تحليل الجفاف باستخدام المؤشر القياسي لهطول المطر (SPI) ومؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI في محافظة النجف للمدة (١٩٧٨-٢٠١٨)

أ.د. نسرين عواد الجصاني
جامعة الكوفة – كلية التربية للبنات

أ.د. حسين موسى الشمري
جامعة الكوفة – كلية العلوم

الطالبة
حوراء راضي جاسم
جامعة الكوفة – كلية التربية للبنات

المستخلص:

يعد الجفاف هو أحد الأسباب الرئيسية للتصحر يمكن أن تعزى هذه الظاهرة إلى عدم كفاية هطول الأمطار الموسمية، أو موسم الجفاف المطول أو سلسلة من موسم الأمطار دون المتوسط، فأن السمة الرئيسية للجفاف هي انخفاض توافر المياه في فترة معينة على مساحة معينة، مما يؤدي الى حالة انخفاض حاد في توافر المياه ويمكن أن يمتد النقص على مدى فترة طويلة بشكل ملحوظ.

وعليه تبين ان التأثير المباشر للتصحر على تدهور الأراضي هو إما انخفاض إنتاجية الأراضي أو التخلي الكامل عن الأراضي الزراعية، الأمر الذي يؤدي في النهاية إلى أزمة الغذاء في العديد من المناطق القاحلة وشبه القاحلة وهناك علاقة مباشرة بين الجفاف والتصحر والأمن الغذائي ، حيث تؤدي هذه المخاطر البيئية إلى انخفاض جودة التربة مما أدى إلى خفض الإنتاجية الزراعية وبالنهاية فان الجفاف وهو أحد العوامل الرئيسية المحددة للأمن الغذائي فالجفاف والتصحر يؤديان إلى تدهور الأراضي الخصبة من خلال تغييرات طويلة الأجل في التربة والمناخ والكائنات الحية ، مما يؤدي إلى ظروف شبيهة بالصحراء.

وهناك العديد من المؤشرات لقياس الجفاف وشدته منها مؤشر بالمر للجفاف ومؤشر الهطول القياسي (SPI) ومؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI)، اذ تعد المؤشرات البسيطة (SPI و RDI) أفضل بكثير من استخدام المؤشرات الهيدرولوجية المعقدة ، كما انها تعد الطرائق البسيطة والأكثر فعالية لدراسة علم المناخ والجفاف حيث تم اعتماد هذه المؤشرات على نطاق واسع في السنوات الأخيرة بسبب بساطتها الحسابية وإخلاصها في التفسير لتمثيل الجفاف ، وقد أظهرت نتائج الجفاف ان كلا المؤشرين تظهران سلوكاً مشابهاً بشكل عام لقيم الجفاف الا ان الاختلاف بينهما ان مؤشر RDI يتضمن بيانات التبخر / النتح والامطار في حسابه اما مؤشر(SPI) يعتمد فقط على الامطار وهذا ما جعل مؤشر RDI حساساً جدا للتغير المناخي وهذا مهم الى حد ما للكشف عن سنوات الجفاف وذلك لان RDI اكثر حساسية من SPI للظروف المناخية وبالتالي لا يمكننا تجاهل دور التبخر في تقييمات الجفاف وعليه فان استخدام مؤشر الجفاف (RDI) مناسب لتخطيط وإدارة المياه لغرض مراقبة الجفاف ، كما انه قابل للتطبيق عالمياً مقارنة مع المؤشرات الأخرى ذات الصلة بالجفاف.

Extract:

Drought is one of the main causes of desertification. This phenomenon can be attributed to insufficient seasonal rainfall, a prolonged dry season or a series of mediocre rainy season. The main feature of drought is the low availability of water in a certain period over a certain area, which leads to a situation A sharp drop in water availability and shortages can extend over a significantly long period.

Accordingly, it was found that the direct impact of desertification on land degradation is either a decrease in land productivity or a complete abandonment of agricultural land, which ultimately leads to a food crisis in many arid and semi-arid regions. There is a direct relationship between drought, desertification and food security, as these environmental risks lead Decreased soil quality leads to reduced agricultural productivity and ultimately drought, which is one of the main determinants of food security. Drought and

desertification lead to degradation of fertile land through long-term changes in soil, climate and biota, leading to desert-like conditions.

There are many indicators for measuring drought and its severity, including the Palmer Drought Index, the Standard Precipitation Index (SPI), and the Reconnaissance Drought Index (RDI). Simple indicators (SPI and RDI) are much better than using complex hydrological indicators, and they are the simple and most effective methods for studying climatology.And drought, where these indicators have been widely adopted in recent years because of their computational simplicity and sincerity in interpretation to represent drought, and the drought results showed that both indicators show behavior similar in general to drought values, but the difference between them is that the RDI includes evaporation / transpiration and rain data in its calculation As for the SPI index, it depends only on rainfall, and this is what made the RDI index very sensitive to climate change, and this is somewhat important for detecting drought years, because RDI is more sensitive than SPI to climatic conditions, and therefore we cannot ignore the role of evaporation in drought assessments. The RDI is suitable for water planning and management for the purpose of drought monitoring, and is universally applicable compared to other drought-related indicators.

المقدمة :

الجفاف هو ظاهرة إقليمية تختلف خصائصه من نظام مناخي إلى آخر وغالبًا ما يُنظر إلى الجفاف على أنه خطر زاحف لأنه يتطور ببطء وبمدة زمنية طويلة اذ يمثل الجفاف خطراً طبيعياً ينجم عن نقص هطول الأمطار من المتوقع أو الطبيعي، بحيث تكون ممتدة على مدار موسم أو فترة زمنية أطول فإن كمية الأمطار لا تكفي لتلبية متطلبات الأنشطة البشرية والبيئة مدة طويلة لذلك تختلف خصائص الجفاف وعواقبه بالنسبة للأنظمة المناخية في جميع أنحاء العالم.

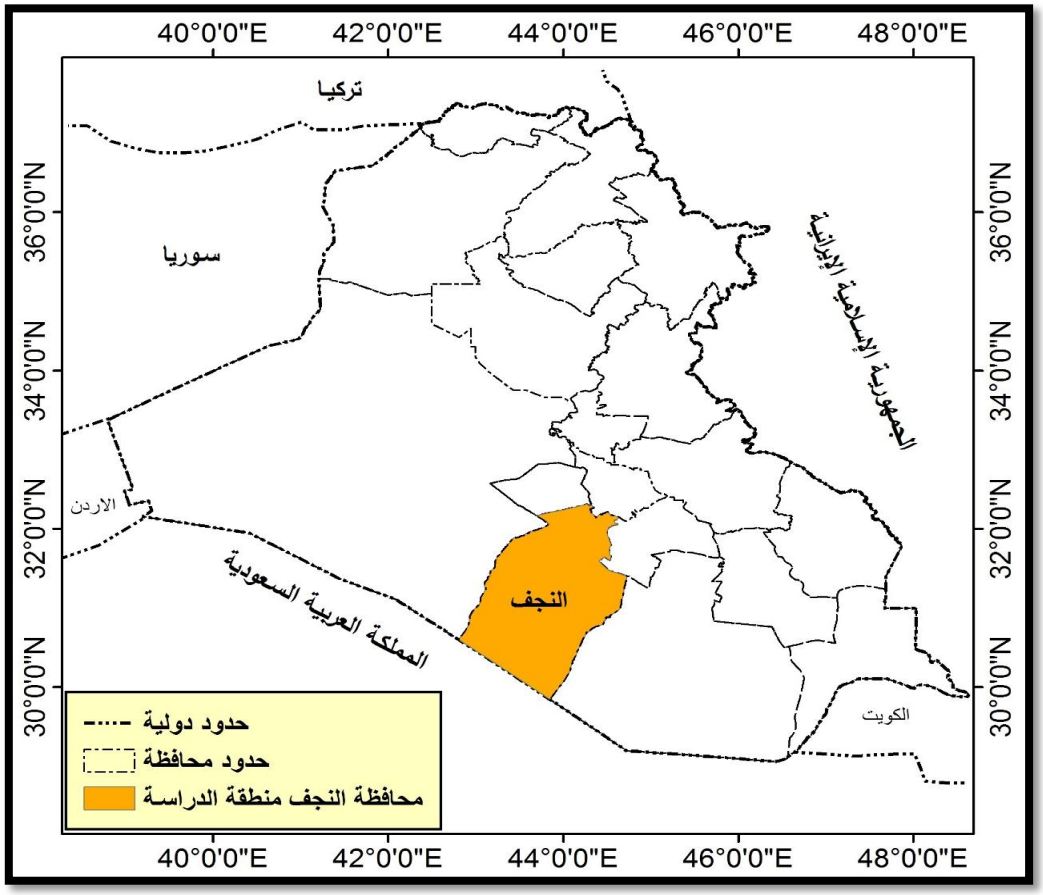
وهنالك عدد من المؤشرات لرصد وتقييم الجفاف، ولكل مؤشر له النجاحات والقيود في الكشف عن الجفاف، اذ تستوعب مؤشرات الجفاف في الأرصاد الجوية المعلومات المتعلقة بهطول الأمطار أو رطوبة التربة المخزنة أو إمدادات المياه ولكنها لا تعبر عن الكثير من التفاصيل المكانية المحلية ومن هذه المؤشرات والمستخدمة على نطاق واسع هي مؤشر بالمر لشدة الجفاف (PDSI) ، مؤشر رطوبة المحاصيل (CMI) ، مؤشر الهطول القياسي (SPI) ومؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) ، ومؤشر إمداد المياه السطحية (SWSI) وبعض مؤشرات الجفاف المستندة إلى الأقمار الصناعية مثل مؤشر الغطاء النباتي للنوع الطبيعي (NDVI) ، مؤشر حالة الغطاء النباتي (VCI) ، ومؤشر حالة درجات الحرارة (TCI) ومن بين هذه المؤشرات تم استخدام مؤشر هطول المطر القياسي (SPI) و مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) لتمثيل الجفاف .

أجريت هذه الدراسة للكشف عن الجفاف في محافظة النجف ، **هنا لابد ان نبين مدى فاعلية مؤشري الجفاف (SPI) و (RDI) في الكشف عن حالات الجفاف في منطقة الدراسة . اذا ما افترضنا** ان لمؤشرات الجفاف (SPI و RDI) دور مهم في تقييم وتحديد الجفاف في منطقة الدراسة ولمدة زمنية مختلفة.

فمن الأهداف الرئيسية لهذه الدراسة هي تحليل الجفاف بالاعتماد على مؤشر الهطول القياسي (SPI) ومؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) لغرض تقييم الجفاف في منطقة الدراسة واثرها في زيادة نسب التملح في منطقة الدراسة .

اما منطقة الدراسة :- تمثلت بمحافظة النجف الاشرف التي تقع في الجزء الجنوبي الغربي من العراق بين دائرتي عرض (٢٩ °- ٣٢° شمالا) وبين خطي طول (٤٢ °- ٤٤ ° شرقا) اذ يحدها من الشمال محافظتي بابل وكربلاء ومن الشرق محافظتي القادسية والمثنى ومن الغرب محافظة الانبار ، وبهذا تتخذ شكلاً اشبه بالمستطيل كما في الخريطة (١) ، اذ تبلغ مساحة منطقة الدراسة (28545.5 كم٢) [١] وتشكل (٦.٦ %) من مساحة العراق الكلية والبالغة (٤٣٥٠٥٢كم٢)[٢] ، اذ يقع حوالي (٥%) منها ضمن السهل الرسوبي وما تبقى منها يقع ضمن الهضبة الغربية.

خريطة (١) الموقع الجغرافي والفلكي لمنطقة الدراسة



اما الحدود الزمانية :- اعتمد البحث على المدة الزمنية (١٩٧٨-٢٠١٨) بالاعتماد على محطة النجف المناخية كمحطة رئيسية معززة بمحطات ضابطة المتمثلة بمحطة (كربلاء والديوانية والسماوة وعرعر ورفحة) كما في الجدول (١) .

جدول(١) الموقع الاحداثي لمحطات منطقة الدراسة والضابطة وارتفاعها عن مستوى سطح البحر

أسم المحطة	دائرة العرض(°)	خط طول (°)	الارتفاع عن مستوى سطح البحر (م)
كربلاء	°32 34'	°44 03'	29
النجف	°31 57'	°44 19'	53
الديوانية	°31 57'	°44 57'	20
السماوة	°31 16'	°45 16'	11.4
عرعر	°٣٠ 9'	°41 13'	٥٥٥
رفحة	°29 61'	°34 48'	٤٤٩

المصدر:- جمهورية العراق ، وزارة النقل والمواصلات ، الهياة العامة للأنواء الجوي والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ،احداثيات مواقع المحطات المناخية ، بيانات غير منشورة ، بغداد ، ٢٠١٤.

وقد تضمن البحث عدد من المحاور منها :-

١- مفهوم الجفاف

٢- أنواع الجفاف

٣- مؤشرات الجفاف (SPI و RDI)

١- مفهوم الجفاف

الجفاف هو ظاهرة متكررة تؤثر على مجموعة واسعة من القطاعات المختلفة، مما يجعل من الصعب وضع تعريف واحد للجفاف، اذ تحدث حالات الجفاف في جميع المناطق المناخية تقريباً، مثل مناطق هطول الأمطار العالية والمنخفضة وترتبط في الغالب بانخفاض كمية هطول الأمطار خلال مدة زمنية طويلة، مثل الموسم أو السنة ومن الصعب جدًا تحديد خصائصها بشكل موضوعي من حيث الكثافة والحجم والمدة والمدى المكاني لهذا السبب تم تكريس الكثير من الجهود لتطوير تقنيات تحليل ورصد الجفاف ولكن الذاتية في تعريف الجفاف جعلت من الصعب جدًا إنشاء مؤشر فريد وعالمي للجفاف ومن أجل تحديد شدة الجفاف يجب أن تكون هذه الظاهرة كمية.

لذلك من المهم أن ندرك أن التعاريف المختلفة قد تؤدي إلى استنتاجات مختلفة فيما يتعلق بظاهرة الجفاف ومن اهم تعاريف الجفاف التابع لبرنامج المناخ العالمي (WCP) ويقصد به قلة التساقط (المطر او ثلج) عن المعدل بنسبة ٦٠% او اكثر لسنتين متعاقبتين وفوق ٥٠% من الامتداد المكاني للإقليم[٣]، كما يعرف على انه انعدام سقوط الأمطار لمدة طويلة تسبب عجزاً في رطوبة التربة من خلال التبخر نتح وانخفاض تدفق المياه [٤] وهنالك العديد من المؤشرات لرصد وتقييم الجفاف ولكل مؤشر له النجاحات والقيود في الكشف عن الجفاف ومن البيانات التي تعتمد عليها مؤشرات الجفاف (بيانات الأرصاد الجوية المتمثلة بهطول الامطار او رطوبة التربة المخزنة او امدادات المياه) [٥]، لذا فان الجفاف ظاهرة طبيعية مؤقته غير دورية يكون فيها معدل الهطول دون القيمة الوسطية وعليه فان الجفاف يمكن ان يحدث في أي منطقة بغض النظر عن تصنيفها المناخي لذا فان تكرار ظاهرة الجفاف دون إزالة اثاره يعد مقدمة لان تأخذ عوامل التصحر فعلها [٦].

٢- أنواع الجفاف

إن تطور حالات الجفاف عملية بطيئة ومعقدة للغاية وبالتالي، لا تزال الأسباب والآليات المعنية غير مفهومة بالكامل ومن بين العوامل المساهمة في تطور الجفاف هطول الأمطار والتبخر وظروف التربة كل هؤلاء يتأثرون بدورهم بالمناخ والرياح وتذبذبات الغلاف الجوي والمحيطات منذ فترة طويلة، هناك اربع أنواع من حالات الجفاف وهي :-

١- الجفاف المناخي :- يمثل ظرفا مناخيا مؤقتا تقل فيه كميات التساقط عن معدلها لفترة قد تقصر او تطول حسب شدة الجفاف.[٧] ويحدث جفاف الأرصاد الجوية عندما يكون هناك انخفاض في كمية الامطار الساقطة، اي أقل من الكمية المحددة في هطول الأمطار لفترة محددة سواء كان (يوم أو شهر أو موسم أو سنة) ، حيث يتم تقليل هطول الأمطار بأكثر من ٢٥ ٪ من المعتاد في أي منطقة معينة يركز هذا النوع من الجفاف على الخصائص الفيزيائية للجفاف هطول الأمطار ، وليس على آثار الجفاف ويتبعه بعد ذلك الجفاف الزراعي.

٢- الجفاف الزراعي:- يحدث هذا النوع من الجفاف عندما تكون كمية الرطوبة في التربة غير كافية لتلبية احتياجات محصول معين ، اذ يرتبط ارتباطًا وثيقًا بنقص رطوبة التربة الناتج من نقص هطول الأمطار، كما ويؤثر الجفاف الزراعي بشكل رئيسي على إنتاج الأغذية والزراعة وعليه قد تتسبب رطوبة التربة السطحية الناقصة في الزراعة في إيقاف الإنبات[٨].

٣- الجفاف الهيدرولوجي:- يرتبط هذا النوع من الجفاف بآثار النقص المستمر في هطول الأمطار على إمدادات المياه السطحية أو تحت السطحية (أي مجرى المياه ومستوى الخزان والبحيرة والمياه الجوفية)[٩]، على الرغم من أن جميع حالات الجفاف نشأت من نقص هطول الأمطار ، إلا أن الجفاف الهيدرولوجي يهتم بشكل أساسي بكيفية تأثير هذا النقص على مكونات النظام الهيدرولوجي مثل رطوبة التربة وتدفق التيار والمياه الجوفية ومستويات الخزان وما إلى ذلك.

٤- الجفاف الاقتصادي :- يرتبط هذا النوع من الجفاف بالجانب المتعلق بالعرض والطلب يحدث بشكل أساسي عندما يتجاوز الطلب على السلعة الاقتصادية المعروضة[١٠].

٣- **مؤشرات الجفاف**

تم تطوير العديد من مؤشرات الجفاف واستخدامها من قبل خبراء الأرصاد الجوية وعلماء المناخ في جميع أنحاء العالم وتراوحت تلك المؤشرات بين مؤشرات بسيطة مثل النسبة المئوية لهطول الأمطار إلى مؤشرات أكثر تعقيدًا مثل مؤشر شدة بالمر للجفاف ومع ذلك ، أدرك العلماء في الولايات المتحدة هنالك حاجة ماسة إلى أن يكون هنالك مؤشر بسيطًا وسهل الحساب وذات صلة إحصائية وذات مغزى ، مما دفع العلماء الأمريكيين McKee و Doken و Kleist إلى تطوير مؤشر الهطول القياسي (SPI)[١١]. وعليه تعد مؤشرات الجفاف من الأدوات التي لا غنى عنها لكشف ورصد وتقييم احداث الجفاف واهم هذه المؤشرات وأكثرها استخداماً هو :-

١- مؤشر الهطول القياسي (spi)

الذي تم تطويره من قبل Mckee عام (١٩٩٣) في مركز كولورادو المناخي بهدف تحديد ومراقبة الجفاف فان (SPI) في الأساس هو عدد الانحرافات المعيارية التي تنحرف فيها بيانات هطول الامطار الشهرية عن المتوسط الطويل الاجل وهو اقل تعقيدا من مؤشر بالمر في تحديد وتقييم شدة الجفاف ، [١٢] اذ يعد دليلا نسبيا في تصنيف فترات الجفاف والرطوبة اذ يتعامل مع كل محطة مناخية بشكل منفرد عن المحطات الأخرى وان المعدل العام للمطر في تلك المحطة يمثل الحد الفاصل بين الرطوبة والجفاف [١٣]، كما يتميز بالبساطة والمرونة الزمنية ، اذ يستخدم لتحديد عجز الهطول او الزيادة ومن خلاله يمكن تحديد تواتر الاحداث شديدة الجفاف او الرطبة لأي موقع تتوفر فيه سلسلة بيانات هطول الامطار.[١٤] وتشير مقادير (SPI) الموجبة إلى أكبر من متوسط هطول الأمطار وتشير القيم السلبية إلى أقل من متوسط هطول الأمطار [١٥]، يعد مؤشر SPI مؤشرًا مفيدًا للمناطق التي تحتوي على بيانات محدودة ، والتي تتطلب هطول الأمطار فقط ويساعد مؤشر (SPI) على تحديد حالات الجفاف في نطاق زمني معين[١٦] ، وقد صنف العالم (Mckee et al) قيم SPI الى ثمانية أصناف تصف حالة المطر ما بين الجفاف والرطوبة كما موضح في الجدول الاتي(2) :-

جدول (2) تصنيف دليل المطر القياسي (SPI)

قيم SPI	التصنيف
٢ ≤	شديد الرطوبة جداً
١.٥ to ١.٩٩	شديد الرطوبة
١ to ١.٤٩	متوسط الرطوبة
٠ to ٠.٩٩	معتدل الرطوبة
- ٠.٩٩ to ٠	معتدل الجفاف
- ١.٤٩ to -١	متوسط الجفاف
- ١.٩٩ to - ١.٥	شديد الجفاف
- ٢ ≤	شديد الجفاف جداً

Source: McKee , T.B., Doesken , N.J., Kleist, J., The relationship of drought frequency and duration to time scales , Eighth Conference on Applied Climatology,1993, pp. 179 – 184.

وقد تم الاعتماد على مؤشر المطر القياسي (SPI) لتحديد تكرار السنوات الرطبة والجافة في محطة منطقة الدراسة والمحطات الضابطة لها ، اذ يتضح من تحليل دليل المطر القياسي (SPI) ان منطقة الدراسة تعرضت الى مواسم جافة ذات نسبة اعلى من نسبة المواسم الرطبة ، اذ بلغت (٥١.٥ %)

بينما نسبة المواسم الرطبة بلغت (٤٨.٥ %) خلال مدة الدراسة (١٩٧٨-٢٠١٨) ، كما تم تصنيف دليل المطر القياسي لكل محطة لتحديد السنوات الجافة والسنوات الرطبة ضمن السلسلة الزمنية لسجل الامطار والجدول (3) يوضح تحليل مفصل لنتائج (SPI) لكل محطة وعدد مرات حدوث كل صنف من الأصناف الثمانية الواردة في الجدول السابق حسب شدتها كما يأتي .

أ- **تحليل تكرار موجات الجفاف والرطوبة باستخدام مؤشر المطر القياسي** (SPI):-

- **معتدل الجفاف** سجل هذا الصنف اعلى التكرارات لمحطات الدراسة ، اذ بلغ التكرار ما بين (١٦ سنة) في محطة السماوة الى(١١ سنة) في محطة رفحة .
- **متوسط الجفاف** مثل هذا الصنف المرتبة الثانية من بين التكرارات في عدد السنوات الجافة حيث بلغ اعلى تكرار له (٧ سنوات) في محطة كربلاء بينما اقل تكرار سجل (٢ سنة) في محطة السماوة.

جدول (٣) تكرار السنوات الجافة والرطبة حسب مؤشر المطر القياسي (Spi) لمحطات الدراسة للمدة (١٩٧٨-٢٠١٨)

المحطة	شديد الرطوبة جداً	شديد الرطوبة	متوسط الرطوبة	معتدل الرطوبة	معتدل الجفاف	متوسط الجفاف	شديد الجفاف	شديد الجفاف جداً	عدد السنوات الجافة	عدد السنوات الرطبة	نسبة السنوات الجافة(%)	نسبة السنوات الرطبة(%)
كربلاء	-	1	5	12	13	7	١	١	22	18	55	45
النجف	١	2	3	12	14	6	-	٢	٢٢	18	55	45
الديوانية	١	2	6	8	15	6	2	-	23	17	57.5	42.5
السماوة	٢	3	-	14	16	2	2	١	22	18	55	45
عرعر	١	2	4	١١	١٣	٦	3	-	٢٢	١٨	55	45
رفحة	١	٢	٥	١٢	١١	٥	٢	٢	٢٠	٢٠	50	50

المصدر:- بالاعتماد على الملحق (69) وبرنامج Drinc 1.7

- **شديد الجفاف** جاء هذا الصنف بالمرتبة الثالثة من حيث تكرار المواسم الجافة أذ بلغ اعلى تكراره له (٣ سنوات) في محطة عرعر بينما بلغ اقل تكرار نحو (١ سنة) في محطة كربلاء .
- **شديد الجفاف جداً** تمثل بالمرتبة الأخيرة لسنوات الجفاف اذ سجلت المحطات المناخية (النجف ورفحة) تكرارا بلغ (٢ سنة) لكل منها وسنة واحدة لمحطتي كربلاء والسماوة اما محطة (الديوانية وعرعر) فلم تسجل أي تكرار.
- **معتدل الرطوبة** سجل هذا الصنف أعلى تكرارا في محطات الدراسة وبلغ تكراره (١٤سنة) في محطة السماوة بينما اقل تكرار له كان في محطة الديوانية بواقع (8 سنوات).
- **متوسط الرطوبة** سجل هذا الصنف المستوى الثاني في عدد المواسم الرطبة اذ بلغ اعلى تكرار له في محطة الديوانية بواقع(٦ سنوات) واقلها في محطة النجف بواقع (٣ سنوات) بينما محطة السماوة لم تسجل اي تكرار.
- **شديد الرطوبة** جاء هذا الصنف بالمستوى الثالث من حيث تكرار مواسم الرطوبة وبلغ تكراره (٣ سنوات) في محطة السماوة الى سنة واحدة في محطة كربلاء.
- **شديد الرطوبة جدا** سجل هذا الصنف تكراراً بلغ ما بين سنتين لمحطة السماوة الى سنة واحدة لمحطة النجف والديوانية وعرعر ورفحة.

ب – التغير السنوي الحاصل لتكرار سنوات الجفاف والرطوبة عبر اتجاهها العام (ملم)

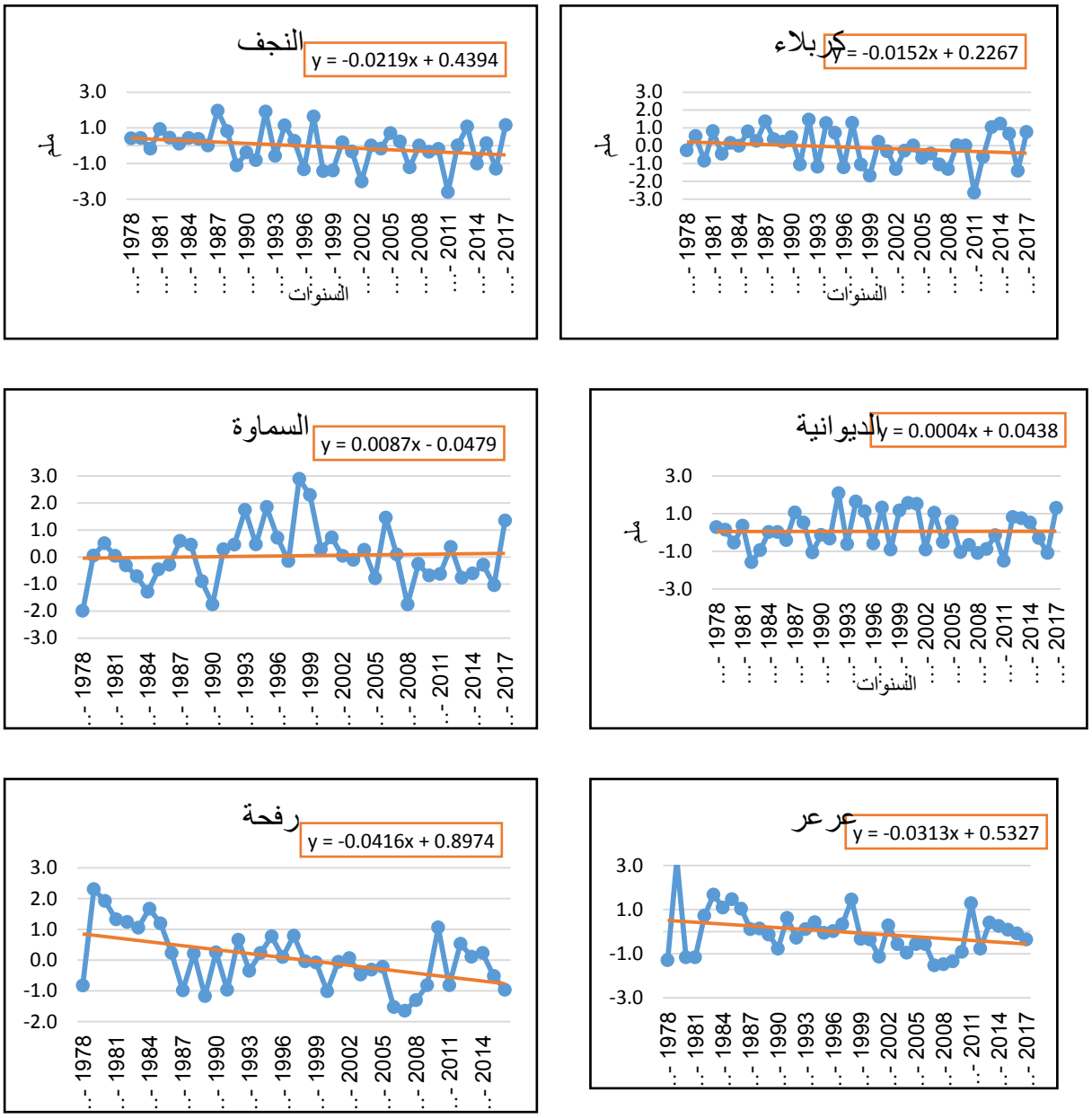
يتبين من الجدول (٤) والشكل (١) ان الاتجاه العام لمقدار الجفاف السنوي قد اتخذ اتجاها متباينا ما بين الارتفاع والانخفاض وللمدة (١٩٧٨–٢٠١٨) وبدلالة إحصائية لمحطة (النجف وعرعر ورفحة) ، اذ يلاحظ تزايداً في تكرار سنوات الجفاف ضمن خمس محطات وهي (كربلاء والنجف والسماوة وعرعر ورفحة) اذ بلغ اعلى مقدار للتغير بالانخفاض (1.6– ملم) لمحطة رفحة اما بقية المحطات فقد سجلت مقداراً للتغير بلغ (0.6– و 0.8– و 1.2– ملم) لمحطة (كربلاء و النجف و عرعر) لكل منها على التتالي ، اما محطتي الديوانية والسماوة فقد سجلتا تناقصاً في تكرار سنوات الجافة ، اذ بلغ مقدار التغير (٠.٢ و ٠.٣ ملم) لكل منهما على التتالي وعليه فان سنوات الجفاف والرطوبة كانت موزعة بهذا الاتجاه ، أي انها تأخذ اتجاها معينا بما يماشي اتجاه عنصر الامطار وتتخذ كل المحطات المناخية تزايداً في تكرار سنوات الجفاف، وعليه فان توزيع سنوات الجفاف والرطوبة مرتبطان بشكل مباشر بالتوزيع المكاني والزماني لكميات الامطار وبما انها لا تتخذ نسقاً معينا في كمياتها فقد اثر ذلك في توزيع تلك السنوات الجافة والرطبة [١٧] لمحطات الدراسة .

جدول (٤) اتجاه تكرار السنوات الجافة والرطبة حسب مؤشر المطر القياسي (Spi) لمحطات الدراسة للمدة (١٩٧٨-٢٠١٨)

المحطة	Mann kendall Test		المعنوية	مقدار التغير
	الاتجاه	p- value		
كربلاء	-0.015	0.249	-	-٠.6
النجف	-0.021	0.078	+	-0.8
الديوانية	0.004	0.879	-	0.2
السماوة	0.008	0.528	-	0.3
عرعر	-0.031	0.036	**	-1.2
رفحة	-0.041	0.009	***	-1.6

المصدر: - بالاعتماد على ملحق (69) وبرنامج XLSTAT

شكل(١) الاتجاه العام لتكرار السنوات الجافة والرطبة حسب مؤشر المطر القياسي (SPI) لمحطات الدراسة للمدة



(٢٠١٨-١٩٧٨)

المصدر:- بالاعتماد على ملحق (69) وبرنامج XLSTAT

٢- **مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI**

يعد احد المؤشرات المعتمدة لتقييم شدة الجفاف الذي أصدرته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) ضمن البرنامج المتكامل لأداره الجفاف حول العالم ويعبر عن هذا المؤشر بثلاث صيغ الأولية منها (RDIak) والصيغة العادية Normalised (RDI n) والأخيرة هي الصيغة المعيارية (RDI st) ، اذ تم الاعتماد على الصيغة الأولية (a_k) وذلك لان يمكن من خلالها احتساب قيم الجفاف على أساس شهري او فصلي (٣ او ٤ اشهر) او سنوي[١٨] ، وقد قدم هذا المؤشر مؤشر الاستطلاع للجفاف (RDI) من قبل Tsakiris و Vangelis سنة (٢٠٠٥) كمؤشر مادي شامل وعالمي لتقييم الجفاف بسبب الأرصاد الجوية ويستخدم هذا المؤشر معلمتين هما هطول الامطار والتبخر / النتح المحتمل (PET)، لفترات مرجعية محددة ، حيث أظهرت الدراسات الحديثة أن طرق درجة الحرارة لتقدير PET يمكن أن تكون كافية لحساب RDI في مناطق مختلفة، وبالتالي تقتصر متطلبات البيانات على هطول الأمطار ودرجة الحرارة، اذ تم استخدام RDI على نطاق واسع في العديد من التطبيقات حول العالم .[١٩] ، تقارن نتائج هذه الصيغة وفق القيم القياسية التي وضعها بنمان مونتيت في حال استخدامها لتقدير التبخر / النتح، وهذا ما تم الاعتماد عليه في الدراسة [٢٠] باعتبارها الطريقة القياسية و المثلى مما يعاب على هذه الطريقة كثرة البيانات منها (درجة الحرارة والرطوبة النسبية والاشعاع الشمسي وسرع الرياح) ففي بعض المناطق لا تتوفر مثل هذه البيانات مما أدى ذلك الى اقتراح تطبيقي بسيط من قبل الأمم المتحدة(UNEP) ١٩٩٢ لتقدير التبخر / نتح الممكن منها طريقة هارقريفيس (Hargreaves) التي تعتمد على الحرارة العظمى والصغرى فقط[٢١] ، كما في الجدول (٥) يوضح تصنيف الجفاف وفقا لمؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI).

جدول (٥) الارقام القياسية للجفاف تبعا لمؤشر الجفاف الاستطلاعي للصيغة الأولية (RDI ak)

درجة الجفاف	Penman mothed	Hargreavrs method
شديد الجفاف Hyper- arid	0.03 >	٠.05>
جاف Arid	0.03- 0.20	0.05- 0.20
شبه جاف Semi- arid	0.20 - 0.50	0.20-0.50
شبه رطب Sub- humid	0.50 – 0.75	0.50-0.65
رطب Humid	0.75<	0.65<

G.Tsakirisand H. Vangelis, Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration, Lab. of Reclamation Works & Water Resources Management National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou, Athens – Greece,2005,p4.

أ- تكرار موجات الجفاف وفقاً لمؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI)

وفقا لنتائج مؤشر الجفاف الاستطلاعي فقد تبين ان منطقة الدراسة تعاني من جفاف خلال المدة (١٩٧٨-٢٠١٨) قد تراوحت بين الجاف و شبه الجاف وشديدة الجفاف لكل محطة مناخية، كما في الجدول (٦) الذي يوضح نتائج مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) عن وجود سنوات جافة وشبه جافة لمحطات الدراسة كما يأتي :-

❖ الجاف :- شغل هذا الصنف المرتبة الأولى من حيث تكرار السنوات الجافة في منطقة الدراسة فقد بلغ التكرار ما بين (٣٤ سنة) لمحطتي السماوة والنجف الى (٣٢ سنة) لمحطة كربلاء و (٣٣ سنة) لمحطة الديوانية .

❖ شبه الجاف :- احتل هذا الصنف المرتبة الثانية من بين التكرار للسنوات الجافة فقد بلغ (٧ سنوات) في محطة الديوانية و (٥ سنوات) لمحطة السماوة و (٦ و ٤ سنوات) لمحطتي كربلاء والنجف على التتالي .

❖ شديد الجفاف :- مثل هذا الصنف المرتبة الأخيرة من بين تكرار السنوات الجافة فقد بلغ (سنة واحدة) لمحطة السماوة و (سنتين) لمحطتي كربلاء والنجف ، اما محطة الديوانية لم تسجل أي تكرار يذكر لهذا الصنف .

جدول (6) تكرار السنوات الجافة والرطبة حسب مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) لمحطات منطقة الدراسة من (١٩٧٨-٢٠١٨)

الشدة / المحطة	شديد الجفاف	جاف	شبه جاف	شبه رطب	رطب
كربلاء	2	٣٢	6	-	-
النجف	٢	34	4	-	-
الديوانية	-	٣٣	7	-	-
السماوة	1	34	٥	-	-

المصدر:- بالاعتماد على برنامج (DrinC1.7) وملحق (69)

ت - التغيرات السنوية لمقادير الجفاف حسب مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI)

يتبين من الجدول (٧) والشكل (٢) ان الاتجاه العام لمقدار الجفاف السنوي قد اتخذ اتجاهاً منخفضاً وللمدة (١٩٧٨-٢٠١٨) وبدلالة إحصائية لمحطتي (كربلاء و النجف) فقط ، اذ يلاحظ تزايد تكرار سنوات الجفاف ضمن محطات الدراسة اذ بلغ اعلى مقدار للتغير نحو الانخفاض (0.08-) في محطة النجف واقلها في محطتي الديوانية والسماوة اذ بلغ مقدار التغير فيها (٠.٠١ -) لكل منهما ، اما محطة كربلاء فقد بلغ مقدار التغير فيها (٠.٠٠٤-) وعليه فان سنوات الجفاف حسب مؤشر الجفاف الاستطلاعي(RDI) كانت موزعة بهذا الاتجاه ، أي انها تأخذ اتجاها مطابقاً لاتجاه الامطار والتبخر والنتح وبالتالي فان كل المحطات المناخية يزداد فيها تكرار سنوات الجفاف.

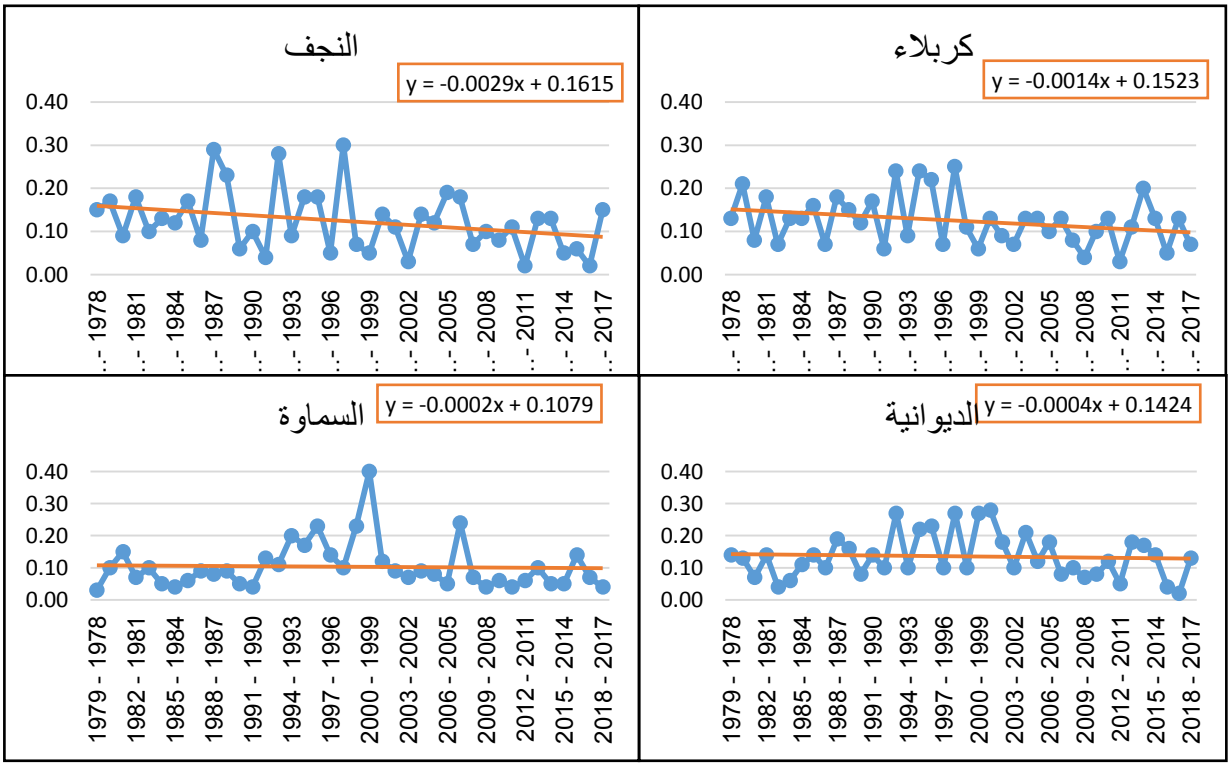
وعليه فان توزيع سنوات الجفاف مرتبط بشكل مباشر بالتوزيع المكاني والزماني لبقية العناصر المناخية وبما انها لا تتخذ نسقاً معينا في كمياتها مما أثر ذلك في توزيع تلك السنوات الجافة لمحطات الدراسة.

جدول (٧) اتجاه تكرار السنوات الجافة حسب مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) لمحطات الدراسة للمدة (١٩٧٨-٢٠١٨)

المحطة	Mann kendall Test		المعنوية	مقدار التغير
	الاتجاه	p- value		
كربلاء	-٠.٠٠١	٠.٠22	*	-0.04
النجف	-٠.٠٠٢	٠.072	+	-0.08
الديوانية	-0.0004	0.631	-	-0.01
السماوة	-0.0002	0.475	-	-0.01

المصدر: - بالاعتماد على ملحق (69) وبرنامج XLSTAT

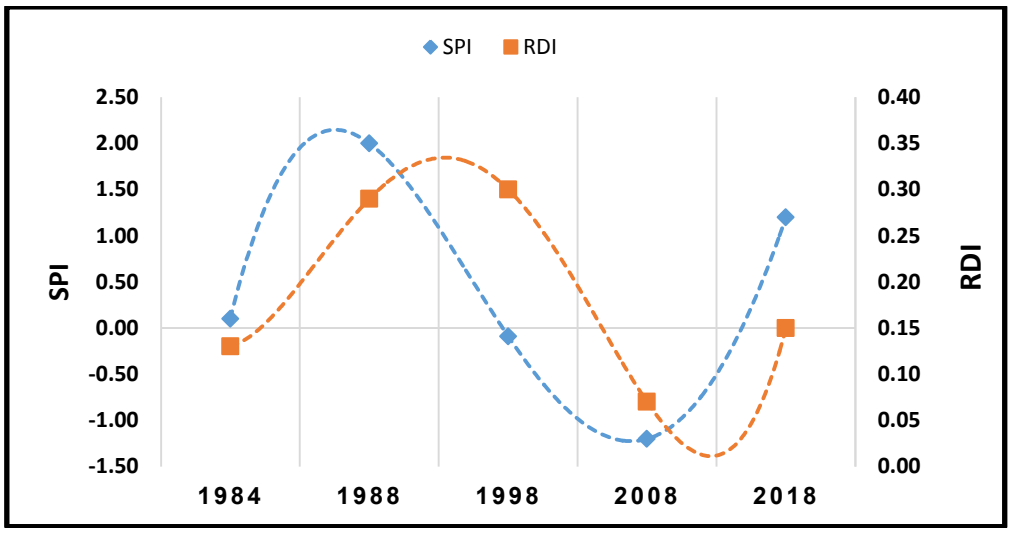
شكل (٢) الاتجاه العام لتكرار السنوات الجافة حسب مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) لمحطات الدراسة للمدة (١٩٧٨-٢٠١٨)



المصدر: - بالاعتماد على ملحق (69) وبرنامج XLSTAT

يتضح مما سبق وفقا لنتائج مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI ان جميع محطات الدراسة وللمدة المحددة من عام (١٩٧٨-٢٠١٨) كانت تحت مستوى (٠.٥٠) أي انها لم تصل الى مستوى الظروف شبه الرطبة فخلال السنوات الأولى كانت اقل جفافاً مقارنة مع السنوات الأخيرة التي سجلت اغلبها ضمن مستوى شديد الجفاف والجاف وشبه الجاف وهذا ما يتفق مع التغيرات المناخية التي حدثت في العالم وبالأخص اتجاه درجات الحرارة الذي يأخذ بالزيادة التدريجية وقد أظهرت نتائج الجفاف ان كلا المؤشرين يظهران سلوكاً مشابهاً بشكل عام لمقادير الجفاف كما في الشكل (٣) وبالتالي لا يمكننا تجاهل دور التبخر في تقييمات الجفاف .

شكل (٣) النتائج السنوية لمؤشري الجفاف (SPI , RDI) لمنطقة الدراسة للأعوام (١٩٨٤و١٩٨٨ و ١٩٩٨ و٢٠٠٨ و ٢٠١٨)



المصدر :- بالاعتماد على ملحق (١)

اذ سجلت اغلب المحطات حالات جفاف أي زيادة السنوات الجافة مقارنة بالسنوات الرطبة وعليه تعد عملية رصد الجفاف مهمة جدا لأجل تحديد اتجاهات المناخ وامدادات المياه وكذلك اكتشاف توقع حدوث شدة الجفاف وتعد هذه المعلومات مهمة للغاية لتقليل تأثير الجفاف وعليه أتضح ان منطقة الدراسة تعاني من الجفاف خاصة في السنوات الأخيرة وقد أظهرت نتائج الجفاف ان كلا المؤشرين يظهران سلوكاً مشابهاً بشكل عام لمقادير الجفاف الا ان الاختلاف بينهما ان مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) يتضمن بيانات التبخر والنتح والامطار في حسابه اما مؤشر الهطول القياسي(SPI) يعتمد فقط على الامطار وهذا ما جعل مؤشر RDI حساساً جدا للتغير المناخي ومهم الى حد ما للكشف عن سنوات الجفاف وذلك لان RDI اكثر حساسية من SPI للظروف المناخية وبالتالي لا يمكننا تجاهل دور

التبخر في تقييمات الجفاف وعليه فان استخدام مؤشر الجفاف (RDI) مناسب لتخطيط وإدارة المياه لغرض مراقبة الجفاف ، كما انه قابل للتطبيق عالمياً مقارنة مع المؤشرات الأخرى ذات الصلة بالجفاف كما أظهرت العديد من الدراسات ان استخراج التبخر والنتح الممكن باي طريقة كانت لا تؤثر في نتائج (RDI) لذلك يعد من المؤشرات القوية لحساب مقادير الجفاف في العديد من المناطق ذات المناخات المختلفة.

فالجفاف هو أحد الأسباب الرئيسة للتصحر ويمكن أن تعزى هذه الظاهرة إلى عدم كفاية هطول الأمطار أو موسم الجفاف المطول أو سلسلة من موسم الأمطار دون المتوسط، فأن السمة الرئيسة للجفاف هي انخفاض توافر المياه في مدة معينة على مساحة معينة. مما يؤدي الى حالة انخفاض حاد في توافر المياه ويمكن أن يمتد النقص الى مدة طويلة وبشكل ملحوظ ، وعليه تبين إن التأثير المباشر للتصحر على تدهور الأراضي هو إما انخفاضاً في إنتاجية الأراضي أو التخلي الكامل عن الأراضي الزراعية، الأمر الذي يؤدي في النهاية تدهور خصائص التربة في منطقة الدراسة وجعلها تربة جافة مفككة مهيأة لعمليات التعرية الريحية مما اسهم ذلك في تفاقم واتساع مظاهر التصحر اذ ان هناك علاقة مباشرة بين الجفاف والتصحر والأمن الغذائي، حيث تؤدي هذه المخاطر البيئية إلى انخفاض جودة التربة مما يؤدي في النهاية إلى خفض الإنتاجية الزراعية وبالنهاية فان الجفاف والتصحر يؤديان إلى تدهور الاراضي الخصبة من خلال تغيرات طويلة الأجل في التربة والمناخ مما يؤدي إلى خلق ظروف شبيهة بالصحراء.

النتائج

١- ركز البحث على رصد وتقييم الجفاف في منطقة الدراسة من خلال الاعتماد على مؤشري هطول المطر القياسي (SPI) ومؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) ، اذ تعد مؤشرات الجفاف اليوم أدوات لا غنى عنها في اكتشاف ورصد وتقييم احداث الجفاف.

٢- أظهرت نتائج الجفاف ان منطقة الدراسة تعاني من فترات جفاف واضحة خلال المدة (١٩٨٧-٢٠١٨) فقد بلغت نسبة المواسم الجافة نحو (٥١.٥ %) اما المواسم الرطبة بلغت (٤٨.٥ %) اذ تراوحت تلك الفترات بين الجفاف المعتدل و المتوسط والجفاف الشديد لكل محطات الدراسة.

٣- بينت نتائج الجفاف ان كلا المؤشرين تظهران سلوكاً مشابهاً بشكل عام لقيم الجفاف الا ان الاختلاف بينهما ان مؤشر (RDI) يتضمن بيانات التبخر / النتح والامطار في حسابه اما مؤشر (SPI) يعتمد فقط على الامطار وهذا ما جعل مؤشر RDI حساساً جدا للتغير المناخي وهذا مهم الى

حد ما للكشف عن سنوات الجفاف وذلك لان RDI اكثر حساسية من SPI للظروف المناخية وبالتالي لا يمكننا تجاهل دور التبخر في تقييمات الجفاف .

٤- أوضحت الدراسة ان استخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) مناسب لتخطيط وإدارة المياه لغرض مراقبة الجفاف ، كما انه من قابل للتطبيق عالمياً مقارنة مع المؤشرات الأخرى ذات الصلة بالجفاف كما أظهرت العديد من الدراسات ان استخراج التبخر / النتح الممكن باي طريقة كانت لا تؤثر على نتائج (RDI) لذلك يعد من المؤشرات القوية لحساب قيم الجفاف في العديد من المناطق ذات المناخات المختلفة.

ملحق (١) مقادير الجفاف لمؤشر هطول المطر القياسي (SPI) ومؤشر الجفاف الاستطلاعي(RDI) في محطة (كربلاء والنجف والديوانية والسماوة وعرعر ورفحة) للمدة (١٩٧٨– ٢٠١٨)

المحطات	كربلاء				النجف				الديوانية				السماوة				عرعر		رفحة	
السنوات	spi	الوصف	RDI	الوصف	spi	الوصف	RDI	الوصف	spi	الوصف	RDI	الوصف	spi	الوصف	RDI	الوصف	spi	الوصف	spi	الوصف
1978	-0.8	معتدل الجفاف	0.09	جاف	-0.5	معتدل الجفاف	0.09	جاف	-1.0	متوسط الجفاف	0.07	جاف	0.1	معتدل الرطوبة	0.09	جاف	-1.3	متوسط الجفاف	-2	شديد الجفاف جدا
1979	-0.3	معتدل الجفاف	0.13	جاف	0.4	معتدل الرطوبة	0.15	جاف	0.3	معتدل الرطوبة	0.14	جاف	-2.0	شديد الجفاف جدا	0.03	شديد الجفاف	-1.3	متوسط الجفاف	-2.07	شديد الجفاف جدا
1980	0.5	معتدل الرطوبة	0.21	شبه جاف	0.4	معتدل الرطوبة	0.17	جاف	0.1	معتدل الرطوبة	0.13	جاف	0.1	معتدل الرطوبة	0.10	جاف	3.3	شديد الرطوبة جدا	-0.8	معتدل الجفاف
1981	-0.9	معتدل الجفاف	0.08	جاف	-0.2	معتدل الجفاف	0.09	جاف	-0.6	معتدل الجفاف	0.07	جاف	0.5	معتدل الرطوبة	0.15	جاف	-1.2	متوسط الجفاف	2.3	شديد الرطوبة جدا
1982	0.8	معتدل الرطوبة	0.18	جاف	0.9	معتدل الرطوبة	0.18	جاف	0.4	معتدل الرطوبة	0.14	جاف	0.0	معتدل الجفاف	0.07	جاف	-1.2	متوسط الجفاف	1.9	شديد الرطوبة
1983	-0.5	معتدل الجفاف	0.07	جاف	0.5	معتدل الرطوبة	0.10	جاف	-1.6	شديد الجفاف	0.04	جاف	-0.3	معتدل الجفاف	0.10	جاف	0.7	معتدل الرطوب	1.3	متوسط الرطوبة
1984	0.2	معتدل الرطوبة	0.13	جاف	0.1	معتدل الجفاف	0.13	جاف	-1.0	متوسط الجفاف	0.06	جاف	-0.7	معتدل الجفاف	0.05	جاف	1.7	شديد الرطوبة	1.2	متوسط الرطوبة
1985	0.0	معتدل الجفاف	0.13	جاف	0.4	معتدل الرطوبة	0.12	جاف	0.0	معتدل الجفاف	0.11	جاف	-1.3	متوسط الجفاف	0.04	جاف	1.1	متوسط الرطوبة	1.1	متوسط الرطوبة
1986	0.8	معتدل الرطوبة	0.16	جاف	0.4	معتدل الرطوبة	0.17	جاف	0.0	معتدل الجفاف	0.14	جاف	-0.5	معتدل الجفاف	0.06	جاف	1.5	متوسط الرطوبة	1.7	شديد الرطوبة
1987	0.3	معتدل الرطوبة	0.07	جاف	0.0	معتدل الجفاف	0.08	جاف	-0.4	معتدل الجفاف	0.10	جاف	-0.3	معتدل الجفاف	0.09	جاف	1.0	متوسط الرطوبة	1.2	متوسط الرطوبة
1988	1.4	متوسط الرطوبة	0.18	جاف	2.0	شديد الرطوبة جدا	0.29	شبه جاف	1.1	متوسط الرطوبة	0.19	جاف	0.6	معتدل الرطوبة	0.08	جاف	0.1	معتدل الرطوبة	0.2	معتدل الرطوبة
1989	0.4	معتدل الرطوبة	0.15	جاف	0.8	معتدل الرطوبة	0.23	شبه جاف	0.5	معتدل الرطوبة	0.16	جاف	0.5	معتدل الرطوبة	0.09	حاف	0.1	معتدل الرطوبة	-1.0	متوسط الجفاف
1990	0.2	معتدل الرطوبة	0.12	جاف	-1.1	متوسط الجفاف	0.06	جاف	-1.1	متوسط الجفاف	0.08	جاف	-0.9	معتدل الجفاف	0.05	جاف	-0.1	معتدل الجفاف	0.2	معتدل الرطوبة
1991	0.5	معتدل الرطوبة	0.17	جاف	-0.4	معتدل الجفاف	0.10	جاف	-0.1	معتدل الجفاف	0.14	جاف	-1.8	شديد الجفاف	0.04	جاف	-0.8	معتدل الجفاف	-1.2	متوسط الجفاف
1992	-1.1	متوسط الجفاف	0.06	جاف	-0.8	معتدل الجفاف	0.04	جاف	-0.3	معتدل الجفاف	0.10	جاف	0.3	معتدل الرطوبة	0.13	جاف	0.6	معتدل الرطوبة	0.3	معتدل الرطوبة
1993	1.5	شديد الرطوبة	0.24	شبه جاف	1.9	شديد الرطوبة	0.28	شبه جاف	2.1	شديد الرطوبة جدا	0.27	شبه جاف	0.5	معتدل الرطوبة	0.11	جاف	-0.3	معتدل الجفاف	-1.0	متوسط الجفاف
1994	-1.2	متوسط الجفاف	0.09	جاف	-0.6	معتدل الجفاف	0.09	جاف	-0.6	معتدل الجفاف	0.10	جاف	1.7	شديد الرطوبة	0.20	شبه جاف	0.1	معتدل الرطوبة	0.7	معتدل الرطوبة
1995	1.3	متوسط الرطوبة	0.24	شبه جاف	1.1	متوسط الرطوبة	0.18	جاف	1.6	شديد الرطوبة	0.22	شبه جاف	0.5	معتدل الرطوبة	0.17	جاف	0.4	معتدل الرطوبة	-0.4	معتدل الجفاف
1996	0.7	معتدل الرطوبة	0.22	شبه جاف	0.3	معتدل الرطوبة	0.18	جاف	1.1	متوسط الرطوبة	0.23	شبه جاف	1.8	شديد الرطوبة	0.23	شبه جاف	-0.1	معتدل الجفاف	0.2	معتدل الرطوبة
1997	-1.2	متوسط الجفاف	0.07	جاف	-1.3	متوسط الجفاف	0.05	جاف	-0.6	معتدل الجفاف	0.10	جاف	0.7	معتدل الرطوبة	0.14	جاف	0.0	معتدل الجفاف	0.8	معتدل الرطوبة
1998	1.3	متوسط الرطوبة	0.25	شبه جاف	-0.1	معتدل الجفاف	0.30	شبه جاف	1.3	متوسط الرطوبة	0.27	شبه جاف	-0.2	معتدل الجفاف	0.10	جاف	0.3	معتدلة الرطوب	0.1	معتدل الرطوبة
1999	-1.1	متوسط الجفاف	0.11	جاف	-1.4	متوسط الجفاف	0.07	جاف	-0.9	معتدل الجفاف	0.10	جاف	2.9	شديد الرطوبة جدا	0.23	شبه جاف	1.5	شديد الرطوبة	0.8	معتدل الرطوبة
2000	-1.7	شديد الجفاف	0.06	جاف	-1.4	متوسط الجفاف	0.05	جاف	1.2	متوسط الرطوبة	0.27	شبه جاف	2.3	شديد الرطوبة جدا	0.40	شبه جاف	-0.3	معتدل الجفاف	0.0	معتدل الجفاف
2001	0.2	معتدل الرطوبة	0.13	جاف	0.2	معتدل الرطوبة	0.14	جاف	1.6	شديد الرطوبة	0.28	شبه جاف	0.3	معتدل الرطوبة	0.12	جاف	-0.4	معتدل الجفاف	-0.1	معتدل الجفاف
2002	-0.3	معتدل الجفاف	0.09	جاف	-0.3	معتدل الجفاف	0.11	جاف	1.5	متوسط الرطوبة	0.18	جاف	0.7	معتدل الرطوبة	0.09	جاف	-1.1	متوسط الجفاف	-1.0	متوسط الجفاف
2003	-1.3	متوسط الجفاف	0.07	جاف	-2.0	شديد الجفاف جدا	0.03	شديد الجفاف	-0.9	معتدل الجفاف	0.10	جاف	0.0	معتدل الجفاف	0.07	جاف	0.3	معتدل الرطوبة	-0.1	معتدل الجفاف
2004	-0.3	معتدل الجفاف	0.13	جاف	0.0	معتدل الجفاف	0.14	جاف	1.0	متوسط الرطوبة	0.21	شبه جاف	-0.1	معتدل الجفاف	0.09	جاف	-0.6	معتدل الجفاف	0.1	معتدل الرطوبة
2005	0.0	معتدل الجفاف	0.13	جاف	-0.2	معتدل الجفاف	0.12	جاف	-0.5	معتدل الجفاف	0.12	جاف	0.3	معتدل الرطوبة	0.08	جاف	-1.0	متوسط الجفاف	-0.5	معتدل الجفاف
2006	-0.7	معتدل الجفاف	0.10	جاف	0.7	معتدل الرطوبة	0.19	جاف	0.6	معتدل الرطوبة	0.18	جاف	-0.8	معتدل الجفاف	0.05	جاف	-0.6	معتدل الجفاف	-0.3	معتدل الجفاف
2007	-0.5	معتدل الجفاف	0.13	جاف	0.2	معتدل الرطوبة	0.18	جاف	-1.1	متوسط الجفاف	0.08	جاف	1.5	شديد الرطوبة	0.24	شبه جاف	-0.6	معتدل الجفاف	-0.2	معتدل الجفاف
2008	-1.1	متوسط الجفاف	0.08	جاف	-1.2	متوسط الجفاف	0.07	جاف	-0.7	معتدل الجفاف	0.10	جاف	0.1	معتدل الرطوبة	0.07	جاف	-1.5	شديد الجفاف	-1.5	شديد الجفاف
2009	-1.3	متوسط الجفاف	0.04	شديد الجفاف	0.0	معتدل الجفاف	0.10	جاف	-1.1	متوسط الجفاف	0.07	جاف	-1.8	شديد الجفاف	0.04	جاف	-1.5	شديد الجفاف	-1.7	شديد الجفاف
2010	0.0	معتدل الجفاف	0.10	جاف	-0.4	معتدل الجفاف	0.08	جاف	-0.9	معتدل الجفاف	0.08	جاف	-0.3	معتدل الجفاف	0.06	جاف	-1.4	شديد الجفاف	-1.3	متوسط الجفاف
2011	0.0	معتدل الجفاف	0.13	جاف	-0.2	معتدل الجفاف	0.11	جاف	-0.2	معتدل الجفاف	0.12	جاف	-0.7	معتدل الجفاف	0.04	جاف	-0.9	معتدل الجفاف	-0.8	معتدل الجفاف
2012	-2.6	شديد الجفاف جدا	0.03	شديد الجفاف	-2.6	شديد الجفاف جدا	0.02	شديد الجفاف	-1.5	شديد الجفاف	0.05	جاف	-0.6	معتدل الجفاف	0.06	جاف	1.3	متوسط الرطوبة	1.1	متوسط الرطوبة
2013	-0.6	معتدل الجفاف	0.11	جاف	0.0	معتدل الجفاف	0.13	جاف	0.8	معتدل الرطوبة	0.18	جاف	0.4	معتدلة الرطوبة	0.10	جاف	-0.8	معتدل الجفاف	-0.8	معتدل الجفاف
2014	1.0	متوسط الرطوبة	0.20	شبه جاف	1.1	متوسط الرطوبة	0.13	جاف	0.8	معتدل الرطوبة	0.17	جاف	-0.8	معتدل الجفاف	0.05	جاف	0.4	معتدل الرطوبة	0.5	معتدل الرطوبة
2016	1.2	متوسط الرطوبة	0.13	جاف	-1.0	متوسط الجفاف	0.05	جاف	0.5	معتدل الرطوبة	0.14	جاف	-0.6	معتدل الجفاف	0.05	جاف	0.3	معتدل الرطوبة	0.1	معتدل الرطوبة
2017	0.7	معتدل الرطوبة	0.05	جاف	0.1	معتدل الرطوبة	0.06	جاف	-0.3	معتدل الجفاف	0.04	جاف	-0.3	معتدل الجفاف	0.14	جاف	0.1	معتدل الرطوبة	0.2	معتدل الرطوبة
2018	0.8	معتدل الرطوبة	0.07	جاف	1.2	متوسط الرطوبة	0.15	جاف	-1.1	متوسط الجفاف	0.02	جاف	-1.1	متوسط الجفاف	0.07	جاف	-0.1	معتدل الجفاف	-0.5	معتدل الجفاف

المصدر:-

١- جمهورية العراق ، وزارة النقل والمواصلات ، الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة ، بغداد ، ٢٠١٨.

٢- برنامج Drin C1.7

٣- برنامج Cropwat

الهوامش:

(١) – وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، محافظة النجف ، احصائية ،١٩٩٣و برنامج GIS 10.5.

(٢) عباس فاضل السعدي ، جغرافية العراق (أطارها الطبيعي – نشاطها الاقتصادي – جانبها البشري)، الدار الجامعية للطباعة والنشر ،الطبعة الاولى ، ٢٠٠٨ ، ص ٧.

*المحطات الحدودية (عرعر ورفحة) بياناتها غير متكاملة اقتصرت فقط على العناصر المناخية (درجة الحرارة والرياح والرطوبة النسبية والامطار)

٣– أنور فتح الله إسماعيل ، الجفاف المناخي (سلسلة الدراسات المناخية ٢) ، الطبعة الأولى ،دار الكتب الوطنية ، ليبيا – طرابلس ، ٢٠١٤ ، ص ٥.

٤– احمد لفتة حمد البديري ، مؤشرات التغير المناخي واثرها في زيادة مظاهر الجفاف في محافظة بابل ، مصدر سابق ، ،ص٧٨.

5 –Yaseen K. AL–Timimi and other , Drought Risk Assessment In Iraq Using Remote Sensing And GIS Techniques, Iraqi Journal of Science, Vol. 53, No. 4,p 1078–1079, 2012.

–

٦– ثائر عبيد حسن الخفاجي ، ظاهرة الجفاف في قضاء عين التمر وتأثيرها على واقع الإنتاج الزراعي ، أطروحة دكتوراه ، جامعة سانت كلمنتس العالمية ، كلية الزراعة ، ٢٠١٣ ، ص ٤٦–٤٧.

٧– أنور فتح الله إسماعيل ، الجفاف المناخي ، مصدر سابق ، ص ١١.

8 – SINDISIWE NYIDE,THE INVESTIGATION OF WATER RESOURCES RESPONSE TO LAND USE CHANGE AT WILLOWFONTEIN , MASTER'S DEGREE , the FACULTY OF NATURAL & AGRICULTURAL SCIENCES , at the UNIVERSITY OF THE FREE STATE , 2009 , p7–8.

9 – –Yared Bayissa Comparison of the Performance of Six Drought Indices in Characterizing Historical Drought for the Upper Blue Nile Basin،OP.Cit, p 2.

10 – Virat Shukla , Modeling spatio– Temporal pattern of Drought Using Three – Dimensional Markov Random Field , Thesis Master , International Institute for Geo – information Science and Earth Observation , 2007 , P2.

11 –– Standardized Precipitation Index User Guide, World Meteorological Organization, 2012, p٣.

12 –B.H. Narendre, "Drought Monitoring Using Rainfall Data and Spatial Soil Moisture Modeling", M.A. Thesis(Unpublished), Faculty of Geography, Ganjah Mada University,2008 , P.6.

١٣- عمر حمدان عبدالله الشجيري ، مؤشرات التغير المناخي واثرها على الواقع المائي في محافظة واسط ، رسالة ماجستير ، كلية التربية (ابن رشد) جامعة بغداد ، ٢٠٠٥.، ص ١٣٢.

14 -Urša Šebenik and other , Drought Analysis Using the Standardized Precipitation Index (SPI) , Acta geographica Slovenica, p33-34, 2017

15 - Standardized Precipitation Index User Guide, World Meteorological Organization, 2012, p4.

16 -Chooghi Bairam Komaki MSc , The Use of Remote Sensing to Evaluate and Detect Desert Regions, Doktor der Naturwissenschaften, Wien, 2011,p30.

(١٧) - أبو زيد ، خصائص الامطار في الجزء الأوسط من غربي المملكة العربية السعودية ، مجلة جامعة الملك عبد العزيز ، الآداب والعلوم الإنسانية ، مجلد ١٤ ، ٢٠٠٦ ، ص٢١٢.

18 -Ajay D. Malakiya and T. M. V. Suryanarayana, Assessment of Drought Using Standardized Precipitation Index (SPI) and Reconnaissance Drought Index (RDI): A Case Study of Amreli District, International Journal of Science and Research,2013,p1996.

19 -Dimitris Tigkasa and other , Introducing a modified Reconnaissance Drought Index (RDIe) incorporating effective precipitation, International Conference on Efficient & Sustainable Water Systems Management toward Worth Living Development, 2016 , p335.

20 - عمار مجيد مطلك العزاوي ، تحليل اثر التغيرات الفصلية في عناصر المناخ على شدة موجات الجفاف في العراق ، ٢٠١٩ ، ص١٤٧..أطروحة دكتوراه ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة تكريت ،

٢١- أبو بكر عبدالله الحبتي ، تحليل الجفاف في شمال ليبيا باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) ، المؤتمر الدولي للتقنيات الجيوومكانية ،٢٠١٧،ص٥-٦.

المصادر

١- – أبو زيد ، خصائص الامطار في الجزء الأوسط من غربي المملكة العربية السعودية ، مجلة جامعة الملك عبد العزيز ، الآداب والعلوم الإنسانية ، مجلد ١٤ .

٢- أبو بكر عبدالله الحبتي ، تحليل الجفاف في شمال ليبيا باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) ، المؤتمر الدولي للتقنيات الجيوومكانية ،٢٠١٧.

٣- احمد لفتة حمد البديري ، مؤشرات التغير المناخي واثرها في زيادة مظاهر الجفاف في محافظة بابل ، رسالة ماجستير ، كلية التربية (ابن رشد) ، جامعة بغداد، ٢٠١٢.

٤- أنور فتح الله إسماعيل ، الجفاف المناخي (سلسلة الدراسات المناخية ٢) ، الطبعة الأولى ،دار الكتب الوطنية ، ليبيا – طرابلس ، ٢٠١٤ .

٥- ثائر عبيد حسن الخفاجي ، ظاهرة الجفاف في قضاء عين التمر وتأثيرها على واقع الإنتاج الزراعي ، أطروحة دكتوراه، جامعة سانت كلمنتس العالمية ، كلية الزراعة ، ٢٠١٣ .

٦- عباس فاضل السعدي ، جغرافية العراق (أطارها الطبيعي – نشاطها الاقتصادي – جانبها البشري)، الدار الجامعية للطباعة والنشر ،الطبعة الاولى ، ٢٠٠٨ .

٧- عمار مجيد مطلك العزاوي ، تحليل اثر التغيرات الفصلية في عناصر المناخ على شدة موجات الجفاف في العراق ، أطروحة دكتوراه ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة تكريت ، ٢٠١٩.

٨- عمر حمدان عبدالله الشجيري ، مؤشرات التغير المناخي واثرها على الواقع المائي في محافظة واسط ، رسالة ماجستير ، كلية التربية (ابن رشد) جامعة بغداد ، ٢٠٠٥.

٩- وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، محافظة النجف ، احصائية ،١٩٩٣و برنامج GIS 10.5.

1- Yaseen K. AL-Timimi and other , Drought Risk Assessment In Iraq Using Remote Sensing And GIS Techniques, Iraqi Journal of Science, Vol. 53, No. 4, 2012.-

2- SINDISIWE NYIDE,THE INVESTIGATION OF WATER RESOURCES RESPONSE TO LAND USE CHANGE AT WILLOWFONTEIN , MASTER'S DEGREE , the FACULTY OF NATURAL & AGRICULTURAL SCIENCES , at the UNIVERSITY OF THE FREE STATE , 2009 .

3- -Yared Bayissa Comparison of the Performance of Six Drought Indices in Characterizing Historical Drought for the Upper Blue Nile Basin.

4- - Virat Shukla , Modeling spatio- Temporal pattern of Drought Using Three – Dimensional Markov Random Field , Thesis Master , International Institute for Geo – information Science and Earth Observation , 2007 .

5- Standardized Precipitation Index User Guide, World Meteorological Organization, 2012, p٣.

21 -B.H. Narendre, "Drought Monitoring Using Rainfall Data and Spatial Soil Moisture Modeling", M.A. Thesis(Unpublished), Faculty of Geography, Ganjah Mada University,2008 .

6- Urša Šebenik and other , Drought Analysis Using the Standardized Precipitation Index (SPI) , Acta geographica Slovenica, 2017.

7- Standardized Precipitation Index User Guide, World Meteorological Organization, 2012

8- -Chooghi Bairam Komaki MSc , The Use of Remote Sensing to Evaluate and Detect Desert Regions, Doktor der Naturwissenschaften, Wien, 2011

9- -Ajay D. Malakiya and T. M. V. Suryanarayana, Assessment of Drought Using Standardized Precipitation Index (SPI) and Reconnaissance Drought Index (RDI): A Case Study of Amreli District, International Journal of Science and Research,2013,

10- Dimitris Tigkasa and other , Introducing a modified Reconnaissance Drought Index (RDI) incorporating effective precipitation, International Conference on Efficient & Sustainable Water Systems Management toward Worth Living Development, 2016.