

Received	2026/01/22	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/02/15	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/02/16	تم نشر الورقة العلمية في

تحليل فترات الجفاف في محطة زواره خلال الفترة 1990 – 2020 باستخدام المؤشر المعياري للتساقط المطري والتبخر (SPEI)

أ. صباح صالح محمد الكيلاني

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب والتربية - جامعة صبراتة - ليبيا
الدرجة العلمية أستاذ مساعد . الايميل : sabah.alkilani@sabu.edu.ly

ملخص البحث:

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل فترات الجفاف في منطقة زوارة الواقعة شمال غرب ليبيا، خلال الفترة من 1990 إلى 2020 باستخدام المؤشر المعياري للهطول والتبخر (SPEI). وتم استخدام بيانات يومية لمحطة زوارة، تشمل كميات الأمطار ودرجات الحرارة العظمى والصغرى، وتم حساب مؤشر SPEI على أربعة نطاقات زمنية (3، 6، 9، 12 شهراً) لتغطية تأثيرات الجفاف قصيرة ومتوسطة وطويلة الأمد، أظهرت النتائج أن فترات الجفاف قصيرة الأمد (3-SPEI) ترتبط بالجفاف الزراعي الموسمي، بينما يمثل 6-SPEI الجفاف متوسط الأمد المرتبط برطوبة التربة، أما 9-SPEI و 12-SPEI فتعكس مظاهر الجفاف طويل الأمد والجفاف الهيدرولوجي، سجلت السنوات 2000 و 2019 من أكثر السنوات جفافاً خلال فترة الدراسة، في حين شكلت الظروف المعتدلة النسبة الأكبر من الفترات المدروسة، و أظهرت اختبارات الاتجاهات الزمنية باستخدام Mann-Kendall وميل Sen عدم وجود اتجاه زمني معنوي في قيم مؤشر SPEI ، مما يشير إلى استقرار نسبي في شدة الجفاف خلال الفترة وتحكم العوامل الموسمية في التذبذبات الظرفية، وتشير الدراسة إلى فعالية مؤشر SPEI في رصد فترات الجفاف على مستويات زمنية مختلفة، كما توفر قاعدة علمية لفهم ديناميكيات الجفاف في منطقة زوارة ودعم اتخاذ القرارات المتعلقة بإدارة الموارد المائية والزراعية.

الكلمات المفتاحية: الجفاف (Arid) الجفاف القياسي للهطول والتبخر - النتحي

نمذجة إحصائية، اختبار إحصائي، زواره- ليبيا.

Analysis of Drought Periods at Zuwarah Station during the Period 1990-2020 Using the Standardized Precipitation-Evaporation Index (SPEI)

Sabah Saleh Mohammed Al-Kilani

Department of Geography and Geographic Information Systems -
Faculty of Arts and Education - Sabratha University - Libya

Academic Rank: Assistant Professor. Email: sabah.alkilani@sabu.edu.ly

Abstract

This study aims to evaluate and analyze drought periods in the Zuwara region, located in northwestern Libya, during the period 1990–2020, using the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI). Daily data from the Zuwara station, including precipitation amounts and maximum and minimum temperatures, were utilized to calculate the SPEI over four time scales (3, 6, 9, and 12 months) to capture short-, medium-, and long-term drought effects.

The results indicated that short-term droughts (SPEI-3) are closely associated with seasonal agricultural drought, whereas SPEI-6 reflects medium-term drought linked to soil moisture. SPEI-9 and SPEI-12 represent long-term drought manifestations and hydrological drought. The years 2000 and 2019 were identified as the driest during the study period, while moderate conditions dominated the majority of months analyzed. Trend analyses using the Mann–Kendall test and Sen’s slope revealed no significant temporal trends in SPEI values, indicating relative stability in drought severity, with seasonal factors largely controlling short-term fluctuations. The study demonstrates the effectiveness of the SPEI in monitoring drought across different time scales and provides a scientific basis for understanding drought dynamics in Zuwara, supporting informed water and agricultural resource management.

Keywords: Arid, Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, SPEI Studio, Mann–Kendall.

أولاً: المقدمة:

يُعدّ التغير المناخي في الوقت الراهن حقيقة علمية راسخة وأحد أبرز التحديات البيئية التي تواجه البشرية، لما يترتب عليه من آثار مباشرة وغير مباشرة تطل النظم البيئية والموارد المائية والأنشطة الزراعية، إضافةً إلى تداعياته الاقتصادية والاجتماعية التي تُعيق مسار التنمية المستدامة. ويُعرّف التغير المناخي بأنه ارتفاع مستمر في متوسط درجات الحرارة العالمية عن معدلاتها الطبيعية نتيجة للأنشطة البشرية، لا سيما الانبعاثات الغازية الناجمة عن حرق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات، مما يؤدي إلى تغيرات في باقي العناصر المناخية على مدى زمني طويل لا يقل عن ثلاثين عاماً. وقد أدت هذه الظاهرة إلى تزايد تواتر الأحداث المناخية المتطرفة مثل موجات الحر والعواصف والجفاف (IPCC, 2021.P6).

من بين التأثيرات الأكثر خطورة للتغير المناخي تبرز ظاهرة الجفاف، التي تُعدّ تهديداً حقيقياً للبيئة والتنمية المستدامة في المناطق الجافة وشبه الجافة، لما لها من انعكاسات مباشرة على الموارد المائية والزراعة والنظم البيئية والاقتصاد المحلي. وتشير الدراسات إلى أن منطقة حوض البحر المتوسط تُعدّ من أكثر المناطق حساسية للتغيرات المناخية، حيث تُسجل انخفاضاً ملحوظاً في معدلات الهطول المطري وارتفاعاً في درجات الحرارة وتزايداً في فترات الجفاف (عثمان، 2023، 94). وقد أظهرت دراسات متعددة في شمال أفريقيا أن المناطق الساحلية، رغم قربها من البحر، لم تسلم من آثار الجفاف، بل أصبحت تواجه تذبذباً متزايداً في الأمطار الموسمية وتراجعاً في الرطوبة الجوية (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO، 2016، 23).

في هذا السياق، تُعدّ منطقة زوارة الواقعة في أقصى شمال غرب ليبيا نموذجاً مهماً لدراسة التغيرات المناخية، نظراً لموقعها الجغرافي الذي يجمع بين التأثيرات الساحلية للبحر المتوسط والامتداد نحو الداخل الجاف. وتشير الملاحظات المناخية خلال العقود الأخيرة إلى تذبذب واضح في معدلات الأمطار وارتفاع تدريجي في درجات الحرارة، ما يجعل المنطقة عرضة لموجات جفاف متفاوتة الشدة والطول الزمني.

وقد تناولت دراسات محدودة في ليبيا هذه الظاهرة؛ إذ ركزت أغلبها على التغيرات المطرية دون دمجها بعناصر التبخر والنتح المرجعي، مما يقلل من دقة تقييم الجفاف الفعلي (شنبل، 2025، 1723) وعلى النقيض، توصلت دراسات إقليمية أخرى إلى أن

مؤشرات الجفاف التي تأخذ في الاعتبار التوازن المائي الكامل — مثل مؤشر الهطول والتبخر النتحي المعياري (SPEI) — توفر تمثيلاً أدق لتطور الظاهرة عبر الزمن. بناءً على ما سبق، ثبت أن تطبيق مؤشر SPEI في دراسة خصائص الجفاف في منطقة زوارة يُعدّ خطوة ضرورية لتفسير سلوك الظاهرة بشكل شامل ودقيق، خاصة في ظل غياب دراسات محلية حديثة تستخدم هذا المؤشر.

ثانياً: مشكلة الدراسة وأهميتها:

تعد ظاهرة الجفاف من الظواهر المناخية الجغرافية الهامة التي أخذت تشغل اهتمام العديد من الباحثين في الآونة الأخيرة باعتبارها من المشكلات العالمية وإحدى الكوارث الطبيعية التي أصبحت آثارها السلبية لا تقتصر على منطقة محدودة، بل قد تحتل دولة بكاملها ضمن حدودها السياسية، أو تحتل جزءاً كبيراً من مساحتها، والجفاف ظاهرة مناخية متكررة ودورية تحدث نتيجة تراجع في كمية الأمطار الساقطة عن معدلها العام لفترة طويلة أو قصيرة من الزمن؛ مما يؤدي إلى قلة كمية المياه الجارية في الأنهار، وانخفاض في مستوى المياه الجوفية، وقلة رطوبة التربة، وانحسار في مساحات الغطاء النباتي والمراعي الطبيعية.

. وعليه، حاولت هذه الدراسة الإجابة على التساؤلات التالية:

- 1- هل يمكن الكشف على الفترات الجافة باستخدام المؤشر spei في منطقة الدراسة؟
- 2- هل شهدت فترات الجفاف في منطقة الدراسة (1991-2020) اتجاهًا زمنيًا ذا دلالة إحصائية نحو الزيادة أو النقصان في الشدة أو التكرار، كما يقيسه مؤشر SPEI عند الفترات الزمنية المختلفة (3، 6، 9، 12 شهرًا)؟

ثالثاً : فرضيات البحث

- 1- يمكن التعرف على السنوات الجفاف من خلال المؤشر المعياري للهطول والتبخر النتحي (spei) بمقاييس (3،6،9،12).
- 2- لا يوجد اتجاه زمني معنوي في قيم مؤشر SPEI خلال فترة الدراسة، أي أن فترات الجفاف لم تشهد تغيراً منتظماً بمرور الزمن.

رابعاً: أهداف الدراسة

- 1- تحديد اتجاهات الجفاف في منطقة الدراسة من خلال تطبيق المؤشر المعياري للهطول والتبخر النتحى (SPEI) باستخدام مقاييس زمنية متعددة.
- 2- الكشف عن توزيع وتكرار الفترات الجفاف زمانيا على مدى ثلاثون سنة في منطقة زواره .

خامساً: منهجية الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي والتحليلي الكمي بهدف تحليل وتوصيف تكرار وشدة حالات الجفاف على فترات زمنية متعددة (3، 6، 9، 12 شهراً) خلال الفترة من 1991 حتى 2020، باستخدام بيانات وكالة ناسا الأمريكية المتعلقة بدرجات الحرارة العظمى والصغرى وكميات الأمطار السنوية لمحطة زواره، ودرجة عرض المنطقة، تم استخدام مؤشر الجفاف القياسي للهطول والتبخر - النتحى (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI)، الذي طورته Vicente-Serrano وآخرون عام 2010، والذي يجمع بين الهطول المطري والتبخر النتحى المرجعي (PET) لتمثيل التغيرات في التوازن المائي بدقة أكبر تم حفظ البيانات المناخية على شكل ملف Excel يشمل بيانات يومية لكل شهر، تتضمن كمية التساقط والمعدل اليومي لدرجات الحرارة العظمى والصغرى بعد استيراد هذه البيانات إلى برنامج RStudio وهو برنامج حاسوبي يوجد به مجموعة من الأحزمة الاحصائية من ضمنها الحزمة الاحصائية SPEI يتم حساب مؤشر SPEI على فترات متباعدة، حيث تتراوح القيم بين أقل من -2 وأعلى من +2. وتمثل القيم السالبة الفترات الجافة (-2 إلى -0.99)، والقيم الموجبة الفترات الرطبة (0.99 إلى أكثر من 2) كما تم تمثيل النتائج بيانياً، بحيث تشير الألوان الحمراء إلى الفترات الجافة والزرقاء إلى الفترات الرطبة، مما يتيح تصوراً واضحاً لتوزيع الجفاف والرطوبة على مدى فترة الدراسة، ويُحسب المؤشر وفق الصيغة التالية:

$$D = P - PET$$

حيث يمثل:

مؤشر الجفاف D=SPEI ، كمية المطر الشهري P= ، التبخر النتحى الاحتمالي PET =

فاذا كانت القيمة موجبة أي P اكبر من PET فهذا يدل على ظروف الرطب، بينما تعني القيم السالبة وجود عجز مائي وظروف جفاف اصغر من PET P (شنيشل، 2025، ص1723)

ويتم تحويل سلسلة قيم D إلى توزيعات احتمالية باستخدام توزيع (Log-logistic)، نظراً لملاءمته لتمثيل الخصائص الهيدرولوجية، ثم تُحوّل هذه القيم إلى قيم معيارية لمقارنة شدة الجفاف بين الفترات المختلفة الجدول (1)، باستخدام أدوات برمجية (RStudio) والحزمة الاحصائية (SPEI) ، تُعد مؤشرات الجفاف أدوات كمية مهمة تُستخدم لرصد وتقييم حالة الجفاف على المستويات المناخية والهيدرولوجية والزراعية. تشمل هذه المؤشرات بيانات متنوعة مثل كميات الهطول المطري، درجات الحرارة، تدفقات الأنهار، مستويات المياه الجوفية والخزانات، بالإضافة إلى رطوبة التربة وغطاء الثلوج. تهدف هذه المؤشرات إلى تقديم تقييم دقيق لشدة الجفاف، موقعه الجغرافي، توقيته، ومدة استمراره، من خلال مقارنة القيم الملاحظة بالقيم المناخية المعتادة. تعكس شدة الجفاف درجة الانحراف عن المعدلات الطبيعية، بينما يحدد الموقع المجال المكاني المتأثر، ويُستند في تحديد التوقيت والمدة إلى الفترات الزمنية التي تبدأ وتنتهي فيها ظاهرة الجفاف. تُستخدم هذه المؤشرات لدعم اتخاذ القرارات في إدارة الموارد المائية والزراعية، ولتقدير المخاطر المرتبطة بالجفاف بشكل علمي ومنهجي. (WMO, 2013, p.4)

الجدول (1) تصنيف درجات الجفاف للمؤشر القياسي المعياري للتبخر النتحى للهطول (SPEI)

قيم المؤشر SPEI	التصنيف
اقل من - 2	جفاف متطرف
- 1.99 : - 1.5	جفاف شديد
- 1.49 : - 1	جفاف معتدل
- 0.99 : 0.99	ظروف معتدلة
1 : 1.49	رطوبة معتدلة
1.5 : 1.99	رطوبة شديدة
أكثر من 2	رطوبة متطرفة

المصدر : (Bo ، Ming ، 660، 2015-669)

الدراسات السابقة:

تعددت الدراسات التي استخدمت المؤشر المعياري للهطول والتبخر النتحي (spei) على المستوى الإقليمي والعالمي، وذلك لقياس شدة الجفاف، ومداه واتجاهات تغيره، ومنها على سبيل المثال :

1-دراسة (الحبتي) 2014 (بعنوان "الأمطار في سهل الجفارة بليبيا احتمالات سقوطها ودرجة الاعتماد عليها") تناولت الخصائص المطرية والجفاف في منطقة سهل الجفارة، بالاعتماد على المنهج التحليلي الإحصائي ومقاييس الجفاف التقليدية، وقد هدفت الدراسة إلى تحليل احتمالات سقوط الأمطار السنوية والفصلية ومدى الاعتماد عليها، إضافة إلى تحديد طول فترات الجفاف واستدامتها في المنطقة ، وكانت أبرز النتائج التي توصلت إليها الدراسة أن المنطقة تعرضت لفترات جفاف متفاوتة الشدة والمدة خلال العقود الماضية وتمثلت أطول فترات الجفاف (4-6 سنوات متتالية (في المناطق الوسطى من سهل الجفارة، مما يعكس استدامة الجفاف في تلك النطاقات، وصنفت مناطق طرابلس والقره بوللي ضمن فئة المناطق شديدة الجفاف وأكدت النتائج أن الجفاف أثر سلباً على الزراعات البعلية والمخزون الحيوي، نتيجة الانخفاض في كميات الأمطار وتذبذبها السنوي والفصلي(الحبتي، 2014)

2-دراسة(بدوي) 2023، ناقش (التغيرات طويلة المدى للجفاف المناخي خلال الفترة (1901- 2020) في شمالي مصر باستخدام المؤشر المعياري لتساقط المطري والتبخر النتح (SPEI)، حيث أشارت نتائج الدراسة إلى وجود زيادة في حدة الجفاف خلال فترة المدروسة وان اتجاه الجفاف يأخذ اتجاها صاعدا بوضوح خلال العقدين الأخيرين ،كما لوحظ تباين مكاني للفترات الجافة ،ووجود تركيز لأحداث الجفاف المتطرف والشديد خلال النطاقات المختارة في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة(البدوي،2023).

3-دراسة خير الله ،2019، المعنونة (تحديد مؤشرات التغير المناخي من خلال تحليل كمية الامطار بمحطة أرصاد سرت خلال الفترة 1971- 2010) تم تحليل كميات الأمطار السنوية والفصلية خلال أربعين عام (1971- 2010) باستخدام بيانات من محطة الأرصاد الجوية. هدفت الدراسة إلى فحص الاتجاهات الزمنية لتغير الأمطار والتحقق من تأثير التغير المناخي على موارد المياه والجفاف. بواسطة أدوات إحصائية

مثل المتوسطات المتحركة، الفروقات التراكمية، والانحدار الخطي، إضافة إلى تقييم الجفاف عبر مؤشر PON ، توصلت النتائج إلى تناقص سنوي مقداره 1- ، 6 ملم/سنة في كميات الأمطار، مع تناقص أكبر في فصل الخريف بمعدل 1- ، 78 ملم/سنة، بينما أظهرت الفصول الأخرى اتجاهات نحو زيادة طفيفة. وقد بلغت نسبة السنوات التي تم تحديدها بأنها تتجه نحو الجفاف حوالي 38.46%. أشارت الدراسة إلى أن هذا الانخفاض المطري يضع المنطقة في حالة هشاشة مائية تتطلب تبني استراتيجيات إدارية ومناخية ملائمة (خير الله، 2019).

أما على المستوى المحلي فلم تجد الباحثة دراسة سابقة عن الجفاف مستخدمة المؤشر الجفاف (SPEI) لذا تعد الدراسة الأولى على المستوى المحلي من خلال تحليل فترات الجفاف في منطقة زواره خلال الفترة 1990-2020 باستخدام مؤشر القياسي المعياري للتبخر للهطول المطري، وذلك خلال النطاقات الزمنية (12.9.6.3) تحدد معدلات التكرارات لأحداث الجفاف خلال فترة الدراسة والنسب المئوية لكل صنف من أصناف المؤشر.

-يتفق كل من نتائج الدراسة الحالية ودراسة الحبتي (2014) على أن سهل الجفارة منطقة عرضة لفترات جفاف متكررة، إلا أن التحليل الإحصائي الحديث المستخدم في الدراسة الحالية (SPEI) أظهر أن هذه الفترات لم تتطور إلى اتجاه زمني ثابت أو متصاعد نحو الجفاف.

ويُعزى ذلك إلى التذبذب الطبيعي في الأمطار والتبخر، إضافة إلى تأثير التغيرات المناخية الإقليمية التي لم تترجم بعد إلى نمط جفاف دائم في المنطقة.

-أما دراسة بدوي والدراسة الحالية تشترك الدراستان في استخدام المؤشر المعياري للهطول والتبخر النتحى (SPEI) كأداة رئيسية لقياس شدة وتكرار الجفاف، وفي الهدف المتمثل في تحليل التغيرات الزمنية في الجفاف وتأثيرها على التوازن المائي. كما أظهرت كلتاها أن المنطقة المدروسة تتعرض لتذبذب واضح في فترات الجفاف والرطوبة، وأن الجفاف لا يحدث بشكل ثابت بل في دورات متكررة أما من حيث الاختلاف، فقد توصلت دراسة بدوي إلى أن شمال مصر يشهد اتجاهًا تصاعديًا واضحًا في الجفاف خلال العقود الأخيرة، مع زيادة في حدة الجفاف وتكرار الحالات الشديدة والمطرطة، خاصة في الأجزاء الجنوبية من المنطقة، وفي المقابل، بينت الدراسة الحالية في زوارة أن قيم مؤشر (SPEI)

لم تُظهر اتجاهًا زمنيًا معنويًا، أي أن فترات الجفاف ظلت متذبذبة ومستقرة نسبيًا دون زيادة واضحة في الشدة أو التكرار عبر الزمن، ويُعزى هذا الاختلاف إلى تباين الظروف المناخية والموقع الجغرافي بين شمال مصر وغرب ليبيا، حيث تتأثر مصر بشكل أكبر بالأنظمة الجوية الشرقية وتذبذب شمال الأطلسي، بينما تخضع زوارة لتأثيرات مناخية محلية وساحلية تحدّ من تطرف حالات الجفاف.

-**أما دراسة خير الله**، درسا كلا الدراستين تأثير التغير المناخي على الأمطار والجفاف في شمال غرب ليبيا، واستخدما أدوات إحصائية لتحليل الاتجاهات الزمنية، أما أوجه الاختلاف تختلف المؤشرات المستخدمة، والفترات الزمنية، وتركيز الدراسة؛ حيث ركزت دراسة سرت على الانخفاض السنوي والفصلي للأمطار، بينما ركزت دراسة زوارة على أنواع الجفاف بحسب المدى الزمني وتأثيرها على البيئة والزراعة.

حدود منطقة الدراسة:

*تقع منطقة زواره في شمال غرب ليبيا و أقصى غرب سهل الجفارة ، يحدها من الشمال البحر المتوسط و من الشرق منطقة صبراتة ومن الغرب و الجنوب الغربي منطقتي الجميل ورقدا لين.

*الموقع الفلكي/ تقع على الدائرة عرض 32.53° شمالاً ، وخط طول 12.04° شرقاً (الشكل رقم 1)



الشكل (1). موقع منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على الاطلس الوطني 1978، ص25

***تحليل اتجاهات وتكرارات فترات الجفاف السنوية خلال الفترة 1990-2020:**

يعد الجفاف إحدى الظواهر المناخية المتكررة الحدوث، كما أنها تختلف من مكان لآخر، ومن وقت لآخر من حيث الشدة والتأثير، فقد تستمر لسنوات عديدة، وقد تلحق أضراراً اقتصادية وطبيعية تنعكس تأثيراتها على الإنسان والبيئة. فإذا كانت مدة الجفاف قصيرة وشديدة فإنها كفيلة بإلحاق خسائر هائلة بالاقتصاد المحلي، وقد تكون كوارث الجفاف تفوق الكوارث الطبيعية الأخرى بما فيها الفيضانات، من حيث المؤثرات السلبية؛ لذلك اهتمت الدراسات الحديثة المحلية والعربية والعالمية بدراسة الجفاف وآثاره الخطيرة على البيئة عموماً، ولاسيما بعد أن بدأ خطر الجفاف يزداد حدة عما كان عليه في السابق، وما أسهمت به عوامل التغير المناخي من تزايد تكرار فترات الجفاف وزيادة شدتها في الآونة الأخيرة، لذا يعطي تحليل السلاسل الزمنية على المدى الطويل وكذلك التتبع التاريخي للجفاف وصفاً دقيقاً لرصد أحداث الجفاف واتجاهاته، وعليه فإن اتجاهات الجفاف وتكراراتها والنسب المئوية وفقاً للمؤشر القياسي المعياري للتبخر النتحي للهطول المطري لجميع أشهر سنوات الدراسة على نطاقات الزمنية المختارة (3،6،9،12) تتباين خلال الفترة 1990-2020 كما موضح في الجدول (2).

الجدول (2) اتجاهات فترات الجفاف الشهرية لمؤشر (spei) لجميع النطاقات الزمنية خلال الفترة الممتدة 1991-2020

السنوات	مؤشر 3	مؤشر 6	مؤشر 9	مؤشر 12
1991	-0.90	0.08	2.23	0.01
1992	-0.79	-0.74	0.04	-0.66
1993	0.38	0.37	0.58	-1.24
1994	-0.29	0.50	-0.90	0.86
1995	0.74	0.97	0.61	1.93
1996	1.10	0.69	0.58	-0.60
1997	0.00	-0.84	0.79	0.93
1998	0.70	0.47	0.37	0.13
1999	1.43	0.36	0.77	-0.71
2000	0.70	-0.06	-0.09	-1.80

السنوات	مؤشر 3	مؤشر 6	مؤشر 9	مؤشر 12
2001	-1.44	-1.90	-0.40	-0.98
2002	0.20	-0.29	-1.05	-0.38
2003	0.66	1.03	-1.52	0.91
2004	0.55	0.86	1.30	0.25
2005	-0.35	-0.43	0.49	-0.43
2006	1.64	1.78	-1.11	-0.07
2007	0.25	0.62	0.81	0.58
2008	-0.20	-0.23	-0.12	-0.20
2009	-0.86	0.13	0.17	0.90
2010	-1.05	-0.60	1.15	-0.43
2011	1.13	1.24	-0.94	1.61
2012	1.28	1.07	0.95	-0.37
2013	-1.59	-1.21	1.57	0.63
2014	-0.25	-0.64	-0.50	-1.13
2015	-0.46	-0.83	-1.11	1.28
2016	-1.71	-1.89	0.75	-1.45
2017	-0.23	-0.32	-1.53	1.30
2018	-1.36	-0.96	-1.29	0.31
2019	1.71	1.98	-0.21	-1.76
2020	-0.99	-1.26	-0.01	-1.35

المصدر: عمل الباحثة استناداً على بيانات وكالة ناسا الأمريكية ، نتائج تحليل المؤشر الجفاف SPEI باستخدام برنامج (RStudios).

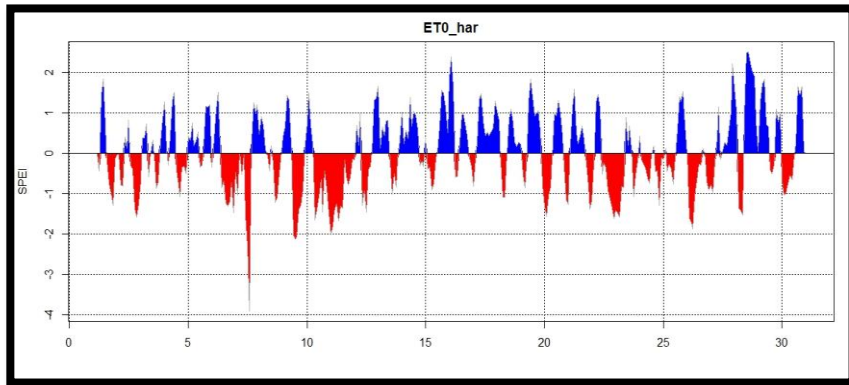
وفما يلي توضيح اتجاهات وتكرارات الجفاف السنوية حسب النطاقات التالية:

1- مؤشر الجفاف على المدى ثلاثة أشهر:

يُعد المؤشر المعياري للمطر والتبخر-نتح (SPEI) على المدى القصير (ثلاثة أشهر) أداة علمية دقيقة لقياس وتوصيف الحالة المناخية من حيث مستويات الرطوبة والجفاف،

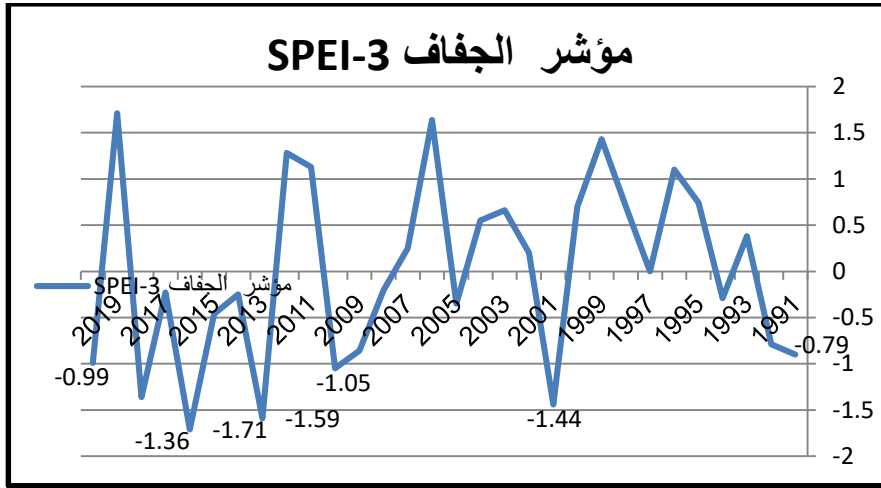
فعلى سبيل المثال، عند حساب مؤشر الجفاف لفترة ثلاثة أشهر منتهية بشهر مارس، يتم جمع بيانات درجات الحرارة العظمى والصغرى وكميات الهطول المطري للأشهر الثلاثة (يناير، فبراير، مارس) لكافة السنوات ضمن الفترة الزمنية الممتدة من 1990 إلى 2020 في منطقة زوارة، ويُعد هذا المؤشر مرجعاً مهماً لتقييم الرطوبة المتاحة خلال المواسم الزراعية، الأمر الذي يجعله ذا أهمية خاصة للعاملين في قطاع الزراعة. تشير نتائج التحليل المعروضة في الجدول (3) لمدى ثلاثة أشهر، والشكلين (2،3) إلى السلسلة الزمنية لقيم مؤشر الجفاف SPEI-3 للأشهر (يناير - فبراير - مارس)، موضحةً الفترات الجافة والرطبة خلال الفترة المدروسة (1990-2020). وقد أظهرت البيانات تكراراً واضحاً لحالات الجفاف على نحو متذبذب خلال سنوات محددة، وهي: 1990، 1992، 1994، 2001، 2005، 2008، 2009، 2010، 2013، 2014، 2015، 2016، 2017، 2018، و2020.

وبحسب تصنيف المؤشر المعتمد في الدراسة، جاءت الظروف المناخية المعتدلة في المرتبة الأولى من حيث التكرار، مسجلةً 184 شهراً بنسبة 47.9%، تليها حالات الجفاف الخفيف بمعدل 75 شهراً (19.5%)، ثم الجفاف المعتدل 45 شهراً (11.7%)، والجفاف الشديد 39 شهراً (10.2%)، في حين كانت فئات الجفاف المتطرف والمتطرف جداً الأقل حدوثاً، حيث بلغت 26 شهراً (6.8%) و15 شهراً (3.9%) على التوالي كما موضح في الجدول (3).



الشكل (2) الفترات الجافة والرطبة على مدى ثلاثة أشهر في منطقة الدراسة خلال الفترة 2020-1991

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى نتائج المؤشر SPEI-3



الشكل (3) الفترات الجافة والرطبة على مدى ثلاثة اشهر في منطقة الدراسة خلال الفترة 2020-1991

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى بيانات المؤشر (SPEI) باستخدام برنامج Excel

الجدول (3) التكرارات الشهرية لفئات الجفاف لنطاق الزمني 3 أشهر لمنطقة الدراسة لفترة الدراسة للفترة 2020 - 1990

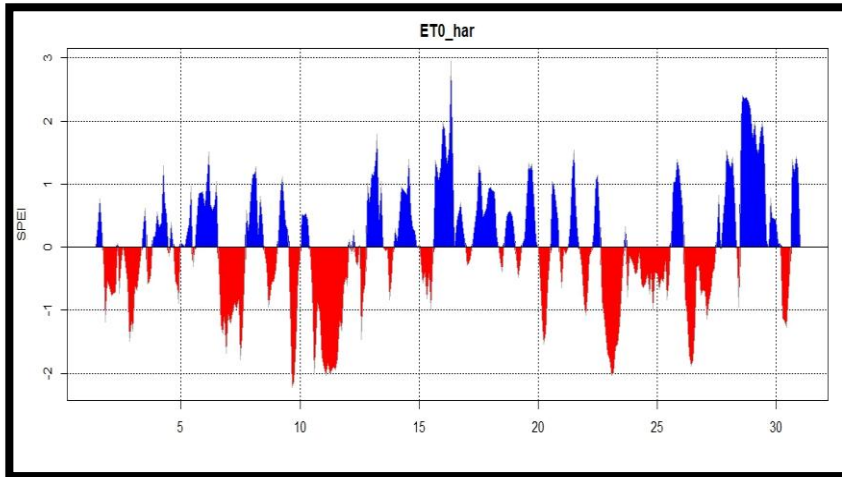
فئات الجفاف	ظروف معتدلة	جفاف خفيف	جفاف معتدل	جفاف شديد	جفاف متطرف	جفاف متطرف جداً
التكرارات الشهرية لفئات الجفاف	184	75	45	39	26	15
النسبة المئوية	47.9	19.5	11.7	10.2	6.8	3.9

المصدر: عمل الباحثة استناداً لنتائج المؤشر (spei3) باستخدام برنامج Excel

2- المؤشر الجفاف على المدى 6 أشهر:

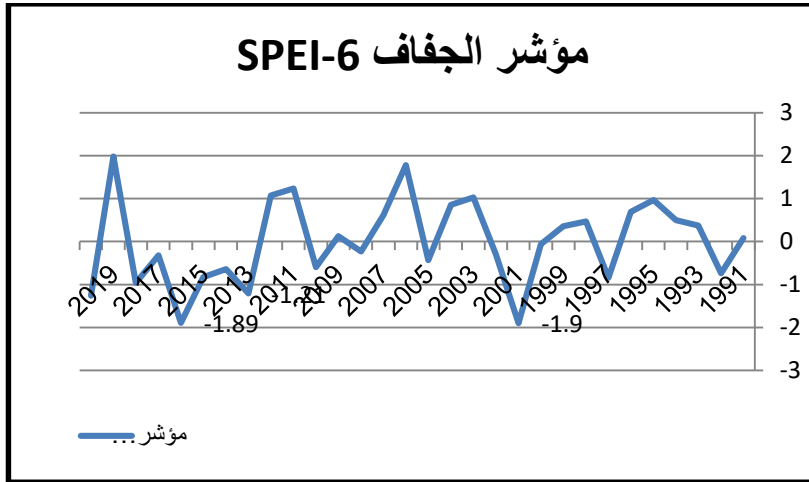
يمثل النطاق الزمني لستة أشهر في المؤشر المعياري للمطر والتبخر-نتح أحد المؤشرات الأكثر ارتباطاً بمظاهر الجفاف الزراعي ومستويات رطوبة التربة، إذ يعكس التغيرات المناخية المؤثرة على الإنتاج الزراعي بشكل أوضح مقارنة بالفترات الأقصر، فعلى سبيل المثال، عند احتساب مؤشر شهر يونيو خلال الفترة الممتدة من 1991 إلى 2020، يتم جمع بيانات درجات الحرارة العظمى والصغرى وكميات الهطول المطري للأشهر الستة

(يناير، فبراير، مارس، أبريل، مايو، يونيو).
تشير بيانات الجدول (4) إلى أن منطقة الدراسة شهدت خمس عشرة سنة جفاف خلال
الفترة المدروسة، تمثلت في الأعوام (1992، 1997، 2000، 2001، 2002،
2005، 2008، 2010، 2013، 2014، 2015، 2016، 2017، 2018،
و2020) وقد سُجلت أشد فترتين جفاف في عامي 2001 و2016، حيث بلغت قيم
المؤشر فيهما (1.90) و(-1.89) على التوالي كما موضح في الشكلين(4،5).
تتباين سنوات الجفاف المسجلة خلال هذه الفترة وفق تصنيف المؤشر المعتمد في
الدراسة، إذ بلغت نسب تكرار حالات الجفاف الخفيف، والمعتدل، والشديد نحو 18.8%،
13.3%، و10.4% على التوالي، وبإجمالي تكرارات بلغ 72، و51، و40 شهرًا على
الترتيب، أما فئتا الجفاف المتطرف والمتطرف جدًا فقد سجلتا تكرارات بلغت 11 شهرًا
(2.9%) و27 شهرًا (7%) على التوالي، وفي المقابل، لم تختلف تكرارات الظروف
المعتدلة عن تلك المسجلة في المؤشر الزمني لثلاثة أشهر، حيث بلغت 183 شهرًا، أي
ما نسبته 47.6% من إجمالي الأشهر المدروسة.



الشكل (4) الفترات الجافة والرطبة على مدى ست أشهر في منطقة الدراسة خلال الفترة
2020-1991

المصدر: عمل الباحثة استنادا إلى نتائج المؤشر الجفاف (SPEI)



الشكل (5) سنوات الجفاف على مدى ست أشهر خلال الفترة الدراسة الممتدة 1990 - 2020
المصدر: عمل الباحث استناداً إلى نتائج المؤشر (spei)، باستخدام برنامج Excel

جدول (4) التكرارات الشهرية لفئات الجفاف لنطاق الزمني ستة أشهر لمنطقة الدراسة خلال
الفترة 1990 - 2020

فئات الجفاف	ظروف معتدلة	جفاف خفيف	جفاف معتدل	جفاف شديد	جفاف متطرف	جفاف متطرف جدا
التكرارات الشهرية لفئات الجفاف	183	72	51	40	11	27
النسبة المئوية	47.6	18.8	13.3	10.4	2.9	7

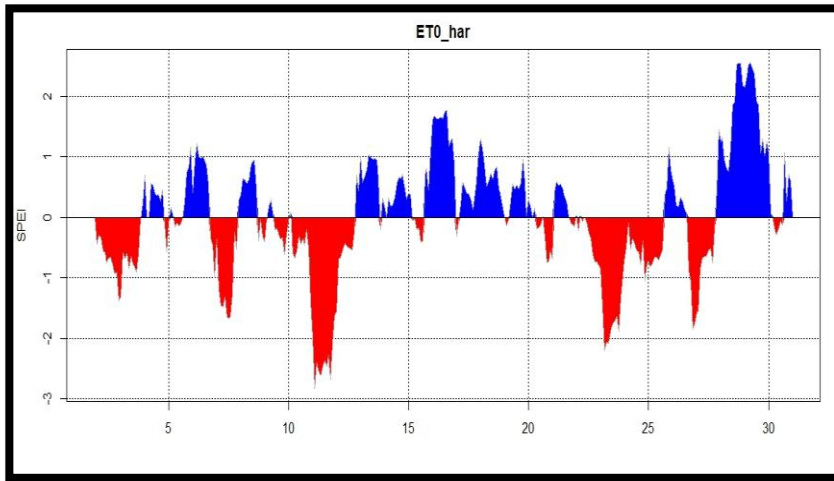
المصدر: من عمل الباحثة استناداً لبيانات المؤشر (spei) باستخدام برنامج Excel

3 - المؤشر الجفاف على المدى 9 أشهر

يمثل النطاق الزمني لتسعة أشهر في المؤشر المعياري للمطر والتبخر-نتح (SPEI) (9) أداة تحليلية متقدمة لرصد الجفاف طويل الأمد، نظراً لاعتماده على تجميع معدلات درجات الحرارة العظمى والصغرى وكميات الهطول المطري لفترة ممتدة من يناير حتى سبتمبر في منطقة الدراسة (زواره).

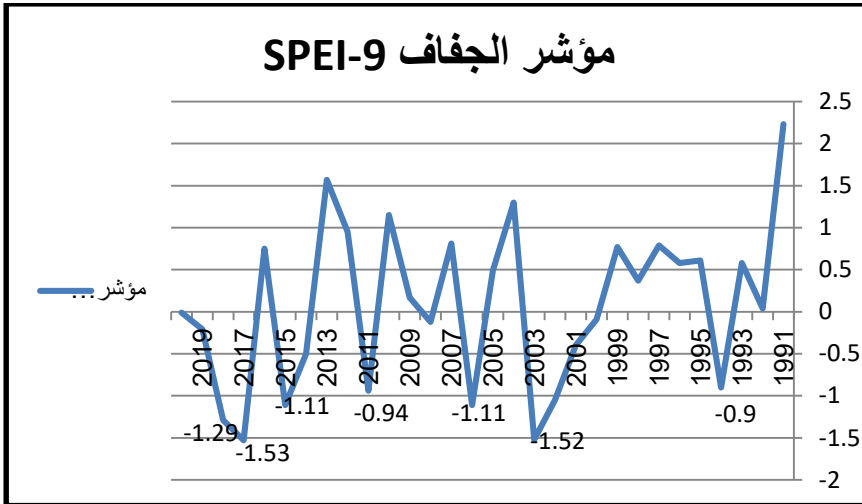
تشير بيانات الجدول (5) والشكلين (6، 7) إلى أن المنطقة شهدت أربع عشرة سنة جفاف خلال الفترة المدروسة، وهي: 1994، 2000، 2001، 2002، 2003، 2006،

2008، 2011، 2014، 2015، 2017، 2018، 2019، و2020. وقد تميز عام 2003 بأعلى شدة جفاف مسجلة ضمن هذا المؤشر، حيث بلغت قيمته (-1.50) وصُنِّف ضمن فئة الجفاف الشديد، تلاه عام 2017 بقيمة بلغت نحو (-1.53). من خلال الجدول (5) التوزيع الزمني على مدى تسع أشهر لفئات الجفاف، حيث أظهرت الظروف المناخية المعتدلة تزايدًا ملحوظًا مقارنة بالمؤشرين (SPEI-3) و(SPEI-6)، إذ بلغ مجموع تكراراتها 195 شهرًا بنسبة 50% من إجمالي الأشهر المدروسة. في المقابل، سُجل تراجع في تكرارات فئات الجفاف الخفيف، والمعتدل، والشديد، حيث بلغت على التوالي 70 شهرًا (18.6%)، و47 شهرًا (12.2%)، و31 شهرًا (8%). أما فئتا الجفاف المتطرف والمتطرف جدًا فقد شهدتا زيادة طفيفة في التكرار مقارنة بمؤشر الستة أشهر، إذ سجلتا 13 شهرًا (3.2%) و28 شهرًا (7.2%) على الترتيب.



الشكل (6) الفترات الجافة والرطبة على مدى 9 أشهر في منطقة الدراسة خلال الفترة 1991-2020

المصدر: عمل الباحثة استنادًا إلى نتائج المؤشر الجفاف (SPEI)



الشكل (7) السنوات الجفاف لنطاق 9 أشهر خلال الفترة الدراسة الممتدة 2020-1990
المصدر: عمل الباحث استناداً إلى نتائج المؤشر (spei)، باستخدام برنامج (Excel)

جدول (5) التكرارات الشهرية لفئات الجفاف على مدى 9 أشهر لمنطقة الدراسة خلال الفترة
2020 - 1990

فئات الجفاف	ظروف معتدلة	جفاف خفيف	جفاف معتدل	جفاف شديد	جفاف متطرف	جفاف متطرف جدا
التكرارات الشهرية لفئات الجفاف	195	70	47	31	13	28
النسبة المئوية	50.7	18.6	12.2	8	3.3	7.2

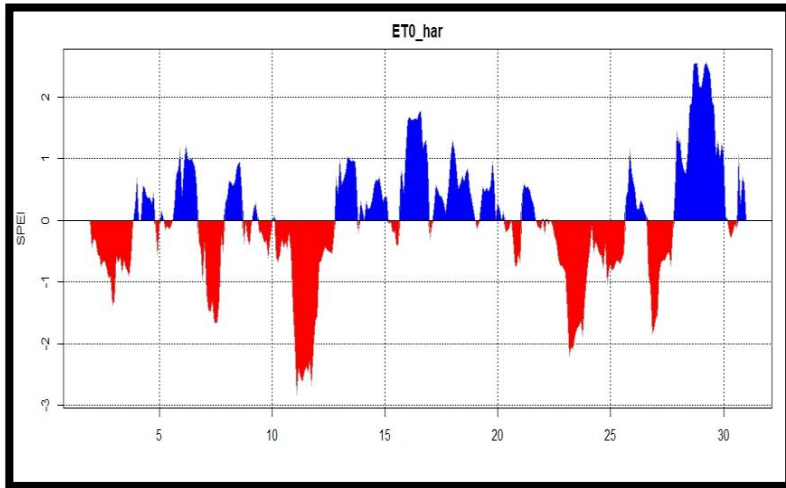
المصدر: من عمل الباحثة استناداً لبيانات المؤشر SPEI باستخدام برنامج Excel

4- مؤشر الجفاف على مدى 12 أشهر:

يرتبط النطاق الزمني البالغ اثني عشر شهراً في المؤشر المعياري للمطر ارتباطاً وثيقاً بمظاهر الجفاف طويل المدى، وخاصة الجفاف الهيدرولوجي، نظراً لاعتماده على بيانات تمتد لعام كامل. ويعرض الجدول (6) التطور الزمني لقيم المؤشر (SPEI-12) استناداً إلى مجاميع معدلات درجات الحرارة العظمى والصغرى وكميات الهطول المسجلة بمحطة

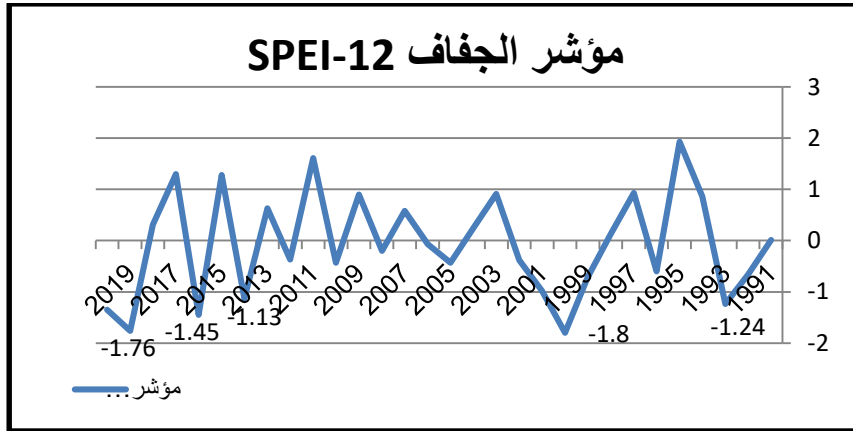
زواره خلال الفترة الممتدة 1991-2020 .
أظهرت النتائج أن المنطقة شهدت 16 سنة جفاف خلال هذه الفترة، تمثلت في الأعوام: 1992، 1993، 1996، 1999، 2000، 2001، 2002، 2005، 2006، 2008، 2010، 2012، 2014، 2016، 2019، و2020. وقد سُجلت أشد حالات الجفاف في عام 2000، حيث بلغت قيمة المؤشر (-1.80) وصُنفت ضمن فئة الجفاف الشديد، تلتها سنة 2019 بقيمة بلغت (-1.76) ضمن الفئة نفسها، كما يتضح في الشكل (9،8) .

وبحسب الجدول (6) تصنيف المؤشر المعتمد في الدراسة، لوحظ تراجع في تكرار الظروف المعتدلة مقارنة بفئة المؤشر $(SPEI-9)$ ، بفارق بلغ 12 شهراً، حيث سجلت 183 شهراً من إجمالي الفترة المدروسة، في المقابل، شهدت فئات الجفاف الخفيف والمعتدل زيادة ملحوظة، إذ بلغت تكراراتها 63 شهراً (20.2%) و77 شهراً (16.4%) على التوالي. أما فئات الجفاف الشديد، والمتطرف، والمتطرف جداً فقد سجلت انخفاضاً في التكرار مقارنة بالمؤشر $(SPEI-9)$ ، حيث بلغت 19 شهراً (4.9%) ، و13 شهراً (3.4%) ، و19 شهراً (7.5%) على الترتيب.



الشكل (7) الفترات الجافة والرطبة في منطقة الدراسة خلال الفترة 1991-2020
2020 = 1991

المصدر: عمل الباحثة استناداً إلى نتائج المؤشر الجفاف (SPEI)



الشكل (9) السنوات الجفاف لنطاق 12 أشهر خلال الفترة الدراسة الممتدة
المصدر: من عمل الباحثة استناداً الى نتائج المؤشر () باستخدام برنامج Excel

جدول (6) التكرارات الشهرية لفئات الجفاف على مدى 12 أشهر لمنطقة الدراسة خلال الفترة
2020 - 1990

فئات الجفاف	ظروف معتدلة	جفاف خفيف	جفاف معتدل	جفاف شديد	جفاف متطرف	جفاف متطرف جدا
التكرارات الشهرية	183	77	63	19	13	19
النسبة المئوية	47.6	20.2	16.4	4.9	3.4	7.5

المصدر: من عمل الباحثة استناداً لبيانات المؤشر (spei) باستخدام برنامج (Excel)

تحليل الاتجاه العام لسلاسل الزمنية للمؤشر (SPEI-3,6,9,12) باستخدام اختبار
(Kendall Tau) وميل الاتجاه السنوي (Sen's Slope):

يكشف الجدول (7) اتجاهات السلسلة الزمنية للمؤشر الجفاف (SPEI-3,6,9,12) تم استخدام اختبار مان -كيندال غير المعلمي ، وميل الاتجاه السنوي (theil-Sen Slope) وهو يمثل مقدار التغير السنوي في المؤشر و يعبر عن زيادة أو النقصان الجفاف ، وإذا كانت القيمة سالبة دل على وجود جفاف بمنطقة ، وإذا كانت موجبة دلت على رطوبة المنطقة.

جدول (7) تحليل الاتجاهات الزمنية للمؤشرات باستخدام اختبار (Kendall Tau) وميل (Sen)

التفسير العلمي	ميل Sen (الوحدة/سنة)	قيمة P	اتجاه Kendall (Tau)	الفترة الزمنية (SPEI)
لا يوجد اتجاه معنوي	+0.014	0.663	+0.079	3
لا يوجد اتجاه معنوي	+0.014	0.663	+0.079	6
لا يوجد اتجاه معنوي	-0.014	0.663	-0.079	9
لا يوجد اتجاه معنوي	+0.014	0.663	+0.079	12

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى اختبار Sen's Slope, Mann-Kendall

تشير نتائج تحليل الاتجاه الزمني للسلاسل الزمنية لمؤشر الجفاف القياسي للهطول والتبخر النتحى (SPEI) للفترة الزمنية 3، 6، 9، و 12 شهراً، باستخدام اختبار (Mann-Kendall) لتقييم الدلالة الإحصائية للاتجاهات، إلى عدم وجود اتجاهات زمنية معنوية خلال فترة الدراسة (1991-2020)، فقد تراوحت قيم معامل (Kendall Tau) بين +0.079 و -0.079، وهو ما يعكس وجود اتجاهات ضعيفة وغير منتظمة. علاوة على ذلك، بلغت قيمة الاحتمالية ($P = 0.663$) لجميع الفترات الزمنية، وهي أعلى من مستوى الدلالة الإحصائية التقليدي ($\alpha = 0.05$)، ما يشير بوضوح إلى غياب أي تغير تصاعدي أو تنازلي ذي دلالة إحصائية في سلاسل مؤشر الجفاف خلال فترة الدراسة. أما تقديرات ميل Sen، فقد تراوحت بين (+0.014) و (-0.014) وحدة في السنة، وهي قيم صغيرة للغاية تدل على أن معدل التغير الزمني في قيم المؤشر محدود جداً، ولا يعكس أي تغير جوهري أو منتظم عبر الزمن. وبناءً على ذلك، يمكن الاستنتاج أن مؤشرات (SPEI-3، SPEI-6، SPEI-9، SPEI-12) تتسم بدرجة من الاستقرار النسبي خلال فترة الدراسة، وأن التغيرات المسجلة في القيم تُعزى في الغالب إلى تذبذبات عشوائية لا تمثل اتجاهًا زمنيًا حقيقياً.

ويشير ذلك إلى أن فترات الجفاف في منطقة الدراسة لم تشهد تغيراً ذا دلالة إحصائية على المدى الزمني المدروس، مما يعزز فرضية ثبات الخصائص المناخية العامة للعينة واستقرارها النسبي، وعدم تأثرها بعوامل زمنية مؤثرة خلال العقود الثلاثة الماضية.

النتائج:

- 1 ظهرت النتائج أن مؤشر (SPEI) نجح بوضوح في تحديد وتوصيف سنوات الجفاف خلال فترة الدراسة (1991-2020)، حيث تمكّن من رصد 16 سنة جفاف تفاوتت في شدتها بين الجفاف الخفيف والمتوسط والشديد، أبرزها أعوام 2000، 2014، و2019 التي مثلت فترات جفاف حادة.
- 2 - تميزت فترة التسعينيات بالتذبذب في الشدة والتوزيع الزمني فترات الجفاف وذلك بارتفاع ملحوظ في تكرارات الجفاف القصير والمتوسط الأمد، مع تذبذب واضح في الشدة على امتداد الفترة المدروسة، في حين أظهرت المؤشرات الأطول زمناً (9 و12 شهراً) استمرارية زمنية أكبر في الفترات الجافة.
- 3- سجل عام 2000 أشد حالات الجفاف بقيمة مؤشر بلغت (-1.80)، وصُنفت ضمن فئة الجفاف الشديد، تلتها سنة 2019 بقيمة (-1.76)، ما يعكس امتداد فترات الجفاف القوي حتى السنوات الأخيرة من فترة الدراسة
- 4 - شكّلت الظروف المعتدلة النسبة الأكبر في جميع النطاقات، حيث تراوحت نسبتها ما بين 47 % و50% من إجمالي الأشهر.
- 5- سجلت فئات الجفاف الخفيف والمعتدل نسباً تراوحت بين 13% و20%، مع ميل للزيادة في المؤشر الزمني الأطول (12 شهراً)، وانخفضت نسب الجفاف الشديد والمتطرف في النطاقات الأطول مقارنة بالقصيرة، ما يعكس تراكم أثر الرطوبة على المدى الزمني الأطول.
- 6- تفاوتت السنوات الأكثر جفافاً بين المؤشرات، حيث تكرر ظهور أعوام مثل 2000، 2014، و2016 في أكثر من نطاق زمني، مما يؤكد شدتها واتساع أثرها على المستويين الزراعي والهيدرولوجي.
- 7- أظهر اختبار (Mann-Kendall) أن قيم معامل (Kendall) تراوحت بين (+0.079) و(-0.079)، وهي قيم منخفضة جداً، مما يدل على عدم وجود اتجاه زمني معنوي في السلاسل الزمنية للمؤشر عبر الفترات الزمنية المختلفة، بلغت قيمة الاحتمالية ($P = 0.663$)، وهي أكبر من مستوى الدلالة الإحصائية ($\alpha = 0.05$)، مما يؤكد قبول الفرضية الصفرية ورفض الفرضية البديلة.
- 8- تراوحت تقديرات ميل الاتجاه السنوي (Sen) بين (+0.014) و(-0.014) وحدة

في السنة، مما يدل على أن معدل التغير الزمني طفيف جدًا وغير جوهري.

. التوصيات:

- 1- تعزيز أنظمة الرصد المناخي من خلال تطوير محطات القياس وربطها بقاعدة بيانات تحليلية محدثة، بما يتيح متابعة مؤشرات الجفاف في الوقت الفعلي وتحليل اتجاهاتها بدقة.
- 2- دمج مؤشرات الجفاف مثل (SPEI) و (SPI) في استراتيجيات وخطط التنمية المحلية، ولا سيما في مجالات التخطيط الزراعي وإدارة الموارد المائية، لضمان اتخاذ قرارات مستندة إلى بيانات مناخية موثوقة.
- 3- إعادة تأهيل وتحديث البنية التحتية للموارد المائية بما يعزز قدرتها على التكيف مع فترات الجفاف الممتدة، ويحد من تأثيراتها السلبية على الإنتاج الزراعي والمخزون المائي.
- 4- التوسع في تقنيات حصاد مياه الأمطار وتخزينها خلال الفترات الرطبة، وتوظيفها كمصدر بديل ومستدام للمياه خلال فترات الجفاف.
- 5- اعتماد استراتيجيات زراعية مرنة تركز على زراعة محاصيل مقاومة للجفاف أو قصيرة الدورة، بما يتوافق مع التغيرات في أنماط الهطول والرطوبة.
- 6- تشجيع الدراسات الإقليمية المقارنة لمؤشرات الجفاف بين المناطق الساحلية والداخلية، بهدف دعم وضع سياسات تكيف مناخي شاملة تراعي التباين الجغرافي والمناخي بين مختلف المناطق.

الخاتمة

أظهرت نتائج تحليل المؤشر المعياري للمطر والتبخر-نتح (SPEI) بمختلف نطاقاته الزمنية (3، 6، 9، 12 شهرًا) في منطقة زوارة خلال الفترة 1991-2020 أن الجفاف يُعد ظاهرة متكررة ومتباعدة الشدة والمدة، تتأثر بالعوامل المناخية الموسمية وطول فترة التراكم الزمني للبيانات. فقد بين المؤشر قصير المدى (SPEI-3) حساسية عالية للتغيرات المناخية السريعة ذات الأثر المباشر على الجفاف الزراعي، في حين ارتبط المؤشر متوسط المدى (SPEI-6) برطوبة التربة واستدامة الأنشطة الزراعية، بينما عكس المؤشران الأطول زمنًا (SPEI-9) و (SPEI-12) الاتجاهات العامة للجفاف

طويل الأمد والجفاف الهيدرولوجي. كما كشفت الدراسة عن اتجاهات زمنية تشير في بعض النطاقات إلى زيادة حدة الجفاف، وفي أخرى إلى تذبذب ملحوظ، مما يعكس ديناميكية الظاهرة وتداخل تأثير العوامل المناخية المحلية والإقليمية وقد أبرزت فترات الجفاف الشديد والمتطرف الحاجة إلى تعزيز إدارة الموارد المائية والزراعية بطرق أكثر مرونة وكفاءة، مع توظيف أنظمة الرصد والتنبؤ المبكر لخفض الأثر الاقتصادي والبيئي. وتؤكد هذه النتائج أهمية دمج مؤشرات الجفاف في خطط التنمية المستدامة، ووضع استراتيجيات تكيف شاملة تراعي الخصائص المناخية والجغرافية للمنطقة، بما يساهم في تقليل المخاطر وتعزيز القدرة على مواجهة التحديات المناخية المستقبلية.

المراجع

- الحبتي، أبوبكر عبد الله محمد، 2014، الامطار في سهل الجفاره بليبيا احتمالات سقوطها ودرجة الاعتماد عليها، رسالة ماجستير، جامعة طنطا ،كلية الآداب قسم الجغرافيا ، مصر.
- بدوي، هشام داود صدقي ، التغيرات طويلة المدى للجفاف المناخي خلال الفترة (1901- 2020) في شمالي مصر باستخدام المؤشر المعياري للتساقط المطري والتبخّر النتج (SPEI)، المجلة العلمية لكلية الآداب ، جامعة دمياط .
- خيرالله، حافظ عيسى، تحديد مؤشرات التغير المناخي من خلال تحليل كمية الامطار بمحطة أرساد سرت خلال الفترة 1971- 2010 ، كلية الآداب ، الجامعة العراقية مجلة امداد الآداب، العدد خاص بالمؤتمرات 2018- 2019.
- شنيشل، باسم شاكر، تكامل المؤشرات الطيفية ومؤشر SPEI لرصد الجفاف غير منظور مكانيا وزمانياً في منطقة سيد صادق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة مداد الادب، الجامعة العراقية، كلية الآداب، العدد اربعون، 2025، ص1723.
- عثمان، أسمهان علي المختار، تحليل ونمذجة درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة 1961 - 2099 باستخدام التقنيات المكانية، أطروحة دكتوراه غير منشورة، مقدمة إلى مجلس كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا،

2023، ص94.

-Bo ming , yin gia Glio ,Hong-bin tin tao, Guang zhou liu,shao-kun Li,pu wang,(2015) SPEIPM-based research on drought impact on malze yield in North china plain, journal of Integrative Agriculture, volume 14, Issue 4,pages,Issn 2095-3119.