

التباين الزمني والمكاني لاتجاهات وتكرارات
الجفاف في منطقة الفرات الأوسط

**Temporal and Spatial Variation of Trends and
Frequency of Drought in the Middle Euphrates
Region**

م. د. أحمد لفته حمد البديري

Lectur. Dr. Ahamed Lafta Hamid Al-Badayri

التباين الزمني والمكاني لاتجاهات وتكرارات
الجفاف في منطقة الفرات الأوسط

**Temporal and Spatial Variation of Trends and
Frequency of Drought in the Middle Euphrates
Region**

م. د. أحمد لفته حمد البديري
Lectur. Dr. Ahamed Lafta Hamid Al-Badayri

المديرية العامة للتربية / محافظة واسط
Education Directorate of Wassit

ahmedlalbudeiri@gmail.com

تاريخ الاستلام: ٢٠٢٠/١١/١١

تاريخ القبول: ٢٠٢٠/١٢/٢

خضع البحث لبرنامج الاستلال العلمي
Turnitin - passed research

ملخص البحث:

تعدّ دراسة تكرار ظاهرة الجفاف على المدى الطويل أمراً ضرورياً للتكيف والتخفيف من مخاطر الجفاف، إذ تهدف الدراسة الى تقييم التباين الزمني والمكاني لاتجاه حالات الجفاف وتكرارها في منطقة الفرات الأوسط للمدة (١٩٥٠ - ٢٠١٩)، لاثنتي عشرة نقطة شبكية لبيانات الامطار ودرجات الحرارة المستمدة من مركز الأبحاث المناخية (CRU TS v4. 04) باستخدام المؤشر القياسي للأمطار والتبخّر- نتح (SPEI) لأربعة مقاييس زمنية (1، 3، 6، 12) شهر، مستعملاً اختبار (Rho)، فقد اظهرت النتائج زيادة في الاتجاه العام بمعدل (0.17-) لكل عقد في جميع النطاقات الزمنية ذات دلالة إحصائية، واتضح أن أشد السنوات جفافاً في المدة الزمنية المدروسة هي السنوات (1998، 2000، 2008، 2017)، وقد بلغت نسبة الجفاف (51) % في 70 سنة الماضية، وكان العقد الأخير، هو الأشد جفافاً بنسبة (73) % إذ شهد العقدان الأخيران زيادة مطردة في فئات الجفاف الشديد، والمتطرف، والمتطرف جداً، في المقابل تناقص في الظروف المعتدلة بمعدل (1.7-) لكل عقد مع تناقص شديد في العقد الأخير اذ بلغت نسبة الظروف المعتدلة (27) %، ومن اللافت للاهتمام تجانس التغيرات المكانية في المنطقة، وعدم وجود فروقات كبيرة، و الدراسة معنية بتقديم تقييم محلي طويل الأمد لتقلبات الجفاف التي يمكن ان تساهم في فهم افضل للتغيرات المناخية واثاره المحتملة على الزراعة، والامن الغذائي، والمائي، وتدهور الغطاء النباتي، والتربة وإدارة الموارد المائية.

الكلمات المفتاحية: الجفاف، الاتجاه، التكرار، مؤشر الامطار والتبخّر- نتح القياسي، الفرات الأوسط.

Abstract:

The study of the long-term recurrence of the drought phenomenon is necessary to adapt and mitigate the risks of drought, as the study aims to assess the temporal and spatial variation of the trend and frequency of droughts in the Middle Euphrates for the period (1950-2019), for twelve grid points for rain and temperature data derived from the center. Climate Research (CRU TS v4. 04), using the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) for four-time scales (1, 3, 6 and 12) months, using the (Rho) test, the results show an increase in the general trend of (-0. 17) for each decade in all time scales of statistical significance, and it becomes clear that the driest years during the studied period of time are the years (1998, 2000, 2008, 2017). A drought rate has reached 51% in the past 70 years, and the last decade has been the most severe. Drought by 73%, as the last two decades, witnessed a steady increase in the categories of severe drought, extreme and very extreme, in contrast to a decrease in moderate conditions at a rate of (-7. 1) per decade with a severe decrease in the last decade, as the percentage of moderate conditions reached 27% Interestingly. The homogeneity of spatial changes in the study is concerned with providing a long-term local assessment of the fluctuations of drought that can contribute to a better understanding of climate change and its potential impacts on agriculture, food security, water, vegetation degradation, soil, and water resource management.

Keywords: Drought, Trend, Frequency, Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, Middle Euphrates.

المقدمة.

يمثل الجفاف ظاهرة طبيعية معقدة يؤثر في مختلف جوانب الحياة لاقتصادية، والاجتماعية، والبيئية على النطاق العالمي والإقليمي والمحلي (Parsons et al. 2019,p129) وهو يعد من اكثر الكوارث البيئية، تأثيراً في المناطق الجافة وشبه الجافة (Dehghan et al. 2020,p318)، وله اثار سلبية شديدة تهدد الإنتاج الزراعي والامن الغذائي والمائي في العالم، فمن المتوقع أن يصبح الجفاف اكثر تكراراً وحدة نتيجة التغيرات المناخية المرتبط بالاحترار العالمي (IPCC 2013,p214). ويمكن تصنيف الجفاف الى أربعة أنواع الاول: الجفاف المناخي، وهو مرتبط بالانقص الحاصل في تساقط الامطار، والثاني الجفاف الزراعي الذي يحدث عندما يحصل عجز في رطوبة التربة، والنوع الثالث الجفاف الاجتماعي / الاقتصادي، ويرتبط بتناقص موارد المياه لتلبية الاحتياجات البشرية، والنوع الرابع الجفاف الهيدرولوجي، يتمثل بنقص المياه في الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية، (Hameed et al. , 2018,p1) ويمكن ان تكون كل هذه الأنواع لمؤشر واحد، تخضع تسمية الأنواع المتقدمة للمقياس الزمني من (1، 3، 6، 12) شهر.

شهدت العقود الأخيرة في القرن العشرين احترار النظام المناخي العالمي الذي أكدته الهيئة الدولية المعنية بالتغير المناخي، وقد لوحظ في المئة عام الماضية ارتفاع درجة الحرارة السطحية على مستوى العالم بمقدار (0.74 °م (IPCC 2007,p5) ، وبات اتجاه درجات الحرارة في تزايد واضح لا يمكن انكاره بعد عام 1980 بالمقارنة بالمدة الأساسية (1961 – 1990)، فضلاً عن التوقعات المحتملة بانخفاض الامطار بنسبة (0.3%) لكل عقد في المناطق شبه المدارية في نصف الكرة الشمالية (IPCC 2001,p4).

إن ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الامطار في العقود الأخيرة، قد رُصدَ في المناخ المحلي للعراق، وهذا ما بيّنته دراسة (Muslih & Krzysztof, 2016)، وقد بلغت نسبة الارتفاع أكثر من (0.5) °م لكل عقد للمدة (1941 – 2013)، وانخفاض كميات الأمطار بمقدار (13) ملم لكل عقد من عام (1971 – 2015) (البديري، 2018، ص 111)، وهذا مؤشر خطر للجفاف، إذ قد يتفاقم اكثر، وتترتب عليه أحداث أكثر تطرفاً في المستقبل.

ويمكن رصد الجفاف باستخدام مؤشرات متنوعة منها:

مؤشر بالمر لحدّة الجفاف (Palmer, 1965,p1) (PDSI)، ومؤشر الامطار القياسي (Thomas B. McKee et al. , 1993) (SPI)، ومؤشر الجفاف الاستطلاعي (Tsakiris et al. , 2007) (RDI)، ومؤشر التبخر- نتح والامطار القياسي (Vicente-Serrano et al. , 2010) (SPEI)، أغلب هذه المؤشرات (PDSI, RDI, SPEI) تعتمد على الموازنة المائية المناخية من خلال الفرق بين الامطار والتبخر — نتح، بينما يعتمد مؤشر (SPI) على الامطار فقط، وهو من المؤشرات المستخدمة على نطاق واسع الذي تكمن قوته في القدرة على الكشف عن الجفاف في نطاقات زمنية متعددة (Tirivarombo & Hughes, 2011,p 977)، وقد لوحظ الاداء المتشابه في مؤشري (SPI، RDI) في رصد الجفاف، وان مؤشر (PDSI) يحتاج الى معلمات اكثر ويرصد الجفاف في نطاق زمني ثابت (Pathak & Dodamani, 2019)، في حين يوفر (SPEI) ميزة رصد الجفاف في نطاقات زمنية متعددة، وهو اكثر حساسية للتبخر — نتح من (PDSI) في المناطق الجافة (Zhang et al. , 2015,p 11574). ومن ميزات (SPEI) مناسبته لرصد الجفاف للمدد الطويلة والقصير (Zhao et al. , 2017,p48)، ويمتاز ايضاً بقدرته على عكس اثار

تقليبية درجات الحرارة على الجفاف عبر الموازنة المائية المناخية (العجز / الفائض)، والتوزيع اللوجستي للحصول على نتائج معيارية، ووجه الشبه بينه وبين مؤشر الامطار القياسي الصيغة الرياضية، الا انه يشمل عنصر درجات الحرارة وعناصر أخرى (Vicente-Serrano et al. , 2010,p1696).

وقد بحثت العديد من الدراسات الجفاف على الصعيد العالمي والإقليمي، منها دراسة (Sheffield et al. , 2012,p435) التي اكدت زيادة تكرار وحدة الجفاف على مدى الستين سنة الماضية، ووجدت دراسة (Dai, 2011,p45)، التي بحثت النماذج المناخية زيادة الجفاف في القرن الواحد والعشرين في معظم انحاء افريقيا وجنوب أوروبا والشرق الأوسط ومعظم الأمريكيتين واستراليا، وبينت دراسة أخرى للباحث عينه (Dai, 2013,p52) زيادة الجفاف منذ (1950) في مناطق متعددة من الأرض وأشارت الى اختلاف أنماط الجفاف في العالم ودراسة لباحث اخر (Haile et al. , 2020,p1) بحث فيها اتجاهات الجفاف في افريقيا، وتوصل الى تزايد اتجاه الجفاف في القارة على مدى اثنين وخمسين عاماً في التكرار والشدة لاسيما في فصل الشتاء والربيع، ووجد (Tabari & Willems, 2018,p104005) ان مدة الجفاف ستتزايد في غالبية منطقة الشرق الأوسط وقد تصل الى (90)% في نهاية القرن مع زيادة عدد الأيام الجافة، اما على المستوى المحلي فقد بحثت دراسات متعددة ظاهرة الجفاف في العراق منها دراسة (الهيتمي 1980، ص 699) التي أظهرت ان تكرار سنوات الجفاف من (-7 13) سنة، وأوضحت دراسة (البديري 2012، ص 93) زيادة نسبة الجفاف في بعض محافظات الفرات الأوسط (الحلة، النجف، كربلاء) بمقدار (25، 54، 67) % للمدة (1981 – 2010) باستخدام مؤشر D، ودراسة (Al-Timimi & Al-Jiboori, 2013,p291) لتقييم خصائص الجفاف

المكانية والزمانية في العراق للمدة (1980 – 2010) باستخدام مؤشر الامطار القياسي SPI التي بينت ان العراق شكل ما نسبته 36 % من جفاف شديد، و 30 % من جفاف متطرف، و 22 % من جفاف معتدل، و 12 % من ظروف معتدلة، و رصدت دراسة (رشيد 2010، ص 60) فترات الجفاف في شمال العراق مستعملاً دليل المطر القياسي SPI للمدة (1941 – 2002)، فبينت ان نسبة الجفاف 56% خلال مدة الدراسة، وتوصلت دراسة (Awchi & Kalyana, 2017,p451) للمدة (1937 – 2010) ان معظم فئات الجفاف خفيفة، الا ان اشد السنوات جفافاً هي (1997-2001) (2006-2010)، كما يرى، وقدمت دراسة (Hameed et al. , 2018,p58) تقيماً شاملاً للخصائص الزمانية والمكانية للجفاف في العراق على عقود متعددة ما بين (1948 – 2009)، وبدقة مكانية (0.25) ° فقد استعمل مؤشر الامطار والتبخر- نتح القياسي (SPEI)، ومن نتائج هذه الدراسة انها اشارت الى تفاقم ظاهرة الجفاف ما بين (1998 – 2009) و المناطق الأكثر جفافاً بحسب الدراسة المناطق الوسطى والجنوبية من العراق، وبينت دراسة (الشجيري 2019، ص 93) ان هناك زيادة في اتجاهات الجفاف خصوصاً في عقد الالفية الذي شهد جفافاً مستديماً ذات دلالات إحصائية، وفي الاطار نفسه المهتم بالجفاف المحلي سعت دراسة (Jasim & Awchi, 2020,p1) الى تقييم الجفاف الإقليمي فوق العراق للمدة (1970 – 2013)، وذلك باعتماد مؤشر SPI، وبحسب الدراسة فقد تعرض العراق لفترات جفاف متكررة، ومن اشدّها المدة الممتدة ما بين (1997-2001)، ومن (2007 – 2010) وغالبية الجفاف كان من الفئة المعتدلة، بنسبة 33. % ومن اكثر المناطق المتضررة بمعدلات الجفاف الشديدة المناطق الشمالية الشرقية.

وبعد عرض الدراسات السابقة التي بحثت ظاهرة الجفاف بمؤشرات متنوعة، وأماكن مختلفة تنفرد دراستنا الحالية في وصف خصائص الجفاف الزمانية والمكانية على المدى الطويل للمدة (1950 – 2019) على مقاييس زمنية متعددة (1، 3، 6، 12) شهراً لدراسة الجفاف المناخي والزراعي والهيدرولوجي، وستنطلق الدراسة للإجابة عن التساؤل الآتي: ما اتجاهات الجفاف وما خصائصه في منطقة الفرات الأوسط؟، اما فرضية الدراسة فتقوم على تحليل اتجاهات الجفاف ومدى تكراره وتباينه زمنياً ومكانياً في منطقة الفرات الأوسط، و تبرز أهمية الدراسة في إدارة مخاطر الجفاف والتكيف مع التغيرات المستقبلية المحتملة، وتسعى الدراسة الى تحقيق مجموعة اهداف منها:

١. تحديد اتجاهات الجفاف على المستوى الزمني باستخدام مؤشر (SPEI) بمقاييس متعددة

٢. الكشف عن تكرار احداث الجفاف زمنياً ومكانياً على مدى سبعة عقود من الزمن.

٣. وصف الاحداث الجافة والظروف المعتدلة وتحديد نسبها.

منطقة الدراسة وبياناتها: Study area and data

تحدد الدراسة منطقة اشتغالها في الجزء الجنوبي الغربي من السهل الرسوبي في العراق، الذي كوّنه نهرا دجلة والفرات وسط العراق وجنوبه (الموسوي، 2000، ص 69)، وذلك الجزء يسمى منطقة الفرات الأوسط، ويشمل خمس محافظات هي (بابل، كربلاء، النجف، الديوانية والمثنى)، تحدها من الشمال محافظة بغداد ومن الشرق ثلاث محافظات هي (واسط، ذي قار، البصرة)، ومن الغرب محافظة (الانبار) ومن الجنوب المملكة العربية السعودية، وتُقَدَّر مساحتها (98870) كم^٢ وتشكل ما نسبته

(7. 22) ٪ من مساحة العراق الكلية، ومن الناحية الفلكية فإن منطقة الدراسة تقع بين دائرتي عرض (29.3 - 33.3) شمالاً، وخطي طول (43. 4-46. 4) شرقاً خريطة (١)، ويُصنف مناخ منطقة الدراسة وفق تصنيف كوبن بالمناخ الصحراوي الجاف (Bwha) (خضر ٢٠١٨، ص ٤٧١).

موقع خريطة (١)

وقد اعتمدت الدراسة على بيانات شبكية تتكون من اثنتي عشرة نقطة وتمتد في سلسلة زمنية طويلة للمدة (1950-2019) أُخذت من مركز وحدة البحوث المناخية Climatic Research Unit (CRU) بدقة (5 .0×5 .0) درجة، وهي بيانات شبكية شهرية تقدمها جامعة ايست انجليا University of East Anglia المتوفرة على الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk>، الإصدار (CRU TS v4. 04) للمدة (1901 - 2019) (Harris et al. , 2020)، وتوجد هذه البيانات بشكل ملفات NetCDF تم اخراج منطقة الدراسة منها على صورة بيانات TXT ومن الجدير بالذكر ان هناك العديد من الدراسات التي استخدمت البيانات الشبكية لتقييم خصائص الجفاف ودراستها، منها دراسة (A. M. El Kenawy et al. , 2016) لدراسة التغيرات في تكرار و حدة الجفاف الهيدرولوجي في اثيوبيا، ودراسة (Polong et al. , 2019) التقييم الزمني والمكاني لمؤشر الجفاف القياسي للأمطار والتبخر نتح في كينيا، ودراسة (Trenberth et al. , 2014) الاحتماس الحراري والتغيرات في الجفاف، ودراسة (Guo et al. , 2018) التباين الزمني والمكاني لخصائص الجفاف في وسط اسيا من (1966 - 2015)، ومما يعزز الاعتماد على هذه البيانات أنه تم التحقق من صحتها وموثوقيتها في جميع مناطق العالم، ومن هذه الدراسات التحقيقية دراسة (Ahmed M El Kenawy & McCabe, 2016) ودراسة

(Hassan et al. 2020)، وهذا كله يمكن ان يوفر الإصدار (CRU TS v4.04) قاعدة بيانات شبكية مهمة وصادقة للكشف عن التغيرات في أحداث الجفاف في منطقة الفرات الأوسط.

Methodology: مناهج الدراسة وادواتها:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لوصف وتحليل تكرار حالات الجفاف على نطاقات زمنية مختلفة (1، 3، 6، 12) شهر، عبر استعمال برنامج R والرزمة (SPEI)، لوصف الجفاف المناخي والزراعي والهيدرولوجي، فضلاً عن استخدام المنهج المقارن لمقارنة نتائج الدراسة بالدراسات العالمية والإقليمية والمحلية لوصف ظاهرة الجفاف، وايضاً استعمل الاختبار الاحصائي اللامعلمي سبيرمان Spearman's Rho tests لتحديد معنوية الاتجاه عند مستوى دلالة (0.01 - 0.05)، وتحديد قيمة الاتجاه باستخدام Sen's Slope باستخدام برنامج (XLSTAT2019)، وكذلك استخدام نظم المعلومات الجغرافية بطريقة الاستكمال المكاني المعكوس (IDW) Inverse Distance Weighting في برنامج ArcGis10.7.

حساب الجفاف باستعمال مؤشر (SPEI)

يُعدّ مؤشر الامطار والتبخّر- نتح القياسي Standardized Precipitation Evapotranspiration Index من المؤشرات الحديثة الذي طوره (Vi-cente-Serrano et al. , 2010) طُبّق أول مرة على منطقة الفرات الأوسط بالاعتماد على بيانات درجات الحرارة العظمى والصغرى والامطار ويعدها مدخلات لهذا المؤشر بعد حساب الفرق بين الامطار والتبخّر نتح باستخدام الرزمة Pack-age 'SPEI' (Beguería et al. , 2017)، وتبعاً لذلك قُدّر التبخّر نتح وفق

طريقة Hargreaves (Hargreaves 1994)، و ثم تخرج نتائج (SPEI) بعد تحويل المعلمات المناخية الى معيارية وفق التوزيع اللوجستي (Beguería et al. 2014)، وقد اشارت قيم (SPEI) الموجبة الى الظروف الرطبة، بينما القيم السالبة الى الجفاف، وقد قُدِّر الجفاف على نطاقات زمنية متعددة ١ شهر (SPEI-01)، و ٣ أشهر (SPEI-03) على المدى القصير الذي يمثل الجفاف المناخي، و ٦ أشهر (SPEI-06)، يمثل المدى المتوسط الجفاف الزراعي، و ١٢ شهرا (SPEI-12) على المدى الطويل الذي يعكس الجفاف الهيدرولوجي واعتمدت الدراسة على تصنيف (Agnew, 2000) الجدول (١) لتمثيل أصناف الجفاف في منطقة الفرات الأوسط.

جدول (١)

نتائج الدراسة: Results

١. اتجاهات الجفاف على المدى الطويل:

من المعروف جداً أن تحليل السلاسل الزمنية على المدى الطويل تتبع التطور التاريخي للجفاف يعطي وصفاً دقيقاً من خلال رصد أحداث الجفاف واختبار الاتجاه تبيين من الجدول (٢) وبناء على هذا فإن اتجاهات الجفاف وفق مؤشر SPEI واختبار Rho لجميع السلسلة الشهرية على النطاقات الزمنية المختلفة تظهر زيادة في المدة (1950 – 2019) ذات دلالة إحصائية عالية عند مستوى (0.01)، وبلغ معدل التغير للنطاق الزمني 1 شهر (-0.11) لكل عقد، والنطاق ٣ شهر (-0.14) لكل عقد، والنطاق 6 شهر (-0.17) لكل عقد والنطاق ١٢ شهر (-0.22)، وبهذا نلاحظ الزيادة التدريجية في النطاقات الزمنية من 1 شهر الى 12 شهر، بما يعكس تراكمية الجفاف على النطاقات الزمنية، اما الجفاف على المستوى الفصلي فهو ايضاً قد شهد تغيراً نحو الزيادة في اتجاه إحداث الجفاف، وقد بلغ معدل التغير في فصل الربيع (-0.09) لكل عقد، وفصل الشتاء (-0.07) لكل عقد، بينما سجل فصل الخريف تغيراً طفيفاً بمعدل (-0.01) لكل عقد بدون دلالة إحصائية، وعند تتبع المسار الزمني لأحداث الجفاف الشكل (1) نرصد ان سنوات الجفاف متكررة لكنها بدأت بشكل واضح جدا في نهاية عقد التسعينيات، ان تكرار السنوات الجافة في العقدتين الأخيرين أسهم في زيادة قيم الاتجاه، بالرغم من وجود حالات رطوبة لا سيما في العقود الماضية (الستينيات، السبعينيات، الثمانينيات)، ولهذا كانت حالات الجفاف اكثر تكراراً، وقد اتضح اكثر حالات الجفاف في النطاقات الزمنية (6، 3، 12) شهر، اذ سادت ظروف الجفاف المستدام من عام (1998 – 2019)

الجدول (2)

الشكل (1)

٢. تكرار حالات الجفاف لنطاق ١ شهر

يعرض الشكل (٢) التطور الزمني لمساحة الجفاف من (1950 – 2019) في منطقة الفرات الأوسط لفئات الجفاف، وفق تصنيف (Agnew, 2000)، والملحق (1) اشارت النتائج الى انخفاض الظروف المعتدلة وبلغ معدل الانخفاض (4.8 -) لكل عقد ذات دلالة إحصائية، وبلغت نسبة تكرار الظروف المعتدلة (49.6) % أي بمعدل (416) شهراً، وهذا يؤكد زيادة ظاهرة الجفاف في منطقة الدراسة، اما فئة الجفاف الخفيف فبلغ معدل التكرارات (١٥٣) شهراً أي بنسبة (18.2) %، وهو يتزايد بمعدل زيادة (0.7) لكل عقد، بينما سجلت فئة الجفاف المعتدل معدل (91) تكراراً لكل شهر وبنسبة (10.9) % وهو يتزايد مستمر اذ سجل معدل التغير (1.1) لكل عقد، في حين شهدت فئة الجفاف الشديد معدل تكرار (94) شهراً وبنسبة (11.2) % وبلغ معدل التغير (1.1) لكل عقد، اما فئة الجفاف المتطرف والمتطرف جداً فقد بلغ معدل التكرارات فيها (38، 47) شهراً وبنسبة (5.6، 4.5) % وبلغ مقدار التغير (0.7، 1.3) لكل عقد، وبهذا يمكن القول ان تكرار الأشهر الجافة والرطوبة متساوية تقريباً، اذ بلغت نسبة الجفاف (50.4) % لكل الشهر ولجميع فئات الجفاف، وقد برز اتجاه متصاعد نحو زيادة الظروف الجافة وانخفاض الظروف الرطبة ذات دلالة إحصائية بما يؤكد زيادة خطورة الجفاف نتيجة التغيرات المناخية التي تنعكس على الواقع الزراعي والمائي في منطقة الدراسة.

الشكل (٢)

اما الأنماط المكانية لتكرار فئات الجفاف وفق تصنيف (Agnew, 2000) الخريطة (٢) فقد رصدت الظروف المعتدلة الأكثر تكراراً في المنطقة الشمالية والشمالية الشرقية، في حين سجلت أجزاء من المناطق الجنوبية والغربية وأجزاء من

المناطق الشمالية والشرقية تكررراً إذا جفاف خفيف، ووجدت فئة الجفاف المعتدل في أجزاء من المنطقة الشمالية الغربية، وقد زاد التواجد وضوحاً في فئة الجفاف الشديد الذي شكل حزاماً كبيراً يمر من منتصف المناطق الشمالية متجهاً نحو المناطق الجنوبية، وظهرت فئة الجفاف المتطرف في الجزء الجنوبي الشرقي، وختاماً كانت أكثر المناطق تكررراً بأحداث الجفاف المتطرف هي المنطقة الغربية والجنوبية الغربية. موقع الخريطة (٢)

٣. تكرر حالات الجفاف للنطاق الزمني ٣ شهر

رصد التطور الزمني المساحي تكرر حالات للجفاف من سنة (- 1950 2019) الشكل (٣) والملحق (٢) ولوحظ فيها ان الظروف المعتدلة بلغت تكررراتها (409) شهراً بنسبة (8. 48) %، والاتجاه يسير نحو تناقص الظروف المعتدلة وقد بلغ معدل التناقص (8. 5-) لكل عقد، بينما سجلت تكرررات الجفاف الخفيف (165) شهراً وبنسبة (7. 19) %، اما الاتجاه السائر فقد ظهر بدون دلالة إحصائية، وبلغت فئة الجفاف المعتدل معدل تكرررات (89) شهراً، وبنسبة (10. 6) %، واتجاهها السائر نحو الزيادة بلغ معدله (9. 0) لكل عقد، في حين شهدت فئة الجفاف الشديد معدل تكررر (89) وبنسبة (6. 10) %، وبلغ اتجاه زياداتها بصورة تدريجية معدل زيادة (8. 1) لكل عقد، وقد جاءت تكرررات فئة الجفاف المتطرف بمعدل (49) شهراً وبنسبة (9. 5) %، وصاحبها اتجاه الزيادة بمعدل (4. 1) لكل عقد، اما الجفاف المتطرف جداً فقد سجل (37) شهراً وبنسبة (4. 4) %، وبمعدل زيادة بلغت (4. 1) للاتجاه لكل عقد.

الشكل (٣)

ويتضح من الخريطة (٣) ان الأنماط المكانية لفئات الجفاف ٣ شهر لفئة الظروف

المعتدلة هي الأكثر تكراراً، وتركزت في المنطقة الشمالية الغربية، وكانت فئة الجفاف الخفيف واضحة في المناطق الجنوبية، بينما شهدت فئة الجفاف المعتدل تواجداً في المناطق الشمالية الغربية والشمالية الشرقية، والمنطقة الجنوبية الغربية، في حين جاء الجفاف الشديد في المنطقة الشمالية متجهاً الى المنطقة الشمالية الغربية، اما تكرار فئة الجفاف المتطرف فقد توزعت في المنطقة الجنوبية وجزء صغير من المنطقة الغربية، وظهرت فئة الجفاف المتطرف جدا في جزء صغير في المنطقة الشمالية الغربية.

الخريطة (3)

تكرار حالات الجفاف للنطاق الزمني 6 شهر

بتتبع التطور الزمني المساحي لفئات الجفاف الشكل (4) والملحق (3) يُظهر لنا تكرارات الظروف المعتدلة بمعدل (410) أشهر وبنسبة (1. 49) %، وشهد اتجاهها تناقصاً كبيراً اذا بلغ معدله (4. 7-) لكل عقد، وبلغ معدل تكرار فئة الجفاف الخفيف (156) شهراً وبنسبة (7. 18) %، واتجاه يظهر تزايداً متصاعداً بلغ معدله (1. 1) لكل عقد، في حين سجلت فئة الجفاف المعتدل معدل (96) تكراراً وبنسبة (4. 11) %، وايضاً كان الاتجاه بتزايد بلغ معدل الزيادة (4. 1) لكل عقد، ولا تختلف فئة الجفاف الشديد عن الفئة السابقة اذ بلغ معدل تكراراتها (91) شهراً وبنسبة (9. 10) %، وكان الاتجاه يسير نحو التزايد بمعدل (8. 1) لكل عقد، وسجلت فئة الجفاف المتطرف معدل (42) شهراً وبنسبة (5) %، واتجاهها نحو الزيادة بمعدل (1. 1) لكل عقد، اما فئة الجفاف المتطرف فقد بلغ معدل التكرارات (41) شهراً وبنسبة (9. 4) %، وبتزايد بلغ معدل (2) لكل عقد في الاتجاه.

الشكل (4)

اما التوزيع الجغرافي للأناطق المكانية الخريطة (4) فقد شهدت فئة الجفاف ذات

الظروف المعتدلة اعلى التكرارات في المنطقة الجنوبية الغربية متجهاً بشكل حزام نحو الجنوب الشرقي، في حين تركزت فئة الجفاف الخفيف في المنطقة الشمالية والشمالية الشرقية وأجزاء من المنطقة الجنوبية الغربية، بينما رُصدت فئة الجفاف المعتدل في منتصف منطقة الفرات الأوسط ذات نطاق كبير يمتد من الشرق الى الغرب، ان فئة الجفاف الشديد ظهرت في المنطقة الشمالية والشمالية الغربية والمنطقة الجنوبية الشرقية، واتضح لنا ان تكرار الجفاف المتطرف في المنطقة الغربية، وأجزاء قليلة من المنطقة الشمالية والمنطقة الشرقية والمنطقة الجنوبية الشرقية، بينما توجد فئة الجفاف المتطرف جدا في منتصف منطقة الدراسة متجهاً بشكل حزام نحو الشمال والجنوب والشرق.

الخريطة (4)

تكرار حالات الجفاف للنطاق الزمني 12 شهر

يتبين لنا من مراقبة الجفاف على المدى الطويل للنطاق الزمني 12 شهراً الشكل (5) والملحق (4) بروز الجفاف الهيدرولوجي في فئة الظروف المعتدلة بمعدل تكرار (400) شهر ونسبة (49)٪ واتجاه عام بتناقص واضح بلغ معدله (3. 10-) لكل عقد، بينما شهدت فئة الجفاف الخفيف تكرارات بمعدل (171) شهراً، ونسبة (20)٪، وصاحبه الاتجاه يسير في تزايد مستمر بمقدار (6. 1) لكل عقد، في حين اظهرت فئة الجفاف المعتدل تكرارات (92) شهراً، ونسبة (5. 10)٪، وبلغ اتجاه زيادتها معدلاً مقداره (3. 2) لكل عقد، وجاءت تكرارات فئة الجفاف الشديد بمعدل (84) شهر ونسبة (10)٪، باتجاه يسير نحو الزيادة بمعدل (2. 2) لكل عقد، وقد بلغت تكرارات فئة الجفاف المتطرف معدل (41) شهراً، ونسبة (6)٪، وبلغ معدل اتجاه زيادتها (2) لكل عقد، ولا تختلف فئة الجفاف المتطرف جدا عن الفئة السابقة اذ بلغ معدل التكرارات (40) شهراً ونسبة (5. 4)٪، وبلغ معدل

التغير (2.3) لكل عقد، وبهذا نلاحظ ان حالات الجفاف الشديد والمتطرف جدا قد زادت تكراراتها بشكل كبير في العقدين الأخيرين ولاسيما بعد سنة ١٩٩٨.

الشكل (5)

اما توزيع الأنماط المكانية لفئات الجفاف الخريطة (5) فقد توزعت الظروف المعتدلة الأكثر تكراراً في ثلاث مناطق هي: المنطقة الجنوبية الشرقية، والمنطقة الجنوبية الغربية، وأجزاء من المنطقة الغربية، اما تكرار فئة الجفاف الخفيف فقد تركزت في المنطقة الشمالية وفي المنطقة الجنوبية متجهاً بشكل طولي الى أجزاء من المنطقة الشرقية، في حين تجمعت تكرارات فئة الجفاف المعتدل في المنطقة الغربية وفي أجزاء من المنطقة الشرقية، و تركزت فئة الجفاف الشديد في المنطقة الجنوبية الشرقية، بينما شهدت تكرارات فئة الجفاف المتطرف في بعض المناطق بشكل قليل منها المنطقة الغربية وفي المنطقة الجنوبية الغربية والمنطقة الجنوبية الغربية، ووجد في فئة الجفاف المتطرف جداً.

الخريطة (5)

المناقشة: Discussion

ليس خافياً ان الكثير من دول الشرق الأوسط واجهت تحديات خطيرة تمثلت بالجفاف في القرن الحادي والعشرين، وكان ابرز مظاهرها نقص كميات الامطار ومياه الري وخزانات المياه (UNDP, 2010, p6)، ويعدّ العراق إحدى تلك الدول التي حلّ بها هذا المشكل، فواجهت ظروف جفاف شديدة وقاسية، ولمعرفة تفاصيلها وسبل حلها فأن الادبيات تشير الى أن العمل بطريقة بنهان مونتث لحساب الجفاف هي طريقة فعالة عند توفر البيانات بشكل كامل الا ان هناك بدائل أخرى منها طريقة ثورن ثويت وطريقة هارفس عندما تكون البيانات محدودة، ونظراً لغياب

بعض البيانات فأننا في هذه الدراسة نلجأ الى الاعتماد على التبخر المشتق من درجة الحرارة الصغرى والعظمى وفق طريقة هارفس، ان قابلية مؤشر (SPEI) على وصف الجفاف بدقة عالية على نطاق واسع في جميع انحاء العالم (Tomas-Burguera et al. , 2020) ، لذا تم اختيار هذا المؤشر، اذ يمكن ان يتأثر (SPEI) بشكل غير مباشر بواسطة التبخر- نتح (Ahmadalipour et al. , 2017)، وقد أوضحت الدراسة سلفاً أن منطقة الفرات الأوسط في العقود الأخيرة شهدت حالات جفاف شديدة وفق مؤشر (SPEI)، وان الاتجاه العام يسير نحو التزايد بشكل كبير اذ تراوح مقدار الزيادة (0. 11 – 0. 22) لكل عقد على مستوى النطاقات الزمنية (12، 6، 3، 1) شهراً ومثله ايضاً على المستوى الفصلي وقد سجل العقدان الاخيران حالات جفاف شديدة ومستدامة لا سيما بعد سنة (1998)، ويرجح ان سبب زيادة الجفاف ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الامطار؛ نتيجة الاحترار العالمي الناجم عن الغازات الدفيئة المؤدية الى زيادة الجفاف السطحي في القرن الحادي والعشرين بسبب انخفاض الامطار في المناطق شبه المدارية وزيادة الطلب التبخيري المرتبط بزيادة عجز ضغط البخار في ضوء ارتفاع درجات الحرارة ، (Dai et al. , 2018)، بما ادى الى زيادة الطلب على الرطوبة في الغلاف الجوي، وساهم ايضاً هذا الاحترار في تغير أنماط الغلاف الجوي (Dai, 2011)، ويذهب احدهم ان يكون ارتفاع درجات الحرارة من اهم العوامل المهيمنة على تقلب الجفاف في المنطقة لان مؤشر جفاف (SPEI) يقوم في الأساس على الاختلاف بين الامطار والتبخر- نتح في كشف الجفاف (Vicente-Serrano et al. , 2010)، وبهذا فان نتائج دراستنا هذه تتفق مع دراسات سابقة منها دراسة (Al-Timimi & Al-Jiboori , 2013) و (Hameed et al. , 2018) (البديري والشجيري، 2020) التي

أكدت زيادة حالات الجفاف في العقود الأخيرة، وكانت أشد السنوات جفافاً هي (2007 – 2011) (2001 – 1998) فضلاً عن سنة (2017)، أما فئات الجفاف وفق تصنيف (Agnew, 2000) من خلال عرض التطور الزمني المساحي للجفاف من عام (1950 – 2019) في منطقة الفرات الأوسط فقد أظهرت أن اتجاه جميع الفئات يسير نحو زيادة الجفاف وانخفاض الظروف المعتدلة بشكل كبير إذ تراوح مقدار الانخفاض (3.10 - -4.8) لكل عقد تراوحت نسبتها (49) % على مستوى النطاقات الزمنية، في حين شهدت فئات الجفاف الأخرى جميعها زيادة واضحة بلغت نسبتها (51) %، وسجلت فئات الجفاف الشديد والمتطرف والمتطرف جداً زيادة كبيرة في السنوات الأخيرة ذات دلالة إحصائية عالية، وهذا يتوافق مع دراسة (رشيد 2010، ص 60) التي أشارت أن نسبة الجفاف في المناطق الشمالية بلغت (56) %، وإيضاً دراسة (Al Ameri et al. , 2019) التي أظهرت أن نسب الجفاف كانت مرتفعة إذ بلغت (55، 59، 61، 75) % في محطة (بغداد، الحي، الديوانية، الناصرية) على التوالي للمدة (1971 – 2012) وتتفق أيضاً مع دراسات إقليمية مثل دراسة (Li et al. , 2017)، التي قد أكدت أن حالات الجفاف قد زادت بشكل متكرر في آسيا الوسطى في العقود الماضية إذ بلغت نسبتها (42) % من مساحة الأرض للمدة (1965 – 2014).

أما التوزيع المكاني لتكرار فئات الجفاف فقد شهدت منطقة الفرات الأوسط في جميع أجزائها حالات جفاف مع وجود التباين المكاني إذ تركزت فئة الجفاف الشديد والمتطرف في المنطقة الجنوبية والغربية والمنطقة الجنوبية الغربية وفق (SPEI1)، بينما تركزت في المنطقة الجنوبية والمنطقة الشمالية والشمالية الغربية وفق (SPEI3)، في حين تركزت في المنطقة الغربية والمنطقة الوسطى والمنطقة الشمالية والشمالية الغربية

وفق (SPEI6) اما مؤشر (SPEI12) فقد تركز في المنطقة الشمالية والمنطقة الجنوبية من الفرات الأوسط وهناك العديد من الدراسات تدعم هذه النتائج منها دراسة (Hameed et al. , 2018,p58) التي اكدت ان اكثر المناطق جفافاً في العراق هي المناطق الوسطى والجنوبية ودراسة (البديري والشجيري، 2020) التي أظهرت ان أكثر المناطق استدامة للجفاف هي المناطق الجنوبية والغربية والوسطى من العراق، وعلى الرغم من اتفاق نتائج الدراسة مع دراسة (Jasim & Aw- chi, 2020,p1) في الزيادة والتكرار وشدة السنوات الجافة الا انها تتعارض معها مكانياً، اذ اشارت الدراسة المقابلة ان المناطق الوسطى والجنوبية الغربية ذات جفاف خفيف، ويرجع سبب الاختلاف بيننا هو اختلاف مؤشر الجفاف وتصنيفه المستخدم في الدراسة.

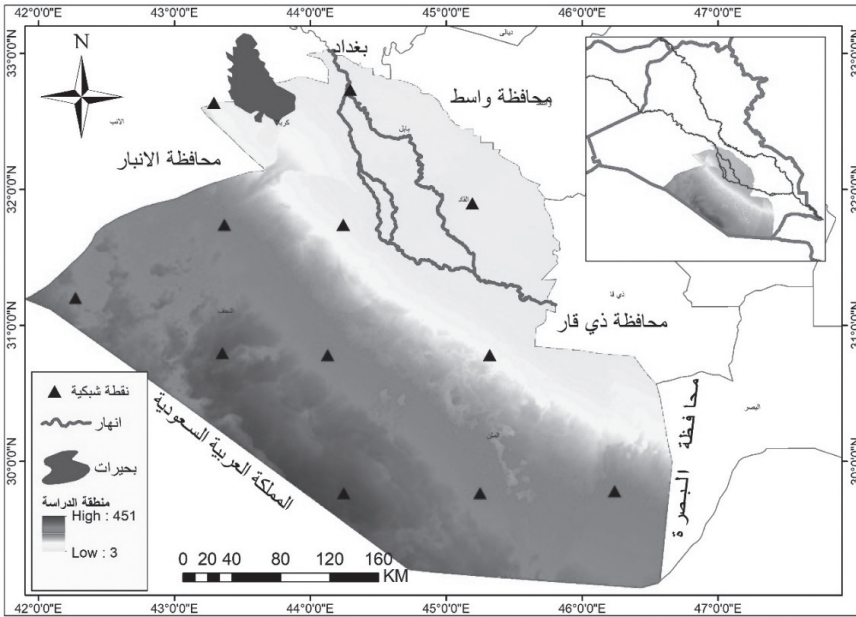
ومن باب اخر يرجح ان زيادة الجفاف في العقود الأخيرة جاء بسبب التغيرات المناخية التي ساهمت في تغير أنماط الذبذبات العالمية وانحسار الهواء البارد في القطب، وهجرة التيار النفاث (الشجيري، 2019، ص338)، فضلاً عن توسع خلية هادلي (Frierson et al. , 2007,p1)، التي اثرت بدورها على تغير مسارات المنخفضات الجوية في منطقة البحر المتوسط مما انعكس على أنماط الامطار في العراق (Enzel et al. , 2003,p263)، وبعد ذلك كله يتبين لنا ان فهم الأنماط الزمانية والمكانية ذو اهمية بالغة، لتنفيذ تدابير واعية للتخفيف من مخاطر الجفاف التي لها اثار خطيرة على البيئة والأنشطة البشرية والتنمية المستدامة ومن المحتمل ان تتعرض منطقة الفرات الأوسط الى الجفاف بشكل متزايد بسبب التأثيرات البشرية وتقلب المناخ والتغيرات البيئية في ظل ظاهرة الاحترار العالمي (IPCC, 2014,214).

الاستنتاجات: Conclusions

بدأ واضحاً ان الجفاف إحدى الكوارث الطبيعية التي تنتشر بشكل واسع في جميع مناطق العالم ويؤثر على كافة القطاعات الزراعية والبيئة والهيدرولوجية وجميع الأنشطة البشرية والاقتصادية والاجتماعية، ومن هنا حاولت الدراسة تقييم تكرار الجفاف زمانياً ومكانياً فوق الفرات الاوسط على نطاقات زمنية مختلفة (SPEI1، SPEI12، SPEI6، SPEI3) للمدة (1950 – 2019) بشكل عام هناك اتجاه متزايد في الجفاف خلال ٧٠ عاماً الماضية على المستوى الزماني والمكاني، وان الاتجاه العام يتجه نحو الزيادة تراوحت الزيادة ما بين (-0.22 – -0.11) بمعدل (0-). (17) لكل عقد وهي ذات دلالة إحصائية عالية، وتبين أيضاً ان سنوات الجفاف قد زادت بشكل كبير بعد عام 1998م وكانت اشد السنوات جفافاً هي (1998، 2000، 2008، 2017)، اما التطور الزمني المساحي للجفاف فقد سجلت الظروف المعتدلة تناقصاً كبيراً، وبلغت نسبة الجفاف للمدة المدروسة (51)% على جميع النطاقات الزمنية، وكانت اعلى نسبة جفاف في العقد الأخير بنسبة (73) %، في المقابل كان الانخفاض للظروف المعتدلة بمعدل (1.7-) لكل عقد وشهد العقد الأخير انخفاضاً كبيراً في الظروف المعتدلة بنسبة (27)% لجميع المقاييس الزمنية، وسجلت فئة الجفاف الشديد والمتطرف والمتطرف جداً تزايداً متسارعاً في العقود الأخيرة مع تقدم الزمن، وهذا يثبت ان زيادة تطرفات الجفاف مرتبطة بظاهرة الاحترار العالمي التي ساهمت في تناقص كميات الامطار وزيادة درجات الحرارة، اما على المستوى المكاني فقد توزعت ظاهرة الجفاف في منطقة الفرات الأوسط مع عدم وجود فروقات كبيرة، مما يظهر آثاراً خطيرة على تناقص المياه في نهر الفرات نتيجة الجفاف الهيدرولوجي، فضلاً عن آثاره على الزراعة والامن الغذائي وتدهور

التربة، وان استدامة الجفاف يخلف اثاراً خطيرة تهدد الاستقرار السياسي، وتسبب في صراعات اقليمية على الأنهار المتشاطئة، وختاماً فإن منطقة الدراسة معرضة الى تكرار حالات الجفاف الشديدة والمتطرفة بما ينذر بتحديات خطيرة في ظل الوضع الحالي، ومن هنا تكسب نتائج الدراسة أهميتها بما اشارت إليه من ضرورة وضع استراتيجيات واضحة وهادفة لمعالجة مخاطر الجفاف والتكيف معها والتخطيط لمختلف الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

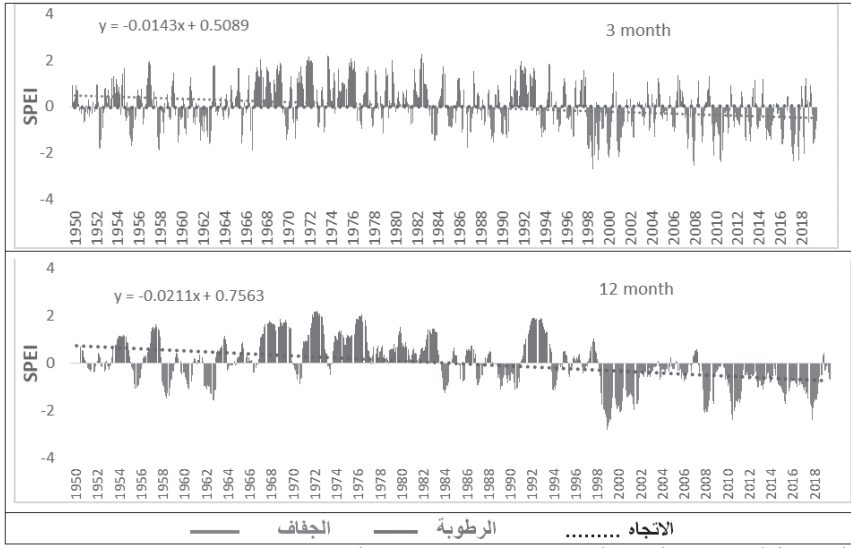
خريطة (1) الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة والنقاط الشبكية المختارة



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM

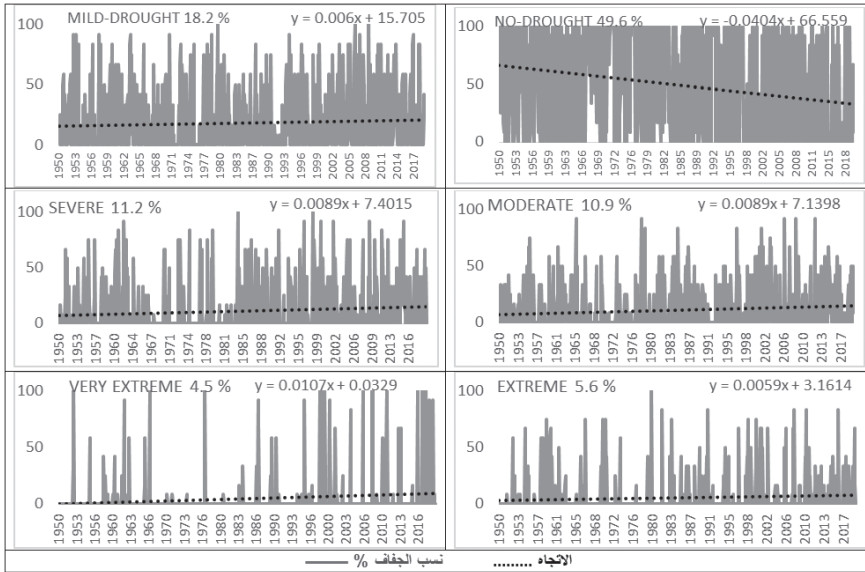
جدول (1) تصنيف فئات الجفاف وفق تصنيف (Agnew, 2000)		
قيم SPEI	فئات الجفاف	
$0 < \text{SPEI}$	NO Drought	ظروف معتدلة
$-0.50 \leq \text{SPEI} < 0$	Mild drought	الجفاف الخفيف
$-0.84 \leq \text{SPEI} < -0.50$	oderately Drought	الجفاف المعتدل
$-1.28 \leq \text{SPEI} < -0.84$	Severely Drought	الجفاف الشديد
$-1.65 \leq \text{SPEI} < -1.28$	Extremely	الجفاف المتطرف
$\text{SPEI} < -1.65$	Very Extremely	الجفاف المتطرف جدا
المصدر: (Ahmed M. El Kenawy et al. , 2020)		

شكل (1) الاتجاه العام للجفاف الشهري لمنطقة الدراسة للفترة (1950 – 2019)



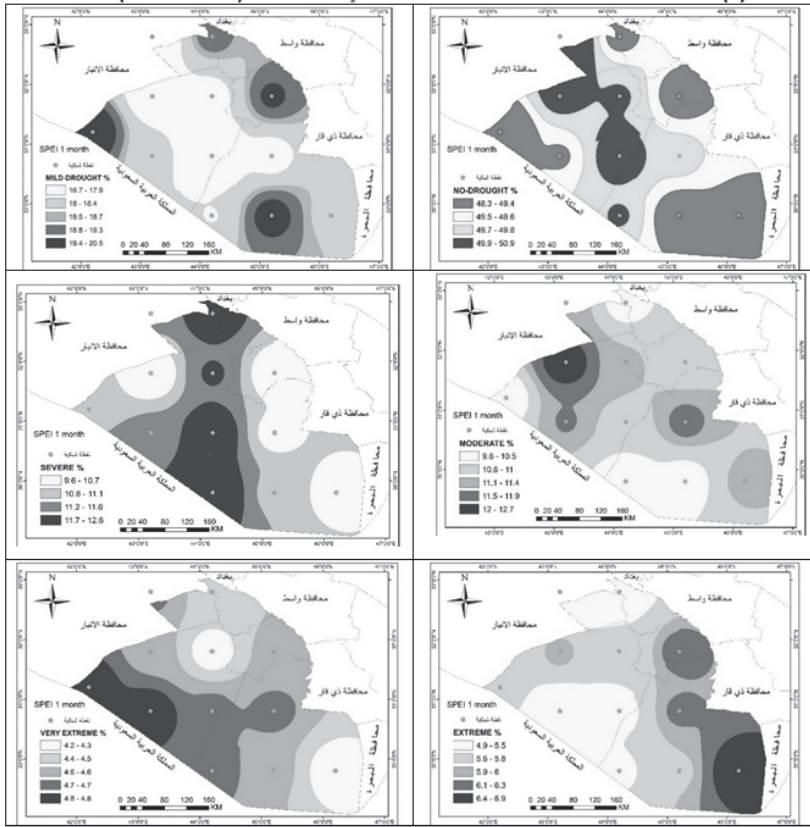
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk> والرزمة (SPEI).

شكل (2) الاتجاه العام لفئات الجفاف ١ شهر لجميع الأشهر / لمنطقة الدراسة للمدة (1950 - 2019)



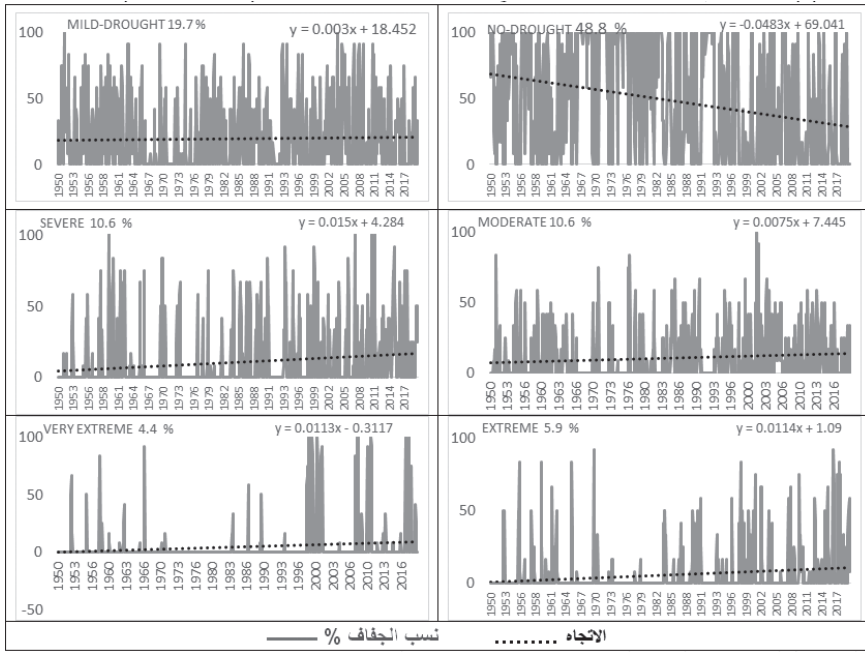
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk> والرزمة (SPEI)، وبرنامج XLSTAT2019

الخريطة (٢) الانهاط المكانية لتكرار احداث الجفاف للنطاق الزمني 1 شهر للمدى (1950 - 2019)



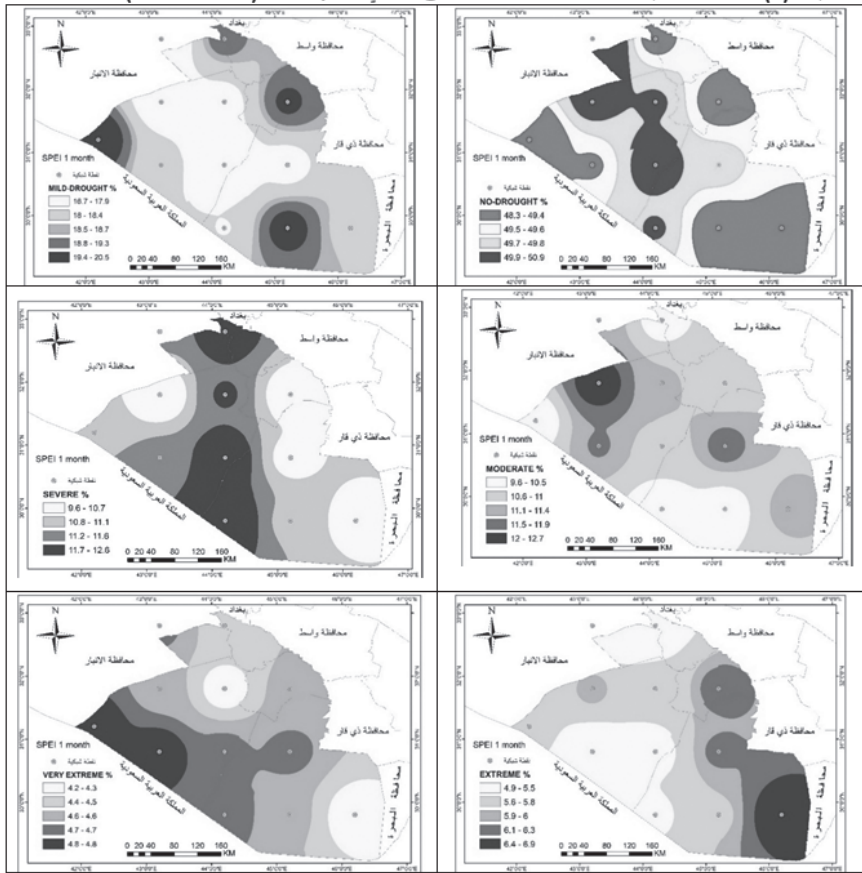
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk> والرزمة (SPEI)

الشكل (٣) الاتجاه العام لفئات الجفاف 3 شهر لجميع الاشهر % لمنطقة الدراسة للمدة (1950 - 2019)



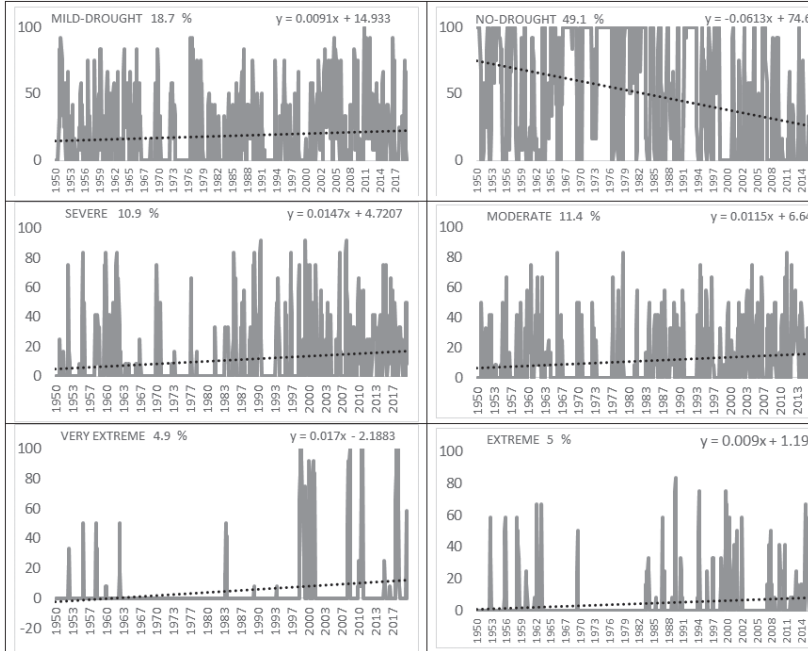
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk> والرزمة (SPEI)، وبرنامج XLSTAT2019

خريطة (٣) الانماط المكانية لتكرار احداث الجفاف للنطاق الزمني ٣ أشهر للمدة (1950 - 2019)



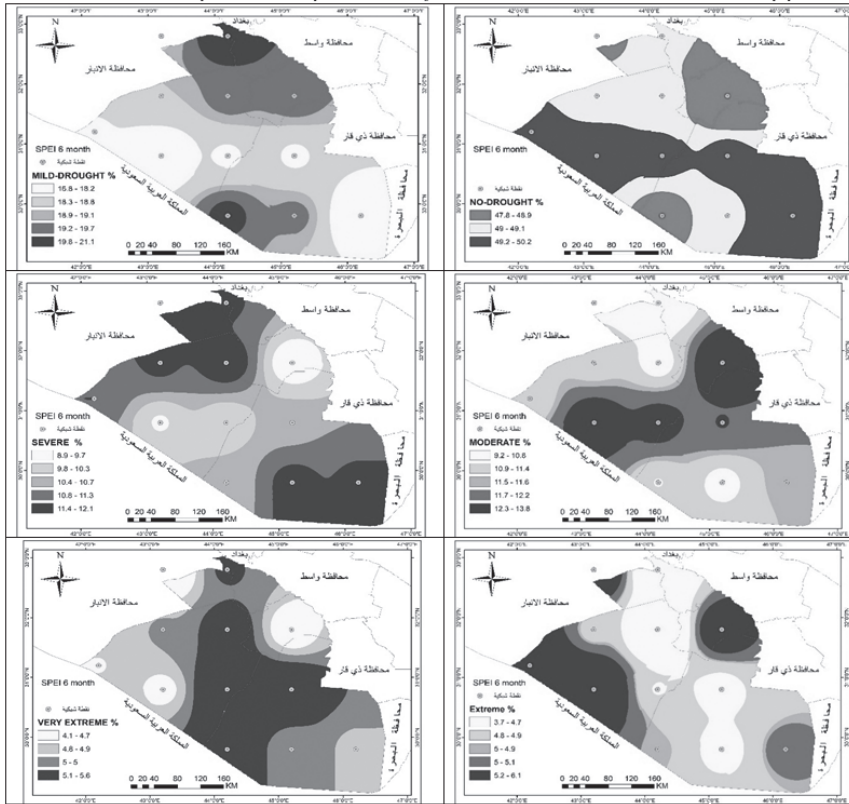
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk> والرزمة (SPEI)

شكل (٤) الاتجاه العام لفئات الجفاف ٦ أشهر لجميع الأشهر % لمنطقة الدراسة للمدة (2019 - 1950)



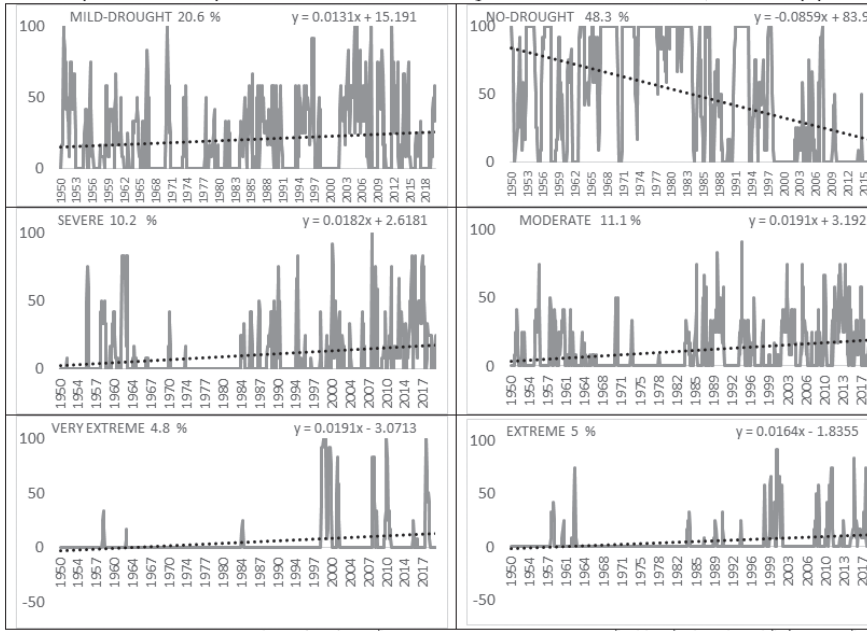
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk> والرزمة (SPEI)، وبرنامج XLSTAT2019

خريطة (4) الانماط المكانية لتكرار احداث الجفاف للنطاق الزمني ٦ أشهر للمدة (1950 - 2019)



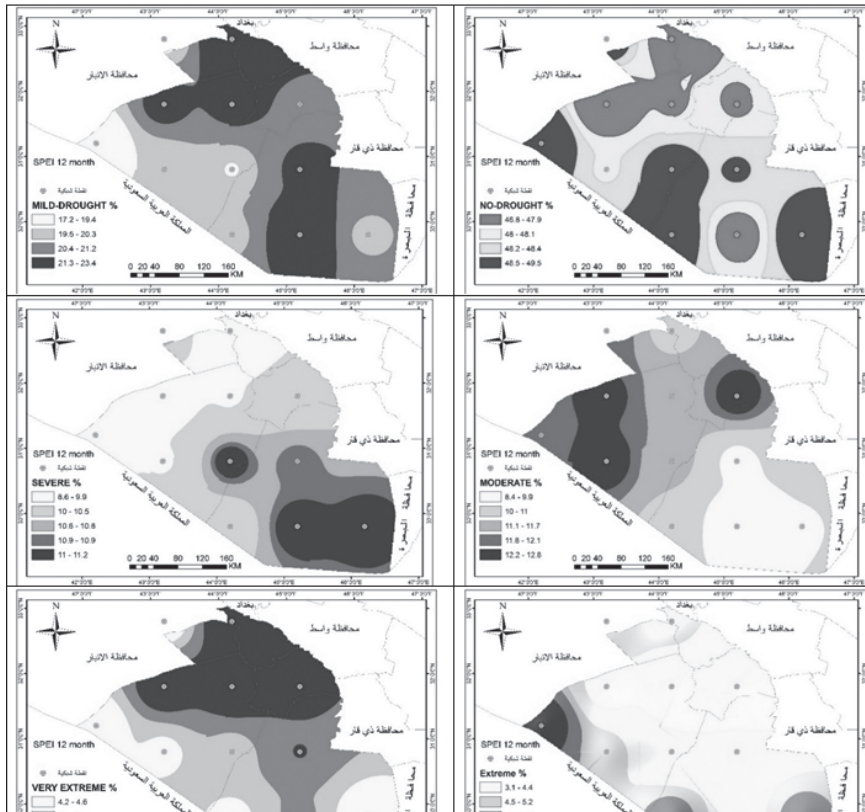
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk> والرزمة (SPEI)

شكل (٥) الاتجاه العام لفئات الجفاف 12 شهراً لجميع الأشهر % لمنطقة الدراسة للفترة (1950-2019)



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk> والرزمة (SPEI)، وبرنامج XLSTAT2019

الخريطة (5) الانهاط المكانية لتكرار احداث الجفاف للنطاق الزمني 12 شهراً للمدة (1950 - 2019)



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk>

والرزمة (SPEI)

الملاحق

** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.01

O الاتجاه غير معنوي

37	43	103	84	160	413	1
39	40	95	95	142	429	2
35	47	98	93	148	419	3
38	52	84	90	164	412	4
38	50	81	107	144	420	5
40	47	93	82	172	406	6
39	51	87	98	147	418	7
39	44	104	91	140	422	8
40	43	95	96	152	414	9
35	58	87	94	153	413	10
38	48	92	84	167	411	11
39	45	106	81	150	419	12
1.3	0.7	1.1	1.1	0.7	-4.8	الاتجاه
**	**	**	**	O	**	SIG

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع <http://www.cru.uea.ac.uk>، والرزمة (SPEI).

الملحق (٢) التكرارات الشهرية لفترات الجفاف ٣ شهر لمنطقة الفرات الأوسط للمدة (١٩٥٠ - ٢٠١٩)

VERY EX-TREME	Extreme	SEVERE	MODER-ATE	MILD-DROUGHT	NO-DROUGHT	النقطة الشبكية
39	48	92	78	175	406	1
34	52	83	99	156	414	2
37	50	83	94	169	405	3
39	41	97	89	164	408	4

43	42	95	92	151	415	5
30	64	88	94	147	415	6
38	48	88	87	160	417	7
39	48	86	84	173	408	8
37	44	101	86	158	412	9
37	53	80	94	172	402	10
37	50	85	88	178	400	11
37	52	86	82	177	404	12
37	49	89	89	165	409	المعدل
1.4	1.4	1.8	0.9	0.4	-5.8	الاتجاه
**	**	**	**	○	**	SIG
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع http://www.cru.uea.ac.uk ، والرزمة (SPEI)						

الملحق (٣) التكرارات الشهرية لفات الجفاف ٦ شهر لمنطقة الفرات الأوسط للفترة (١٩٥٠ - ٢٠١٩)						
43	35	95	77	176	409	1
33	49	101	89	156	407	2
37	47	74	115	163	399	3
44	31	101	87	162	410	4
41	40	96	93	157	408	5
39	48	94	91	151	412	6
45	38	88	102	150	412	7
47	39	81	106	150	412	8
38	51	80	112	140	414	9
40	42	96	96	142	419	10
41	38	98	88	161	409	11
44	41	86	90	169	405	12
2.0	1.1	1.8	1.4	1.1	-7.4	الاتجاه
**	**	**	**	**	**	SIG
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع http://www.cru.uea.ac.uk ، والرزمة (SPEI)						

الملحق (٤) التكرارات الشهرية لفات الجفاف ١٢ شهر لمنطقة الفرات الأوسط للمدة (١٩٥٠ - ٢٠١٩)						
46	38	71	86	194	394	1
35	41	89	101	157	406	2
43	26	84	106	174	396	3
46	32	81	94	180	396	4
46	32	77	104	182	388	5
35	63	79	99	143	410	6
42	39	90	79	177	402	7
39	37	93	94	160	406	8
37	45	81	106	161	399	9
35	49	92	82	166	405	10
41	41	93	70	191	393	11
37	50	83	87	166	406	12
2.3	2.0	2.2	2.3	1.6	-10.3	الاتجاه
**	**	**	**	**	**	SIG
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع http://www.cru.uea.ac.uk ، والرزمة (SPEI).						

- المصادر والمراجع
المصادر العربية:
- *البديري، أحمد لفته حمد. ٢٠١٢م. مؤشرات التغير المناخي وأثرها في زيادة مظاهر الجفاف في محافظة بابل. رسالة ماجستير (غير منشورة). قسم الجغرافية. كلية التربية ابن رشد. جامعة بغداد.
- *البديري، أحمد لفته حمد. ٢٠١٨م. أثر التغيرات المناخية على اتجاهات التبخر نتح الممكن وسيناريواتها المستقبلية في العراق. أطروحة دكتوراه (غير منشورة). قسم الجغرافية. كلية التربية - ابن رشد. جامعة بغداد.
- *البديري، أحمد لفته حمد. عمر حمدان عبد الله الشجيري. "تحليل خصائص الجفاف وانهاطه المكانية في العراق باستخدام SPEI. مجلة كلية التربية الأساسية. (عدد خاص) الجزء الثاني. ٢٠-٢١ تموز ٢٠٢٠.
- *رشيد، انس محمود محمد. "تحليل فترات جفاف الأمطار شمال العراق باستخدام دليل المطر القياسي SPI". مجلة هندسة الرافدين. ١٨(٢).
- *خضر، سالار علي. المراحل التاريخية لتصنيف كوبن المناخي ومحاولة تعديله. مجلة الآداب. (١٢٤).
- *الموسوي، علي صاحب طالب. "الخصائص الجغرافية في منطقة الفرات الاوسط وعلاقتها المكانية في التخصص الزراعي". مجلة الجمعية الجغرافية العراقية. العدد (٤٤). مطبعة العاني. بغداد.
- *الشجيري، عمر حمدان عبد الله. "أثر الذبذبة الضغطية في تغير انماط الجو العليا وعلاقتها بالجفاف المناخي في العراق". أطروحة دكتوراه (غير منشورة). قسم الجغرافية. كلية التربية ابن رشد. جامعة بغداد.
- *الهيتمي. صالح فليح حسن. "التنبؤ بسنوات الجفاف في العراق". مجلة كلية الآداب. جامعة بغداد. العدد الثامن والعشرون.
- المصادر باللغة الإنكليزية:
- *Agnew, C. T. (2000). Using the SPI to identify drought, University of Nebraska - Lincoln.
- *Ahmadalipour, A. , Moradkhani, H. , & Svoboda, M. (2017). Centennial drought outlook over the CONUS using NASA-NEX downscaled climate ensemble. International Journal of Climatology, 37(5), 2477-2491.
- *Al-Timimi, Y. K. , & Al-Jiboori, M. H. (2013). Assessment of spatial and temporal drought in Iraq during the period 1980-2010. Int. J. Energ. Environ, 4(2), 291-302.
- *Al Ameri, I. D. S. , Briant, R. M. ,

- mate Change, 2(1), 45–65.
- *Dai, A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, 3(1), 52–58.
- *Dai, A. , Zhao, T. , & Chen, J. (2018). Climate change and drought: A precipitation and evaporation perspective. *Current Climate Change Reports*, 4(3), 301–312.
- *Dehghan, S. , Salehnia, N. , Sayari, N. , & Bakhtiari, B. (2020). Prediction of meteorological drought in arid and semi-arid regions using PDSI and SDSM: a case study in Fars Province, Iran. *Journal of Arid Land*, 12, 318–330.
- *El Kenawy, A. M. , McCabe, M. F. , Vicente-Serrano, S. M. , López-Moreno, J. I. , & Robaa, S. M. (2016). Changes in the frequency and severity of hydrological droughts over Ethiopia from 1960 to 2013. *Cuadernos de Investigación Geográfica*,
- & Engels, S. (2019). Drought severity and increased dust storm frequency in the Middle East: a case study from the Tigris–Euphrates alluvial plain, central Iraq. *Weather*, 74(12), 416–426.
- *Awchi, T. A. , & Kalyana, M. M. (2017). Meteorological drought analysis in northern Iraq using SPI and GIS. *Sustainable Water Resources Management*, 3(4), 451–463.
- *Beguería, S. , Vicente-Serrano, S. M. , & Beguería, M. S. (2017). Package ‘SPEI.’
- *Beguería, S. , Vicente-Serrano, S. M. , Reig, F. , & Latorre, B. (2014). Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology*, 34(10), 3001–3023.
- *Dai, A. (2011). Drought under global warming: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cli-*

- Dead Sea level variations and modern regional winter rainfall. 60, 263–273. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2003.07.011>
- *Frierson, D. M. W. , Lu, J. , & Chen, G. (2007). Width of the Hadley cell in simple and comprehensive general circulation models. 34(August), 1–5. <https://doi.org/10.1029/2007GL031115>
- *Guo, H. , Bao, A. , Liu, T. , Ndayisaba, F. , Jiang, L. , Kurban, A. , & De Maeyer, P. (2018). Spatial and temporal characteristics of droughts in Central Asia during 1966–2015. *Science of the Total Environment*, 624, 1523–1538.
- *Haile, G. G. , Tang, Q. , Leng, G. , Jia, G. , Wang, J. , Cai, D. , Sun, S. , Baniya, B. , & Zhang, Q. (2020). Long-term spatiotemporal variation of drought patterns over the Greater Horn of Africa. *Science of The Total Environment*, 704, 135299.
- *Hameed, M. , Ahmadalipour, A. , & Moradkhani, H. (2018). 42(1), 145-166.
- *El Kenawy, Ahmed M. , Al Buloshi, A. , Al Awadhi, T. , Al Nasiri, N. , Navarro-Serrano, F. , Alhatrushi, S. , Robaa, S. M. , Domínguez-Castro, F. , McCabe, M. F. , Schuwerack, P. M. , López-Moreno, J. I. , & Vicente-Serrano, S. M. (2020). Evidence for intensification of meteorological droughts in Oman over the past four decades. *Atmospheric Research*, 246(June), 105126. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105126>
- *El Kenawy, Ahmed M, & McCabe, M. F. (2016). A multi-decadal assessment of the performance of gauge-and model-based rainfall products over Saudi Arabia: climatology, anomalies and trends. *International Journal of Climatology*, 36(2), 656–674.
- *Enzel, Y. , Bookman, R. , Tor, K. , Sharon, D. , Gvirtzman, H. , Dayan, U. , Ziv, B. , & Stein, M. (2003). Late Holocene climates of the Near East deduced from

- Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- *Jasim, A. I. , & Awchi, T. A. (2020). Regional meteorological drought assessment in Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(7), 1–16.
- *Li, Z. , Chen, Y. , Fang, G. , & Li, Y. (2017). Multivariate assessment and attribution of droughts in Central Asia. *Scientific Reports*, 7(1), 1–12.
- *Muslih, K. D. , & Krzysztof, B. (2016). The inter-annual variations and the long-term trends of monthly air temperatures in Iraq over the period 1941 – 2013. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1915-6>
- *Palmer, W. C. (1965). Meteorological drought, Research paper no. 45. US Weather Bureau, Washington, DC, 58.
- *Parsons, D. J. , Rey, D. , Tanguy, M. , & Holman, I. P. (2019). Regional variations in the link between drought indices and reported agricultural impacts of Apprehensive drought characteristics over Iraq: results of a multidecadal spatiotemporal assessment. *Geosciences*, 8(2), 58.
- *Hargreaves, G. H. (1994). Defining and using reference evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 120(6), 1132–1139.
- *Harris, I. , Osborn, T. J. , Jones, P. , & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, 7(1), 1–18.
- *Hassan, I. , Kalin, R. M. , White, C. J. , & Aladejana, J. A. (2020). Evaluation of daily gridded meteorological datasets over the Niger Delta region of Nigeria and implication to water resources management. *Atmospheric and Climate Sciences*, 10(1), 21–39.
- *IPCC, I. P. O. C. (2014). Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental

- East. Environmental Research Letters, 13(10), 104005.
- *Thomas B. McKee, N. , Nishiyama, N. , Nagano, K. , Izumi, N. , Tsukioka, T. , Chung, K. , Hanada, S. , Inoue, K. , Kaji, M. , & Suehiro, S. (1993). THE RELATIONSHIP OF DROUGHT FREQUENCY AND DURATION TO TIME SCALES Thomas. Journal of Applied Climatology, 105(8), 818–824. <https://doi.org/10.1002/jso.23002>
- *Tirivarombo, S. , & Hughes, D. A. (2011). Regional droughts and food security relationships in the Zambezi River Basin. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 36(14–15), 977–983.
- *Tomas-Burguera, M. , Vicente-Serrano, S. M. , Peña-Angulo, D. , Domínguez-Castro, F. , Noguera, I. , & El Kenawy, A. (2020). Global Characterization of the Varying Responses of the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index to Atmospheric Evaporative Demand. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, drought. Agricultural Systems, 173(September 2018), 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2019.02.015>
- *Pathak, A. A. , & Dodamani, B. M. (2019). Comparison of meteorological drought indices for different climatic regions of an Indian river basin. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 1–14.
- *Polong, F. , Chen, H. , Sun, S. , & Ongoma, V. (2019). Temporal and spatial evolution of the standard precipitation evapotranspiration index (SPEI) in the Tana River Basin, Kenya. Theoretical and Applied Climatology, 138(1–2), 777–792.
- *Sheffield, J. , Wood, E. F. , & Roderick, M. L. (2012). Little change in global drought over the past 60 years. Nature, 491(7424), 435–438. <https://doi.org/10.1038/nature11575>
- *Tabari, H. , & Willems, P. (2018). More prolonged droughts by the end of the century in the Middle

- index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718.
- *Zhang, B. , Zhao, X. , Jin, J. , & Wu, P. (2015). Development and evaluation of a physically based multiscalar drought index: The Standardized Moisture Anomaly Index. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(22), 11–575.
- *Zhao, H. , Gao, G. , An, W. , Zou, X. , Li, H. , & Hou, M. (2017). Timescale differences between SC-PDSI and SPEI for drought monitoring in China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 102, 48–58.
- 125(17), e2020JD033017.
- *Trenberth, K. E. , Dai, A. , Van Der Schrier, G. , Jones, P. D. , Barichivich, J. , Briffa, K. R. , & Sheffield, J. (2014). Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4(1), 17–22.
- *Tsakiris, G. , Pangalou, D. , & Vangelis, H. (2007). Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21(5), 821–833.
- *UNDP, Assessment, U. D. (2010). Recovery and Mitigation Framework and Regional Project Design in Kurdistan Region (KR). Region Report.
- *Vicente-Serrano, S. M. , Beguería, S. , & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought

