان كاندال) باستخدام برنامج (ArcMap GIS 10.4)

من خلال نتائج معادلة مان كاندال في الجدول (3) والشكل (4) والخريطة بالشكل

(5) يمكن التوصل إلى الحقائق التالية:

- أظهرت محطة درنة اتجاهًا إيجابيًا نحو الزيادة في شهور يوليو (2.12) وأغسطس (2.29)

وسبتمبر (3.04) وأكتوبر (2.01) ونوفمبر (2.31). ولوحظ أقوى اتجاه للزيادة في شهر سبتمبر حيث وصل إلى (3.04) ومع ذلك لم تعط بقية الشهور أي اتجاه يُذكر، وأعطى فصل الخريف اتجاهًا قويًا نحو الزيادة وصل إلى (2.86) ولعل ذلك بسبب الارتفاع في درجات الحرارة العظمى خلال فصل الصيف الذي يستمر تأثيره حتى فصل الخريف.

■ لم تعط محطة شحات اتجاهات مهمّة في جميع شهور وفصول السنة، فقط أظهرت المحطة اتجاهًا نحو النقصان في فصل الشتاء (-2.07)، وهذا يرجع إلى الانخفاض في درجات الحرارة الذي يقابله زيادة في كميات الأمطار شتاءً.

■ لم تعط بيانات محطة بنينا أي اتجاهات تذكر في جميع شهور وفصول السنة.

■ لم تعط بيانات المعدل العام أيّة اتجاهات تُذكر في جميع المحطات، ولعل ذلك بسبب قلة الاتجاهات في أغلب الشهور.

2.6. نتائج المحدار (سين):

جدول (4) نتائج تحليل اتجاهات التبخر الشهرية والفصلية حسب (المحدار سين)

في محطات درنة وشحات وبنينا للمدة 1966-2010م.

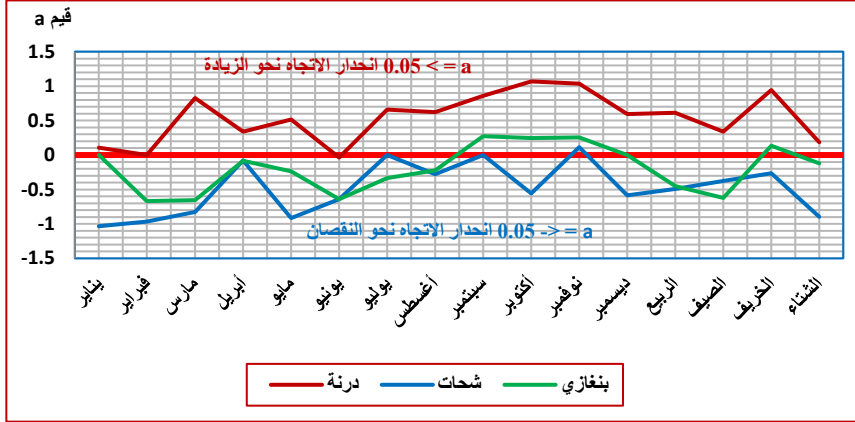
الشهور	محطة درنة		محطة شحات		محطة بنينا	
	a المحدار (سين)	نوع الاحتمار	a المحدار (سين)	نوع الاحتمار	a المحدار (سين)	نوع الاحتمار
يناير	0.107	إيجابي نحو الزيادة	-1.033	سلي نحو النقصان	0.000	لا يوجد احتمار
فبراير	0.000	لا يوجد احتمار	-0.964	سلي نحو النقصان	-0.669	سلي نحو النقصان
مارس	0.827	إيجابي نحو الزيادة	-0.826	سلي نحو النقصان	-0.657	سلي نحو النقصان
أبريل	0.340	إيجابي نحو الزيادة	-0.077	سلي نحو النقصان	-0.082	سلي نحو النقصان
مايو	0.517	إيجابي نحو الزيادة	-0.917	سلي نحو النقصان	0.238	سلي نحو النقصان
يونيو	-0.036	لا يوجد احتمار	-0.643	سلي نحو النقصان	0.642	سلي نحو النقصان
يوليو	0.661	إيجابي نحو الزيادة	0.000	لا يوجد احتمار	-0.333	سلي نحو النقصان
أغسطس	0.620	إيجابي نحو الزيادة	-0.278	سلي نحو النقصان	-0.221	سلي نحو النقصان
سبتمبر	0.857	إيجابي نحو الزيادة	0.000	لا يوجد احتمار	0.273	إيجابي نحو الزيادة
أكتوبر	1.068	إيجابي نحو الزيادة	-0.559	سلي نحو النقصان	0.248	إيجابي نحو الزيادة
نوفمبر	1.037	إيجابي نحو الزيادة	0.114	سلي نحو النقصان	0.254	إيجابي نحو الزيادة
ديسمبر	0.596	إيجابي نحو الزيادة	-0.584	سلي نحو النقصان	0.000	لا يوجد احتمار
الربيع	0.613	إيجابي نحو الزيادة	-0.494	سلي نحو النقصان	-0.450	سلي نحو النقصان
الصيف	0.339	إيجابي نحو الزيادة	-0.374	سلي نحو النقصان	0.622	سلي نحو النقصان
الخريف	0.942	إيجابي نحو الزيادة	-0.264	سلي نحو النقصان	0.133	إيجابي نحو الزيادة
الشتاء	0.188	إيجابي نحو الزيادة	-0.898	سلي نحو النقصان	-0.121	سلي نحو النقصان
المعدل السنوي	0.500	إيجابي نحو الزيادة	-0.547	سلي نحو النقصان	0.135	سلي نحو النقصان

($0.05 \leq a$) اتجاه إيجابي نحو الزيادة عند مستوى الثقة 95% (H_1). ($0.05 > a$) اتجاه سلبى نحو النقصان عند مستوى الثقة 95% (H_2).

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج .Teste não paramétrico de

شكل (6) التمثيل البياني لتحليل اتجاهات التبخر حسب (انحدار سين)

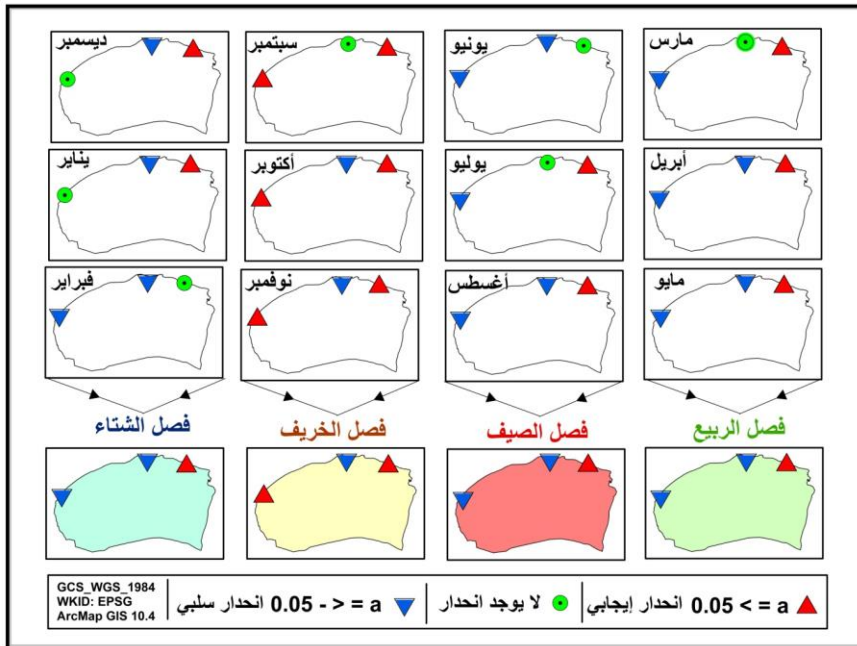
في محطات درنة وشحات وبنينا للمدة 1966-2010م.



المصدر: من عمل الباحث. الخط الأحمر: يمثل القيم من -0.05 إلى 0.05 وتعني عدم وجود اتجاه.

شكل (7) خرائط توضيحية لتحليل اتجاهات التبخر حسب (انحدار سين)

في محطات درنة وشحات وبنينا للمدة 1966-2010م.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على نتائج (انحدار سين)، باستخدام برنامج (ArcMap GIS 10.4)

- من خلال الجدول (4) والشكلين (6 و 7) يمكن الخروج بعدة حقائق أهمها:
- أظهرت بيانات محطة درنة اتجاهها إيجابياً نحو الزيادة في كميات التبخر خلال جميع فصول السنة وأقوى اتجاه انحدار نحو الزيادة كان في فصل الخريف $a = (0.942)$ وهو ما يؤكد نتائج اختبار مان كاندال خلال فصل الخريف، ثم فصل الربيع (0.613) ، ثم فصل صيف (0.339) ، وفصل الشتاء (0.188) وشهرياً أظهرت محطة درنة أقوى الانحدارات نحو الزيادة في شهري أكتوبر ونوفمبر $(1.068$ و $1.037)$ على التوالي.
 - أظهرت بيانات محطة شحات اتجاهات سلبية نحو النقصان في أغلب الشهور وفي جميع فصول السنة وكان أقوى اتجاه للانحدار السلبي في فصل الشتاء حيث وصل إلى (-0.898) ثم فصل الربيع (-0.494) . وأعطى شهر يناير أكبر قيمة اتجاه للانحدار السلبي نحو النقصان حيث بلغت (-1.033) . وأعطت بقية الشهور اتجاهات سلبية متوسطة، باستثناء بعض الشهور التي لم تعط أيّة اتجاهات تذكر مثل شهري يوليو وسبتمبر. أمّا المعدل العام فقد أظهر اتجاهاً نحو الزيادة وصل إلى (0.500) . وأظهر المعدل العام اتجاهاً نحو النقصان بلغ (-0.547) .
 - اختلفت الاتجاهات في محطة بنينا من شهر إلى آخر ومن فصل إلى آخر، فهناك اتجاهات نحو الزيادة في شهور فصل الخريف: سبتمبر (0.273) وأكتوبر (0.248) ونوفمبر (0.254) ، وأعطت بقية الشهور اتجاهات سلبية فيما عدا شهري يناير وديسمبر لم تعط أيّة اتجاهات تُذكر، وفصلياً؛ أظهرت جميع الفصول اتجاهات سلبية نحو النقصان: فصل الربيع (-0.450) وفصل الصيف (-0.622) وفصل الشتاء (-0.121) ، باستثناء فصل الخريف الذي أظهر اتجاه إيجابي نحو الزيادة (0.133) . وأظهر المعدل العام اتجاهاً نحو النقصان وصل إلى (-0.135) .

7. الخاتمة والاستنتاجات:

أبرزت التحليلات السابقة أنَّ هناك اختلاف بين نتائج الاختبارين، ويرجع ذلك إلى طريقة التحليل الإحصائي لكل منهما، فاختبار (مان كاندال) يقوم بتقييم وجود الاتجاهات الواضحة والمهمة فقط ويقوم بإهمال الاتجاهات الضعيفة، أمَّا اختبار انحدار (سين) فهو اختبار حسَّاس يقوم بتسجيل المقدار الإجمالي المحتمل للانحدارات الموجبة والسالبة في السلسلة الزمنية حتى وإن كان الاتجاه ضعيف (Yilmaz, 2018). ونسبياً من خلال مقارنة نتائج الاختبارين في الجدولين (3 و 4) يتبيَّن أنَّ نتائج اختبار (مان كاندال) اتفقت مع نتائج اختبار انحدار (سين) في محطة درنة بنسبة (40%) وفي محطة شحات بنسبة قليلة لا تتجاوز (7%). وأظهر الاختباران اتجاهات مختلفة باختلاف الشهور والفصول، ويرجع ذلك إلى اختلاف الموقع وطبوغرافية السطح واختلاف الخصائص المناخية المحلية بين المحطات المختارة. وفيما يلي أهم الاستنتاجات التي توصلت إليها الدراسة:

➤ أظهر اختبار مان كاندال عدم وجود اتجاهات تُذكر في أغلب الشهور والفصول خاصةً في محطة بنينا التي أظهرت اتجاهات نحو الزيادة ولكن دون دلالة إحصائية في شهري فبراير ومارس وفي المعدل الفصلي لفصل الخريف (الفرضية H_3)، وأظهرت محطة درنة اتجاهات ذات دلالة إحصائية نحو الزيادة خلال شهور فصلي الصيف والخريف (الفرضية H_1)، ولعل ذلك بسبب الارتفاع في درجات الحرارة خلال هذين الفصلين ممَّا يترتَّب عليه زيادة في معدلات التبخر، أو بسبب قلة ارتفاع المحطة الذي لا يتجاوز 26 متر فوق مستوى سطح البحر ممَّا يجعلها لا تتلقَّى كميات أمطار كافية خلال فصل الخريف، وكذلك الانخفاض النسبي في معدلات الرطوبة النسبية خلال فصل الخريف الذي يتناسب عكسياً مع معدلات التبخر، كل ذلك يلقي بأعباء جسيمة على الموارد المائية بأكثر ممَّا هو عليه الآن في منطقة درنة خلال فصلي الصيف والخريف. و لم تُظهر محطة شحات أيَّة اتجاهات تُذكر في جميع شهور وفصول السنة (الفرضية H_3)، فيما عدا اتجاهات نحو النقصان بدلالة إحصائية خلال فصل الشتاء (الفرضية H_2)، ولعل ذلك بسبب الزيادة في كميات الأمطار شتاءً.

➤ أعطت نتائج اختبار (انحدار سين) اتجاهات مختلفة إيجابية وأخرى سلبية وجميعها ذات دلالات إحصائية تختلف من محطة إلى أخرى ومن شهر إلى آخر ومن فصل إلى آخر؛ حيث

أظهرت محطة درنة اتجاهات نحو الزيادة في أغلب شهور السنة خاصةً في فصلي الصيف والخريف (الفرضية H_1)، وهذا يؤكد نتائج اختبار (مان كاندال)، ويدل على الأهمية القصوى لسقوط الأمطار خلال بدايات فصل الخريف والتي تساعد بشكل كبير على التقليل من كميات التبخر وتعويض الفاقد من المياه خلال فصل الصيف. بينما أظهرت محطة شحات اتجاهات قويّة نحو النقصان خلال جميع شهور وفصول السنة (الفرضية H_2)، عدا شهري يوليو وسبتمبر لم يُظهران أي اتجاهات تذكر (الفرضية H_3).

➤ اعتماداً على النتائج السابقة يمكن القول أنّ الاتجاهات الإيجابية في محطة درنة قد تكون مؤشراً على عالميّة التغيّرات المناخية، وفي الوقت نفسه يظهر الأثر الواضح للتباين الطبوغرافي المحلي في العديد من النتائج خاصة بين محطتي درنة وشحات.

8. التوصيات:

بناءً على ما سبق تقترح الدراسة عدّة توصيات قد تفيد الباحثين في مجال المناخ والتغيّرات المناخية، وقد تساعد متخذي القرار خاصة فيما يتعلّق بإدارة الموارد المائية، وهي كما يلي:

- ❖ العمل على إجراء دراسات مماثلة للمناطق المجاورة لمنطقة الدراسة كإقليم البطان ومنطقة خليج سرت والساحل الغربي الليبي، من خلالها يمكن مقارنة النتائج والخروج بفهم أعمق لتحليل اتجاهات التبخر بالمنطقة.
- ❖ البحث في تحليل اتجاهات التبخرنتح (Evapotranspiration)، واستخدام اختبارات أخرى قد تفيد في الحصول على نتائج جيدة مثل اختبار تحليل الاتجاه لـ (Spearman Rho)، كما يجب الاهتمام ببحوث المناخ التطبيقي كالبحث في أثر التبخر الفعلي على الموارد المائية السطحية والجوفية بمنطقة الدراسة.
- ❖ يشكّل نقص محطات الأرصاد الجوية في منطقة الدراسة عائق كبير (أمام الباحثين في مجال المناخ والتغيّرات المناخية) للوصول إلى نتائج رصينة، لذا يجب العمل على إنشاء محطات أرصاد جوية يُراعى فيها التوزيع الأمثل على مساحة المنطقة.

❖ إعلامياً؛ يجب توعية السكان حول مشكلة تغير المناخ وآثارها السلبية على الحياة الطبيعية والبشرية، وترشيدهم في استهلاك الموارد المائية المتاحة، وتشجيعهم على غرس الأشجار وحماية غابات الجبل الأخضر.

المصادر والمراجع:

- الجالي، جمعة أرحومة جمعة (2020). اتجاهات التغير في كميات الأمطار بشمال شرقي ليبيا خلال الفترة من 1961 إلى 2010م، البيضاء، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، العدد 38.
- الشواورة، علي سالم (2012). جغرافية المناخ والطقس، عمان، دار المسيرة للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى.
- المناسبة، نزيه إبراهيم (2018). "تحليل اتجاهات التغير في معدلات الأمطار السنوية لمحطات مختارة من الأردن خلال الفترة 1979-2017"، مجلة جامعة مؤتة للبحوث والدراسات، سلسلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد الثالث والثلاثون، العدد الرابع، 2018م.
- سليمان، محمود محمد محمود (2010). أثر المناخ على الزراعة في إقليم البطنان بليبيا- دراسة في المناخ التطبيقي، رسالة ماجستير غير منشورة، القاهرة، معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية، قسم البحوث الجغرافية.
- عبيس، سندس محمد علي (2018). مقارنة بين بعض الاختبارات المعلمية واللامعلمية في القطاعات العشوائية الكاملة (دراسة تطبيقية)، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الإحصاء، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة كربلاء، العراق.
- Ageena, I. M. (2013). Trends and Patterns in the climate of Libya. (PhD Unpublished), University of Liverpool, Department of Geography and Planning, School of Environmental Science.
- Ay, M. and Özyildirim, S. (2017). Trend Analysis of Monthly Total Rainfall and Monthly Mean Air Temperature Variables of Yozgat in Turkey, Journal of Çukurova University Faculty of Engineering and Architecture, 32 (2), June 2017.
- Bahadır, M. (2011). Trend Analysis of Temperature and Rainfall in the Southeastern Anatolia Project (Gap) Area, Journal of International Social Research, 4 (16).
- Bocchiola D., Diolaiuti G. and Cassardo C. (2015) Long-Term Trend Analysis of the Haute and Air Temperature for Kentucky, United States. Department of Biosystems and Agricultural

- Engineering, University of Kentucky., by (MPDI) Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Published: 3 February 2016.
- Bonfils K. (2012). Trend Analysis of the Mean Annual Temperature in Rwanda during the Last Fifty Years, *Journal of Environmental Protection*, 3(6):538-551.
 - Brutsaert, W., (2006), "Indications of increasing land surface evaporation during the second half of the 20th century", *Geophysical Research Letters*, October 2006.
 - Burn H. and Hag E.. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 2002, 225.
 - Gümüş, V. (2006). Evaluation of Euphrates Basin Flows by Trend Analysis, (MSc research Unpublished in Turkish), Sanliurfa: Harran University, Institute of Science and Technology.
 - Demirci, A. and Karakuyu, M. (2002). Global Climate Change and Turkey's 345 on the Potential Impact of Physical and Human Geography, *Climatology Workshop*, İzmir.
 - IPCC. Climate change 1995: the second IPCC scientific assessment.
 - Karpouzou, D. and Kavalieratou S. (2010). Trend Analysis of Precipitation Data in Pieria Region (Greece), *European Water Journal* .
 - K. Khomsi, G. Mahe, Y. Trambly, M. Sinan, and M. Snoussi (2015), Trends in rainfall and temperature extremes in Morocco, *Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.*, 3, 1175–1201, 2015. Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.
 - Maged, H. and Ettaibi M. (2016). Temperature trend over Nile Delta, Egypt during 20th Century, *National Institute of Oceanography and Fisheries*, Alexandria, Egypt.
 - Şen, C. (2013). Trend Analysis of Temperatures Precipitation Data in Isparta, in Turkey, (MSc research Unpublished, in Turkish), Suleyman Demirel University.

- Traore S., Luo Y. and Fipps G., Deployment of artificial neural network for short-term forecasting of Evapotranspiration using public weather forecast restricted messages. Agric. Water Management, 2015.
- TÜRKEŞ, M. (2013), Homogeneity Analysis of Climatological and Hydrological Data, Çanakkale Onsekiz Mart University, Department of Geography, Graduate Lecture Notes, Çanakkale.
- Vissman W. and Knapp J., (1972). Introduction on hydrology, Harper and Row, Publishers.
- Yılmaz, Ayça (2018). Trend Analysis of Temperature and Precipitation Data in Western Black Sea in Turkey, (MSc research Unpublished, in Turkish), Karabük University, Department of Geography.

الملاحق:

ملحق (1) المتوسطات الشهرية للتبخر اليومي (ملم بيش/ اليوم) في محطة درنة للمدة 1966 - 2010م

المتغير	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1966	6.0	6.8	6.4	5.2	4.7	6.1	6.1	6.5	5.1	6.5	6.3	6.5
1967	5.9	4.0	5.4	6.1	5.9	5.5	5.5	5.3	4.9	4.5	4.7	6.6
1968	6.1	6.9	5.1	5.9	5.7	5.9	5.9	6.7	6.3	5.0	5.9	6.1
1969	4.0	6.6	4.2	4.1	4.8	8.3	5.3	4.5	4.9	2.9	4.9	7.1
1970	4.9	5.9	7.0	6.0	4.7	4.8	5.4	5.8	5.2	7.2	5.5	7.3

تحليل اتجاهات التبخر في منطقتي الجبل الأخضر وسهل بنغازي - ليبيا

4.6	9.0	5.6	6.3	7.0	7.2	6.6	6.8	6.7	10.1	6.0	5.3	1971
4.6	4.6	7.5	9.3	5.7	5.3	6.7	5.1	6.0	3.9	4.0	5.8	1972
6.0	4.6	5.7	5.0	6.0	7.1	7.3	7.3	8.9	6.7	8.3	5.9	1973
4.3	5.6	8.7	5.8	6.0	6.5	5.8	5.6	6.7	3.8	7.4	3.4	1974
4.7	7.4	4.5	4.7	5.8	5.4	6.3	5.7	4.6	8.7	4.1	3.8	1975
5.0	4.3	4.5	4.2	5.1	5.1	5.0	4.2	5.8	3.8	4.9	4.9	1976
4.6	6.3	5.1	5.4	5.2	5.9	5.4	4.8	5.7	5.7	6.5	4.4	1977
5.0	4.4	4.0	5.8	5.7	6.4	6.7	6.2	5.8	4.8	7.0	5.4	1978
4.5	5.2	5.9	5.3	5.5	5.1	4.4	3.6	5.2	5.2	6.1	5.5	1979
5.8	5.5	7.4	4.6	5.1	6.1	5.7	5.2	5.0	4.5	3.3	4.7	1980
6.8	5.0	4.6	4.6	4.8	5.6	4.5	3.9	3.9	5.5	4.3	4.8	1981
8.1	7.0	6.2	4.4	6.0	6.0	7.2	4.4	5.1	4.6	3.9	5.0	1982
6.9	6.9	4.8	5.8	6.1	6.1	6.3	7.6	7.6	7.2	7.0	4.5	1983
5.3	6.4	5.6	6.6	5.7	8.0	6.2	10.0	6.8	7.8	8.0	6.9	1984
4.6	5.8	5.6	5.2	7.2	7.5	6.3	7.0	8.5	5.5	6.9	6.4	1985
4.6	3.8	4.0	5.3	7.4	7.1	6.1	4.9	7.0	4.3	8.2	6.0	1986
7.0	6.8	5.5	5.9	6.1	8.3	6.3	5.1	6.4	4.5	6.7	7.5	1987
5.1	6.2	4.9	5.9	6.6	8.4	9.5	6.7	5.2	6.6	4.5	5.2	1988
4.3	5.3	5.3	5.2	5.0	6.0	5.6	5.6	6.6	4.3	4.6	2.6	1989
6.4	6.8	5.3	5.5	6.8	6.8	7.8	4.9	6.1	4.6	5.2	2.7	1990
3.6	5.8	6.9	6.6	6.1	6.5	6.0	6.3	5.5	6.3	5.1	4.6	1991
5.4	5.0	9.1	6.3	5.7	5.8	6.8	4.9	6.6	4.6	4.4	3.4	1992
5.1	5.3	5.0	4.6	6.1	6.5	4.6	3.5	6.4	4.7	4.4	4.1	1993
4.5	5.5	4.0	5.8	6.4	6.1	7.1	7.4	7.0	5.0	7.0	4.8	1994
5.3	5.5	4.4	5.8	5.5	6.4	7.1	7.2	5.1	5.4	4.8	5.2	1995
7.4	4.3	6.3	8.1	6.6	7.3	5.8	6.7	4.9	4.3	5.7	4.6	1996
6.4	6.3	5.6	6.1	5.6	6.5	6.3	5.3	5.6	5.1	4.5	4.9	1997
5.1	6.4	6.5	5.9	7.0	7.9	7.5	6.2	7.6	5.2	5.2	4.7	1998
5.5	8.4	6.5	5.9	6.7	6.1	6.5	6.2	6.2	6.2	5.5	4.6	1999
6.3	6.7	6.0	5.9	6.3	7.0	5.7	4.9	6.1	5.9	4.6	3.8	2000
5.2	6.2	5.5	5.9	5.8	6.0	4.8	6.2	6.2	6.6	6.2	6.2	2001
6.4	7.2	6.8	6.0	6.7	5.9	7.2	5.5	6.6	5.8	4.8	4.3	2002
6.3	5.5	9.5	6.9	7.2	6.5	5.3	5.4	5.9	4.6	5.7	7.3	2003
4.9	5.0	6.3	4.8	4.8	5.6	5.6	5.8	7.0	4.8	5.9	8.0	2004
7.4	7.6	4.7	5.6	6.2	6.5	4.7	6.9	5.6	6.0	6.7	4.6	2005
4.4	5.1	5.4	5.1	5.9	4.4	5.6	5.8	7.5	8.0	6.5	4.6	2006
5.7	8.6	7.9	6.6	6.0	7.2	5.8	5.4	5.1	6.5	4.3	6.3	2007
7.4	7.2	7.3	6.9	6.8	7.3	6.0	6.1	11.9	7.7	4.3	4.7	2008
10.1	7.3	6.3	7.0	6.8	7.3	6.1	5.1	5.4	6.8	7.6	7.1	2009
9.3	7.7	8.2	7.2	7.0	6.5	6.6	8.5	6.0	7.5	9.5	7.0	2010
5.9	6.0	5.9	5.8	6.1	6.4	6.2	5.8	6.2	5.7	5.8	5.2	المتوسط

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، 2012م.

ملحق (2) المتوسطات الشهرية للتبخر اليومي (ملم بيش/ اليوم)

في محطة شحات للمدة 1966 - 2010م

المتغير	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1966	3.0	4.3	4.9	4.7	7.2	7.2	5.8	5.6	4.3	6.8	4.6	2.6
1967	2.8	1.8	2.4	7.1	6.6	9.0	5.1	4.2	3.5	3.1	3.1	4.3
1968	2.0	4.7	2.9	7.3	9.0	8.2	5.2	7.7	4.7	2.0	3.6	3.0
1969	2.0	5.6	3.5	4.8	7.9	9.9	5.4	5.6	7.3	2.2	2.8	3.2

2.9	2.5	3.2	3.6	5.7	5.1	6.7	8.4	8.0	5.9	3.2	3.0	1970
2.4	4.8	5.0	5.1	4.7	5.7	7.8	9.7	7.1	6.6	2.1	2.9	1971
3.4	2.2	4.9	8.5	5.1	5.3	7.7	5.9	6.2	3.3	4.2	5.1	1972
5.4	2.5	4.8	4.9	3.3	7.6	7.6	7.1	5.6	4.9	4.2	3.7	1973
1.7	2.3	6.9	3.0	4.9	5.3	8.8	8.1	7.6	4.9	4.5	1.5	1974
4.0	3.9	3.1	3.8	4.3	5.2	5.8	8.6	5.9	9.5	3.4	1.5	1975
3.3	4.4	5.3	5.7	5.4	5.0	7.1	7.2	6.2	4.2	2.9	2.6	1976
3.7	7.0	4.5	5.7	5.5	7.9	9.4	11.0	6.0	6.1	4.4	3.5	1977
3.3	3.6	5.4	4.2	3.8	5.5	9.1	11.4	9.0	4.2	7.6	5.7	1978
2.5	4.6	7.5	6.2	6.0	4.8	7.6	5.5	6.9	6.0	6.0	3.7	1979
4.6	5.8	9.7	2.5	3.9	6.0	9.5	9.6	5.1	5.6	1.3	3.5	1980
5.0	3.0	4.8	3.4	6.0	4.8	8.6	7.4	8.7	7.5	2.9	2.5	1981
3.8	4.6	7.5	4.3	6.1	8.6	7.1	6.6	8.2	4.5	3.5	4.8	1982
3.6	4.1	5.8	3.5	3.6	5.3	5.8	7.1	7.3	5.4	6.6	2.2	1983
4.1	3.9	6.7	5.6	5.5	5.9	5.5	12.9	5.4	5.3	4.7	2.3	1984
3.8	5.8	3.3	3.5	4.7	4.9	7.1	11.5	7.7	5.2	5.0	3.8	1985
2.0	3.3	3.3	4.4	4.0	6.0	8.2	5.1	8.1	3.4	4.8	2.9	1986
4.8	6.1	3.7	4.1	4.0	5.6	7.2	8.9	4.8	3.7	5.5	5.9	1987
3.4	4.9	3.6	4.6	5.1	6.5	12.1	9.7	6.0	4.0	2.2	3.0	1988
2.7	3.6	2.7	4.8	4.0	4.5	8.1	8.3	11.6	5.0	3.2	1.8	1989
4.1	7.9	4.5	3.8	4.4	4.5	7.7	7.5	5.8	2.9	1.4	1.9	1990
1.2	3.5	7.0	5.5	3.1	3.8	6.5	6.1	7.1	5.7	2.7	1.7	1991
3.7	4.0	4.9	3.1	3.5	4.9	7.4	6.4	6.9	4.4	1.5	1.4	1992
2.4	4.8	7.2	3.4	4.0	4.9	7.9	6.1	6.2	4.5	2.6	1.2	1993
2.6	2.8	3.2	3.9	4.9	4.3	5.5	7.7	8.9	3.3	3.5	2.7	1994
3.8	3.4	2.1	6.2	5.0	5.4	11.7	6.8	6.8	4.8	3.6	2.9	1995
4.5	2.3	4.7	7.8	4.0	5.4	6.0	8.2	6.3	2.5	5.0	3.5	1996
3.4	5.3	3.6	3.1	3.0	5.9	8.4	6.5	4.2	2.6	3.5	2.7	1997
2.6	3.2	5.4	5.0	3.7	5.2	5.2	6.4	8.2	2.8	2.4	1.6	1998
3.4	6.7	3.6	3.3	4.4	3.5	6.7	6.9	6.5	4.7	2.6	3.0	1999
2.8	5.6	4.4	6.7	6.0	7.8	6.3	6.1	6.3	4.0	1.8	1.3	2000
2.1	3.8	3.0	7.3	5.9	7.7	7.5	8.2	6.7	6.3	2.6	3.0	2001
2.7	3.6	2.7	4.8	4.0	4.5	8.1	8.3	11.6	5.0	3.2	1.8	2002
1.7	2.3	6.9	3.0	4.9	5.3	8.8	8.1	7.6	4.9	4.5	1.1	2003
2.9	3.9	4.7	3.7	5.7	5.9	8.1	8.6	8.0	3.5	4.7	1.9	2004
3.3	3.7	2.7	5.1	6.0	7.1	8.2	7.0	6.3	3.6	3.1	1.2	2005
1.5	4.8	3.1	5.3	5.0	7.0	7.5	7.0	6.4	4.5	2.9	1.7	2006
1.8	4.7	5.2	4.1	4.7	5.6	7.9	5.1	4.4	3.8	1.8	0.7	2007
3.8	3.9	3.4	4.6	4.8	5.4	6.5	6.8	7.4	4.5	1.3	1.5	2008
3.4	2.9	3.8	4.5	4.0	5.7	6.4	4.6	5.1	3.4	3.8	3.1	2009
2.6	2.7	3.3	4.2	4.9	5.1	7.3	8.0	6.3	4.1	2.4	1.9	2010
3.2	4.1	4.6	4.7	4.8	5.6	7.7	7.7	6.9	4.5	3.5	2.6	المتوسط

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، 2012م.

ملحق (3) المتوسطات الشهرية للتخثر اليومي (ملم بيش/ اليوم)

في محطة (بنينا) للمدة 1966 - 2010م

المتغير	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1966	3.0	6.0	6.3	9.0	10.5	9.8	9.7	8.5	8.1	10.5	7.0	5.5
1967	3.9	4.6	4.9	9.9	8.4	11.3	7.9	7.5	6.8	7.1	5.6	4.3
1968	4.1	6.6	6.4	9.7	13.0	12.2	8.3	9.3	7.5	5.0	6.9	4.5
1969	2.3	5.6	5.3	6.9	8.7	12.7	6.2	6.5	9.3	4.4	5.6	4.8
1970	4.3	3.5	8.9	8.7	9.2	8.6	6.3	7.1	6.2	7.3	5.1	6.7

تحليل اتجاهات التبخر في منطقتي الجبل الأخضر وسهل بنغازي - ليبيا

4.0	6.8	5.7	7.8	6.2	6.6	8.7	12.5	9.2	8.5	4.3	4.6	1971
4.1	4.3	7.7	10.9	6.4	7.0	11.8	9.5	9.5	5.5	6.7	5.5	1972
6.7	4.0	7.2	7.1	6.9	7.7	11.6	11.1	9.2	7.8	6.5	5.6	1973
1.8	4.4	9.8	7.4	6.0	5.9	8.2	8.1	8.0	5.0	5.4	2.7	1974
3.8	7.1	5.9	6.0	6.6	6.1	7.6	9.1	5.9	7.2	2.6	1.4	1975
3.6	4.9	6.1	7.5	7.5	6.5	7.6	7.4	7.9	4.8	3.5	3.1	1976
2.6	6.2	5.5	7.7	7.3	8.9	9.9	14.2	6.9	6.8	7.5	4.7	1977
2.6	3.2	6.7	6.9	6.6	7.0	9.8	10.3	9.5	5.4	4.9	4.2	1978
4.5	5.6	9.5	8.4	8.7	7.1	8.2	7.4	8.3	5.5	5.3	3.9	1979
4.5	6.1	7.5	5.3	5.5	7.4	10.0	9.6	8.1	7.1	3.5	4.4	1980
1.3	3.1	4.9	5.1	6.5	5.9	7.9	7.2	7.5	6.3	4.2	2.8	1981
3.8	4.4	6.5	6.2	6.2	6.0	6.7	10.0	7.0	4.6	2.9	3.4	1982
3.1	3.5	3.4	7.8	6.0	5.0	6.6	7.4	8.2	5.6	4.5	1.9	1983
3.2	4.8	7.7	6.5	7.1	6.8	7.5	12.1	7.4	5.0	4.2	3.4	1984
3.7	4.7	3.9	5.1	6.1	6.1	7.7	9.5	8.7	6.2	3.3	3.9	1985
2.9	3.3	4.7	5.3	5.2	6.6	8.3	5.8	8.1	4.5	4.6	2.5	1986
4.7	4.5	5.7	5.8	6.4	8.0	7.8	7.0	7.2	4.1	5.6	5.5	1987
2.7	4.6	6.1	6.9	7.0	7.9	11.6	10.1	8.6	4.0	4.0	3.2	1988
4.0	4.6	5.3	6.5	6.2	7.0	10.1	8.5	9.6	4.6	3.7	2.2	1989
4.5	6.1	6.2	6.6	6.4	6.1	9.6	8.0	7.8	4.2	2.9	3.0	1990
3.2	4.6	8.3	6.1	5.0	5.5	7.5	7.4	6.5	6.5	4.1	2.5	1991
3.6	3.5	9.4	5.2	4.5	6.5	8.1	7.3	7.2	3.5	3.1	2.3	1992
3.3	6.3	7.6	6.4	5.3	5.8	8.1	6.7	7.0	3.6	2.3	1.2	1993
2.3	3.7	4.6	6.5	6.0	5.7	7.5	9.4	9.8	4.9	4.7	3.4	1994
3.8	4.0	5.0	7.7	6.9	7.0	11.5	7.5	6.8	4.8	2.7	1.8	1995
4.7	3.2	6.5	9.8	7.6	8.0	8.7	10.1	7.5	4.3	4.8	4.9	1996
4.2	6.0	5.7	7.4	7.2	7.2	10.6	9.5	6.0	3.0	3.1	3.2	1997
4.2	4.9	7.4	8.1	6.9	8.0	8.6	9.1	10.5	4.4	3.4	3.3	1998
3.8	7.1	6.5	7.1	7.7	6.0	10.9	11.3	9.0	7.6	4.5	4.6	1999
3.9	5.0	6.5	7.0	6.7	6.9	9.2	9.2	8.2	5.5	4.4	3.4	2000
3.8	4.9	6.6	7.2	6.5	6.8	9.2	8.9	8.0	4.6	3.7	3.1	2001
3.3	4.8	5.7	7.6	8.0	9.2	7.9	9.9	7.2	6.7	4.5	2.2	2002
3.7	7.2	10.4	9.1	7.9	7.2	8.0	8.2	7.4	4.1	3.8	4.4	2003
4.6	6.5	9.1	7.3	8.1	7.3	8.9	11.4	10.7	7.4	5.0	4.4	2004
5.3	5.9	6.6	9.2	7.1	7.2	8.2	10.2	8.1	4.8	4.1	2.5	2005
3.0	2.9	5.2	8.6	9.2	6.0	7.6	9.4	8.9	7.0	5.0	3.6	2006
3.3	7.1	9.0	6.1	6.7	7.3	9.5	6.3	8.8	6.2	4.0	3.9	2007
7.7	6.5	6.4	6.4	5.0	5.8	8.8	10.4	9.9	6.6	2.3	2.7	2008
5.3	4.9	6.1	8.8	6.4	6.0	7.9	8.5	8.3	6.1	5.3	6.4	2009
5.8	7.5	6.9	7.2	4.8	4.5	9.4	10.8	8.5	6.9	6.7	4.7	2010
4.0	5.2	6.7	7.2	6.7	6.8	9.1	9.2	8.2	5.6	4.4	3.5	المتوسط

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، 2012م.

ملحق (4) نتائج اختبار كولموغوروف-سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov)

لمعرفة التوزيع الطبيعي لبيانات التبخر اليومية

Kolmogorov-Smirnov Test

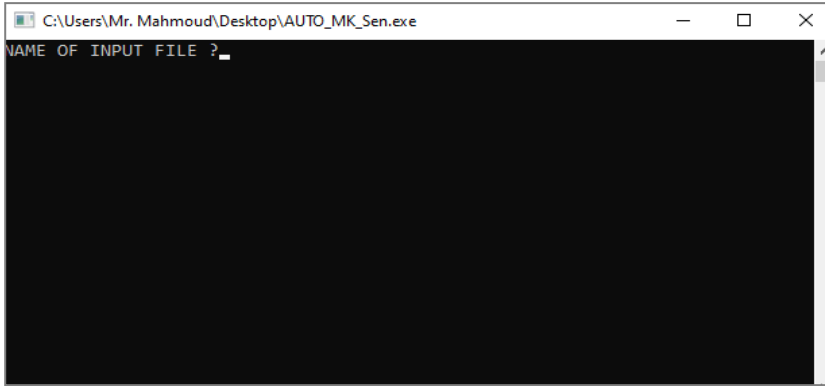
المحطات	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	n	p	Statistic	n	p
درنة	.085	540	.004	.851	540	.033

شحات	.094	540	.011	.698	540	.000
بنينا	.104	540	.042	.971	540	.028

$p > 0.05$ عند مستوى الثقة 95% البيانات غير موزعة توزيع طبيعي.

المصدر: من عمل الباحث، اعتماداً على المتوسطات الشهرية للتبخر اليومي (ملم/اليوم) الاختبار باستخدام برنامج (IBM SPSS Statistics 20).

ملحق (5) برنامج AUTO Mann Kendal & Sen Slope



يمكن الحصول على البرنامج و فهم طريقة استخراج النتائج عن طريق الرابط:

<https://www.youtube.com/watch?v=QuxPo6PtrHI>
