تحليل فترات رجوع حالات الجفاف والهطول في مدينة درنة الليبية باستخدام مؤشر Z الصيني (CZI)

زياد زين العابدين حبيب[1]، سهيلة بشير ابوعجلة بلعيد[2]

قسم علم الغلاف الجوي/كلية العلوم/ جامعة طرابلس، ليبيا

[1]habibzeyad@hotmail.com

[2]suhila.abuleid@gmail.com

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم خصائص وحالات الجفاف والهطول على المدى الطويل في مدينة درنة الواقعة في شمال شرق ليبيا ضمن إقليم المناخ المتوسطي وشبه الجاف، وقد تم الاعتماد على مؤشر Z الصيني (China Z Index (CZI كأداة إحصائية رئيسية نظرًا لملاءمته للبيانات التي لا تخضع للتوزيع الطبيعي، وذلك باستخدام بيانات السلاسل الزمنية الشهرية للفترة الممتدة (1946م-2010م)، مع استبعاد أشهر الصيف الجافة بطبيعتها (يونيو، يوليو، أغسطس)، تضمنت المنهجية حساب الخصائص الإحصائية للمؤشر، بالإضافة الى التكرارات الشهرية لفئات الجفاف والهطول، وحساب احتمالات التجاوز وفترات الرجوع للأحداث المطرية المتطرفة. أظهرت النتائج أن النمط المناخي لدرنة يتسم باستقرار نسبي مع سيادة الوضع القريب من المعتاد في نحو 78% من الأشهر، بينما تمثل حالات الهطول المتطرف نحو 2.9% فقط، لكنها ذات أثر خطير نظرًا لفترة الرجوع القصيرة التي تبلغ حوالي 3.8 سنوات. كما اظهرت النتائج أن مخاطر الهطول المتطرف أعلى بكثير من مخاطر الجفاف المتطرف الذي تبلغ فترة رجوعه حوالي 21 سنة، مما يبرز حساسية المدينة للسيول

المفاجئة الناتجة عن طبيعتها الطبوغرافية وموقعها الساحلي، وأكد التحليل أن شهري يناير وفبراير يمثلان ذروة التباين المطري، بينما يُعد شهر سبتمبر أكثر الشهور قابلية للهطول النادر والمتطرف.

الكلمات المفتاحية: الجفاف، مؤشر Z الصيني، درنة، احتمالية التجاوز، فترة الرجوع، الهطول المتطرف.

المقدمة

يعد الجفاف والهطول من اهم الظواهر المناخية المتكررة التي لها تأثير على الأمن المائي والزراعي والبيئي في مختلف مناطق العالم، وتكتسب أهمية قصوى في المناطق الواقعة ضمن نطاق مناخ البحر الأبيض المتوسط وشبه الجاف، حيث تتسم هذه المناطق بهشاشة بيئية وتفاوت حاد في الموارد المائية، وقد تفاقمت فيها مخاطر الطقس الشديدة في ظل التغيرات المناخية العالمية التي تؤدي إلى تطرف وزيادة تردد الظواهر الجوية الشاذة، وهي من أبرز التحديات التي تواجه المناطق الساحلية في ليبيا، وخاصة مدينة درنة التي تكتسب دراسة هذه الظواهر فيها أهمية مضاعفة بسبب الأحداث المتطرفة التي شهدتها المنطقة، وآخرها فيضان سبتمبر 2023م الذي أبرز ضعف البنية التحتية المائية واعتماد المنطقة الكبير على وادي درنة كحوض تصريف طبيعي، وتتسم هذه المدينة بتكوين طبوغرافي حاد وموقع بحري مباشر يجعلها ضمن تركيبة ديناميكية معقدة من تأثيرات الأنظمة الضغطية الإقليمية والعالمية، ويتميّز مناخ درنة بطبيعته المتوسطية شبه الجافة، حيث يسيطر فصل شتوي ماطر نسبيًا وصيف حار وجاف، وتظهر أهمية دراسة الجفاف في كونه ظاهرة بطيئة التطور لكنها ذات أثر عميق على مختلف النظم البيئية، في حين أن الهطول الغزير يمثل ظاهرة سريعة ومفاجئة تؤدي غالبًا إلى

سيول كارثية خاصة في المناطق ذات الانحدار الطبوغرافي الواضح، ويكتسب تحليل هاتين الظاهرتين أهمية كبرى في التخطيط المائي، وإدارة المخاطر المناخية، والتكيف مع آثار التغير المناخي، ومن هنا تأتي الحاجة إلى مؤشرات كمية قادرة على تقديم توصيف دقيق لهذه الفترات والحالات، في هذا الإطار، جرى استخدام مؤشر Z الصيني (CZI)، وهو مؤشر إحصائي قياسي يتميز بقدرته على معالجة التوزيعات الإحصائية غير المتماثلة لبيانات الأمطار والتي لا تتبع التوزيع الطبيعي مما يعزز حساسيته للقيم المتطرفة ويعكس شدتها بدقة عالية، وهذا يجعله أكثر كفاءة في كشف التطرفات المناخية مقارنة ببعض المؤشرات الأخرى في ظروف مناخية محددة، تهدف هذه الدراسة بشكل رئيسي الى تقييم خصائص حالات الجفاف والهطول وتقدير فترات العودة واحتمالات التجاوز، وتمييز الفترات الحرجة والأشهر الأكثر عرضة للظواهر المتطرفة، وتحديد التكرارات وقوة التطرف المناخي على المستوى الشهري، وأخيرا، تقديم توصيات عملية. وتسعى هذه الورقة إلى تقديم قراءة علمية تساهم في دعم التخطيط الحضري والإدارة المتكاملة للموارد المائية في ظل تغير مناخي متسارع التأثير.

البيانات المستخدمة

لتنفيذ هذه الدراسة، استخدمت سلسلة زمنية لبيانات الامطار الشهرية في مدينة درنة الليبية، تمتد على فترة تقارب 65 سنة (من 1946م الى 2010م). تقع مدينة درنة الليبية على خط عرض47` 32° شمالا وخط طول 35` 22° شرقا وترتفع 26 متر فوق مستوى سطح البحر.

تم الحصول على بيانات الامطار من المركز الوطني للأرصاد الجوية بليبيا، وقد اجهت الدراسة تحديًا في الحصول على البيانات الخاصة بفترتين: الأولى من 1913م إلى 1945م، والثانية من 2011م إلى 2025م. ويعزى هذا النقص إلى عدم وجود بيانات الرصد خلال هاتين الفترتين، مما حدّ من إمكانية إجراء دراسة أكثر شمولية تشمل السنوات الأخيرة التي تظهر التغيرات المناخية المستجدة في مدينة درنة.

في هذا البحث، جرى استبعاد البيانات المطرية لأشهر الصيف (يونيو، يوليو، أغسطس) من التحليلات، والتركيز على الأشهر المطرية (يناير، فبراير، مارس، أبريل، مايو، سبتمبر، أكتوبر، نوفمبر، ديسمبر)، ويعود هذا القرار إلى طبيعة المناخ المتوسطي شبه الجاف السائد في منطقة الدراسة، حيث يكون المناخ خلال فصل الصيف حار وجاف تماما وهطول الأمطار نادرًا أو معدومًا، وهو نمط موسمي متوقع لا يعكس انحرافًا غير طبيعي عن النظام المناخي السائد، ويسبب تضمين أشهر الصيف في الحسابات إلى تضخيم قيم مؤشر Z الصيني (CZI)، مما يجعلها تبدو أكثر شدةً مما هي عليه في الواقع، ويزيد من التحيز في التوزيع الإحصائي، وتتميز أشهر الصيف بقيم هطول صفرية أو القريبة من الصفر، مما يؤدي إلى توزيعات إحصائية غير متماثلة تتطلب معالجات إضافية، وبالتالي، استبعاد أشهر الصيف يجعل التركيز على الفترات الحرجة للأشهر المطيرة ذات التقلبات المهمة، مما يحسّن القدرة على كشف القيم المتطرفة، ويقلل من التحيز في التوزيع الإحصائي.

وقد اعتمدت الدراسة على برنامج Microsoft Excel لمعالجة وتحليل بيانات الأمطار، وإجراء العمليات الإحصائية اللازمة، مثل حساب المتوسطات ومعامل الالتواء والدرجة المعيارية الشهرية، والتي تُعد أساسية في حساب وتطبيق مؤشر Z الصيني، وقد مكن ذلك من الحصول على القيم الشهرية للمؤشر بشكل دقيق ومنظم.

مناخ مدينة درنة

تقع مدينة درنة على الساحل الشمالي الشرقي لليبيا، عند الحافة الشمالية الشرقية لمنظومة الجبل الأخضر، مما يمنحها خصائص مناخية فريدة تميزها عن سائر المدن الليبية، ويتشكل مناخها نتيجة للتفاعل المعقد بين تأثير البحر الأبيض المتوسط، والتضاريس الجبلية الوعرة والأنظمة الجوية السائدة، ويندرج مناخها غالبًا ضمن نطاق مناخ البحر الأبيض المتوسط شبه الجاف، حيث يسود فصل الشتاء بطقس معتدل يميل إلى البرودة مع تساقط واضح للأمطار، بينما يتسم الصيف بالحرارة والجفاف النسبي وارتفاع ملحوظ في معدلات الرطوبة الساحلية، وتلعب العوامل الجغرافية والطبوغرافية دورًا محوريًا في تحديد السمات المناخية للمنطقة، فضلاً عن تأثرها بالأنماط الجوية واسعة النطاق والتغيرات المناخية الحديثة (حبيب 2023م)، يهدف هذا التحليل إلى استعراض العوامل الرئيسية التي تشكل مناخ درنة، مع التركيز على المخاطر المناخية المرتبطة بها. ومن خلال خبرة الباحثين الميدانية في تحليل مناخ الساحل الليبي، يأتي في مقدمة هذه العوامل الموقع الجغرافي والفلكي الذي يلعب دورًا محوريًا في تشكيل مناخها المحلي، حيث يؤدي قربها من البحر الأبيض

المتوسط الى تلطيف درجات الحرارة وتقليل التباين اليومي والسنوي للحرارة، مما يجعل شتاءها أكثر دفئا وصيفها أقل قسوة مقارنة بالمناطق الداخلية، وإن كان ذلك مصحوبا بارتفاع في الرطوبة النسبية صيفا، بما يزيد من الإحساس بالحرارة خلال فصل الصيف، علاوة على ذلك، فإن بروز كتلة الساحل الشمالي الشرقي لليبيا داخل حوض البحر المتوسط يجعل الموقع الساحلي ضمن المسار المباشر للمنخفضات الجوية المتجهة من الغرب والشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي، خصوصا عند انزياح التيار النفاث جنوبا خلال فصلي الخريف والشتاء. وتعد التضاريس من العوامل الأكثر حسما في تحديد خصائص المناخ وفي تعظيم المخاطر الهيدرولوجية، حيث تعمل مرتفعات الجبل الأخضر كحاجز طبوغرافي طبيعي يُجبر الرياح الرطبة القادمة من البحر على الصعود الى الأعلى مما يؤدي إلى تبريد وتكاثف الهواء الصاعد وبالتالي تزداد فرصة هطول الأمطار التضاريسية الغزيرة مما يجعل المنطقة المحيطة بدرنة أحد أكثر مناطق ليبيا غزارة في الأمطار، كما يتعاظم تأثير التضاريس في المنطقة مع وجود المصب النهائي لوادي درنة فيها، وهو حوض تصريف ضخم يجمع مياه الأمطار والسيول القادمة من المرتفعات والأحواض العليا للجبل الأخضر، وتندفع عبره المياه بقوة نحو المناطق الساحلية المنخفضة عند المصب، هذا التكوين الطبوغرافي يجعل المنطقة نقطة تجميع طبيعية للمياه، وبالتالي معرضة لفيضانات مفاجئة في حالات الهطول المطري الشديد والمكثف خلال فترة زمنية قصيرة، وهو ما تجلى بآثاره الكارثية خلال فيضان سبتمبر 2023م. أما المنخفضات الجوية بأنماطها المتعددة التي تمر على المنطقة وتتباين حسب الفصول المناخية، فتشكل أحد أهم العناصر المؤثرة في المناخ خلال فصلي الشتاء والخريف، مما يجعلها تتأثر بسلسلة من المنخفضات القادمة من المحيط الأطلسي

التي تشكل المصدر الرئيسي لحالات عدم الاستقرار الجوي خلال فصل الشتاء، حيث تنشأ في المحيط الأطلسي وتتحرك شرقًا نحو حوض المتوسط، تتميز هذه الأنظمة بعمقها وطول عمرها وتسهم في تغيّر الأحوال الجوية وازدياد كمية الهطول، ويشتد تأثيرها إذا تزامنت مع منخفضات علوية باردة. كما تقع المدينة تحت تأثير المنخفضات المتوسطية القبرصية والمنخفضات الأخرى المتولدة في حوض البحر المتوسط التي تجلب معها الرياح الغربية والشمالية الغربية المحملة بالأمطار. بالإضافة لذلك، تتأثر بما يعرف بأعاصير البحر المتوسط (Medicanes)، وهي أنظمة جوية هجينة ذات شدة عالية وفترات حياة قصيرة أغلبها تقضيه فوق البحر، مما يسمح لها باكتساب طاقة تزيد في شدتها وقوتها، تعتبر هذه الأعاصير من الأحداث النادرة في حوض البحر المتوسط وتجمع بين خصائص الأعاصير المدارية والمنخفضات العروض الوسطى، وتعرف بإعصار البحر المتوسط (خضر، 2014م)، غالبًا ما تتشكل هذه الأنظمة في البحر المتوسط في منطقة تسمى البحر الأيوني بين إيطاليا واليونان وتمتد جنوبا الى الساحل الليبي، وفي غرب المتوسط في منطقة تسمى بحر البليار، بين اسبانيا وايطاليا، على الرغم من ندرتها، فإنها قادرة على توليد هطولات مطرية غزيرة شديدة التركيز وفيضانات عنيفة قد تصيب الساحل الليبي. إضافة إلى ذلك، قد تشهد المدينة تأثيرًا للمنخفضات الجوية الحرارية القادمة من الصحراء الكبرى نحو الشمال، والتي تجلب رياح "القبلي" الحارة والمحملة بالغبار خصوصًا في الربيع والخريف، مما يؤدي لارتفاع مفاجئ في درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة الجوية، وتتفاوت شدة هذه الأنظمة الجوية، حيث تكون المنخفضات المحيطية والمتوسطية الأكثر تكرارًا، بينما تتميز الميديكان

بشدتها النادرة في الخريف، هذا وتشير العديد من الدراسات الحديثة إلى أن التغيرات المناخية العالمية باتت تؤثر بوضوح في الأنماط الطقسية لشرق ليبيا (حبيب 2023م)، وقد أصبح المناخ يميل أكثر نحو التطرف، وتتمثل أبرز ملامح هذا التغير في زيادة شدة أعاصير البحر المتوسط (الميديكان)، حيث أكدت العديد من الدراسات العلمية كتقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2021) ودراسات النمذجة المناخية (مثل Tous et al., 2016)، أن هناك اتجاه لتناقص وتيرة تكرار الأعاصير المتوسطية مع زيادة ملحوظة في شدتها وعنفها، نتيجة لارتفاع حرارة سطح البحر التي تمد هذه الأنظمة بالطاقة، ويُعد هذا التغير من العوامل التي تزيد مخاطر السيول المفاجئة في المناطق الساحلية الليبية، بالإضافة إلى ذلك، يفاقم الاحترار العالمي من حدة الجفاف وتكراره ويطيل فترات بقائه، مما يزيد من صلابة التربة ويقلل من قدرتها على التشرب وامتصاص المياه، وهو ما يزيد من مخاطر السيول الجارفة عند حدوث أي هطول مطري مفاجئ، أي أن دورة الماء تُسرع وتصبح أكثر تقلبًا، مما يرفع مخاطِر كل من الجفاف والفيضانات، وأخيرًا، يرتبط مناخ المنطقة بما يعرف بالظواهر البعدية (Teleconnections)، وهي اضطرابات تحدث في منطقة ما وتؤدي الى حدوث تأثيرات مناخية في منطقة أخرى تبعد عنها آلاف الكيلومترات، ومن أبرز هذه الظواهر المؤثرة في مناخ البحر المتوسط تذبذب شمال الأطلسي (NAO) ونمط شرق الأطلسي (EA) وغيرها من الظواهر البعدية، وتشير العديد من الأبحاث الى تأثر فترات الجفاف في شرق البحر الأبيض المتوسط بهذه الظواهر، نظرًا لقدرتها على تثبيط تكون المنخفضات الجوية داخل البحر أو تحويل

مسارات العواصف إلى خطوط عرض أعلى (Hochman et al., 2022)، مما يجعلها عنصرًا مهمًا في فهم التغيرات المناخية التي تشهدها درنة (Ali and Hafi, 2022).

مؤشر Z الصيني

مؤشر Z الصيني (China Z Index (CZI هو مؤشرا إحصائيا معياريا يصنف ضمن مؤشرات الجفاف المناخية، وقد ورد ذكره في دليل مؤشرات الجفاف الصادر عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO-1173, 2016)، طور هذا المؤشر المركز الوطني للمناخ في الصين National Climate Center of China سنة 1995، بهدف توفير أداة فعّالة لمراقبة وتقييم الجفاف، وتصنيف شدته، وتحديد مدى تأثيره بالاعتماد على بيانات الهطول المطري الشهرية أو الموسمية (Wu et al., 2001)، يتميّز هذا المؤشر بأساس احصائي متين، إذ يعالج واحدة من أبرز المشكلات الإحصائية في تحليل البيانات المناخية، وهي الانحراف أو الالتواء (Skewness) في توزيعات الهطول المطري، ويمكن التعبير عن قيمة مؤشر Z_i الصيني CZI للسلسلة المطرية الشهرية x_i المكوّنة من n بيانات و i يمثل الشهر بالمعادلة التالية:

$$CZI_i = \frac{6}{C_s}\left(\frac{C_s}{2}Z_i + 1\right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}$$

حيث C_s يمثل معامل لالتواء وهو مقياس إحصائي، يُستخدم لتحديد درجة تماثل أو البعد عن التماثل لتوزيعات البيانات حول المتوسط، ببساطة، ويمكن كتابة معادلة معامل الالتواء وفق الصيغة التالية:

$$C_s = \frac{\sum_{I=1}^{n}(x_i - \bar{x})^3}{n\sigma^3}$$

أما Z_i فهي الدرجة المعيارية Z–Score أو القيمة المعيارية، التي يمكن صياغتها وفقا للمعادلة التالية:

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

حيث

Z_i الدرجة المعيارية $\bar{x}$ المتوسط الحسابي للسلسلة المطرية

x_i القيمة المطرية σ الانحراف المعياري للسلسلة المطرية

هذا ويكون حساب المتوسط الحسابي للسلسلة الزمنية المطرية التي عدد قيمها n على الشكل التالي

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

أما الانحراف المعياري فيكون على النحو التالي

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

وقد تم استحداث نسخة معدلة (Mohit et al, 2018) باسم مؤشر Z الصيني المعدل Modified CZI (MCZI) وفيها أُستبدل المتوسط الحسابي بالوسيط لتقليل التأثير الكبير للقيم المتطرفة، أما

الأسس العلمية التي يستند إليها المؤشر والتي تكون مدموجة من ضمن تركيبته يمكن تلخيصها كما يلي:

أولاً: بيانات الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة لا تتبع عادةً التوزيع الطبيعي، إذ تكون غالبًا مائلة أو غير متماثلة، لذلك لا يمكن تطبيق الدرجة المعيارية Z-score مباشرةً عليها وتحويلها لقيم معيارية (McKee et al., 1993)، ومن هنا افترض مطوّرو المؤشر أن بيانات الهطول تتبع توزيع بيرسون من النوع الثالث (Pearson Type III distribution)، وهو حالة خاصة من عائلة توزيعات بيرسون، يُشار إليه أيضًا باسم توزيع جاما ثلاثي المعلمات (Three-parameter Gamma distribution)، هذه المعلمات تمثل الشكل، والموقع، والمقياس للتوزيع، مما يمنح التوزيع مرونة عالية في التكيّف مع شكل البيانات المختلفة، وقد طوّره عالم الإحصاء كارل بيرسون (Karl Pearson) في أواخر القرن التاسع عشر لنمذجة البيانات غير المتماثلة، وهذا التوزيع يمتاز بأنه من التوزيعات المستمرة القادرة على تمثيل البيانات ذات الالتواء الموجب، لذلك يُستخدم على نطاق واسع في مجالات المناخ والهيدرولوجيا، خاصة في تحليل بيانات الأمطار، والفيضانات، وتدفقات الأنهار وغيرها (Thom, 1958)، حيث تميل هذه البيانات إلى أن يكون توزيعها ملتوي بشكل إيجابي.

ثانيًا: يتم تحويل البيانات التي يفترض أنها تتبع توزيع بيرسون من النوع الثالث بواسطة دالة ويلسون-هيلفرتي التكعيبية Wilson–Hilferty Cube Root Transformation، وهي أداة إحصائية فعّالة

طوّرها العالمان ويلسون وهيلفرتي سنة 1931 (Wilson & Hilferty, 1931). تُستخدم هذه الدالة لتحويل البيانات الملتوية، كالهطول المطري، إلى توزيع قريب من الطبيعي، وذلك من خلال أخذ الجذر التكعيبي للمتغير لتعديل التباين والمتوسط بحيث يصبح التوزيع الناتج أكثر تماثلاً حول المتوسط، مما يسمح باستخدام الأدوات الإحصائية المعيارية مثل الدرجات المعيارية (Z-scores)، التي يسهل تفسيرها وتطبيقها في تقييم الجفاف.

ثالثًا: يدخل معامل الالتواء مكونًا أساسيا مدموجا ضمن مؤشر Z الصيني، ليعزز حساسية المؤشر لشكل التوزيع الاحتمالي لهطول الأمطار، ويعمل على تصحيح التأثير الناتج عن عدم تماثل توزيع بيانات الامطار لتقترب من التوزيع الطبيعي، وكلما ازدادت قيمة معامل الالتواء (سواء بالاتجاه الموجب أو السالب) زاد حجم التصحيح أو التعديل داخل معادلة المؤشر، مما يضمن حصول القيم المتطرفة سواءً كانت تمثلت الجفاف الشديد أو الهطول الغزير على تقييمها الملائم بدقة عالية ويعكس شدتها الحقيقية بشكل أفضل، خصوصًا في المناطق التي يلاحظ فيها عدم تماثل كبير في توزيع الأمطار (Wu et al., 2001). في الحالة التي يقترب فيها معامل الالتواء من الصفر، فإن التوزيع يكون قريبًا من التوزيع الطبيعي المتماثل دون انحراف، وبالتالي قيمة المؤشر تتساوي مع قيمة الدرجة المعيارية دون الحاجة إلى أي تصحيح إضافي.

رابعًا: في هذا المؤشر تحول بيانات الهطول إلى قيم معيارية Standardized values خالية من الوحدات، بحيث تعبّر عن الانحراف عن المتوسط، ويكون المتوسط الحسابي مساويًا للصفر والانحراف المعياري مساويًا للواحد، كما يمكن أن تصل القيم المعيارية القصوى إلى ±3 في حالات القيم المتطرفة. مؤشر CZI هو من المؤشرات القوية متعددة النطاقات الزمنية، إذ يمكن تطبيقه على فترات تمتد من شهر واحد إلى 72 شهرًا (ست سنوات)، مما يتيح مراقبة أنواع مختلفة من الجفاف والهطول ويجعله مناسبًا لتطبيقات متنوعة، مناخية، زراعية، هيدرولوجية، وبيئية، ومن مكامن القوة في هذا المؤشر، انه لا يشترط ان تكون السلسلة المطرية المستخدمة في بيانات الإدخال خالية من القيم المفقودة، وانما يتيح التعامل مع البيانات المفقودة بشكل مماثل لمؤشر الهطول القياسي (SPI)، هذا يعني أن وجود بعض الفاقد أو التقطع في سلسلة الأمطار الشهرية لا يمنع استخدام هذا المؤشر (WMO-1173, 2016)، مع الانتباه للتعامل الحذر معها، فكلما زادت اعداد البيانات المفقودة زاد عدم اليقين في المؤشر وقلّت موثوقيته.

ويُستخدم هذا المؤشر على نطاق واسع في الصين لمراقبة الجفاف والفيضانات وإدارة الموارد المائية، كما أثبت فعاليته في العديد من الدول الأخرى مثل الولايات المتحدة وأستراليا، لقدرته على تحليل ورصد بيانات الجفاف عبر الزمن، تُتيح نتائجه للباحثين والمختصين فهمًا أعمق لتطور الظواهر الجافة والرطبة واتخاذ الإجراءات المناسبة لمواجهتها والتخفيف من آثارها، ويتم تصنيف شدة الجفاف بناءً

على قيم المؤشر، جدول (1)، حيث تختلف العتبات المستخدمة لتحديد الجفاف الخفيف، المعتدل، الشديد، والشديد جدًا وفق الجدول التالي:

جدول (1): تصنيف قيم المؤشر

قيمة المؤشر	التفسير
2 أو أكثر	هطول متطرفة.
من 1.50 إلى 1.99	هطول شديدة.
من 1.00 إلى 1.49	هطول معتدلة.
من 0.99- إلى 0.99	الوضع المعتدل أو القريب من المعتاد
من 1.00- إلى 1.49-	جفاف معتدل.
من 1.50- إلى 1.99-	جفاف شديد.
2.00- أو أقل	جفاف متطرف.

ولتحليل نتائج مؤشر Z الصيني ولفهم وتوصيف مخاطر الظواهر المناخية والهيدرولوجية تم استخدام فترة الرجوع Return Period (T) واحتمالية التجاوز Exceedance Probability (P) في تقييم الأحداث القصوى أو المتطرفة مثل الأمطار الغزيرة، الفيضانات الشديدة، موجات الجفاف القاسية، وتعرف فترة الرجوع بأنها متوسط الفترة الزمنية التي يُتوقع أن يتكرر خلالها حدث مناخي بشدة معينة أو أكثر ويمكن اعتبارها مقياس للندرة والشدة. أما احتمالية التجاوز فتعرف بأنها احتمال وقوع حدث ما من الظواهر المتطرفة يساوي أو يتجاوز قيمة معينة في فترة زمنية محددة ويمكن اعتبارها مقياس مباشر للمخاطر، واحتمالية التجاوز متممة لفترة الرجوع وتمثل رياضيا معكوس فترة الرجوع ووحدات قياسها هي النسبة المئوية.

ولحساب فترة الرجوع واحتمالية التجاوز توجد عدة طرق، في هذا البحث سوف نستخدم أسلوب تكرار العتبة Threshold Frequency Approach، حيث تعتمد هذه الطريقة على تعيين عتبة (Threshold) محددة مسبقا لقيم مؤشرات الجفاف (عمر مقداد، 2021م) يليها عدد المرات التي تجاوز فيها المؤشر هذه العتبة (أو قل عنها) خلال فترة زمنية معينة، العتبة هي قيمة حرجة تفصل بين الأحداث المختلفة العادية منها والمتطرفة ويمكن حساب احتمالية التجاوز(P) من خلال قسمة عدد مرات التجاوز أو التكرارات (m) على عدد سنوات السجل (N) باستخدام المعادلة التالية

$$P = \frac{1}{T} = \frac{m}{N}$$

وتحسب فترة الرجوع (T) للعتبة وهي إجمالي طول السلسلة الزمنية مقسومًا على عدد مرات التجاوز (التكرار) وفق المعادلة التالية:

$$T = \frac{1}{P} = \frac{N}{m}$$

حيث تقاس احتمالية التجاوز عادة بالنسبة المئوية أو الكسر العشري.

التحليل والمناقشة

فيما يلي، تحليلاً للنتائج الكمية المستخلصة من حساب مؤشر Z الصيني، يهدف لبيان طبيعة حالات الجفاف وتأثيرها على الموارد المائية، وحالات الهطول الشديد وتأثيرها على الجريان السطحي في مدينة درنة:

تحليل الإحصاءات الوصفية: تعتبر الإحصاءات الوصفية الأساسية من الأدوات الرئيسية لدراسة وتفسير بيانات مؤشر Z الصيني، إذ يمكن لها أن تظهر طبيعة وخصائص أنماط وتذبذب الهطول والجفاف عبر الأشهر وفهم ديناميكية النظام المناخي في درنة، ومن اجل التحليل والاستنباط تم حساب بعض الإحصاءات الوصفية لبيانات مؤشر Z الصيني والتي تتمثل في المتوسط، الوسيط، المنوال، الانحراف المعياري، الالتواء، اعلى قيمة واقل قيمة في البيانات والموجودة في الجدول (2) التالي:

الجدول (2): الإحصاءات الوصفية لنتائج مؤشر Z الصيني

الخاصة	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
المتوسط	0.08	0	0.03	0.13	0.12	0.29	0.08	0.14	0.1
الوسيط	0.23	0.08	0.01	0.01	-0.19	-0.02	-0.15	0.19	0.01
المنوال	0.69	-1.76	0.17	-0.81	-0.53	-0.18	-0.96	0.28	-0.01
الانحراف المعياري	0.97	1.01	0.93	0.79	0.77	0.64	0.84	0.89	0.88
الالتواء	-0.29	-0.03	0.37	0.98	1.22	1.65	0.85	0.19	0.34
القيم الصغرى	-2.47	-2.03	-1.66	-0.81	-0.53	-0.18	-0.96	-1.53	-1.95
القيم العظمى	2.78	2.82	2.43	2.43	2.38	2.48	2.34	2.74	2.32
المدى	5.25	4.85	4.09	3.24	2.91	2.66	3.3	4.27	4.27

ويمكن تلخيص وتحليل نتائج هذه الإحصاءات في النقاط التالية:

- اغلب قراءات المتوسطات الشهرية تتراوح حول الصفر وأعلى قيمة هي 0.29 في شهر سبتمبر وأدناها 0.00 في فبراير، تشير هذه القيم الإيجابية الطفيفة في معظم الأشهر إلى أن متوسط الظروف المناخية في درنة يميل لأن يكون قريبًا من المعتاد على المدى الطويل لمعظم الأشهر،

وهذا متوقع في مناخ البحر الأبيض المتوسط الذي يتميز بموسم أمطار شتوي، مع ميل طفيف لبعض الشهور نحو ظروف أكثر رطوبة من المتوسط، حيث يعتبر شهر سبتمبر هو الأكثر رطوبة في المتوسط، وهذا قد يعكس بداية مبكرة نسبيًا لفصل الأمطار، مما يجعله شهرًا حاسمًا في التخفيف من الجفاف خلال الصيف.

- الانحراف المعياري هو مقياسا لتشتت وتباين البيانات، حيث يظهر شهر فبراير أعلى قراءة للانحراف المعياري 1.01، يليه يناير 0.97، مما يشير على ان شهري يناير وفبراير يظهران تقلباً وتغيرا أكبر في ظروف الجفاف والهطول مقارنة بشهور الخريف والربيع المبكرة، وهذا يعكس تذبذبا أكبر في الهطول خلال فصل الشتاء وهشاشة في النظام المناخي في درنة، ومن الممكن أن تتحول الظروف بسرعة من فيضانات محتملة إلى جفاف حاد بين عام وآخر، في المقابل، سجل شهر سبتمبر القيمة الأدنى 0.64، وهذا يدل على أنه الاقل تقلبا والأكثر استقرارا وميلا نحو الرطوبة وأقرب إلى متوسطه.
- يلاحظ أن بيانات الالتواء تكون موجبة بوضوح في الشهور من مارس إلى أكتوبر وهذ يشير إلى ان التوزيع التكراري لهذه الشهور ملتوي لليمين في اتجاه الذيل مما يعني وجود حالات هطول أعلى وأغزر (قد تصل الى الفيضانات) وأكثر ندرة لكنها قوية وشديدة خصوصًا في شهور مثل سبتمبر ومايو، أي أن القراءات المتطرفة العليا (الهطول الغزير) أكثر تأثيرًا من القيم الصغرى (الجفاف الشديد)، رغم أن كلا الظاهرتين مسجلتين، ونلاحظ أن أعلى قيمة كانت في سبتمبر

1.65، مما يؤكد الميل القوي نحو الهطول المتطرف والنادر في هذا الشهر، مع تكرار أقل لظروف الجفاف، بينما الالتواء في شهر يناير يكون سالبا، وهذا يوحي بأن التوزيع يتجه نحو قيم أكثر هطول تسود هذا الشهر مع ذيل يمتد نحو القيم السالبة (الجفاف)، اما شهر فبراير فقد سجل التواء قريب من الصفر مما يدل على ان توزيع هذا الشهر يقترب من التماثل وفيه فترات الجفاف والهطول الشديدة متوازنة نسبيًا.

- بملاحظة نتيجة حساب المنوال لكل شهر يتضح ان معظم الأشهر تميل نحو الارقام السالبة أو الصفرية مثل فبراير (1.76-)، ابريل (0.81-)، أكتوبر (0.96-)، وهذا يشير إلى ان حالات الجفاف تكون قصيرة ومتكررة أكثر من حالات الهطول وتتصف بالجفاف الخفيف وبظروف أقل من المتوسطة، أما في شهر فبراير الذي يُعد الوضع فيه ضمن فئة الجفاف الشديد، على الرغم من أن المتوسط والوسيط يظهران حالة أقرب للاعتدال، من جهة أخرى، تظهر اعداد موجبة في يناير (0.69) ونوفمبر (0.28)، مما يعكس أحداث هطول متكررة خلال فترة الشتاء، وفي النهاية وعلى الرغم أن المناخ يبدو معتدلاً في الإحصاءات العامة، فإن المنوال يكشف أن الجفاف الخفيف هو الحدث الأكثر شيوعًا في عدد من الأشهر، خصوصًا فبراير، أبريل، أكتوبر، ما يعكس تذبذبًا شهريًا دقيقًا مهمًا في تقييم الهطول.
- الوسيط هو القيمة التي تقسم البيانات إلى نصفين، بحيث تكون 50% من البيانات أعلى منها و50% أقل منها، الوسيط يقدم مقياسًا أكثر قوة للنزعة المركزية من المتوسط، لأنه أقل تأثرًا

بالقيم المتطرفة، بعد حساب الوسيط لكل الأشهر اتضح ان الشهور مارس، أبريل، ديسمبر لها وسيط يبلغ قيمته (0.01) وهو قريب جدًا من الصفر، مما يؤكد أن الظروف المعتدلة والطبيعية هي السمة الغالبة لهذه الأشهر حيث تتساوى احتمالات الجفاف والهطول، وتظهر القيم الموجبة في يناير (0.23)، فبراير (0.08)، نوفمبر (0.19) وهذا يدل على ان نصف القيم أعلى من الصفر، أي أن هذه الأشهر تميل للهطول أكثر من الجفاف على المدى الطويل أما البيانات السالبة فتظهر في الأشهر مايو (0.19-)، سبتمبر (0.02-)، أكتوبر (0.15-) وتعني أن نصف القيم أقل من الصفر، مما يشير إلى أن أغلب الحالات الشهرية تميل للجفاف، وهذا يتسق مع المناخ المتوسطي حيث تكون نهايات المواسم الانتقالية أقل استقرارًا وأقرب للجفاف، بينما كان المتوسط قريبًا من الصفر لجميع الأشهر، تشير قيم الوسيط إلى أن معظم الأشهر تميل إلى أن تكون قريبة من الصفر، مما يدل على أن هناك توازنًا بين الأشهر الرطبة والجافة، على رغم أن المتوسط العام قريب من الحياد، فإن الوسيط يكشف اختلالاً داخليًّا متمثلا في أن الشتاء المبكر يميل للهطول، بينما الخريف المتأخر يتجه نحو الجفاف.

- يلاحظ وجود حالات مطرية متطرفة في جميع الأشهر ضمن الفترة الزمنية، تتراوح القيم العظمى بين 2.32+ و2.82+ للمؤشر، وان اعلى قيم عظمى موجبة للمؤشر سجلت في فبراير 1959م (2.82+) ويناير 1990م (2.78+) ونوفمبر 1953 (2.74+)، تشير هذه القيم العظمى إلى وجود سنوات ذات هطول مطري استثنائي وشديد، وأنها تتركز في الأشهر الشتوية، وقد تكون مرتبط

بنشاط عواصف متوسطية أو أنظمة ضغط منخفض عميقة، مما يزيد من مخاطر الفيضانات في هذه الفترة.

- يظهر أن أشد حالات الجفاف التي تمثلها القيم الصغرى السالبة لمؤشر الجفاف تحدث في يناير 1946م (2.47-) تليها فبراير (2.03-) وديسمبر (1.95-)، مما يشير إلى أن الجفاف المتطرف يتركز في الأشهر الباردة من موسم الأمطار، بينما نجد ان الأشهر الانتقالية أبريل، مايو، سبتمبر، وأكتوبر لا تصل إلى عتبة الجفاف الشديد (عتبة 1.50-)، مما يدل على ان هذه الأشهر تظهر قيما سالبة أكثر اعتدالاً، تعكس نمطًا من الجفاف الموسمي الطبيعي، وتعتبر بعيدة نسبيا عن حالات الجفاف الشديد أو المتطرف، وتقتصر أقصى حالات الجفاف فيها على فئة الجفاف المتوسط أو الأقل.
- المدى هو الفرق بين الحد الأقصى والحد الأدنى لبيانات المؤشر، وكلما زاد المدى زاد تشتت البيانات، وهو يبين مدى المخاطر الشاملة التي قد يصل إليها المناخ في كل شهر. حيث يلاحظ أن أعلى تشتت وتقلب سجل في شهر يناير (5.25)، يليه فبراير (4.85)، هذا يؤكد الاستنتاج بأن قمة موسم الأمطار الشتوي (يناير وفبراير) هي الفترة التي تشهد أقصى درجات التشتت بين سنوات الجفاف المتطرف وسنوات الهطول المتطرفة، ومن جانب اخر كان أدني تشتت وتقلب قد سجل في شهر سبتمبر (2.66)، مما يدل على أن هذا الشهر هو لأكثر استقرارا في الظروف المناخية، حيث أن بيانات المؤشر فيه لا تتجاوز 0.18- في أسوأ حالات الجفاف، وهذا يؤكد

أنه شهر انتقالي ينزع إلى الاستقرار النسبي. والخلاصة، ان الأشهر ذات المدى المنخفض (مثل سبتمبر، 1.96) تشير إلى استقرار أكبر في الظروف المناخية، بينما الأشهر ذات المدى العالي ترشد إلى تقلبات أكبر.

تحليل التكرارات الشهرية: التكرارات الشهرية لفئات قيم مؤشر Z الصيني هي أداة مهمة لإعطاء صورة واضحة عن توزيع حالات الجفاف والهطول، وذلك من خلال تحديد شدتها ومدى تكرارها وتأثيرها.

الجدول (3): التكرارات الشهرية لنتائج مؤشر Z الصيني

التصنيف	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المجموع	النسبة %
هطول متطرف	1	1	2	2	2	2	3	1	3	17	2.9
هطول شديد	2	2	2	3	3	2	1	1	2	18	3.1
هطول متوسط	4	6	4	4	4	6	6	9	4	47	8.0
الوضع القريب من المعتاد	49	47	48	56	56	55	55	44	49	459	78.5
جفاف متوسط	4	3	5	0	0	0	0	9	6	27	4.6
جفاف شديد	3	5	4	0	0	0	0	1	1	14	2.4
جفاف متطرف	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0.5

يقدّم الجدول (3) التكرارات الشهرية لتوزيع حالات الهطول والجفاف وقد تم تصنيفها الى 7 فئات هي هطول متطرف، هطول شديد، هطول متوسط، قريب من المعتاد، جفاف متوسط، جفاف شديد، جفاف متطرف، ويمكن مناقشة وتحليل النتائج الموجودة في الجدول وفق الآتي:

- يلاحظ أن الفئة "الوضع القريب من المعتاد" هي الأكثر شيوعًا ولها سيطرة واضحة وتمثل الحالة الطبيعية أو الاقرب من المتوسط، حيث بلغ مجموع تكرارها 459 حالة، أي ما يعادل 78.5% من إجمالي الحالات، مما يدل على أن معظم الأشهر تقع ضمن النطاق الطبيعي لتقلبات الهطول

المطري في درنة خلال الأشهر المشمولة بالدراسة، وهذا يؤكد ان المناخ في درنة يظل في الغالب ضمن النطاق المعتاد وهو ما يتوافق مع المناطق شبه الجافة التي تمر بفترات طبيعية طويلة بين الأحداث القصوى.

- مجموع حالات الهطول (المتوسط، الشديد، المتطرف) تبلغ 82 حالة وهو ما يمثل 14.0% من الإجمالي، ورغم ان مناخ مدينة درنة تتبع مناخا متوسطيا وشبه جاف، فان تكرار حالات الجفاف (المتوسط، الشديد، المتطرف) تبلغ 44 حالة وهو ما يعادل 7.5%، مما يشير إلى ان تكرار ظواهر الهطول أعلى من تكرار ظواهر الجفاف، ومع هذا فان الجفاف ليس ظاهرة نادرة، ولكنه يحدث بمعدل ملحوظ، خاصة الجفاف المتوسط.
- يظهر انعدام حالات الجفاف في الأشهر أبريل، مايو، سبتمبر، وأكتوبر مما يشير الى ان بداية ونهاية موسم الأمطار (سبتمبر-أكتوبر/أبريل-مايو) أقل عرضة للجفاف، بينما يتمركز الجفاف الشديد والمتوسط في منتصف موسم الأمطار (نوفمبر - مارس)، مع وجود الجفاف المتطرف بشكل حصري في شهري يناير وفبراير.
- تحدث حالات الهطول المتطرف عندما تتجاوز قيمة مؤشر Z الصيني اثنين أو أكثر مما يشير الى ندرة حالات الهطول الشديدة والعنيفة، وكانت أعلى التكرارات للهطول المتطرف قد سجلت في أشهر أكتوبر وديسمبر بثلاث حالات لكل منهما، ووجود هذه الحالات في أكتوبر يدل على بداية موسم الأمطار في الخريف الذي قد يشهد أحداثًا عنيفة في درنة، أما وجودها في ديسمبر

يشير إلى استمرارية هذه الظواهر في موسم الشتاء، وهذا يجعل فترة الشهرين الأكثر خطورة لتوقع الفيضانات العنيفة، يليهما في الخطورة الأشهر مارس، ابريل، مايو، سبتمبر، بتكرارين من حالات الهطول المتطرف لكل منهم.

- عندما تتراوح قيم مؤشر Z الصيني بين 1.50 و1.99 يدل ذلك على حالات الهطول الشديد وهي تتصف بهطول غزير لكنه أقل ندرة من الهطول المتطرف وقد سجلت أشهر أبريل ومايو أعلى تكرار للهطول الشديد بثلاث حالات لكل منهما، مما يشير الى أن هذه الفترة قد تشهد عواصف رعدية أو هطولاً مركزًا وغزيرًا، وموقع هذين الشهرين في نهاية الموسم يجعل أي هطول فيهما يشكل خطرًا بسبب حالة التشبع المسبق للأرض.
- بلغت عدد حالات الهطول المتطرف 17 حالة والهطول الشديد 18 حالة بمجموع يصل الى 35 حالة وهو ما يمثل 6% من الإجمالي، هذه الفئة من الهطول هي المحرك الرئيسي لتشكل الفيضانات والسيول في مدينة درنة التي تقع على ساحل البحر الأبيض المتوسط ويتخللها الأودية، عندما تحدث هذه الفئة من الهطول فان كمية المياه تفوق قدرة التربة على الامتصاص وقدرة شبكات الصرف على الاستيعاب، مما يزيد بشكل كبير من كميات الجريان السطحي ويسرع من تكوين السيول والفيضانات وتدفق هائل للمياه عبر مجاري الأودية باتجاه البحر، حدوث اعلى التكرارات في نهاية الربيع في شهري ابريل ومايو يعني ان التربة وخزنات المياه الجوفية قد تكون بالفعل مشبعة من أمطار الشتاء السابق. تحليل احتمالية التجاوز وفترة

الرجوع: تقدم تحليلات احتمالية التجاوز وفترات الرجوع للمؤشر أساسًا كميًا لتقييم شدة وندرة وخطورة أحداث الجفاف والهطول، ويمكن تلخيص التحليل والمناقشة كما يلي:

- الهطول المتطرف له احتمالية 2.9% وفترة رجوع قصيرة تبلغ 34.41 شهرًا أي حوالي 3.82 سنة، مما يشير الى ان مدينة درنة معرضة لمخاطر تساقط مطري غزير جدًا وقد تنشأ عنه فيضانات وهي الخطر الكارثي والأشد من حيث التكرار على المدى القصير الذي قد تتعرض له المدينة، مما يستدعي تخطيطًا استباقيًا للتعامل مع الجريان السطحي وحماية البنية التحتية.
- تظهر النتائج ان الجفاف المتطرف يبلغ احتمالية حدوثه 0.5% فقط، ويتطلب فترة رجوع تبلغ 195 شهرًا أي حوالي 21.67 سنة، وهذا يشير على ان الجفاف الغير مألوف في مدينة درنة هو حدث استثنائي والأندر على الإطلاق.
- من الفقرتين السابقتين يمكن ملاحظة أن ظاهرة الهطول المتطرف هي ظاهرة تتكرر بمعدل أكثر من 5 الى 6 مرات من ظاهرة الجفاف المتطرف مما يؤكد أن التساقط المتطرف أكثر شيوعًا في درنة وهذا يحتم وجود إنذار مبكر فعال من الهطول الاستثنائي.

الجدول (4): احتمالية التجاوز وفترة الرجوع

التصنيف	الاحتمالية (P)	الاحتمالية %	فترة الرجوع بالشهور	فترة الرجوع بالسنوات
هطول متطرف	0.029	2.91	34.41	3.82
هطول شديد	0.031	3.08	32.50	3.61
هطول متوسط	0.080	8.03	12.45	1.38
الوضع القريب من المعتاد	0.785	78.46	1.27	0.14
جفاف متوسط	0.046	4.62	21.67	2.41
جفاف شديد	0.024	2.39	41.79	4.64
جفاف متطرف	0.005	0.51	195.00	21.67

الاستنتاجات

بناءً على التحليل الشامل لنتائج مؤشر Z الصيني في مدينة درنة، توصلت الدراسة إلى مجموعة من الاستنتاجات العلمية والعملية التالية:

- تُظهر النتائج أن النمط المناخي لمدينة درنة يتميز باستقرار نسبي مع سيادة لحالة مناخية طبيعية ومعتادة خلال معظم أشهر الموسم المطري، مما يدل على أن النظام المناخي للمنطقة، باستثناء أشهر الصيف المستبعدة، لا يميل بشكل جذري للجفاف أو الهطول على المدى الطويل، لكن مع احتمالات غير مهملة لحدوث جفاف أو هطول متطرف، وأن التقلبات المناخية الشديدة لا تمثل النمط السائد.
- أكدت الدراسة إحصائيًا أن درنة معرضة لمخاطر الهطول المتطرف (قد تصل الى الفيضانات) بشكل أعلى بكثير من حالات الجفاف المتطرف، فتعرضها للهطول المتطرف أكبر بخمسة إلى ستة أضعاف من تعرضها للجفاف المتطرف، حيث ان فترة الرجوع للهطول المتطرف هي حوالي أربع سنوات فقط.
- تبين وجود مواسم حرجة ينبغي الانتباه إليها، منها شهر سبتمبر الذي يظهر أكثر الشهور هطول في المتوسط وأكبر التواء موجبا بين كل الاشهر، مما يدل على أن هذا الشهر، رغم كونه انتقاليًا، يحمل احتمالية عالية لهطولات مطرية نادرة ولكنها شديدة العنف والتطرف وقد تصل الى

الفيضانات (إعصار دانيال بتاريخ سبتمبر 2023م)، أما شهري يناير وفبراير فيمثلان قمة الموسم المطري ولكنهما الأكثر تذبذبًا (أعلى انحراف معياري)، وهما الفترة التي تتركز فيها أقصى حالات الجفاف المتطرف وأقصى حالات الهطول، مما يجعل التنبؤ فيهما صعبًا وإدارتهما مائيًا معقدة. وأخيرا، أشهر الربيع أبريل ومايو، سُجلت فيهما أعلى تكرارات لـ "الهطول الشديد" (وليس المتطرف)، وهو ما يشكل خطورة إضافية نظرًا لتشبع التربة بالمياه في نهاية الموسم الشتوي، مما يرفع من مستوى الجريان السطحي.

- بينما يتكرر الهطول المتطرف بسرعة، فإن الجفاف المتطرف يحدث بفاصل زمني طويل يقارب 21 سنة مما يؤكد انه ظاهرة دورية طويلة الأمد، أما الجفاف الشديد فيتكرر كل 4.6 سنوات تقريبًا.
- أن الظواهر المتطرفة تتبع نمطًا موسميًا واضحا، فالجفاف الشديد والمتطرف يتركز حصريًا في قلب الشتاء (يناير، فبراير، ديسمبر)، بينما يغيب تمامًا في الفترات الانتقالية (أبريل، مايو، سبتمبر، أكتوبر). في المقابل، يصل ذروة الهطول المتطرف في أول الشتاء (ديسمبر) ونهاية الخريف (أكتوبر)، مما يرجح أن التربة المشبعة في نهاية الموسم الشتوي تزيد من حساسية المدينة للفيضانات.
- هناك دور محوري للتضاريس في تفاقم مخاطر الهطول وتضخيم تأثيرها التي تجعل من أي هطول يتحول بسرعة إلى هطول مطري متطرف وجريان سطحي خطير قد يصل الى الفيضانات.

- أثبت مؤشر Z الصيني كفاءته كأداة تشخيصية دقيقة لتقييم حالات الجفاف والهطول وتحديد احتمالات تكرارها في المناطق ذات المناخ المتوسطي كمدينة درنة، مما يجعله أساسًا متينًا لبناء نظم إنذار مبكر.

التوصيات

- من الأولويات القصوى إنشاء نظم للإنذار المبكر تعتمد على مؤشرات الجفاف للتنبؤ بالجفاف والفيضانات الشديدة قبل وقوعها بفترة كافية لاتخاذ الإجراءات اللازمة، خصوصا في وجود فترة رجوع أحداث الهطول المتطرفة (أقل من 4 سنوات)، مع الاهتمام خاصة بالأشهر الانتقالية (سبتمبر ومايو).
- العمل على دمج نتائج مؤشر Z الصيني مع مؤشرات أخرى تأخذ في الاعتبار درجة الحرارة والتبخر، مثل مؤشر SPI وSPEI وPDSI للحصول على تقييم أكثر شمولية لحالات الجفاف والهطول، ولزيادة الموثوقية من خلال المقارنة بين مؤشرات متعددة تعكس جوانب من السلوك المناخي والهيدرولوجي.
- يتعين منع البناء في المناطق المعرضة للجريان السطحي و مجرى الوادي و المنحدرات الجبلية وذلك لتقليل حجم الخسائر البشرية والمادية المحتملة في حال حدوث حالات مطرية شديدة.

- أهمية توظيف النماذج العددية المناخية للتنبؤ بحالات الجفاف والهطول المستقبلية طويلة الأمد وتأثيرها على الموارد المائية والتغير المناخي المستقبلي، مما يساعد في التخطيط الاستراتيجي بعيد الامد.
- من المهم استخدام نماذج التنبؤات العددية بالطقس لعمل توقعات قصيرة المدى للتحذير من الظواهر الجوية المتطرفة اليومية وقصيرة الامد، ووضع خطط تعتمد على التنبؤات الموسمية والتركيز على المراقبة الدقيقة لحالات الجفاف والهطول.
- تبني استراتيجيات إدارة مائية مزدوجة في آن واحد، تشمل التخفيف من آثار الجفاف والتركيز على التكيف مع الجفاف المتوسط المتكرر (فترة عودة 2.41 سنة) من خلال المحافظة على المياه لتخفيف الضغط على الموارد المائية في فترات الجفاف، والاستعداد لمخاطر الفيضانات المتطرفة لضمان قدرة البنية التحتية على استيعاب وتخزين مياه الأمطار الغزيرة والقصيرة خلال فترات الهطول المتطرف.
- وجوب تعزيز آليات إتاحة البيانات المناخية الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية في ليبيا بما يضمن سهولة الوصول إليها، مع التأكيد على أهمية تبنّي منظومة منهجية لمراقبة جودة هذه البيانات والتحقق من دقتها قبل استعمالها في الدراسات العلمية، مع المطالبة بتوفير البيانات التي تم رصدها خلال الاحتلال الإيطالي لليبيا وما قبل ذلك وتحديث بيانات الرصد الجوي ما بعد سنة 2011م

- يوصى بمراجعة القدرة الاستيعابية للسدود وبرامج صيانتها لتلائم الموجات الدورية من السيول حيث ان "الهطول المتطرف" يتكرر كل 3.8 سنوات تقريباً، واستغلالها لدعم الخزنات الجوفية لمواجهة سنوات الجفاف التي تعود كل 4.6 سنوات في حالات "الجفاف الشديد".
- العمل على التوسع في دراسة حالات الجفاف والهطول المتطرف على كل المدن والمناطق في ليبيا للحصول على نتائج دقيقة ومفصلة ووضع نظام متكامل للمراقبة في مختلف المناطق، خصوصا مع زيادة مخاطر التغيرات المناخية المؤثرة على مناخ الكرة الارضية.
- التأكيد على العمل المشترك بين الجهات المهتمة بظاهرة الجفاف كالمركز الوطني للأرصاد الجوية والهيئة العامة للمياه وقسم علم الغلاف الجوي بجامعة طرابلس وغيرها، لما لذلك من اهمية في الدراسات البحثية والتخطيط الاستراتيجي ولمواجهة الحاجة المتنامية للمياه مستقبلا ولتخفيف أثار هذه الظاهرة.
- يجب تعزيز الوعي حول أهمية إدارة الموارد المائية في حالات الجفاف والهطول المتطرف في المجتمع المحلي من خلال حملات توعية وورش عمل تعليمية.

المراجع

1. زياد حبيب، ومحمد الشامس. (2023). تحليل وتتبع الاعصار الذي اجتاح مدينة درنة الليبية خلال الفترة 4-2023/9/11م، مجلة الأستاذ، العدد 25، تصدر عن نقابة أعضاء

هيئة التدريس بجامعة طرابلس تحت اشراف الهيئة الليبية للبحث العلمي، خريف 2023م.

2. سالار خضر. (2014). مفهوم المنخفض شبه المداري على مناخ البحر المتوسط والعراق"، مجلة الآداب، العدد 108، جامعة بغداد، كلية التربية للبنات، قسم الجغرافيا.

3. عمر مقداد اغا،2021، التحري عن الجفاف المناخي باستخدام مؤشر Z الصيني (CZI) لمحافظة نينوي، العراق، Tikrit Journal of Engineering Sciences، العدد 28(4):14-24

4. Ali. A. Abdulla, Hafi. B. Zuhir, (2022) .Standardized *Precipitation Index (SPI) In North Libya and Connection with North Atlantic Oscillation (Nao*). Quantum Journal of Engineering, Science and Technology, 2022, 3(1) 14–28.

5. Hochman, A., Marra, F., Messori, G., Pinto, J. G., Raveh-Rubin, S., Yosef, Y., & Zittis, G. (2022). *Extreme weather and societal impacts in the eastern Mediterranean*. Earth System Dynamics, 13, 749–777.

6. IPCC, (2021). Climate Change 2021: *The Physical Science Basis*, Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

7. McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 179–184.

8. Mohit Mayoor, Anjani Kumari, Somnath Mahapatra, Prabeer Kumar Parhi4 and Harendra Prasad Singh, (2018). *Comparison of Four Precipitation Based Drought Indices in Marathwada Region of Maharashtra India*, International Journal of Advance and Innovative Research Volume 5, Issue 4.

9. Thom, H. C. S. (1958). *A note on the gamma distribution.* Monthly Weather Review, 86(4), 117–122.

10. Tous, G. Zappa, R. Romero, L. Shaffrey, and P. L. Vidale, (2016). *Projected changes in medicanes in the HadGEM3 N512 high-resolution global climate model*, Climate Dyn., 47, 1913–1924.

11. Wilson, E. B., & Hilferty, M. M. (1931). *The distribution of chi-square. Proceedings of the National Academy of Scienc*es, 17(12), 684–688.

12. WMO-1173, World Meteorological Organization and Global Water Partnership, (2016). *Handbook of Drought Indicators and Indices*, Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2, WMO-No. 1173

13. Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A., & Hu, Q. (2001). *An evaluation of the standardized precipitation index, the China-Z index and the statistical Z-score*. International Journal of Climatology, 21(6), 745–758. https://doi.org/10.1002/joc.658.

Analysis of Return Periods for Extreme Drought and Precipitation Events in Derna City, Libya, Using the China Z-Index (CZI)

Zeyad Z Habib[1], Suhila Abuleid[2]

[1]habibzeyad@hotmail.com

[2]suhila.abuleid@gmail.com

Abstract

This study aims to evaluate the long-term characteristics and conditions of drought and precipitation in the city of Derna, located in northeastern Libya within the Mediterranean and semi-arid climatic region. The China Z Index (CZI) was employed as the primary statistical tool due to its suitability for non-normally distributed data, using monthly time series data covering the period from 1946 to 2010. Naturally dry summer months (June, July, and August) were excluded from the analysis. The methodology involved calculating the statistical properties of the index, analyzing the monthly frequencies of drought

and wetness categories, and estimating exceedance probabilities and return periods of extreme precipitation events.

The results indicate that Derna's climatic pattern is characterized by relative stability, with near-normal conditions prevailing in approximately 78% of the months. Extreme precipitation events account for only about 2.9% of the total observations; however, they pose a significant hazard due to their short return period of approximately 3.8 years. Furthermore, the findings reveal that the risk of extreme precipitation is substantially higher than that of extreme drought, which exhibits a return period of about 21 years. This highlights the city's vulnerability to flash floods resulting from its topographic characteristics and coastal location. The analysis also confirms that January and February represent the peak of precipitation variability, while September is identified as the month most susceptible to rare and extreme rainfall events.

Keywords: drought, China Z Index (CZI), Derna, Libya, exceedance probability, return period, extreme precipitation.