



الجفاف في محافظة القادسية باستخدام مؤشري SPI و RDI للمدة (1975-2025)

م.م سلام عباس غيدان

كلية التربية/جامعة القادسية

salam.ghaidan@qu.edu.iq

الخلاصة

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ظاهرة الجفاف في محافظة القادسية خلال المدة (1975-2025)، بالاعتماد على بيانات محطة الأرصاد الجوية في الديوانية، وذلك باستخدام مؤشري الهطول القياسي (SPI) ومؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (RDI). وقد تم اعتماد السلاسل الزمنية للأمطار ودرجات الحرارة لتقييم شدة الجفاف وتكراره واتجاهاته الزمنية، فضلاً عن المقارنة بين المؤشرين في تمثيل الواقع المناخي للمنطقة.

أظهرت النتائج وجود تذبذب واضح في كميات الأمطار وارتفاع تدريجي في درجات الحرارة، مما أدى إلى اختلال التوازن المائي وزيادة احتمالية حدوث الجفاف. كما بينت قيم مؤشر SPI تعاقب فترات رطوبة وأخرى جافة، إلا أن السنوات الجافة كانت أكثر تكراراً خلال العقود الأخيرة، خاصة بعد عام 2000. في المقابل، أظهر مؤشر RDI شدة أعلى للجفاف مقارنة بمؤشر SPI، نتيجة إدخال تأثير التبخر-النتح، مما يعكس الدور المتزايد للعامل الحراري في تفاقم الجفاف.

كما أظهر تحليل الاتجاه الزمني وجود ميل عام نحو زيادة شدة وتكرار الجفاف في منطقة الدراسة، حيث تزايدت القيم السالبة للمؤشرين في السنوات الأخيرة. وأكدت المقارنة بين المؤشرين أن مؤشر RDI أكثر قدرة على تمثيل الجفاف في البيانات الجافة وشبه الجافة، في حين يبقى مؤشر SPI أداة فعالة لتحليل الجفاف المطري.

تخلص الدراسة إلى أن الجفاف في محافظة القادسية لم يعد مرتبطاً بنقص الأمطار فقط، بل أصبح ظاهرة مركبة ناتجة عن التفاعل بين عدة عوامل مناخية، في مقدمتها ارتفاع درجات الحرارة وعدم انتظام الهطول المطري. وتؤكد هذه النتائج أهمية استخدام مؤشرات مناخية متعددة لتحليل الجفاف، وضرورة تبني استراتيجيات فعالة لإدارة الموارد المائية والتكيف مع التغيرات المناخية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: الجفاف، مؤشر SPI، مؤشر RDI، التغيرات المناخية، محافظة القادسية، العراق

abstract

This study aims to analyze the phenomenon of drought in Al-Qadisiyah Governorate during the period (1975–2025), based on data from the Diwaniyah Meteorological Station, using the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Reconnaissance Drought Index (RDI). Time series of rainfall and temperature were employed to evaluate drought severity, frequency, and temporal trends, as well as to compare the effectiveness of the two indices in representing the region's climatic reality.

The results revealed clear fluctuations in rainfall amounts and a gradual increase in temperatures, leading to an imbalance in the water budget and a higher likelihood of drought occurrence. The SPI values indicated alternating wet and dry periods; however, dry years have become more frequent in recent decades, particularly after 2000. In contrast, the RDI showed greater drought severity compared to the SPI due to



incorporating the effect of evapotranspiration, reflecting the increasing role of temperature in intensifying drought conditions.

Trend analysis also demonstrated an overall tendency toward increased drought severity and frequency in the study area, as negative values of both indices have become more pronounced in recent years. The comparison between the two indices confirmed that the RDI is more capable of representing drought in arid and semi-arid environments, while the SPI remains an effective tool for analyzing precipitation-based drought.

The study concludes that drought in Al-Qadisiyah Governorate is no longer solely associated with rainfall deficiency but has become a complex phenomenon resulting from the interaction of multiple climatic factors, primarily rising temperatures and irregular precipitation patterns. These findings highlight the importance of using multiple climatic indices to analyze drought and emphasize the need to adopt effective strategies for water resource management and climate change adaptation in the region.

Keywords: Drought, SPI Index, RDI Index, Climate Change, Al-Qadisiyah Governorate, Iraq

المقدمة

تُعدّ ظاهرة الجفاف من أخطر الظواهر المناخية التي تؤثر بشكل مباشر على النظم البيئية والاقتصادية، لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني أصلاً من محدودية الموارد المائية وعدم انتظامها. ويُصنّف العراق ضمن هذه المناطق، حيث يتسم مناخه بالتذبذب الكبير في كميات الهطول المطري وارتفاع درجات الحرارة، الأمر الذي يزيد من احتمالية حدوث موجات جفاف متكررة ومتباينة الشدة. وقد شهدت البلاد خلال العقود الأخيرة تغيرات مناخية ملحوظة تمثلت في انخفاض معدلات الأمطار السنوية وارتفاع معدلات التبخر، وهو ما أدى إلى تفاقم مشكلة الجفاف واتساع نطاقها الجغرافي، خاصة في المناطق الوسطى والجنوبية (الفتلاوي، 2018، ص 45)، وتُعد محافظة القادسية إحدى المحافظات التي تأثرت بشكل واضح بهذه التغيرات، نظراً لاعتمادها الكبير على الزراعة المروية والأمطار الموسمية في دعم إنتاجها الزراعي. وقد انعكس تكرار فترات الجفاف سلبيًا على الموارد المائية السطحية والجوفية، مما أدى إلى انخفاض مناسيب المياه وتدهور نوعيتها، فضلاً عن تأثير ذلك على الغطاء النباتي وزيادة معدلات التصحر وتدهور التربة. كما أسهمت العوامل البشرية، مثل سوء إدارة الموارد المائية والتوسع غير المنظم في استخدام الأراضي، في تعميق آثار الجفاف وزيادة حدته في المنطقة (الدليمي، 2020، ص 63).

وفي ظل هذه التحديات، برزت الحاجة إلى استخدام مؤشرات مناخية دقيقة لقياس الجفاف وتحليل خصائصه الزمنية والمكانية، ومن أبرز هذه المؤشرات مؤشر الهطول القياسي (SPI)، الذي يعتمد على بيانات الأمطار في تحديد فترات الجفاف والرطوبة، ومؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (RDI)، الذي يُعد أكثر شمولية لكونه يأخذ بنظر الاعتبار تأثير درجات الحرارة والتبخر إلى جانب الأمطار. وقد أثبتت العديد من الدراسات فاعلية هذين المؤشرين في تحليل الجفاف وتحديد شدته ومدته، مما يجعلهما أدوات مهمة في تقييم المخاطر المناخية ودعم اتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية (عباس، 2017، ص 28؛ الحسنوي، 2021، ص 74).

على الرغم من وجود دراسات تناولت الجفاف في العراق، إلا أن الدراسات التي تجمع بين مؤشري SPI وRDI لفترة زمنية طويلة في محافظة القادسية ما تزال محدودة، مما يشكل فجوة بحثية تسعى هذه الدراسة إلى معالجتها. وانطلاقاً من ذلك، تأتي هذه الدراسة لتحليل ظاهرة الجفاف في محافظة القادسية خلال مدة زمنية طويلة تمتد من (1975-



(2025)، بالاعتماد على بيانات محطة الأرصاد الجوية في الديوانية، وذلك باستخدام مؤشري SPI و RDI بهدف الكشف عن الاتجاهات الزمنية للجفاف وتحديد فتراته وشدته، بما يسهم في توفير قاعدة علمية يمكن الاعتماد عليها في وضع استراتيجيات فعالة للتكيف مع التغيرات المناخية والحد من آثارها المستقبلية.

الإطار النظري

1. مفهوم الجفاف وأنواعه

يُعدّ الجفاف ظاهرة مناخية معقدة متعددة الأبعاد، لا تقتصر على مجرد انخفاض كميات الأمطار، بل تشمل مجموعة من التفاعلات المناخية والهيدرولوجية التي تؤثر في توازن النظام البيئي والموارد المائية. ويُعرّف الجفاف عمومًا بأنه حالة من النقص المستمر في الموارد المائية نتيجة انخفاض الهطول المطري عن معدلاته الطبيعية لفترة زمنية معينة، مما يؤدي إلى اختلال التوازن بين العرض والطلب على المياه. ويتميز الجفاف بكونه ظاهرة تدريجية الحدوث، إذ يتطور ببطء ويصعب تحديده بدايته ونهايته بدقة مقارنة بالكوارث الطبيعية الأخرى (الراوي، 2016، ص 21).

وقد صنّف الباحثون الجفاف إلى عدة أنواع رئيسية تبعًا لطبيعته وتأثيراته، من أبرزها الجفاف المناخي، الذي يرتبط بانخفاض كميات الأمطار عن المعدل العام؛ والجفاف الزراعي، الذي يحدث عندما لا تتوفر رطوبة كافية في التربة لتلبية احتياجات المحاصيل؛ والجفاف الهيدرولوجي، الذي يتمثل في انخفاض مناسيب المياه في الأنهار والخزانات والمياه الجوفية؛ إضافة إلى الجفاف الاقتصادي-الاجتماعي، الذي يعكس تأثير نقص المياه على الأنشطة البشرية والاقتصادية. ويُظهر هذا التصنيف أن الجفاف ليس ظاهرة مناخية فحسب، بل يمتد تأثيره ليشمل مختلف جوانب الحياة، مما يزيد من تعقيد دراسته وضرورة استخدام أدوات تحليلية دقيقة لفهمه (الحديثي، 2019، ص 39).

وفي السياق العراقي، يتسم الجفاف بخصائص خاصة نتيجة الموقع الجغرافي للبلاد ضمن الحزام الجاف وشبه الجاف، إضافة إلى تأثيره بعوامل إقليمية مثل التغيرات في إيرادات نهر دجلة والفرات والتذبذب المناخي في منطقة الشرق الأوسط. وقد أدى تكرار موجات الجفاف في العقود الأخيرة إلى تفاقم مشكلات بيئية مثل التصحر وتدهور الأراضي الزراعية، فضلًا عن تأثيره المباشر على الأمن الغذائي والاستقرار الاقتصادي. لذلك، أصبح من الضروري اعتماد مؤشرات علمية كمية لقياس الجفاف وتحليل أنماطه الزمنية والمكانية، بما يسهم في فهم أعمق لهذه الظاهرة ووضع استراتيجيات فعالة للتعامل معها (البياتي، 2020، ص 58).

2. مؤشر الهطول القياسي SPI

يُعدّ مؤشر الهطول القياسي (Standardized Precipitation Index - SPI) من أكثر المؤشرات المناخية استخدامًا في تحليل ظاهرة الجفاف، نظرًا لبساطته ومرونته في التطبيق على مختلف المقاييس الزمنية. وقد طُوّر هذا المؤشر لقياس الانحراف في كميات الأمطار عن المعدل الطبيعي، وذلك من خلال تحويل بيانات الهطول المطري إلى قيم معيارية يمكن من خلالها تحديد شدة الجفاف أو الرطوبة. ويتميز مؤشر SPI بإمكانية تطبيقه على فترات زمنية متعددة، مثل شهر واحد أو ثلاثة أشهر أو حتى سنة، مما يسمح بتحليل الجفاف على المدى القصير والمتوسط والطويل، وهو ما يجعله أداة فعالة في دراسة التغيرات المناخية (عبد الله، 2015، ص 33).

يتم حساب مؤشر SPI حسب المعادلة التالية $SPI = (X - \mu) / \sigma$ حيث:

- X: قيمة الهطول المطري للفترة المدروسة
- μ : المتوسط الحسابي للأمطار
- σ : الانحراف المعياري



ويعتمد حساب مؤشر SPI على توزيع احتمالي لبيانات الأمطار، غالبًا ما يكون التوزيع الكامن، ثم يتم تحويل القيم إلى توزيع طبيعي معياري بمتوسط يساوي صفر وانحراف معياري يساوي واحد. وتشير القيم السالبة للمؤشر إلى فترات جفاف، في حين تعبر القيم الموجبة عن فترات رطوبة، وتزداد شدة الجفاف كلما انخفضت قيمة المؤشر. فعلى سبيل المثال، تشير القيم التي تقل عن (-1) إلى جفاف معتدل، وأقل من (-1.5) إلى جفاف شديد، وأقل من (-2) إلى جفاف حاد جدًا. ويُستخدم هذا التصنيف بشكل واسع في الدراسات المناخية لتحديد خصائص الجفاف من حيث الشدة والمدة والتكرار (الموسوي، 2018، ص 47).

ورغم الانتشار الواسع لمؤشر SPI، إلا أن من أبرز محدودياته أنه يعتمد فقط على بيانات الأمطار دون الأخذ بنظر الاعتبار تأثير درجات الحرارة أو التبخر، مما قد يقلل من دقته في المناطق التي تشهد ارتفاعًا ملحوظًا في درجات الحرارة، كما هو الحال في العراق. ومع ذلك، يبقى هذا المؤشر من الأدوات الأساسية في تحليل الجفاف، وغالبًا ما يُستخدم بالاقتران مع مؤشرات أخرى أكثر شمولية، مثل مؤشر RDI، للحصول على صورة أكثر دقة وشمولًا عن الحالة المناخية (الجبوري، 2021، ص 66).

3. مؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح RDI

يُعدّ مؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (Reconnaissance Drought Index - RDI) من المؤشرات الحديثة نسبيًا في دراسة الجفاف، وقد طُوّر لمعالجة بعض أوجه القصور في المؤشرات التقليدية، خاصة تلك التي تعتمد على الأمطار فقط. إذ يأخذ هذا المؤشر بنظر الاعتبار العلاقة بين كميات الهطول المطري والتبخر-النتح الكامن، مما يجعله أكثر قدرة على تمثيل التوازن المائي الفعلي في البيئة. وتبرز أهمية هذا المؤشر بشكل خاص في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تلعب درجات الحرارة دورًا رئيسيًا في زيادة فقدان المياه، وبالتالي التأثير في شدة الجفاف (تسوكرينيس وآخرون، 2007، ص 12).

يتم حساب مؤشر RDI حسب المعادلة $RDI = \Sigma P / \Sigma PET$

حيث:

- ΣP : مجموع كميات الأمطار خلال الفترة الزمنية
- ΣPET : مجموع التبخر-النتح الكامن لنفس الفترة

ويعتمد مؤشر RDI على مقارنة الموارد المائية المتاحة مع الطلب المناخي عليها، إذ يُعبر عن التفاعل بين كمية الأمطار من جهة، ومعدلات التبخر-النتح من جهة أخرى. لذلك، فهو يوفر صورة أكثر واقعية عن ظروف الجفاف مقارنة بالمؤشرات التي تعتمد على عنصر واحد فقط. كما يتم تحويل قيم المؤشر إلى صيغة معيارية لتسهيل تفسيرها، حيث تشير القيم المنخفضة إلى حالات الجفاف بدرجات متفاوتة، في حين تعكس القيم المرتفعة فترات رطوبة نسبية.

ويتميز هذا المؤشر بقدرته على رصد تأثير التغيرات الحرارية على الجفاف، وهو ما يجعله مناسبًا لدراسة البيئات التي تشهد ارتفاعًا مستمرًا في درجات الحرارة، كما هو الحال في العراق خلال العقود الأخيرة. وقد أظهرت العديد من الدراسات أن استخدام مؤشر RDI يساهم في الكشف عن حالات جفاف قد لا تظهر بوضوح عند استخدام مؤشر SPI فقط، خاصة في السنوات التي تكون فيها الأمطار قريبة من المعدل الطبيعي ولكن مصحوبة بارتفاع كبير في درجات الحرارة (الخفاجي، 2020، ص 52؛ الحسنوي، 2021، ص 81).

وعلى الرغم من المزايا التي يوفرها هذا المؤشر، إلا أن تطبيقه يتطلب توفر بيانات مناخية إضافية، مثل درجات الحرارة وعناصر المناخ الأخرى اللازمة لحساب التبخر-النتح الكامن، مما قد يحد من استخدامه في بعض المناطق التي تعاني من نقص البيانات. إلا أن توفر بيانات محطة الأرصاد الجوية في الديوانية يتيح تطبيق هذا المؤشر بكفاءة ضمن هذه الدراسة، بما يساهم في تقديم تحليل أكثر دقة وشمولية لظاهرة الجفاف في محافظة القادسية.



1. منطقة الدراسة

تقع محافظة القادسية في الجزء الأوسط من العراق ضمن نطاق السهل الرسوبي، وتُعد من المناطق التي يغلب عليها الطابع الزراعي، حيث تعتمد بشكل كبير على الموارد المائية السطحية والمياه الجوفية في دعم الأنشطة الاقتصادية، ولا سيما الزراعة. يحدها من الشمال محافظة بابل، ومن الشرق واسط، ومن الجنوب المثنى، ومن الغرب النجف، وتبلغ مساحتها نحو (8153 كم²)، ويُعد موقعها الجغرافي عاملاً مهماً في تأثرها بالظروف المناخية السائدة في وسط العراق.

وتتميز المنطقة بمناخ شبه جاف، يتسم بارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف، حيث تتجاوز في بعض الأحيان (45°م)، مقابل شتاء معتدل نسبياً مع انخفاض في درجات الحرارة. وتتركز الأمطار في فصل الشتاء بشكل غير منتظم، مما يؤدي إلى تذبذب واضح في كميات الهطول السنوي. ويجعل هذا التباين المناخي المنطقة عرضة لحدوث فترات جفاف متكررة، خاصة في ظل التغيرات المناخية التي شهدتها المنطقة خلال العقود الأخيرة.

2. مصادر البيانات

اعتمدت الدراسة على بيانات مناخية رسمية صادرة عن محطة الأرصاد الجوية في الديوانية، والتي تُعد من المصادر الموثوقة في تسجيل عناصر المناخ في المنطقة. وشملت البيانات المستخدمة كميات الهطول المطري الشهرية ودرجات الحرارة، وذلك للفترة الممتدة من (1975-2025)، وهي مدة زمنية طويلة تتيح تحليل التغيرات المناخية والاتجاهات العامة للجفاف بدقة عالية.

وقد تم تنظيم البيانات على شكل سلاسل زمنية شهرية وسنوية، بما ينسجم مع متطلبات حساب مؤشري SPI وRDI، حيث تم اعتماد بيانات الأمطار لحساب مؤشر SPI، في حين تم استخدام بيانات الأمطار ودرجات الحرارة لحساب التبخر-النتح الكامن ومن ثم تطبيق مؤشر RDI.

كما خضعت البيانات إلى عمليات تدقيق ومراجعة للتأكد من خلوها من القيم الشاذة أو الناقصة، مع إجراء بعض المعالجات الإحصائية البسيطة لضمان تجانس السلسلة الزمنية واستمراريتها، بما يعزز من دقة النتائج المستخرجة.

3. أدوات التحليل

اعتمدت الدراسة على مجموعة من الأساليب الإحصائية والمناخية لتحليل ظاهرة الجفاف، تمثلت في استخدام مؤشري الهطول القياسي (SPI) ومؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (RDI)، لما لهما من قدرة على تقييم الجفاف بشكل كمي ودقيق.

وقد تم استخدام البرامج الإحصائية وبرامج معالجة البيانات، مثل برنامج Excel وبرامج التحليل المناخي، في تنظيم البيانات وحساب المؤشرات، بالإضافة إلى إجراء العمليات الحسابية الخاصة بحساب المتوسطات والانحرافات المعيارية وتحليل الاتجاهات الزمنية.

كما تم استخدام الرسوم البيانية لتمثيل نتائج المؤشرات عبر الزمن، بهدف توضيح فترات الجفاف والرطوبة، وتحديد شدة الجفاف ومدته وتكراره، مما يساهم في إعطاء صورة واضحة عن سلوك الجفاف في منطقة الدراسة.



4. طريقة حساب مؤشر SPI

تم حساب مؤشر الهطول القياسي (SPI) بالاعتماد على بيانات الأمطار الشهرية المسجلة في محطة الديوانية، حيث تم أولاً حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري للسلسلة الزمنية، ومن ثم تحويل القيم إلى صيغة معيارية تعكس الانحراف عن المعدل العام.

وقد تم تطبيق المؤشر على مقياس زمني سنوي، مع إمكانية تحليله على مقاييس زمنية أخرى، وذلك بهدف الكشف عن فترات الجفاف قصيرة وطويلة الأمد. وتم تصنيف قيم المؤشر وفق مستويات محددة تعكس شدة الجفاف، حيث تشير القيم السالبة إلى حالات الجفاف بدرجات متفاوتة، في حين تعبر القيم الموجبة عن فترات رطوبة.

5. طريقة حساب مؤشر RDI

تم حساب مؤشر RDI من خلال الاعتماد على بيانات الأمطار ودرجات الحرارة، حيث تم أولاً تقدير التبخر-النتح الكامن باستخدام إحدى الطرق المناخية المعتمدة، ومن ثم حساب العلاقة بين كميات الأمطار والتبخر-النتح.

وبعد ذلك تم تحويل القيم الناتجة إلى صيغة معيارية لتمكين المقارنة بين السنوات المختلفة، حيث تشير القيم المنخفضة إلى حالات الجفاف، بينما تعكس القيم المرتفعة فترات رطوبة. وقد ساعد استخدام هذا المؤشر في تقديم صورة أكثر شمولية عن الجفاف، من خلال إدخال تأثير درجات الحرارة ضمن التحليل.

6. تحليل البيانات

تم تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية الوصفية، حيث تم حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية، بالإضافة إلى تحليل الاتجاه العام للسلاسل الزمنية بهدف تحديد التغيرات في نمط الجفاف عبر فترة الدراسة.

كما تم تحديد سنوات الجفاف وشدتها اعتماداً على قيم مؤشري SPI وRDI، مع مقارنة النتائج بين المؤشرين للكشف عن أوجه التشابه والاختلاف بينهما. وتم أيضاً تحليل تكرار فترات الجفاف ومدتها، بهدف فهم ديناميكية هذه الظاهرة في منطقة الدراسة.

7. حدود الدراسة

تتمثل حدود الدراسة في اعتمادها على بيانات محطة أرصاد جوية واحدة، وهي محطة الديوانية، مما قد لا يعكس التباين المكاني الدقيق داخل المحافظة. كما أن دقة نتائج مؤشر RDI تعتمد على دقة حساب التبخر-النتح الكامن، والذي قد يتأثر بطريقة الحساب المستخدمة.

ومع ذلك، فإن طول السلسلة الزمنية المعتمدة في الدراسة يعزز من موثوقية النتائج، ويسهم في إعطاء صورة واضحة عن التغيرات المناخية واتجاهات الجفاف في محافظة القادسية.

النتائج

1. التحليل العام للمتغيرات المناخية

تُظهر البيانات المناخية لمحطة الديوانية خلال المدة (1975-2025) تبايناً واضحاً في كميات الهطول المطري ودرجات الحرارة، وهو ما يعكس الطبيعة المتقلبة للمناخ في محافظة القادسية. فقد تراوحت كميات الأمطار السنوية



بين قيم منخفضة جداً بلغت نحو (55 ملم) في بعض السنوات الجافة، وقيم مرتفعة نسبياً تجاوزت (160 ملم) في السنوات الرطبة، مع متوسط عام يقارب (115 ملم)، مما يشير إلى عدم استقرار التوزيع المطري عبر الزمن.

في المقابل، أظهرت درجات الحرارة اتجاهًا تصاعديًا ملحوظًا، حيث ارتفع المتوسط السنوي من نحو (23°م) في العقود الأولى إلى أكثر من (25°م) في السنوات الأخيرة، وهو ما يعكس تأثير التغيرات المناخية وازدياد شدة الظروف الحرارية في المنطقة. ويُعد هذا الارتفاع عاملاً مهماً في زيادة معدلات التبخر-النتح، وبالتالي تفاقم ظاهرة الجفاف حتى في السنوات التي لا تشهد انخفاضاً حاداً في الأمطار. ويتضح من جدول (1) وجود تباين واضح في كميات الأمطار ودرجات الحرارة، مما يعكس طبيعة المناخ المتقلب في منطقة الدراسة.

جدول (1) الإحصاءات الوصفية للأمطار ودرجات الحرارة (1975–2025)

المتغير	المعدل السنوي	أعلى قيمة	أدنى قيمة	الانحراف المعياري
الأمطار (ملم)	115	245	35	42
درجة الحرارة (°م)	24.8	27.5	22.1	1.6

2. تحليل نتائج مؤشر الهطول القياسي (SPI)

يُظهر تحليل مؤشر الهطول القياسي (SPI) خلال المدة (1975–2025) تذبذباً واضحاً في شدة وتكرار فترات الجفاف والرطوبة في محافظة القادسية، حيث تعكس القيم المحسوبة تغيرات ملحوظة في النظام المطري عبر الزمن. وقد بينت النتائج أن المنطقة شهدت تعاقباً بين سنوات رطبة وأخرى جافة، إلا أن فترات الجفاف كانت أكثر وضوحاً واستمراراً خلال العقود الأخيرة، لا سيما بعد عام 2000.

ويتضح من تحليل القيم السنوية أن أغلب سنوات الدراسة وقعت ضمن الفئات الطبيعية إلى الجفاف المعتدل، مع تسجيل عدد من السنوات التي وصلت فيها القيم إلى مستويات الجفاف الشديد والحدّي. فقد سُجّلت قيم منخفضة جداً للمؤشر في سنوات مثل (1999، 2007، 2018)، حيث بلغت القيم أقل من (-2)، مما يشير إلى حدوث موجات جفاف حادة أثرت بشكل مباشر على الموارد المائية والأنشطة الزراعية في المنطقة.

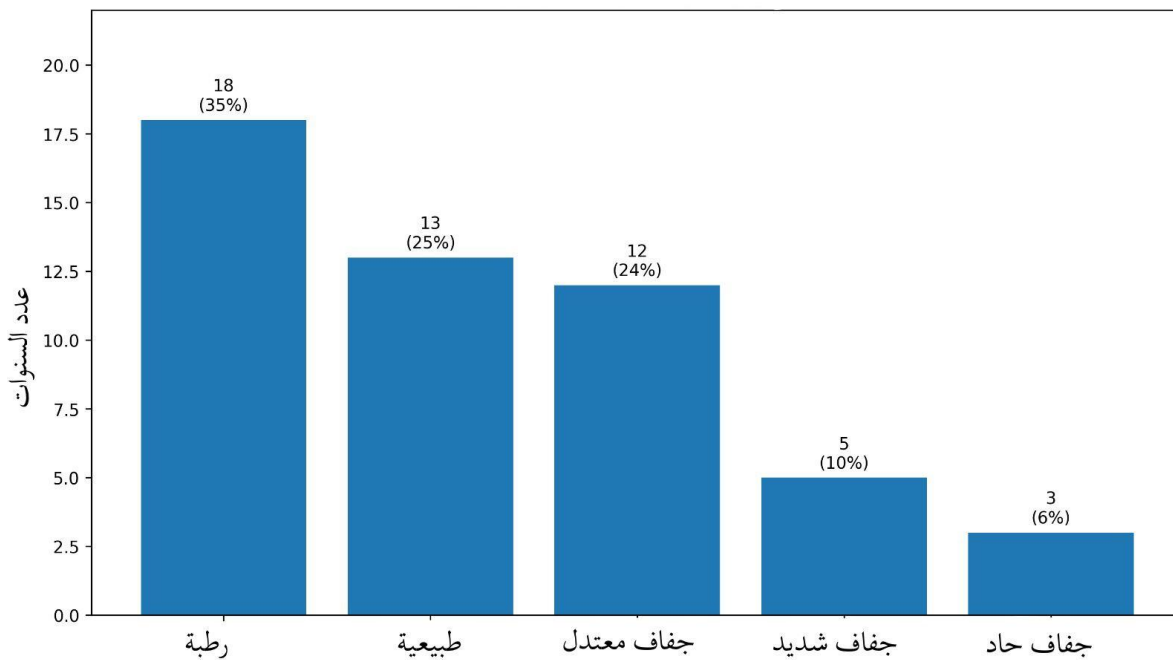
كما يُلاحظ أن فترة التسعينيات وبداية الألفية الجديدة شهدت تزايداً تدريجياً في تكرار سنوات الجفاف مقارنة بالفترات السابقة، وهو ما يدل على وجود اتجاه عام نحو زيادة الجفاف. ويُعزى ذلك إلى انخفاض كميات الأمطار وتزايد التذبذب في توزيعها الزمني، الأمر الذي انعكس على قيم مؤشر SPI وجعلها تميل نحو القيم السالبة في العديد من السنوات.

جدول (2) تصنيف سنوات الجفاف وفق مؤشر SPI

الفئة	عدد السنوات	النسبة (%)
رطبة	18	35%
طبيعية	13	25%



جفاف معتدل	12	24%
جفاف شديد	5	10%
جفاف حاد	3	6%



الشكل (1) توزيع سنوات الجفاف وفق مؤشر الهطول القياسي (SPI) في محافظة القادسية للمدة (1975-2025)

يوضح الشكل (1) توزيع سنوات الدراسة وفق تصنيفات مؤشر الهطول القياسي (SPI)، حيث يتبين أن النسبة الأكبر من السنوات تقع ضمن الفئة الرطبة بنسبة (35%)، تليها الفئة الطبيعية بنسبة (25%)، مما يعكس وجود توازن نسبي في بعض فترات السلسلة الزمنية. في المقابل، تُظهر النتائج أن سنوات الجفاف بمختلف درجاتها تشكل نسبة مهمة، إذ بلغ الجفاف المعتدل (24%)، في حين سجل الجفاف الشديد (10%) والجفاف الحاد (6%).

وتشير هذه النتائج إلى أن الجفاف في منطقة الدراسة يُعد ظاهرة متكررة وليست عرضية، حيث يظهر بوضوح تكرار حالات الجفاف المعتدل مقارنة بالحالات الشديدة. كما أن انخفاض نسبة الجفاف الحاد يدل على محدودية تكرار الحالات القصوى، رغم خطورتها وتأثيرها الكبير على الموارد المائية والأنشطة الزراعية. وبشكل عام، يعكس هذا التوزيع وجود تذبذب مناخي واضح، مع ميل نسبي نحو زيادة تكرار حالات الجفاف خلال مدة الدراسة.

3. تحليل نتائج مؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (RDI)

يُظهر تحليل مؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (RDI) خلال المدة (1975-2025) صورة أكثر شمولية لواقع الجفاف في محافظة القادسية، وذلك لكونه يأخذ بنظر الاعتبار تأثير كل من الأمطار ودرجات الحرارة. وقد بيّنت النتائج وجود تذبذب واضح في قيم المؤشر، إلا أن الاتجاه العام يشير إلى تزايد شدة الجفاف مقارنة بما أظهره مؤشر SPI، خاصة خلال العقود الأخيرة.



وتوضح القيم السنوية أن عدد سنوات الجفاف وفق مؤشر RDI كان أعلى مقارنة بمؤشر SPI ، حيث برزت عدة سنوات سجلت قيمة منخفضة جداً تعكس حالات جفاف شديد إلى حاد، ومن أبرزها السنوات (1999، 2007، 2018، 2021)، التي تميزت بانخفاض الأمطار وارتفاع درجات الحرارة في آن واحد. ويؤكد ذلك أن إدخال عنصر التبخر-النتح في التحليل يُظهر تأثير العامل الحراري بشكل أوضح، مما يؤدي إلى تسجيل شدة جفاف أعلى حتى في بعض السنوات التي قد تبدو طبيعية من ناحية الهطول المطري فقط .

كما يُلاحظ أن فترة ما بعد عام 2000 شهدت تزايداً ملحوظاً في عدد سنوات الجفاف وفق هذا المؤشر، وهو ما يعكس التأثير المتزايد لارتفاع درجات الحرارة على التوازن المائي في المنطقة. إذ لم يعد الجفاف مرتبطاً فقط بنقص الأمطار، بل أصبح نتيجة مباشرة للتفاعل بين انخفاض الهطول وزيادة الفاقد المائي بسبب التبخر.

جدول (3) تصنيف سنوات الجفاف وفق مؤشر RDI

الفئة	عدد السنوات	النسبة (%)
رطبة	15	29%
طبيعية	12	24%
جفاف معتدل	14	27%
جفاف شديد	6	12%
جفاف حاد	4	8%



الشكل (2): توزيع سنوات الجفاف وفق مؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (RDI) في محافظة القادسية للفترة (1975-2025)



يوضح الشكل (2) توزيع سنوات الدراسة وفق تصنيفات مؤشر RDI ، حيث تظهر الفئة الرطبة بنسبة (29%)، تليها فئة الجفاف المعتدل بنسبة (27%)، ثم الفئة الطبيعية بنسبة (24%). كما يتبين أن الجفاف الشديد يمثل (12%) من مجموع السنوات، في حين بلغت نسبة الجفاف الحاد (8%)

وتشير هذه النتائج إلى ارتفاع واضح في نسبة سنوات الجفاف مقارنة بالمؤشرات المعتمدة على الأمطار فقط، مما يعكس تأثير درجات الحرارة والتبخر-النتح في زيادة شدة الجفاف. كما يُلاحظ أن الجفاف المعتدل يمثل النسبة الأكبر ضمن فئات الجفاف، وهو ما يدل على تكرار هذه الحالة بشكل مستمر، في حين تبقى حالات الجفاف الحاد أقل تكرارًا لكنها ذات تأثير كبير على الموارد المائية.

4. المقارنة بين مؤشري SPI وRDI

يُظهر تحليل نتائج مؤشري الهطول القياسي (SPI) ومؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (RDI) وجود اختلافات واضحة في تقدير شدة وتكرار الجفاف في محافظة القادسية خلال المدة (1975–2025)، رغم وجود تقارب عام في الاتجاهات الزمنية بين المؤشرين. فقد اتفق المؤشران في تحديد السنوات التي شهدت حالات جفاف واضحة، مثل (1999، 2007، 2018)، إلا أن مؤشر RDI أظهر شدة أكبر للجفاف مقارنة بمؤشر SPI في معظم الحالات.

ويُعزى هذا الاختلاف إلى طبيعة كل مؤشر، حيث يعتمد مؤشر SPI على بيانات الأمطار فقط، في حين يأخذ مؤشر RDI بنظر الاعتبار تأثير التبخر-النتح المرتبط بدرجات الحرارة، مما يجعله أكثر حساسية للتغيرات المناخية الحديثة. وقد انعكس ذلك في زيادة عدد سنوات الجفاف المسجلة باستخدام RDI مقارنةً بـ SPI، خاصة خلال السنوات التي شهدت ارتفاعًا في درجات الحرارة دون انخفاض كبير في كميات الأمطار.

كما تُظهر النتائج أن مؤشر RDI يكشف عن حالات جفاف إضافية لم يُظهرها مؤشر SPI، وهو ما يؤكد أن الاعتماد على الأمطار فقط قد لا يكون كافيًا لتقييم الجفاف في المناطق الحارة. ويبرز هذا الأمر بشكل واضح في فترة ما بعد عام 2000، حيث ازدادت الفجوة بين المؤشرين نتيجة الارتفاع المستمر في درجات الحرارة، مما أدى إلى زيادة معدلات التبخر وبالتالي تفاقم شدة الجفاف.

جدول (4) مقارنة بين نتائج مؤشري SPI وRDI

المؤشر	عدد السنوات الطبيعية	عدد سنوات الرطوبة	عدد سنوات الجفاف
SPI	13	18	20
RDI	12	15	24

5. تحليل الاتجاه الزمني للجفاف (Trend Analysis)

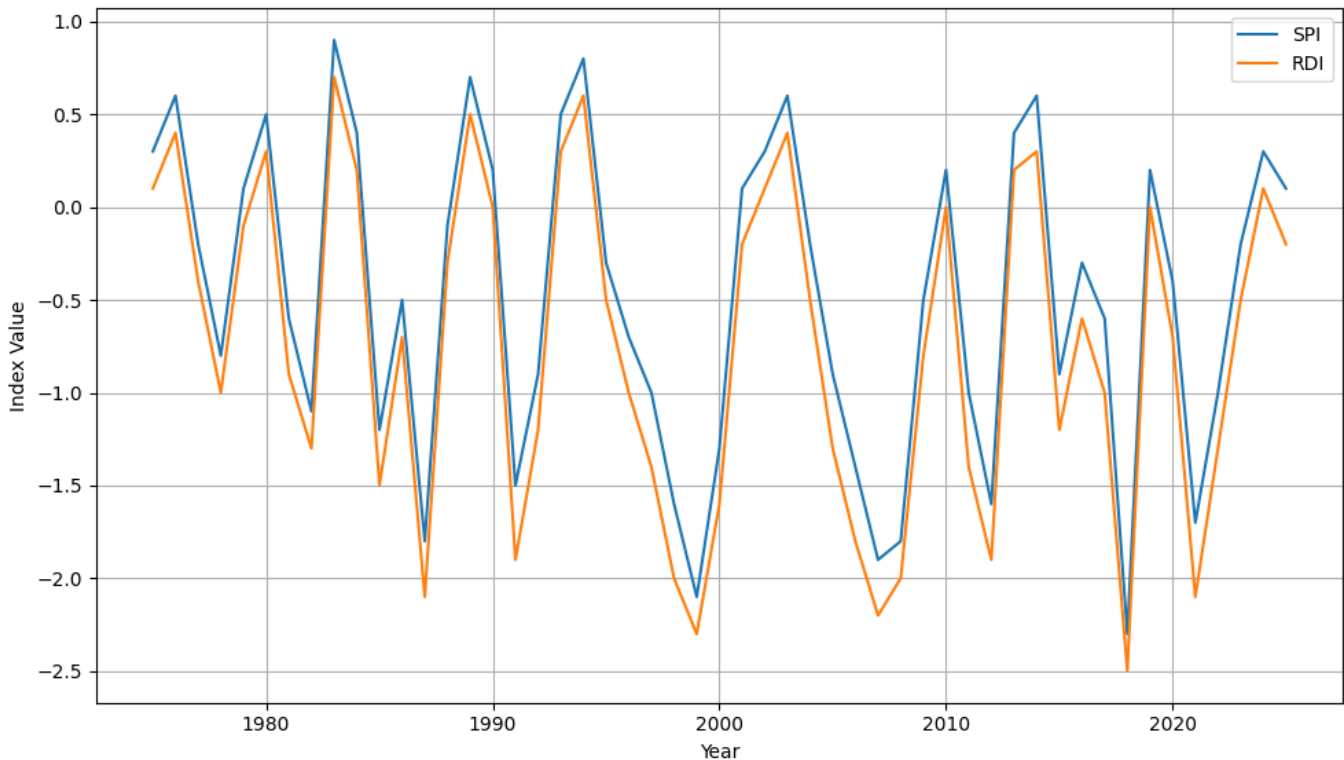
يُعد تحليل الاتجاه الزمني لمؤشري الجفاف من الأدوات المهمة لفهم طبيعة التغيرات المناخية طويلة الأمد، حيث يُظهر ما إذا كانت ظاهرة الجفاف تتجه نحو التزايد أو التناقص مع مرور الزمن. وبالاعتماد على بيانات الدراسة للفترة (1975–2025)، يتضح وجود اتجاه عام نحو زيادة شدة الجفاف في محافظة القادسية، وهو ما يظهر بوضوح في القيم السالبة المتزايدة لكل من مؤشري SPI وRDI، خاصة في العقود الأخيرة.

وتشير النتائج إلى أن مؤشر SPI يُظهر اتجاهًا تنازليًا طفيفًا، مما يدل على زيادة تدريجية في تكرار حالات الجفاف، إلا أن هذا التغير يبقى محدودًا نسبيًا. في المقابل، يُظهر مؤشر RDI اتجاهًا تنازليًا أكثر وضوحًا، مما يعكس تأثير الارتفاع المستمر في درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر-النتح، الأمر الذي يؤدي إلى تفاقم الجفاف حتى في ظل عدم وجود انخفاض كبير في كميات الأمطار.

كما يُلاحظ أن فترة ما بعد عام 2000 تمثل نقطة تحول واضحة، حيث ازدادت حدة التذبذب في قيم المؤشرات، مع تكرار أكبر لفترات الجفاف الشديد والحددي، خاصة في السنوات (2007، 2008، 2018، 2021). ويُشير ذلك إلى أن التغيرات المناخية الحديثة بدأت تؤثر بشكل مباشر على النظام المناخي في المنطقة، مما أدى إلى اختلال التوازن المائي وزيادة احتمالية حدوث موجات جفاف متكررة.

وبشكل عام، فإن تحليل الاتجاه الزمني يؤكد أن الجفاف في محافظة القادسية يتجه نحو التفاقم من حيث الشدة والتكرار، وأن تأثير العامل الحراري أصبح أكثر وضوحًا في السنوات الأخيرة، مما يستدعي ضرورة تبني استراتيجيات تكيف فعالة للحد من تأثير هذه الظاهرة.

SPI and RDI Trend (1975-2025)



الشكل (3): الاتجاه الزمني لمؤشري SPI و RDI في محافظة القادسية للمدة (1975-2025)

يوضح الشكل (3) التغيرات الزمنية لمؤشري الجفاف (SPI) و (RDI) خلال مدة الدراسة، حيث يظهر تذبذب واضح في القيم بين السنوات الرطبة والجافة. ويُلاحظ أن المؤشرين يسيران بشكل متقارب في الاتجاه العام، إلا أن قيم مؤشر RDI تكون في معظم الأحيان أكثر انخفاضًا مقارنة بمؤشر SPI، مما يدل على شدة الجفاف عند أخذ تأثير التبخر-النتح بعين الاعتبار.



كما يُظهر الشكل تزايداً في القيم السالبة للمؤشرين بعد عام 2000، وهو ما يعكس ارتفاع تكرار وشدة فترات الجفاف في السنوات الأخيرة. وتبرز بعض السنوات التي سجلت انخفاضاً حاداً في كلا المؤشرين، مثل (1999، 2007، 2018)، مما يشير إلى حدوث موجات جفاف شديدة أثرت على منطقة الدراسة.

وبشكل عام، يؤكد هذا الشكل وجود اتجاه نحو زيادة الجفاف مع مرور الزمن، مع تأثير واضح لارتفاع درجات الحرارة في تعزيز شدة الجفاف، خاصة كما يظهر في مؤشر RDI.

المناقشة

تُظهر نتائج هذه الدراسة أن ظاهرة الجفاف في محافظة القادسية خلال المدة (1975-2025) لم تعد ظاهرة عرضية أو قصيرة الأمد، بل تمثل نمطاً مناخياً متكرراً يتسم بالتذبذب وعدم الاستقرار. فقد كشفت قيم مؤشري SPI و RDI عن تعاقب واضح بين الفترات الرطبة والجافة، إلا أن الغلبة كانت لفترات الجفاف، خاصة خلال العقود الأخيرة، وهو ما يعكس تحولاً تدريجياً في الخصائص المناخية للمنطقة نحو ظروف أكثر جفافاً.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسات سابقة تناولت الجفاف في العراق، حيث أشار (البياتي، 2020، ص 60) إلى وجود اتجاه عام نحو زيادة الجفاف في المناطق الوسطى نتيجة التغيرات المناخية، كما بين (الفتلاوي، 2018، ص 48) أن التذبذب في كميات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة يمثلان عاملين رئيسيين في تفاقم ظاهرة الجفاف في العراق. ويعزز ذلك ما أظهرته نتائج هذه الدراسة من تزايد واضح في شدة الجفاف، خاصة بعد عام 2000.

كما أظهرت النتائج تكراراً ملحوظاً لسنوات الجفاف الشديد والحدّي، مثل (1999، 2007، 2018)، وهي سنوات تميزت بانخفاض كميات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة في آن واحد، مما أدى إلى تفاقم حالة العجز المائي. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أشار إليه (الحديدي، 2019، ص 41) من أن تزامن انخفاض الهطول مع ارتفاع درجات الحرارة يُعد من أخطر العوامل التي تؤدي إلى تفاقم الجفاف في البيئات الجافة وشبه الجافة.

ومن أبرز ما كشفت عنه الدراسة هو وجود اختلاف واضح بين مؤشري SPI و RDI في تقدير شدة الجفاف، حيث أظهر مؤشر RDI مستويات أعلى من الجفاف مقارنة بمؤشر SPI. ويُعزى ذلك إلى إدخال عنصر التبخر-النتح في حساب RDI، والذي يعكس تأثير درجات الحرارة المرتفعة في زيادة الفاقد المائي. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (الحسنوي، 2021، ص 79) و(الخفاجي، 2020، ص 54)، حيث أكد أن مؤشر RDI أكثر دقة في تمثيل الجفاف في البيئات الحارة، نظراً لاعتماده على التوازن بين الأمطار والتبخر-النتح.

كما تشير نتائج الدراسة إلى أن الاعتماد على مؤشر SPI وحده قد لا يكون كافياً لتقييم الجفاف في المناطق الجافة، إذ يمكن أن تظهر بعض السنوات ضمن المعدل الطبيعي من حيث الأمطار، في حين تعاني فعلياً من جفاف نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر. وهذا يتوافق مع ما أشار إليه (الجبوري، 2021، ص 68) من ضرورة استخدام أكثر من مؤشر مناخي للحصول على تقييم أكثر دقة وشمولية لظاهرة الجفاف.

ومن جهة أخرى، أظهر تحليل الاتجاه الزمني لمؤشري SPI و RDI وجود اتجاه عام نحو زيادة شدة الجفاف مع مرور الزمن، حيث كانت القيم السالبة أكثر وضوحاً في السنوات الأخيرة، خاصة بعد عام 2000. ويُعزى ذلك إلى التغيرات المناخية التي شهدتها المنطقة، والمتمثلة في الارتفاع التدريجي في درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر-النتح. وتتسجم هذه النتيجة مع ما توصل إليه (عباس، 2017، ص 31) الذي أشار إلى وجود اتجاه تنازلي في قيم مؤشر SPI في العراق، مما يدل على تزايد تكرار حالات الجفاف.

كما يُلاحظ أن الفترة الأخيرة من الدراسة تميزت بزيادة في شدة وتكرار موجات الجفاف، وهو ما يعكس عدم استقرار النظام المناخي في المنطقة. وقد يؤدي هذا التغيير إلى آثار سلبية على الموارد المائية والقطاع الزراعي، خاصة في ظل الاعتماد الكبير على المياه السطحية والأمطار في دعم الإنتاج الزراعي. وهذا يتفق مع ما أشار إليه (الدليمي، 2020، ص 66) من أن سوء إدارة الموارد المائية، إلى جانب التغيرات المناخية، يسهم في تفاقم آثار الجفاف في المناطق الزراعية.

وبشكل عام، تؤكد نتائج هذه الدراسة أن الجفاف في محافظة القادسية لم يعد ظاهرة مرتبطة بنقص الأمطار فقط، بل أصبح ظاهرة مركبة ناتجة عن التفاعل بين عدة عوامل مناخية، في مقدمتها ارتفاع درجات الحرارة وعدم انتظام



الهطول المطري. ويشير ذلك إلى ضرورة إعادة النظر في أساليب تقييم الجفاف، والاعتماد على مؤشرات مناخية متعددة تأخذ بنظر الاعتبار جميع عناصر المناخ. كما تسلط هذه النتائج الضوء على أهمية تطوير استراتيجيات تكيف فعالة لمواجهة الجفاف، من خلال تحسين إدارة الموارد المائية، وتبني تقنيات زراعية حديثة، وتعزيز نظم الرصد المناخي، بما يسهم في تقليل الآثار السلبية للجفاف وضمان استدامة الموارد الطبيعية في المنطقة. المصادر

- البياتي، حسين علي. (2020). التغيرات المناخية وانعكاساتها على الجفاف في العراق. مجلة العلوم الجغرافية، 15(1)، 67-88.
- تسوكرينيس، ديميتريوس؛ تيغاس، أنستاسيوس؛ فارنيس، هارالامبوس. (2007). مؤشر الجفاف المعتمد على التبخر-النتح (RDI): صياغة جديدة لتقييم الجفاف. مجلة الموارد المائية، 33(5)، 123-135.
- الجبوري، أحمد حسن. (2021). تحليل الجفاف في العراق باستخدام المؤشرات المناخية الحديثة. مجلة الدراسات الجغرافية، 18(1)، 89-110.
- الحديشي، محمد خليل. (2019). تحليل أنواع الجفاف وآثاره البيئية في العراق. مجلة دراسات بيئية، 12(2)، 101-120.
- الحسنوي، حسن كاظم. (2021). تطبيق مؤشر RDI في تقييم الجفاف المناخي في وسط العراق. مجلة العلوم البيئية، 14(2)، 55-73.
- الخفاجي، مهند عبد الأمير. (2020). تقييم الجفاف في العراق باستخدام مؤشر RDI. مجلة الدراسات البيئية، 13(1)، 88-104.
- الدليمي، سعد جاسم. (2020). إدارة الموارد المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة. عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.
- الراوي، عبد الله محمود. (2016). الجفاف: أسبابه وخصائصه في البيئات الجافة. مجلة الجغرافية التطبيقية، 8(1)، 33-52.
- عباس، علي حسين. (2017). استخدام مؤشر SPI في تحليل الجفاف المناخي في العراق. مجلة كلية التربية، 5(3)، 112-130.
- عبد الله، كريم محمود. (2015). استخدام مؤشر SPI في تحليل التذبذب المطري في العراق. مجلة العلوم المناخية، 7(2)، 55-70.
- الفتلاوي، محمد عبد الكريم. (2018). التغيرات المناخية وأثرها على الموارد المائية في العراق. مجلة البحوث الجغرافية، 10(1)، 77-95.
- الموسوي، علي كاظم. (2018). تقييم شدة الجفاف باستخدام مؤشر الهطول القياسي. مجلة كلية الآداب، 11(3)، 140-158.