

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 والتباخر (SPEI)

أ. صباح صالح محمد الكيلاني

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب وال التربية - جامعة صبراته - ليبيا

الدرجة العلمية أستاذ مساعد . الايميل: [sabah.alkilani@sabu.edu.ly](mailto:sabah.alkilani@sabu.edu.ly)

### ملخص البحث:

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل فترات الجفاف في منطقة زواره الواقعة شمال غرب ليبيا، خلال الفترة من 1990 إلى 2020 باستخدام المؤشر المعياري للهطول والتباخر التنجي (SPEI)، وتم استخدام بيانات يومية لمحطة زواره، 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 (SPEI-3) ترتبط بالجفاف الزراعي الموسمي، بينما يمثل SPEI-6 الجفاف متوسط الأمد المرتبط ببرطوبة التربة، أما SPEI-9 و SPEI-12 فتعكس مظاهر الجفاف طويلاً 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، وأظهرت اختبارات الاتجاهات الزمنية باستخدام SPEI 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 زواره ودعم اتخاذ القرارات المتعلقة بإدارة الموارد المائية والزراعية.

**الكلمات المفتاحية:** الجفاف (Arid) الجفاف القياسي للهطول والتباخر - التنجي  
نمذجة احصائية، اختبار احصائي، 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:

يُعد التغير المناخي في الوقت الراهن حقيقة علمية راسخة وأحد أبرز التحديات البيئية التي تواجه البشرية، لما يترتب عليه من آثار مباشرة وغير مباشرة تطال النظم البيئية والموارد المائية والأنشطة الزراعية، إضافةً إلى تداعياته الاقتصادية والاجتماعية التي تُعيق مسار التنمية المستدامة. ويُعرَف التغير المناخي بأنه ارتفاع مستمر في متوسط درجات الحرارة العالمية عن معدلاتها الطبيعية نتيجة لأنشطة 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 ثلاثة عقود. وقد أدت هذه الظاهرة إلى تزايد توافر الأحداث المناخية المتطرفة مثل موجات الحر والعواصف والجفاف (IPCC, 2021.P6).

من بين التأثيرات الأكثر خطورة للتغير المناخي تبرز ظاهرة الجفاف، التي تُعد 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 تُعد من أكثر المناطق حساسية للتغيرات المناخية، حيث سُجّل انخفاضاً ملحوظاً في معدلات الهطول المطري وارتفاعاً في درجات الحرارة وتزايداً في فترات الجفاف (عنمان، 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، تُعد منطقة زوارة الواقعة في أقصى شمال غرب ليبيا نموذجاً مهمًا لدراسة التغيرات المناخية، نظرًاً 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 متقاربة الشدة والطول الزمني.

وقد تناولت دراسات محدودة في ليبيا هذه الظاهرة؛ إذ ركزت أغلبها على التغيرات المطرية دون دمجها بعناصر التبخر والتحجج المرجعي، مما يقلل من دقة تقييم الجفاف الفعلي (شنيشل، 1723، 2025) 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 زواره يُعد 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 تشغّل 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 تحلّ دولة بكمالها ضمن حدودها السياسية، أو تحتلّ 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 الأنهر، وانخفاض في مستوى المياه الجوفية، وقلة رطوبة التربة، وانحسار في مساحات الغطاء النباتي والمرعوي 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) اتجاهها زمنياً ذا دلالة إحصائية نحو الزيادة أو النقصان في الشدة أو التكرار، كما يقيسه مؤشر SPEI عند الفترات الزمنية المختلفة (3، 6، 9، 12 شهراً)؟

#### ثالثاً : فرضيات البحث

- 1- يمكن التعرف على السنوات الجفاف من خلال المؤشر المعياري للهطول والتبخر النتحي (spei) بمقاييس (12, 9, 6, 3).
- 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 والتباخر النتحي (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 وتصنيف 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 والتباخر - النتحي ( Standardized Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI Vicente–Vicente)، الذي طوره Serrano وأخرون عام 2010، والذي يجمع بين الهطول المطري والتباخر النتحي 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  $P$  ، التباخر النتح الاحتمالي  $PET$

فإذا كانت القيمة موجبة أي  $P$  أكبر من  $PET$  فهذا يدل على ظروف الرطب، بينما تعني القيم السالبة وجود عجز مائي وظروف جفاف أصغر من  $P$  ( $PET$ ، 2025، شنيل، 2017).

ويتم تحويل سلسلة قيم  $D$  إلى توزيعات احتمالية باستخدام توزيع Log-logistic، نظراً لملاءمته لتمثيل الخصائص الهيدرولوجية، ثم تُحوَّل هذه القيم إلى قيم معيارية لمقارنة شدة الجفاف بين الفترات المختلفة الجدول (1)، باستخدام أدوات برمجية (RStudio) والحزمة الإحصائية (SPEI)، تُعد مؤشرات الجفاف أدوات كمية مهمة تُستخدم لرصد وتقييم حالة الجفاف على المستويات المناخية والهيدرولوجية والزراعية. تشمل هذه المؤشرات بيانات متعددة مثل كميات الهطول المطري، درجات الحرارة، تدفقات الأنهر، مستويات المياه الجوفية والخزانات، بالإضافة إلى رطوبة التربة وغطاء الثلوج. تهدف هذه المؤشرات إلى 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) ترتيب درجات الجفاف للمؤشر القياسي المعياري للتغير النتحي  
(SPEI) للهطول

قيمة المؤشر SPEI	التصنيف
أقل من -2	جفاف متطرف
-1.5 - 1.99	جفاف شديد
-1 - 1.49	جفاف معتدل
-0.99 - 0.99	ظروف معتدلة
-1.49 : 1	رطوبة معتدلة
-1.5 : 1.99	رطوبة شديدة
أكبر من 2	رطوبة متطرفة

المصدر : (Bo, Ming , 660, 2015-669)

### الدراسات السابقة:

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

1- دراسة (الحتبي) 2014 (عنوان "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، إضافةً 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 متالية) (في المناطق الوسطى من سهل الجفارة، مما يعكس استدامة الجفاف في تلك النطاقات، وصنفت مناطق طرابلس والقره بوللي ضمن فئة المناطق شديدة الجفاف وأكّدت النتائج أن الجفاف أثر سلباً على الزراعات البعلية والمخزون الحيوي، نتيجة الانخفاض في كميات الأمطار وتذبذبها السنوي والفصلي(الحتبي، 2014، 2014)

2- دراسة (بدوي) 2023، ناقش (التغيرات طويلة المدى للجفاف المناخي خلال الفترة 1901 - 2020) في شمالي مصر باستخدام المؤشر المعياري لتساقط المطر والتباخر النتحي (SPEI)، حيث أشارت نتائج الدراسة إلى وجود زيادة في حدة الجفاف خلال فترة المدروسة وان اتجاه الجفاف يأخذ اتجاهها صاعداً بوضوح خلال العقددين الأخيرين، كما لوحظ تباين مكاني لفترات الجفاف، 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 الأمطار 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 للتغير 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- ، 6مم/سنة في كميات الأمطار، مع تناقص أكبر في فصل الخريف بمعدل 1- ، 78مم/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 للتباخر للهطول المطري، وذلك خلال النطاقات الزمنية (12.9.6.3) تحدد معدلات التكرارات لأحداث الجفاف خلال فترة الدراسة والنسبة المئوية لكل صنف من أصناف المؤشر.

-يتقق كلٌ من نتائج الدراسة الحالية ودراسة الحبشي (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 متضاد نحو الجفاف.

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

-اما دراسة بدوي والدراسة الحالية تشتراك الدراسات في استخدام المؤشر المعياري للهطول والتباخر التنجي (SPEI) كأداة رئيسية لقياس شدة وتكرار الجفاف، وفي الهدف المتمثل في تحليل التغيرات الزمنية في الجفاف وتأثيرها على التوازن المائي. كما أظهرت كلتاهما أن المنطقة المدروسة تتعرض للتذبذب 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 والمترفة، خاصة في الأجزاء الجنوبية من المنطقة، وفي المقابل، بينت الدراسة الحالية في زوارة أن قيم مؤشر ( SPEI )

لم تُظهر اتجاهها زمنياً معنوياً، أي أن فترات الجفاف ظلت متذبذبة ومستقرة نسبياً دون زيادة واضحة في الشدة أو التكرار عبر الزمن، ويعزى 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.

-اما دراسة خير الله، دراسا كلا الدراستين تأثير التغير المناخي على الأمطار والجفاف في شمال غرب ليبيا، واستخدمنا أدوات إحصائية لتحليل الاتجاهات الزمنية، اما 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 زوارة في شمال غرب ليبيا وأقصى غرب سهل الجفارة ، يحدها من الشمال البحر المتوسط و من الشرق منطقة صبراته 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 الأطلس الوطني 1978، ص 25

### \*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 تعكس تأثيراتها على الإنسان والبيئة. فإذا كانت مدة الجفاف قصيرة وشديدة فإنها كفيلة بـاللحاق خسائر هائلة بالاقتصاد المحلي، وقد تكون كوارث الجفاف تفوق الكوارث الطبيعية الأخرى بما فيها الفيضانات، من حيث المؤشرات السلبية؛ لذلك اهتمت الدراسات الحديثة المحلية والعربية والعالمية بدراسة الجفاف وأثاره الخطيرة على البيئة عموماً، ولاسيما بعد أن بدأ خطُرُّ الجفاف يزدادُ حدةً مما كان عليه في السابق، وما أسهمت به عوامل التغير المناخي من تزايد تكرار فترات الجفاف وزيادة شدتها في الآونة الأخيرة، لذا يعطي تحليل السلسل 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 للتباخر النتحي للهطول المطري لجميع أشهر سنوات الدراسة على نطاقات الزمنية المختلفة (3,6,9,12) تتبّاع 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

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

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:

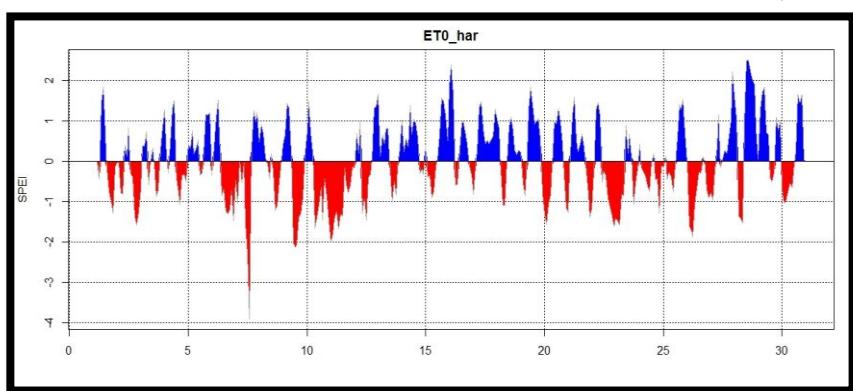
#### 1- مؤشر الجفاف على المدى ثلاثة أشهر :

يُعد المؤشر المعياري للمطر والتذرّع-نتح (SPEI) على المدى القصير (ثلاثة أشهر) أداة علمية دقيقة لقياس ووصف 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) لكافحة السنوات ضمن الفترة الزمنية الممتدة من 1990 إلى 2020 في منطقة زوارة، ويُعد هذا المؤشر مرجعاً مهمًا لتقدير الرطوبة المتابعة خلال المواسم الزراعية، الأمر الذي يجعله ذو أهمية خاصة للعاملين في قطاع الزراعة.

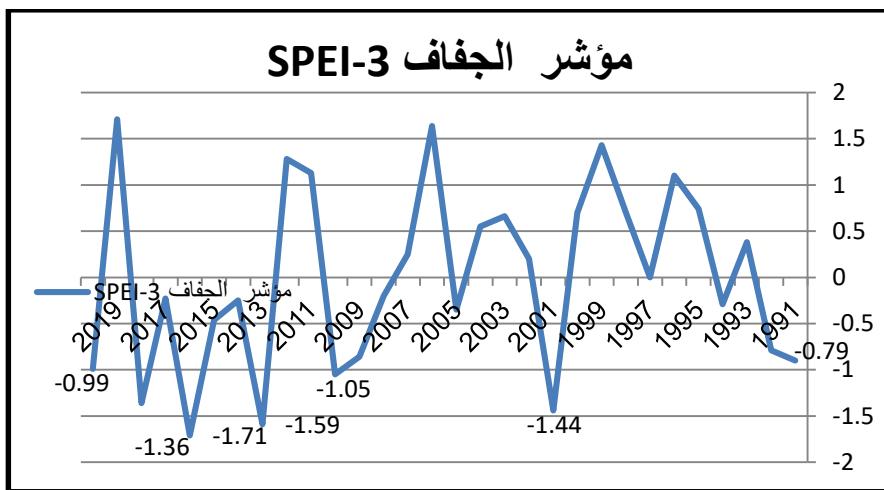
تشير نتائج التحليل المعروضة في الجدول (3) لمدى ثلاثة أشهر، والشكلين (2،3) إلى السلسلة الزمنية لقيم مؤشر الجفاف SPEI-3 للأشهر (يناير - فبراير - مارس)، موضحةً الفترات الجافة والرطبة خلال الفترة المدروسة (1990-2020). وقد أظهرت البيانات تكراراً واضحًا لحالات الجفاف على نحو متذبذب خلال سنوات محددة، وهي: 2014، 2009، 2008، 2005، 2010، 2001، 1994، 1992، 1990، 2016، 2017، 2015، 2018، 2020.

وبحسب تصنيف المؤشر المعتمد في الدراسة، جاءت الظروف المناخية المعتدلة في المرتبة الأولى من حيث التكرار، مسجلة 184 شهرًا 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 والمترافق جداً الأقل حدوثاً، حيث بلغت 26 شهراً (6.8 %) و 15 شهراً (3.9 %) على التوالي كما موضح في الجدول (3).



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

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



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

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

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

فترات الجفاف	ظروف معتدلة	ظروف خفيف	ظروف متعدل	فترات شديد	فترات متطرف	فترات متطرف جداً
التكرارات الشهرية لفترات الجفاف	184	75	45	39	26	15
النسبة المئوية	47.9	19.5	11.7	10.2	6.8	3.9

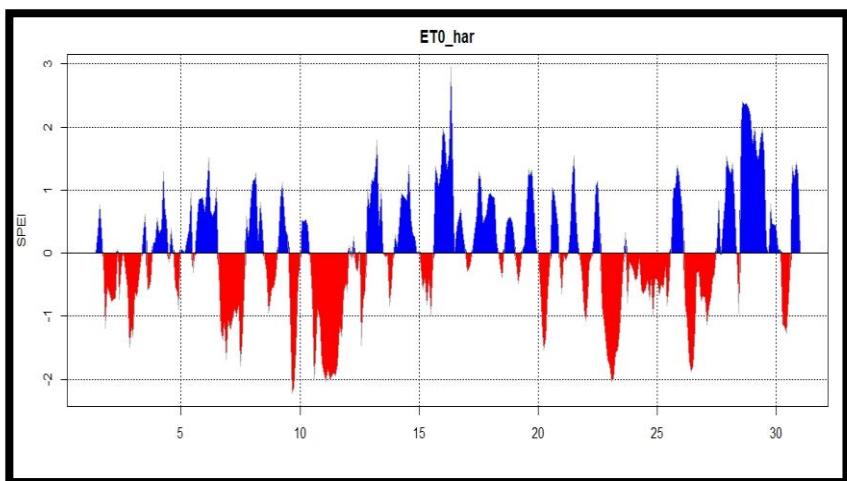
المصدر: عمل الباحثة استناداً نتائج المؤشر (spei3) باستخدام برنامج Excel

## 2- المؤشر الجفاف على المدى 6 أشهر:

يمثل النطاق الزمني لستة أشهر في المؤشر المعياري للمطر والتبخّر -نحو 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

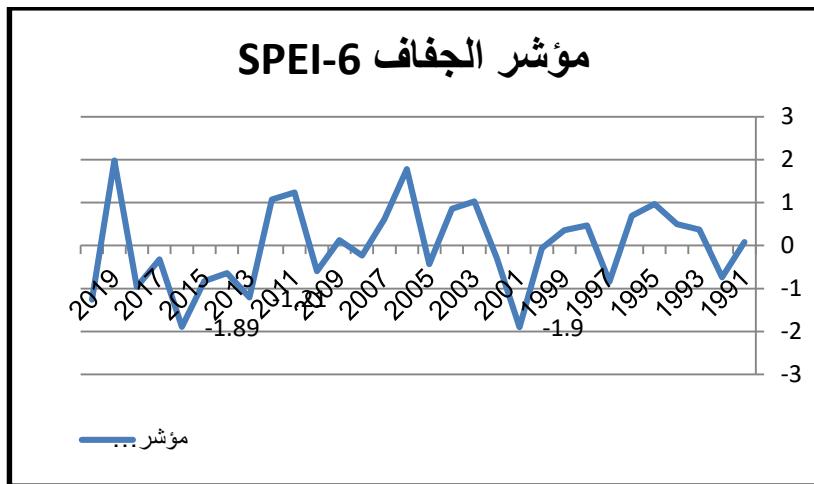
(بنابرير، فبراير، مارس، أبريل، مايو، يونيو). تشير بيانات الجدول (4) إلى أن منطقة الدراسة شهدت خمس عشرة سنة جفاف خلال الفترة المدروسة، تمثلت في الأعوام ( 1992، 1997، 2000، 2001، 2002، 2005، 2008، 2010، 2013، 2014، 2015، 2016، 2017، 2018، 2020 ) وقد سُجلت أشد فترتين جفاف في عامي 2001 و 2016، حيث بلغت قيم المؤشر فيهما (1.90) و (-1.89) على التوالي كما موضح في الشكلين (4،5).

تباطئ 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%， و 10.4% على التوالي، وبإجمالي تكرارات بلغ 72، 51، و 40 شهراً على الترتيب، أما فئتا الجفاف المتطرف والمتطوف جداً فقد سجلتا تكرارات بلغت 11 شهراً (%) 2.9 و 27 شهراً (%) 7 على التوالي، وفي المقابل، لم تختلف تكرارات الظروف المعتدلة عن تلك المسجلة في المؤشر الزمني لثلاثة أشهر، حيث بلغت 183 شهراً، 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 استناداً إلى نتائج المؤشر الجفاف (SPEI)



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

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

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

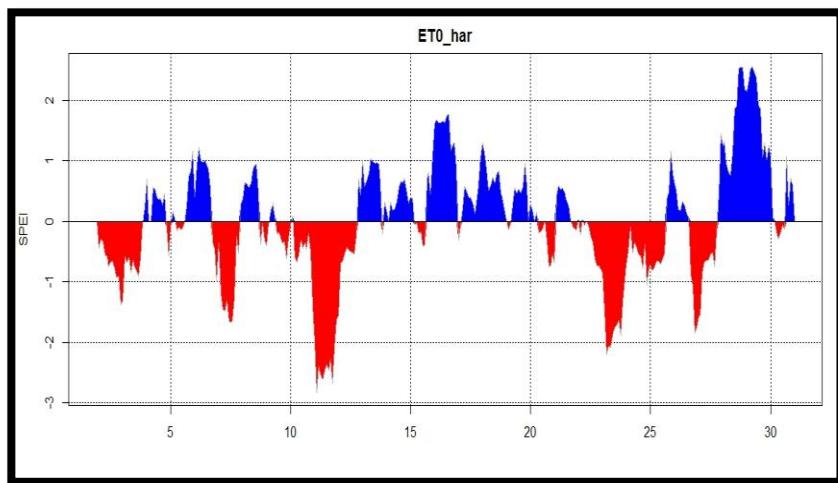
المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى نتائج المؤشر (spei)، بإستخدام برنامج Excel

### 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 طويلاً 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 (7,6) إلى أن المنطقة شهدت أربع عشرة سنة جفاف خلال الفترة المدروسة، وهي: 1994، 2000، 2001، 2002، 2003، 2006،

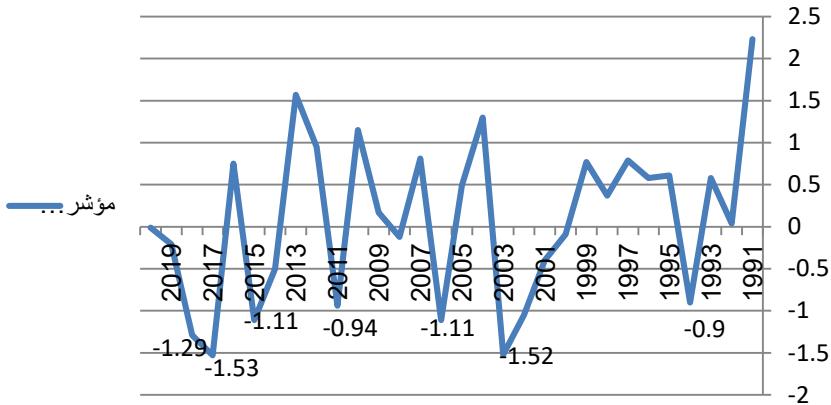
2008، 2011، 2014، 2015، 2017، 2018، 2019، 2020. وقد تميز عام 2003 بأعلى شدة جفاف مسجلة ضمن هذا المؤشر، حيث بلغت قيمته (-1.50). وصُنف ضمن فئة الجفاف الشديد، تلاه عام 2017 بقيمة بلغت نحو (-1.53). من خلال الجدول (5) التوزيع الزمني على مدى تسعة أشهر للفئات الجفاف، حيث أظهرت الظروف المناخية المعتملة تزايداً ملحوظاً مقارنة بالمؤشرين (SPEI-3) و(SPEI-6)، إذ بلغ مجموع تكراراتها 195 شهراً بنسبة 50% من إجمالي الأشهر المدروسة. في المقابل، سُجل تراجع في تكرارات فئات الجفاف الخفيف، والمعتدل، والشديد، حيث بلغت على التوالي 70 شهراً (18.6%)، و47 شهراً (12.2%)، و31 شهراً (8%). أما فئتا الجفاف المتطرف والمترافق جداً فقد شهدتا زيادة طفيفة في التكرار مقارنة بمؤشر الستة أشهر، إذ سجلتا 13 شهراً (3.2%) و28 شهراً (7.2%) على الترتيب.



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

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

### SPEI-9 مؤشر الجفاف



الشكل (7) السنوات الجفاف لنطاق 9 أشهر خلال الفترة الدراسية الممتدة 1990-2020

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 متعدلة	خفيف	معدل	شديد	متطرف	متطرف جدا	فئات الجفاف
النسبة المئوية	50.7	18.6	12.2	8	3.3	7.2	التكرارات الشهرية لفئات الجفاف
النسبة المئوية	195	70	47	31	13	28	التكرارات الشهرية لفئات الجفاف

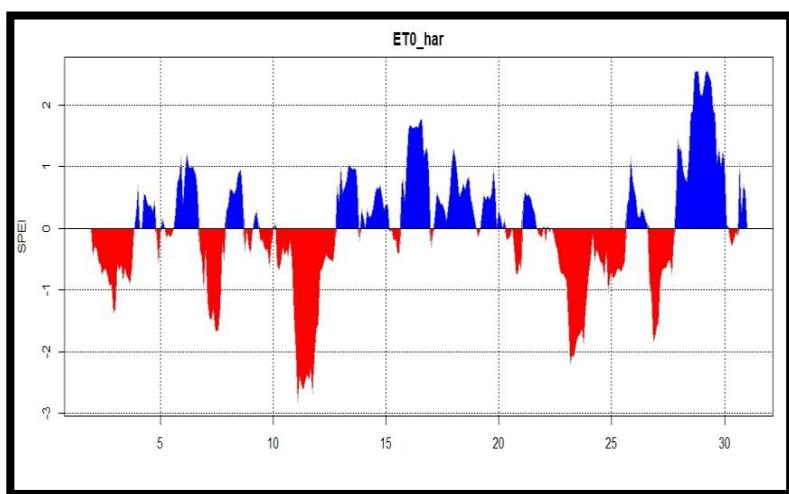
المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى نتائج المؤشر SPEI باستخدام برنامج Excel

### 4- مؤشر الجفاف على مدى 12 شهر:

يرتبط النطاق الزمني البالغ اثنى عشر شهراً في المؤشر المعياري للمطر ارتباطاً وثيقاً بمظاهر الجفاف طويلاً 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

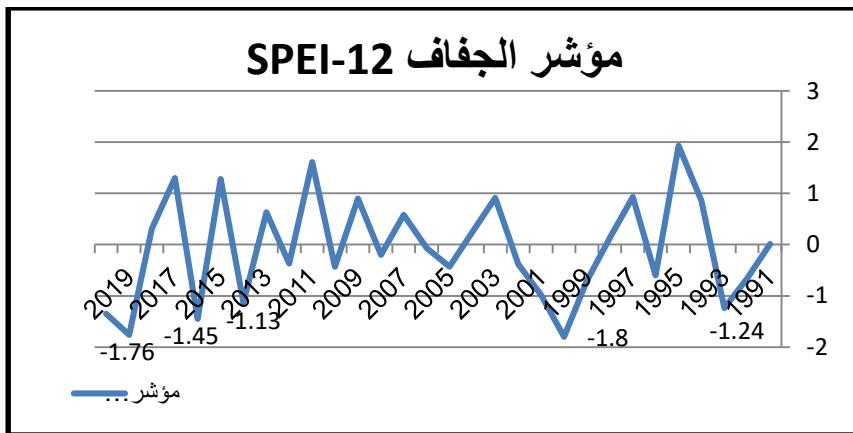
زواره خلال الفترة الممتدة 1991-2020 . أظهرت النتائج أن المنطقة شهدت 16 سنة جفاف خلال هذه الفترة، تمثلت في الأعوام: 1992، 1993، 1996، 1999، 2000، 2001، 2002، 2005، 2006، 2008، 2010، 2012، 2014، 2016، 2019، 2020. وقد سُجلت أشد حالات الجفاف في عام 2000، حيث بلغت قيمة المؤشر (-1.80) وصنفت ضمن فئة الجفاف 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، والمترافق، والمتطابق 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 الدارسة خلال الفترة 1991-2020

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



الشكل (9) السنوات الجفاف لنطاق 12 أشهر خلال الفترة الدراسية الممتدة

المصدر: من عمل الباحثة استناداً إلى 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	ظروف خفيف	ظروف شديد	ظروف متطرف	ظروف متطرف جداً	جفاف
النسبة المئوية	47.6	20.2	16.4	4.9	3.4	13
النسبة المئوية	183	77	63	19	19	19

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

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

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 ويعبر 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 (Sen) وميل (Sen)

التفسير العلمي	Sen ميل (الوحدة/سنة)	P قيمة	Kendall اتجاه (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 Mann-Kendall، Sen's Slope.

تشير نتائج تحليل الاتجاه الزمني للسلسل الزمنية لمؤشر الجفاف القياسي للهطول والتبخّر (SPEI) للفترات الزمنية 3، 6، 9، و12 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 ( $\alpha = 0.05$ )، مما يشير بوضوح إلى غياب أي تغير تصاعدي أو تنازلي ذي دلالة إحصائية في سلسل 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، وSPEI-12 تتسم بدرجة من الاستقرار النسبي خلال فترة الدراسة، وأن التغيرات المسجلة في القيم تُعزى في الغالب إلى تذبذبات عشوائية لا تمثل اتجاهها زمنياً حقيقياً.

ويُشير 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 تأثيرها بعوامل زمنية مؤثرة خلال العقود الثلاثة الماضية.

### النتائج:

- 1 ظهرت النتائج أن مؤشر (SPEI) نجح بوضوح في تحديد وتصنيف 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 مثّلت فترات جفاف حادة.
- 2 - تميزت فترة التسعينيات بالتبذبب في الشدة والتوزيع الزمني فترات الجفاف وذلك بارتفاع ملحوظ في تكرارات الجفاف القصير والمتوسط الأمد، مع تبذبب 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)، وصنفت ضمن فئة الجفاف الشديد، تلتها سنة 2019 بقيمة (-1.76)، ما يعكس امتداد فترات الجفاف القوي حتى السنوات الأخيرة من فترة الدراسة
- 4 - شكلت الظروف المعتملة النسبة الأكبر في جميع النطاقات، حيث تراوحت نسبتها ما بين 47 % و50% من إجمالي الأشهر.
- 5- سجلت فئات الجفاف الخفيف والمعدل نسبياً تراوحت بين 13% و20%， مع ميل للزيادة في المؤشر الزمني الأطول (12 شهر)، 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 يؤكّد شدتها واتساع أثيرها 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 السلسل الزمنية للمؤشر عبر الفترات الزمنية المختلفة، بلغت قيمة الاحتمالية ( $P = 0.663$ )، وهي أكبر من مستوى الدلالة الإحصائية ( $\alpha = 0.05$ )، مما يؤكّد 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 جداً 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 ترتكز 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 والتباخر-نتح (SPEI) بمختلف نطاقاته الزمنية (3، 6، 9، 12 شهراً) في منطقة زوارة خلال الفترة 1991-2020 أن الجفاف يُعد ظاهرة متكررة ومتباينة 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 زمناً (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 وتدخل تأثير العوامل المناخية المحلية والإقليمية وقد أبرزت فترات الجفاف الشديد والمترافق 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 يسهم في تقليل المخاطر وتعزيز القدرة على مواجهة التحديات المناخية المستقبلية.

### المراجع

- الحبيبي، أبو بكر عبد الله محمد، 2014، الامطار في سهل الجفارة بليبيا احتمالات سقوطها ودرجة الاعتماد عليها، رسالة ماجستير، جامعة طنطا ، كلية الآداب قسم الجغرافيا ، مصر .
- بدوي، هشام داود صدقى ، التغيرات طويلة المدى للجفاف المناخي خلال الفترة 1901-2020 )في شمالي مصر باستخدام المؤشر المعياري للتساقط المطري والتباخر النتح (SPEI)، المجلة العلمية لكلية الآداب ، جامعة دمياط .
- خيرالله، حافظ عيسى، تحديد مؤشرات التغير المناخي من خلال تحليل كمية الامطار بمحطة أرصاد 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 وвременноً في منطقة سيد صادق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة مداد الآداب، الجامعة العراقية، كلية الآداب، العدد اربعون، 2025، ص 1723.
- 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،

.94، ص 2023

-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.