
The Extraordinary Drought of 2011/2012 in Iraq and its Possible Linkage to Large-Scale Atmospheric Circulation

Khamis Dahahm Muslih Al-Sabhany
khamies76@coart.uobaghdad.edu.iq
University of Baghdad – College of Arts

DOI: <https://doi.org/10.31973/aj.v3i143.3978>

Abstract:

This paper aims to analyze the drought of 2021-2022 over Iraq according to its historical context, and then tries to examine its possible connection with associated synoptic pressure patterns and the North Atlantic Oscillation (NAO). The Standard Precipitation Index (SPI) was used to examine drought severity and Mann-Kendall test used in order to compute drought trends. Three sets of data were used to achieve the paper's goal; related to annual participation from ten climatic stations in Iraq, NAO data for winter months (Dec, Jan, Feb and Mar) , and the NCEP-NCAR Reanalysis Data. The result shows that the 2021-2022 was exceptional in terms of the drought severity through the climatic record periods, with the percentage of dry years more than 60%. The most extreme droughts had happened during the last 22 years with more than 80% of them in the Baghdad station as drought years. The annual drought trends analysis revealed that there are general negative trends with the strongest trends identified in the Mosul station about -0.1205 per decade. It was also found that the sustainability of the tropical flow in the upper atmosphere level, represented by a deep ridge and retreat of the polar jet stream towards north, accompanied by a location far to the north of the polar front, was the main reason for severe drought occurrence during this year. These amplified synoptic patterns were highly persistent as a result of the sustainability of the positive phase of the North Atlantic Oscillation.

Keywords; drought, Iraq, standardized precipitation index, North Atlantic Oscillation.

استثنائية جفاف الموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ في العراق وعلاقته بالدورة العامة للغلاف الجوي

ا.م.د. خميس دحام مصلح السبهاني

جامعة بغداد/ كلية الآداب

قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية

khamies76@coart.uobaghdad.edu.iq

(مُلخَصُ البَحْث)

يهدف هذا البحث الى تحليل جفاف الموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ في العراق وفقا لسياقه التاريخي ومن ثم محاولة فهم طبيعة الأنماط المناخية الشمولية المسؤولة عن شدة جفاف هذا الموسم وربطها مع ذبذبة شمال الاطلسي . مؤشر المطر القياسي SPI استخدم لتحديد شدة الجفاف، كما استخدم اختبار مان كيندل M.K لاختبار اتجاه الجفاف زمانيا . ثلاث مجموعات من البيانات تم استخدامها لتحقيق هدف هذا البحث (مجاميع الأمطار السنوية لعشر محطات مناخية تغطي كافة أجزاء العراق، وبيانات ذبذبة شمال الاطلسي NAO لأشهر الشتاء (كانون الأول وكانون الثاني وشباط وآذار)، وبيانات الشذوذ لقيم الضغط السطحية و شذوذات الارتفاع الجهدى وبيانات الدورانية الجوية) . استنتج البحث بأن موسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ كان موسما استثنائيا من حيث شدة الجفاف طيلة مدة التسجيل المناخي مع نسبة للسنوات الجافة تزيد عن ٦٢%. كانت الـ ٢٢ سنة الاخيرة الاكثر جفافا، وشكلت نسبة السنوات الجافة خلالها ٨٠% في محطة بغداد على سبيل المثال. كما تبين بأن الاتجاه العام نحو الجفاف في جميع أجزاء العراق وأعلى قيمة تغير كانت -٠.١٢٠٥ لكل عقد في محطة الموصل . تبين كذلك بأن استدامة التدفق المداري في طبقات الجو العليا متمثلة بانبعاج جوي متعمق وتقهقر للتيار النفاث القطبي شمال موقعه مصحوب بموقع بعيد نحو الشمال للجبهة القطبية كان السبب الرئيس لسيادة الجفاف الحاد خلال هذا الموسم. وتبين بأن الوضعية الشمولية هذه كانت مستدامة نتيجة لاستدامة الطور الموجب لذبذبة شمال الأطلسي .

الكلمات المفتاحية : الجفاف ، العراق ،مؤشر المطر القياسي ، ذبذبة شمال الاطلسي.

١. المقدمة :

يعد الجفاف واحدا من أكبر التهديدات الطبيعية تعقيدا نظرا لآثاره التراكمية فهو يبدأ من عدم كفاية الأمطار ثم يتطور الى الشحة في مصادر تجهيز المياه ثم التأثير على الزراعة

Al-Kaisi et al (٢٠١٣) والاقتصاد بصورة عامة وينتهي المطاف في بعض الحالات إلى النزاعات والاضطرابات السياسية (Kelley et al 2015; National Intelligence Council "U.S" ٢٠٢١). ويشكل نسبة ٧.٥% من مجموع الكوارث الطبيعية ويعد ثاني أكثر الكوارث الطبيعية انتشارًا جغرافيًا على مستوى العالم (Nagarajan ٢٠٠٩). .

تبعًا لآخر تقرير للهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغير المناخي IPCC فإن الاحترار العالمي ساهم بشكل كبير في ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية ولاسيما خلال العقدين الأخيرين حيث ازدادت بمقدار ٠.٩٩ درجة مئوية عن معدلها العام قبل الثورة الصناعية (IPCC, 2021, p SPM-٥). وأشار التقرير أيضا أن على الرغم من زيادة الأمطار على مستوى العالم إلا أن هذه الزيادة لم تكن منتظمة، فقد أسهم الاحترار العالمي في زيادة حدة وتكرار الظواهر الجوية المتطرفة بما فيها الجفاف والفيضانات فأصبحت أحداث الجفاف أكثر حدة وتكرارًا لاسيما في المناطق الانتقالية مناخيا (IPCC, 2021, p٥٠). .

إقليم الشرق الأوسط من أكثر مناطق العالم عرضة لتكرار حالات الجفاف الحاد بسبب الحرارة المرتفعة فضلا عن أن معظم أجزائه جافة إلى شبه جافة (Alsubih et al ٢٠٢١)، وأن هناك احتمالية تصل نسبتها إلى ٩٠% بأن فواصل الجفاف ستكون أطول في ٨٠% من أجزاء هذا الإقليم (Tabari et al ٢٠١٨). هذه الاستدامة في فواصل الجفاف سيكون لها آثار حرجة على المجتمعات البشرية هناك لاسيما أن ٦٠% من مصادر المياه السطحية فيها مشتركة بين الدولة، وأن المياه الجوفية معرضة للتكون غير صالحة للاستخدام بسبب تسرب الاملاح إليها مما يزيد من احتمالية نشوب الصراعات المسلحة فيها. (National Intelligence Council "U.S" 2021, p. 10)

وحدد العراق كواحد من الدول العشر حول العالم الأكثر تأثرا بالتغير المناخي و اشتداد موجات الجفاف والذي سيؤثر سلبا في القدرة على تأمين الغذاء والماء والطاقة والمشاكل الصحية المرتبطة بتلك التغيرات كون هذه الدول الأقل استعدادا للتكيف مع التغير المناخي (National Intelligence Council "U.S" 2021, p. 13). . وقد تركت موجات الجفاف الأخيرة أثرها الواضح على الاقتصاد والمجتمع العراقي حيث انخفض متوسط الدخل الشهري للمزارعين في معظم محافظات العراق وأصبح أقل من مستوى الإنفاق كحد أدنى للعيش نتيجة للخسائر في إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية ونقص فرص العمل للعمالة. إذ عانى ما يزيد عن ثلث مزارعي محاصيل الحبوب من فشل المحاصيل، وفقد المزارعين في النصف الأول من عام ٢٠٢١ ما يقرب ٣٧% قطعان الماشية ويرجع ذلك أساسًا إلى الجفاف ونقص إمدادات المياه (NRC، ٢٠٢١). .

الجفاف عالمياً تُدرس على نطاق واسع سواء كان ظاهرة دورية الحدوث أو حدث استثنائي على سبيل المثال (Hina et al 2021; Cindric et al 2016, Swain et al) . وأن العديد من الدراسات تناولت ظاهرة الجفاف ضمن إقليم الشرق الأوسط بالبحث والتحليل سواء كانت الدراسات تشملها كإقليم متكامل أو على مستوى الدول على سبيل المثال (Kaniewski et al 2012; Barlow et al 2016; Tabari et al 2018; Ejaz and Bahrawi 2022; Ansari et al 2022; Kelley et al 2015; Mohammad et al 2018) .

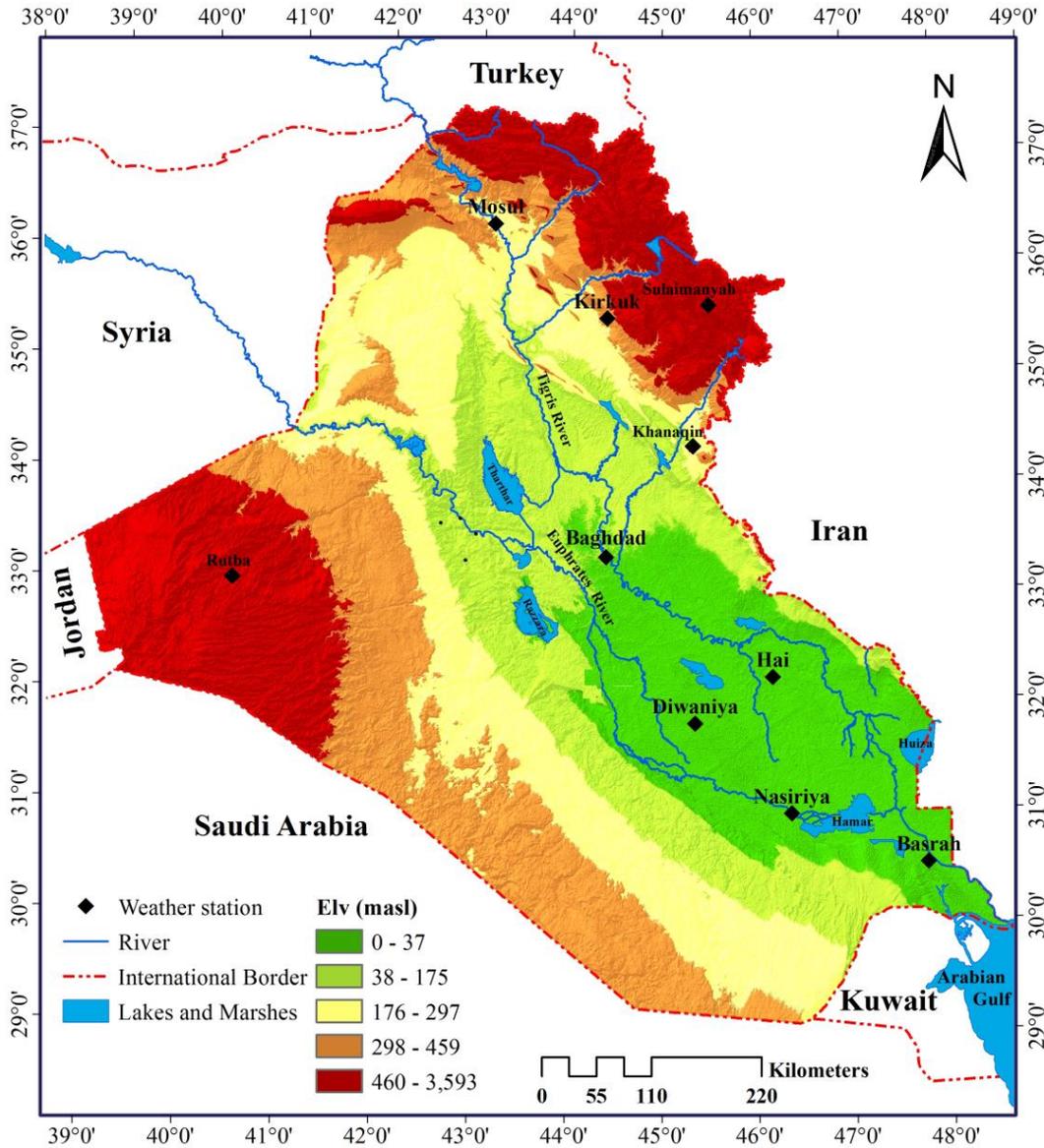
في حالة العراق العديد من البحوث أعدت في السنوات الأخيرة حول الجفاف نظراً لتزايد تكراره وشدته بمختلف أنواعه ، جميع هذه البحوث أثبتت تقاوم حالة الجفاف في كل أجزاء العراق نتيجة لانخفاض كمية الأمطار الساقطة وزيادة في نسبة تبذّبها وارتفاع درجة الحرارة، فضلاً عن ظهور اتجاه عام نحو الزيادة في حدة الظاهرة من هذه البحوث على سبيل المثال (البديري ٢٠٢٠: الدزيمي ٢٠٢١: Al-Timimi and Awchi 2020: Jasim and Awchi 2020: Al-Jiboori 2013; Awch and Kalyana 2017; Omar et al 2021: Ahmad et al ٢٠٢١) .

في ضوء كل ما تقدم جاء الموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ فريد من نوعه من حيث شدة الجفاف وديمومته ، لذا فإن الأهداف الرئيسية لهذا البحث هي : ١. تقدير شدة جفاف هذا الموسم ضمن سياق التساقط المطري التاريخي لمحطات مختارة من العراق . ٢. تحليل التذبذبات العقدية قصيرة المدى للجفاف المناخي في العراق ومن ثم اختبار الاتجاه العام للسلاسل الزمنية تحت البحث . ٣. تحليل معدلات الحالة الجوية الشمولية السائدة في هذا الموسم واختبار مدى مسؤوليتها عن حدة جفافه ، ومن ثم اختبار مدى تأثير المنظومات الضغطية العالمية وفقاً لمبدأ الترابط عن بعد ولاسيما NAO في تحقيق هذا الجفاف .

٢. البيانات وطرق التحليل

٢.١. مصادر البيانات: تم استخدام ثلاث مجموعات من البيانات في هذا البحث كالآتي:
١. تم تحليل المجاميع السنوية للأمطار لعشر محطات مناخية موزعة توزيعاً جغرافياً نوعاً ما جيداً على مساحة العراق (انظر الشكل ١) كانت بياناتها متوافرة دون انقطاع أو انقطاع قصير جداً لا يتجاوز السنة أو السنتين . طول السلاسل الزمنية تختلف من محطة إلى أخرى حيث تم الاعتماد على بيانات كل محطة لكل مدة التسجيل المناخي في تلك المحطة (جدول ١) . كانت أطولها مدة بيانات محطة بغداد لمدة ١٣٤ سنة مائتية وأقصروها تسجيلاً للبيانات هي محطة الحي ٨٢ سنة مائتية . وجميع بيانات الأمطار تم الحصول عليها من دائرة الأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي ، وكذلك من هيئة

الأنواء الجوية والرصد الزلزالي في اقليم كردستان بالنسبة لبيانات الأمطار لمحطة
السليمانية للمدة من ١٩٩٠ إلى ٢٠٢٢



شكل ١: خريطة العراق موضح عليها نموذج الارتفاع الرقمي والتوزيع المكاني للمحطات المناخية المشمولة في هذا البحث

٢. المجموعة الثانية من البيانات تتمثل ببيانات نذبذة شمال الاطلسي NAO لاشهر الشتاء (كانون الأول وكانون الثاني وشباط وآذار) وتم الحصول عليها من المركز الوطني لأبحاث الغلاف الغازي National Center for Atmospheric Research (NCAR) للمدة ١٨٨٩ ولغاية ٢٠٢٢ والبيانات متوفرة على الرابط

[https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based.](https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based)

٣. بيانات معدل الشذوذ الضغطي لمستوى سطح البحر ، وبيانات معدل الارتفاع الجهدي وشذوذاتها للمستويات ٥٠٠ مليبار ، وكذلك معدل الحركة العرضية للجو عند مستوى ٢٥٠ مليبار وحركة الجو الطولية عند مستوى ٢٥٠ مليبار. جميع هذه المتغيرات كانت لموسمين مطريين وهما ٢٠١٨-٢٠١٩ و ٢٠٢١-٢٠٢٢ . تم الحصول على هذه البيانات من المركز الوطني للتنبؤ البيئي NCEP والمركز الوطني لأبحاث الغلاف الغازي NCAR وهما تابعين الى الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي NOAA ، هذه البيانات تتميز بدقة مكانية (2.5° × 2.5°) وبالامكان الحصول عليها من الرابط الآتي <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/hour/>

جدول ١ : معلومات تفصيلية عن المحطات المناخية المختارة

الارتفاع م	مدة التسجيل	دائرة العرض N	خط الطول E	رقم المحطة	المحطة المناخية
222.6	1922 – 2022	36°19'	43°09'	608	الموصل
843	1935 – 2022	35°32'	45°27'	611	السليمانية
330.8	1923 – 2022	35°28'	44°24'	621	كركوك
175	1937 – 2022	34°35'	45°38'	637	خانقين
34.1	1889 – 2022	33°29'	44°24'	650	بغداد
630	1928 – 2022	33°03'	40°28'	642	الربطبة
17	1941 – 2022	32°10'	46°03'	665	الحي
20.4	1929 – 2022	31°59'	44°59'	672	الديوانية
3	1940 – 2022	31°01'	46°14'	676	الناصرية
2.4	1900– 2022	30°34'	47°47'	689	البصرة

المصدر: * . وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة) .

* . هيئة الأنواء الجوية والرصد الزلزالي في اقليم كردستان ، (بيانات غير منشورة) .

٢.٢ . طرق التحليل : من اجل اكمال هدف البحث تم الاعتماد على مجموعة من وسائل

التحليل سنبيين أهمها هنا :

١ . دليل المطر القياسي (Standardized Precipitation Index (SPI) :

تم استخدام SPI من اجل استخراج حدة الجفاف وتحديد الأعوام الجافة من تلك التي يمكن اعتبارها رطبة أو تلك التي تكون قيم مؤشر SPI موجبة. كما هو معلوم لم يتفق العلماء على تحديد تعريف عالمي موحد للجفاف فقد تعددت التعاريف تبعا لأنواع الجفاف وطبيعة تأثير كل نوع (الذري ٢٠٢١، ص ٢١). ومع ذلك يوجد اتفاق اولي بين الباحثين

بأن الجفاف Drought يمكن تعريفه على أنه حالة نقص في الرطوبة نتيجة لانخفاض كمية الأمطار عن معدلاتها العامة (Jasim and Awchi 2020, p.٢). وتم تقديم مؤشر SPI في عام ١٩٩٣ من قبل العالم الأمريكي McKee وزملائه في مؤتمر المناخ التطبيقي الثامن والذي عقد في ولاية كاليفورنيا الأمريكية. الهدف الرئيس للمؤشر هو فهم تأثير نقص الأمطار على رطوبة التربة وخصائص الجريان النهري (McKee et al ١٩٩٣). أوصت المنظمة العالمية للأمناء الجوية (WMO) في عام ٢٠٠٩ بهذا المؤشر كمؤشر عالمي لتخمين حدة الجفاف وإدارة مخاطر المناخ بشكل فعال. إذ تم تطويره للاستخدام لتقدير الجفاف بمقاييس زمنية مختلفة الشهرية والفصلية ونصف السنوية والسنوية (WMO ٢٠١٢). ببساطة يعتمد هذا المؤشر على مقدار انحراف الأمطار عن معدلاتها لاحتسابها سنة جافة أو رطبة، بمعنى أن القيمة السالبة في نتائج المؤشر تمثل سنة جافة بينما تمثل القيمة الموجبة سنة رطبة. تنتظم نتائج تطبيق المؤشر في واحدة من ثمان فئات حددت للتعريف بدرجة الجفاف أو الرطوبة مبينة في الجدول ٢.

جدول ٢: تصنيف فئات مؤشر المطر القياسي SPI

تصنيف المناخ	قيم SPI
متطرف الرطوبة	≥ 2
شديد الرطوبة	1.5 إلى 1.99
متوسط الرطوبة	١ إلى 1.49
رطوبة معتدلة	٠ إلى 0.99
جفاف معتدل	٠ إلى -٠.٩٩
جفاف متوسط	-1 إلى -1.49
جفاف حاد	-1.5 إلى -١.٩٩
متطرف الجفاف	≤ -2

المصدر: (Edossa et al 2010, p.١٤٤٥)

٢. اختبار الاتجاه مان كيندل Mann-Kendall test نستخدم هذا الأسلوب الاحصائي هنا لتقدير قيمة الميل للاتجاه الخطي عبر الزمن والذي يميز هنا بقيم الميل سين سلوب Sen's Slope بمعنى اننا نستخدمه لتقدير مقدار التغير في نتائج مؤشر SPI خلال مدة الدراسة. وهو اختبار لامعلمي (none parametric) يستخدم لإيجاد اتجاه رتيب مع الزمن، ويستخدم على نطاق واسع من اجل ايجاد الاتجاهات عند احتساب مجموعة من السلاسل الزمنية. وهو مفيد بشكل خاص عند وجود بعض القيم المفقودة إذ إن هذا الأسلوب الاحصائي قادر ان يتعامل مع البيانات المفقودة دون احتساب متوسطات

للسلاسل من أجل تعويض تلك الفجوات كما هو الحال في أسلوب الانحدار البسيط . ولا يشترط لدقة نتائجه أن تكون هنالك حاجة لتوزيع البيانات بشكل محدد، أي أن تحسسه الى الفواصل المفاجئة في السلاسل الزمنية غير المتجانسة تكون منخفضة (Gilbert ١٩٨٧)، وهو أعلى قوة من الكثير من الاختبارات التي تقيس الاتجاهات الخطية غير المعلمية. (Önöz and Bayazit 2003)

٣. من أجل احتساب الشذوذ لقيم مؤشر SPI عن معدلاتها الطبيعية واستخراج التذبذبات العقدية ومتعددة السنوات تم استخدام أسلوب الأوساط المتحركة ذات البعد الخامس ٥- years running average من أجل القضاء على التشويش الطارئ الذي يظهر على السلاسل الزمنية في بعض السنوات. ومن أجل التأكيد على ما ذكرنا تم كذلك استخدام الدالة متعددة الحدود مستخدمين البعد السادس ٦-order polynomial function ليكون قريب من منحنى الأوساط المتحركة .

٣. النتائج والمناقشة

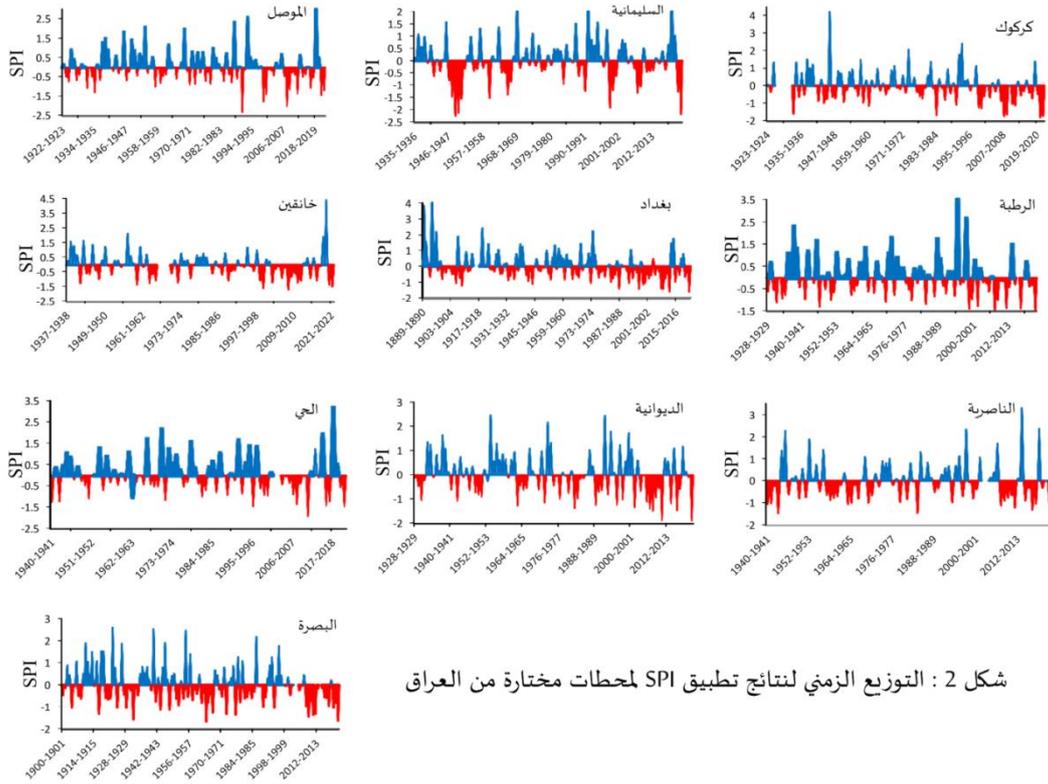
٣.١. تقييم جفاف الموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ وفقاً لمنظوره التاريخي

في هذا الجزء تتم مقارنة أمطار الموسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ بسجلات الأمطار للمحطة نفسها المراد قياس شدة جفافها منذ بدء التسجيل المناخي في تلك المحطات استناداً على نتائج مؤشر دليل المطر القياسي SPI والتي أوضحت في الشكل ٢ والجدول ٣ . منهما معا يتضح أن الموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ كان الأكثر جفافاً منذ بداية التسجيل المناخي في محطتي الرطبة والديوانية بمجموع مطري سنوي ٢٧.٧ ملم و ٢٣.٤ ملم على التوالي. ومثل كذلك هذا الموسم ثاني أكثر موسم جفافاً في محطات السليمانية وبغداد والحي والبصرة بشذوذ مطري عن المعدل العام وصل إلى -٥٢٥ ، -١١٩ ، -١١٥.٤ ، -١٠٩ ملم على التوالي. بينما سجل خامس موسم من حيث الجفاف في محطة الموصل والسادس في محطة الناصرية .

أوضح الشكل ٢ بأن صفة الجفاف هي السمة الأكثر وضوحاً على جميع المحطات المناخية، إذ إن ما يزيد عن نصف سنوات السلاسل الزمنية ولجميع المحطات، كانت أعلى نسبة للسنوات الجافة في محطة بغداد بواقع ٦٢.٥ % وأقلها في محطة السليمانية ٥٠.٥ % أما بقية المحطات ، فقد تراوحت النسب بين النسبتين أعلاه وكما موضح في الشكل ٣ .A. كما ويتبين من الشكل أعلاه وكذلك الجدول ٣ ظهور واسع لما يسمى فواصل الجفاف المستدام أو متعدد السنوات Multiyear drought episodes كان أكبرها عدداً في

^١ . نقصد هنا بفواصل الجفاف المستدام هي تلك المدد الزمنية التي يستمر فيها الجفاف بناء على نتائج مؤشر المطر القياسي ثلاث سنوات أو أكثر.

محطتي بغداد والبصرة ١١ فاصلة جافة لكل منهما. ونعتقد بأن السبب في ارتفاع عدد فواصل الجفاف في كلتا المحطتين يُنسب إلى طول السلسلة الزمنية لسجلات الأمطار والتي بدأت منذ عام ١٨٨٩ في محطة بغداد وعام ١٩٠٠ لمحطة البصرة. تأتي بعد هاتين المحطتين في عدد الفواصل الجافة محطة خانقين ١٠ فواصل، ثم يتراوح عدد الفواصل الجافة بين ٤ فواصل فقط في محطة كركوك وهي الأقل بين كل المحطات إلى ٨ فواصل في محطتي الحي والديوانية.



على الرغم من أهمية تحديد فواصل الجفاف المستمر نعتقد أن الأهم هو تحديد الفاصلة الأطول زمنا والأكثر حدة (جدول ٣)، حدثت أعلى شدة للجفاف في النصف الأول من عشرينيات القرن الماضي، ثم في الأربعينيات وبداية الخمسينيات والتسعينيات، وكذلك في بداية العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. حيث يتبين أن جميع المحطات المشمولة بالبحث عدا محطة السلیمانیة حدثت فيها الفاصلة الأكثر شدة في جفافها في العقدين الأولين من القرن الواحد والعشرين، وكان أشدها تلك التي حدثت في محطة بغداد وسط العراق والتي استمرت ١٤ موسم متواصل من الموسم ١٩٩٨-١٩٩٩ إلى الموسم ٢٠١١-٢٠١٢. ثم محطة البصرة بفاصلة جفاف متواصلة استمرت ١١ سنة ٢٠٠٧-٢٠٠٨ ولغاية ٢٠١٧-٢٠١٨، وأقلها محطة كركوك بعدد سنوات ٥ من الموسم ٢٠١٠-٢٠١١ ولغاية ٢٠١٤-٢٠١٥.

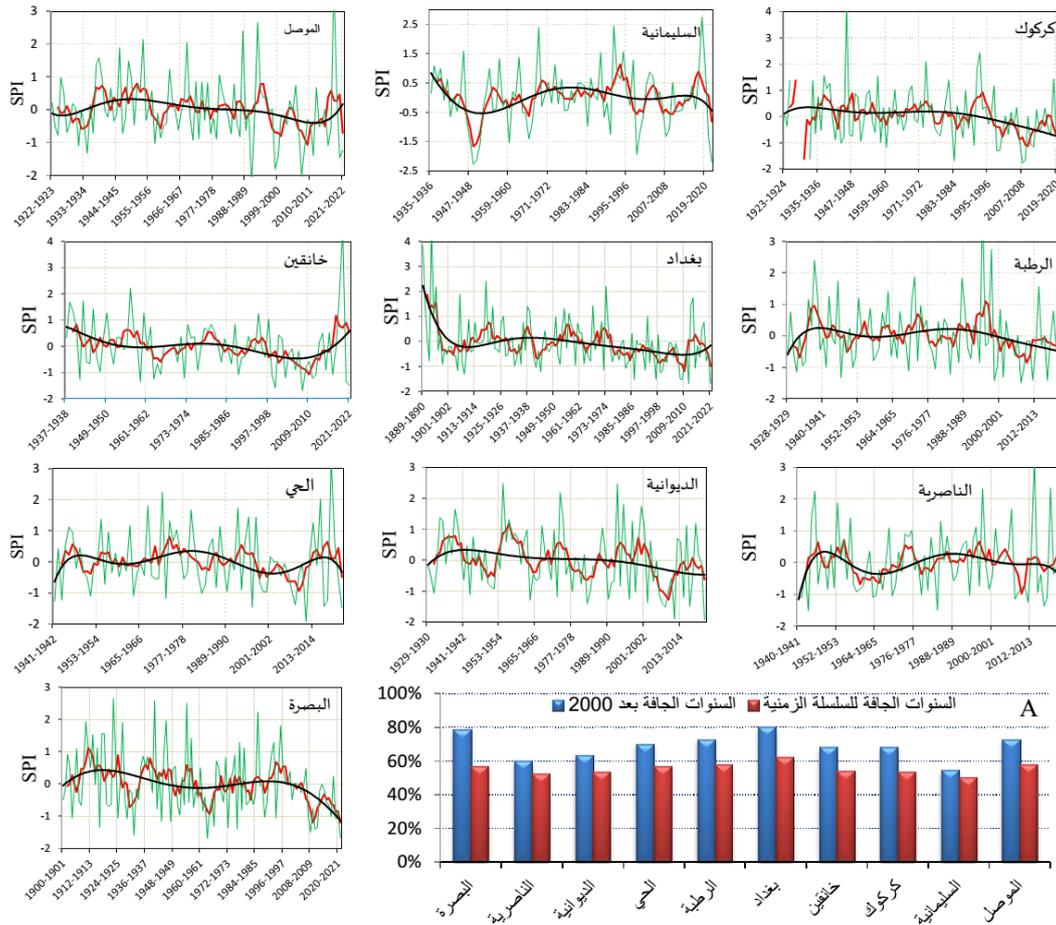
جدول ٣: بعض خصائص نتائج مؤشر SPI فوق العراق خلال المدة تحت البحث

المتغيرات	الموصل	السليمانية	كركوك	خانقين	بغداد	الربطبة	الحي	الديوانية	الناصرية	البصرة
SPI _{min}	-2.33	-2.27	-1.84	-1.715	-1.635	-1.49	-1.94	-1.92	-1.494	-1.69
معلوم	1991-	1948-	2020-	2007-	2011-	2021-	2011-	2021-	1943-	1963-
الموسم	1992	1949	2021	2008	2012	2022	2012	2022	1944	1964
المطري	63	152	102	89.7	23.2	27.7	23.4	23.4	33.5	30.9
المطري الاطار										
المصاحبة										
الاشتر										
جافا	-299.8	-525	-233	-214	-119	-84.97	-115.4	-96.2	-85	-109
الاشنوذ عن المعدل										
عددها	6	6	4	10	11	6	8	8	5	11
فواصل	2006-	1946-	2010-	2002-	1998-	2007-	2004-	2004-	2007-	2007-
الجفاف	2012	1952	2015	2012	2012	2013	2012	2012	2012	2018
المستدام										
عدد سنواتها	6	6	5	10	14	6	8	8	5	11

ملاحظة : SPI_{min} أقل قيمة لنتائج مؤشر SPI سجلت خلال المدة تحت البحث لكل محطة .

الذبذبة قصيرة المدى

من أجل استبعاد الشذوذات الطارئة التي طالما تتخلل بيانات السلاسل الزمنية للأمطار في البيئات الجافة وشبه الجافة ومن ثم إعطاء صورة أكثر مصداقية لطبيعة الذبذبات العقدية في مؤشر المطر القياسي تم استخدام منحنى الدالة متعددة الحدود من الدرجة السادسة ٦- في مؤشر المطر القياسي تم استخدام منحنى الدالة متعددة الحدود من الدرجة السادسة ٦- order-polynomial curve (رسم في اللون الأسود) ، فضلا عن إيجاد الأوساط المتحركة ذات البعد الخامس ٥-year running average (وضح في اللون الاحمر) . نتائج التحليل في هذا الجزء يوضحها الشكل ٣ والتي يمكن تلخيصها بالآتي :



شكل ٣: شذوذ قيم SPI عن معدلاتها خلال المدة تحت الدراسة ولمحطات المناخية المختارة في هذا البحث ، والجزء A يمثل نسبة السنوات الجافة من المجموع الكلي للسنوات تحت الدراسة

وقد بيّنا أن أطول السلاسل الزمنية كانت لمحطتي بغداد والتي بدأت سجلاتها منذ عام ١٨٨٩ ومحطة البصرة حيث كانت بداية بياناتها المسجلة عام ١٩٩٠، قبل هذا التاريخ لا نملك تصور واضح لطبيعة التوزيع للأمطار ممثل هنا بمؤشر المطر القياسي ولكن على ما يبدو من سجلات محطة بغداد ان نهاية القرن التاسع عشر كانت مدة رطوبة بشكل كبير بما

تبعكسه بداية السلسلة الزمنية إذ كان المنحنى يسجل حدوده العليا وبدأ بالانخفاض بشكل واضح وسريع . عموماً فان الشذوذات عن معدل نتائج مؤشر المطر القياسي للمحطتين إذ تقع إحداهما في أقصى جنوب العراق (البصرة) ، والثانية في وسط منطقة الدراسة (بغداد) تبين بأن بداية القرن العشرين كانت فاصلة رطبة حيث سجل SPI قيم موجبة في معظم حالات.

نمط الذبذبة لنتائج مؤشر المطر القياسي عن معدله العام لم يكن موحد بين جميع المحطات ولم يتخذ كذلك نمطاً مكانياً مماثلاً تبعاً لأجزاء البلاد ، فمن ملاحظة الشكل (٣) يتبين بأن المدة من ثلاثينات القرن الماضي حتى منتصف الخمسينيات كانت مدة رطبة قياساً لمعدلاتها العامة في معظم أجزاء منطقة الدراسة من الشمال إلى الجنوب. وعلى الرغم من ذلك هناك بعض المحطات سجلت شذوذ عن كون هذه المدة رطبة ، فقد كانت هذه المدة الأكثر حدة في شدة الجفاف في محطة السليمانية حيث سجلت قيم SPI الأدنى مقارنة بالسلسلة الزمنية بكاملها ، وكذلك كانت مدة الأربعينيات حتى منتصف الخمسينيات مدة شديدة الجفاف في محطتي الديوانية والحي . بصورة عامة العقدان التاليين (الخمسينيات حتى بداية السبعينيات) كانت الحالة المناخية تميل إلى الجفاف المناخي في معظم أجزاء العراق مع بعض الشذوذات البسيطة في محطتي بغداد والديوانية .

استقرار نسبي حول المعدل العام خلال المدة حتى نهاية القرن العشرين مع تسجيل بعض السنوات شديدة الرطوبة وأخرى شديدة الجفاف لكن بصورة عامة كانت نتائج SPI حول معدلاتها العامة مع فاصلة قصيرة جداً كانت أكثر رطوبة ظهرت في النصف الثاني من تسعينيات القرن المنصرم .

من خلال نتائج التحليل يتبين ظهور اتجاه عام نحو الجفاف الحاد شمل جميع أجزاء العراق مع بداية القرن الحادي والعشرين ولا زال مستمراً عدا بعض الشذوذ في السنوات الأخيرة من العقد الثاني من القرن الحالي كان أكثر وضوحاً في شرق العراق ، تحليلنا لذلك هو بسبب موجة الأمطار الغزيرة التي سقطت في هذه الأجزاء خلال المواسم ٢٠١٨-٢٠١٩ و ٢٠١٩-٢٠٢٠ .

تحليل الاتجاه العام للجفاف المناخي

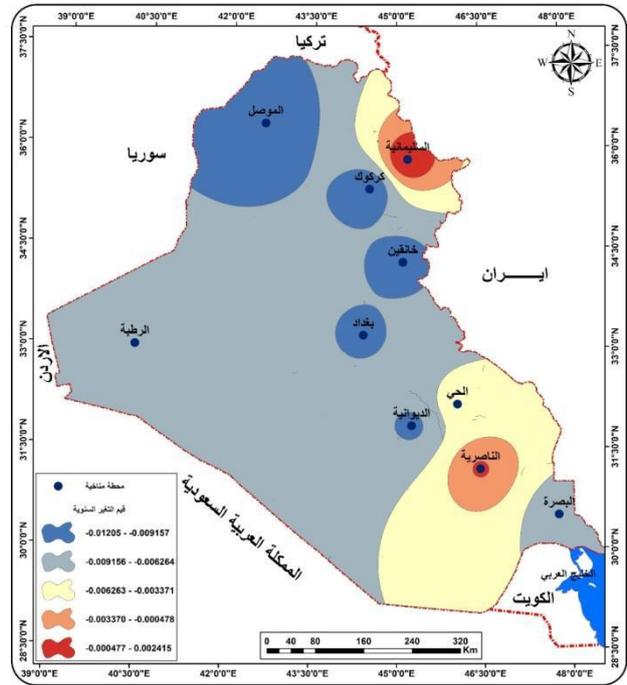
من أجل الحصول على التوزيع المكاني والزمني لقيم الاتجاه الخطي لنتائج مؤشر المطر القياسي SPI طبقنا اختبار مان كيندل Mann-Kendall لمدد توافر سجلات الأمطار والتي تختلف زمانياً كما مبين في الجدول ١ . نتائج تطبيق اختبار M_K ممثلاً بقيم معامل انحدار سين (Sen's Slope) بُينت في الشكل ٤ والجدول ٤ ، حيث يتبين أن هناك اتجاه عام نحو الجفاف في جميع أجزاء منطقة الدراسة، إذ لم تسجل أي قيمة موجبة

لنتائج الاتجاه لمؤشر SPI عدا محطة السليمانية ومع ذلك فإن قيمة التغير التي سجلت في هذه المحطة كانت غير ذات دلالة إحصائية ، ونعتقد هنا أن التشويش الذي طرأ على نتائج الانحدار لمحطة السليمانية قد جاء نتيجة الأمطار المتطرفة التي سقطت للمواسم ٢٠١٧-٢٠١٨ و ٢٠١٨-٢٠١٩ و ٢٠١٩-٢٠٢٠ إذ سجلت المحطة شذوذات عن معدلاتها العامة في كميات الأمطار تصل الى ضعف المعدل تقريبا بواقع (١٥٨.٤ ملم و ٦٣٥.٥ ملم و ٢٤٣.٤ ملم على التوالي) هذا اذا ما علمنا أن معدل الامطار في المحطة خلال مدة الدراسة كان ٦٧٧ ملم . من جانب آخر هناك ثلاث محطات من المحطات التسع المتبقية والتي سجلت اتجاه عام نحو حدة الجفاف كان التغيير فيها غير ذو دلالة معنوية وهذه المحطات هي (خانقين والحي والناصرية) .

جدول ٤: الاتجاه العام لقيم SPI لمحطات مختارة من العراق وللسلاسل الزمنية تحت البحث

المحطة	قيمة التغير السنوية	معنوية التغير
الموصل	-0.01205	**
السليمانية	0.002415	-
كركوك	-0.01147	*
خانقين	-0.01011	-
بغداد	-0.00955	*
الربطية	-0.00742	+
الحي	-0.00527	-
الديوانية	-0.00971	*
الناصرية	-0.0002	-
البصرة	-0.00782	+

ملاحظة : ** يعني أن التغير عند مستوى ثقة ٩٩% :
* مستوى ثقة ٩٥% : + يعني أن مستوى الثقة عند ٩٠% : - يعني أن الاتجاه غير ذو دلالة معنوية.



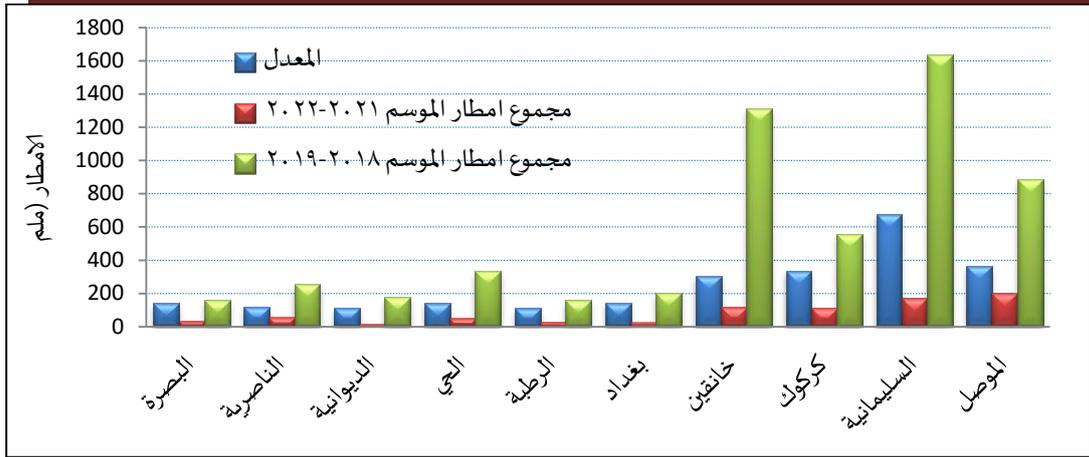
شكل ٤: التوزيع المكاني لقيم الاتجاه الخطي لنتائج SPI في العراق اعتمادا على نتائج تطبيق اختبار M_K .

مكانيا كان الحظ الأكبر في التغيير في نتائج مؤشر SPI من حصة محطات الأجزاء الغربية والشمالية الغربية والوسطى من العراق (شكل ٤) . وأعلى قيمة تغير سجلت في محطة الموصل بواقع -٠.٠١٢٠٥ سنة عند مستوى ثقة ٩٩% وهنا يعكس خطورة ظاهرة الجفاف على العراق بصورة عامة وعلى هذا الإقليم بصورة خاصة كون هذا الإقليم هو اقليم الزراعة الديمية في العراق وأن استمرار شدة الجفاف ضمنه سيؤدي إلى مخاطر كبيرة على الزراعة ولاسيما زراعة الحبوب وما يتبعها من تبعات اقتصادية حرجة . بينما سجل القسم الشرقي من وسط وجنوب العراق تغير غير معنوي ممثلا كما ذكرنا في محطات خانقين والحلي والناصرية ، والكلام كذلك لمحطة السليمانية .

هنا نود أن نبين نقطة أساسية هو أن ما يؤكد كل ما ذهبنا إليه في تحليلنا أعلاه من تحليل اطول فواصل الجفاف المستدام وأكثرها حدة لكل محطة وكذلك التذبذب والاتجاه العام للجفاف الذي كان أكثر وضوحا خلال ٢٢ موسم مطري السابق هو نسبة سنوات الجفاف إلى العدد الكلي للسلاسل الزمنية من جهة ونسبتها من عدد السنوات في القرن الحادي والعشرين كما مبين في الشكل ٣ . A. إذ يتبين على الرغم من أن أكثر من نصف السنوات كانت جافة تبعا لنتائج SPI إذا ما أخذت السلسلة بصورة عامة (كما بيناه في موضع سابق من هذا البحث) ، إلا أن نسبة السنوات الجافة بكل مستوياتها ولجميع المحطات من عددها خلال العقدين الأخيرين كان أكبر بكثير، حيث وصلت النسبة في محطة بغداد إلى ٨٠% من مجموع المواسم المطرية الكلي والبالغ ٢٢ موسم ، وأن أقل نسبة لسنوات الجفاف كانت ٥٤.٥٤% سجلت في محطة السليمانية و تندرج في بقية المحطات بين هاتين القيمتين .

٣.٢ . الحالة الشمولية المصاحبة لجفاف الموسم ٢٠٢١-٢٠٢٢

في هذا الجزء سنناقش معدل الحالة الجوية الشمولية المصاحبة لجفاف هذا الموسم ، ومن أجل تقديم فهم أفضل لتأثير الحالة الشمولية للموسم الجاف تحت البحث سنقوم بمقارنتها بمعدل الحالة الشمولية لموسم شديد الرطوبة و سنختار الأقرب زمانيا للموسم الجاف ٢٠٢١-٢٠٢٢ ولهذا تم اختيار الموسم المطري ٢٠١٨-٢٠١٩ ليكون موسم المقارنة الرطب (انظر الشكل ٥). و لانجاز الهدف أعلاه تم احتساب شذوذ قيم الضغط عند مستوى سطح البحر فوق منطقة الشرق الاوسط وجنوب أوروبا وشمال أفريقيا ككل خلال هذا الموسم و شذوذات الارتفاع الجهدى للمستوى الضغطي ٥٠٠ مليبار وللمدة من شهر تشرين الاول ٢٠٢١ ولغاية شهر مايس ٢٠٢٢ . وكذلك تم استخراج شذوذات الحركة الطولية للجو لنفس الشهور عند المستويين ٢٥٠ مليبار ، مع العلم بأن جميع تلك الشذوذات تم ايجادها استنادا على المعدل المناخي للمدة (١٩٩١-٢٠٢٠) .

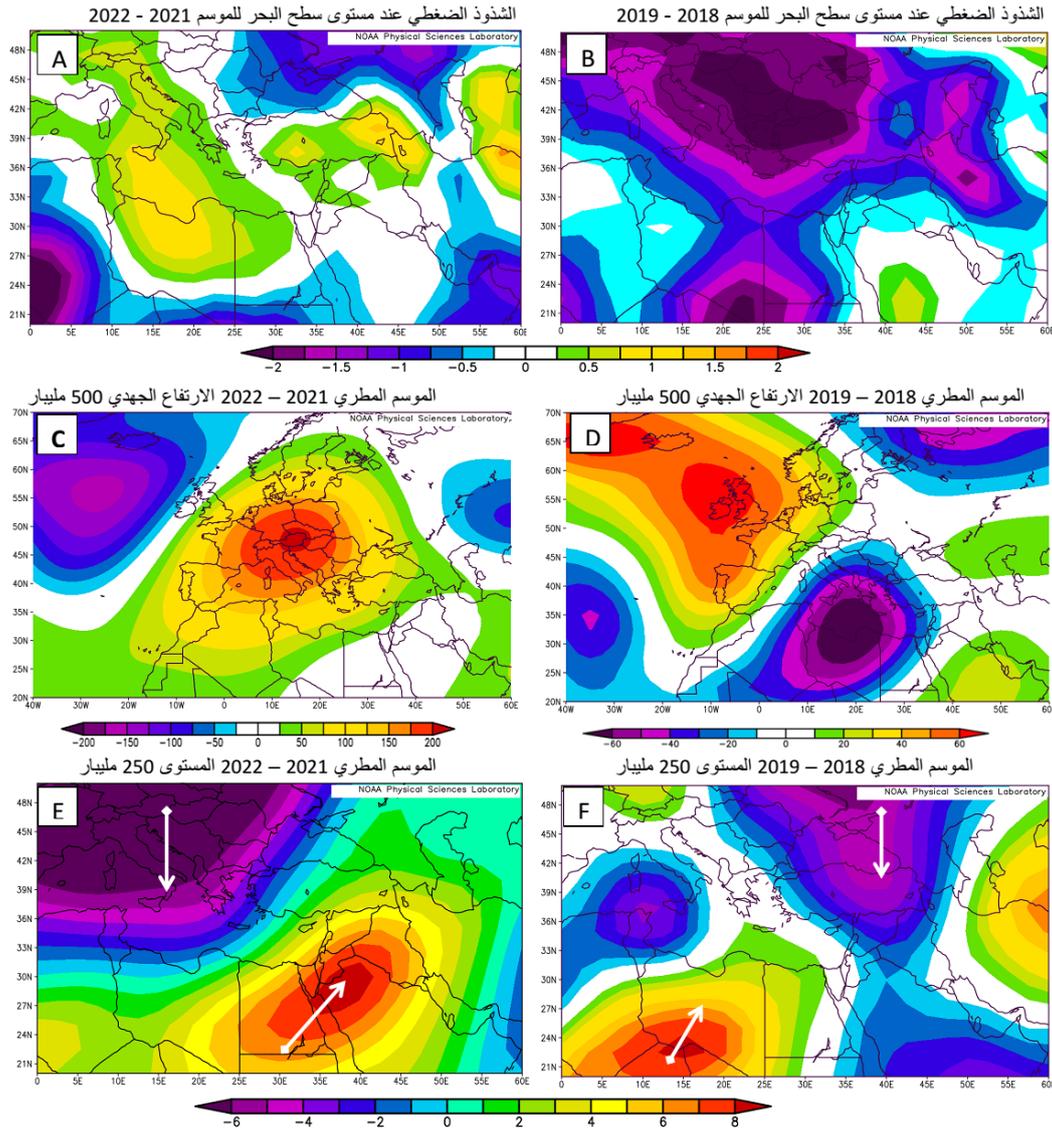


شكل ٥ : مجموع الأمطار للموسمين ٢٠١٩-٢٠١٨ و ٢٠٢١-٢٠٢٢ مقارنة بالمعدل العام للأمطار خلال مدة التسجيل المناخي للمحطات المشمولة بهذه الدراسة .

يتبين من الشكل A.٦ ظهور شذوذ ضغطي إيجابي واضح لمستوى الضغط السطحي في الموسم ٢٠٢١ - ٢٠٢١، حيث تقع كل منطقة جنوب أوروبا والبحر المتوسط وشمال أفريقيا وامتدادها إلى الشرق الأوسط بضمنها العراق تحت ضغط مرتفع لمعظم أيام الموسم يزيد من فرص هبوط الهواء ويمنع عمليات التصعيد للتيارات وبالتالي يبقى عند السطح ويكون عامل حاسم في تشكيل الجفاف خلال هذا الموسم . ويمكن مقارنة الشذوذات الضغطية خلال هذا الموسم بتلك التي سادت خلال الموسم المطري ٢٠١٨-٢٠١٩ (الشكل B .٦) إذ ساد الضغط المنخفض على المنطقة خلال الموسم الأخير الأمر الذي شجع لأن يكون هذا الموسم موسم شديد الرطوبة على كل أجزاء منطقة الدراسة، والفرق في الشذوذ الضغطي بين الموسمين يصل إلى أكثر من ٣ مليبار كمعدل للشذوذ الضغطي.

لكن هنا نتساءل ما الذي حصل في طبقات الجو العليا ليكون الفرق في الضغط لمستوى سطح البحر بين الموسمين كما بينا في أعلاه ؟

من ملاحظة الشكل C.٦ يتبين لنا وبوضوح خلال الموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ كان هناك انبعاجا واسعا وعميقا يصل شذوذ الارتفاع في مركزه عن المعدل العام إلى أكثر من ٢٠٠ هكتوباسكال ذو محور جنوبي غربي - شمالي شرقي يفرض سيطرته خلال هذا الموسم ويمتد من أفريقيا باتجاه الشمال الشرقي ليسيطر على كل شرق البحر المتوسط وجنوب أوروبا يعمل على ضخ كميات هائلة من الكتل المدارية الجافة باتجاه المنطقة . حالة الجو في اسفل ووسط الغلاف الجوي عُززت بحالة مواتية في أعلى الغلاف الجوي عند مستوى ٢٥٠ مليبار (شكل E.٦) .



شكل ٦ : معدل الحالة الجوية الشمولية للموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ مقارنة بالموسم المطري ٢٠١٨-٢٠١٩ (A and B) معدل الشذوذ الضغطي لمستوى سطح البحر (مليبار)، (C and D) شذوذ الارتفاع الجهدى للمستوى الضغطي ٥٠٠ مليبار (باسكال)، (E and F) الشذوذ لمعدل الحركة الطولانية للجو للمستوى الضغطي ٢٥٠ مليبار .

إذ كان جفاف الموسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ معزز بحركة طولية للجو ساهمت بدفع كبير للمؤثرات المدارية وتمركزها فوق شرق المتوسط بالمقابل كتل قطبية باردة تتمركز فوق شمال ووسط وغرب أوروبا . هذه التشكيلة الجوية المتضخمة الناتجة عن التدرج الضغطي والحراري غير الطبيعي كانت كفيلة بأن تدفع بالتيار النفث القطبي بعيدا نحو الشمال (شكل ٨ . C) ويقضي على أي محاولة لعمليات تقدم للجهة القطبية باتجاه المنطقة وبالتالي ابتعاد خط

الجبهة وما يتبعها من منخفضات جبهوية نحو الشمال وسيادة حالة الاستقرار الجوي الكلي والجفاف على كل إقليم شرق المتوسط .

التركيبية الشمولية هذه والتي كانت مسؤولة عن جفاف هذا الموسم تأتي متطابقة بشكل واسع لما تضمنه التقرير الذي نشرته مجموعة العمل الأولى التابعة الى الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC والمعنون (الأساس العلمي الفيزيائي لتغير المناخ (The Physical Science Basis) في آب ٢٠٢١ والذي أشار بوضوح شديد إلى أن مسارات المنخفضات الجبهوية في العروض الوسطى قد زحفت باتجاه القطب (IPCC SPM 2021, p ٦) . قد يكون هذا الاستنتاج صادم للكثيرين لكن في الحقيقة هو لم مستغرب لاسيما مع النتائج الكثيرة للدراسات العالمية والتي أكدت على دور الاحترار العالمي في تضخم خلية هادلي على حساب الخلية القطبية (Xian et al 2021; Frierson et al ٢٠٠٧) ، بمعنى أن جميع الانطقة الضغطية العالمية الرئيسية وما يترتب عليها من ظواهر بما فيها خط الجبهة شبه القطبية وما يتبعه من منخفضات جبهوية كانت قد زحفت تباعا باتجاه القطبين ، وبالتالي فإن مرور مراكز المنخفضات الجبهوية فوق منطقة الدراسة اصبح أمر غير مضمون وما يصل إليها هو امتدادات المنخفضات .

تتضح قوة الزخم الحراري وتأثيره خلال هذا الموسم إذا ما تمت المقارنة بالموسم ٢٠١٨-٢٠١٩ (الشكل ٦. D and F) . إذ يتبين من الشكل انخفاض كبير للارتفاع الجهدي يكون مركزه فوق شرق البحر المتوسط، مصحوب بانسحاب الزخم الحراري المداري عند مستوى ٢٥٠ مليبار نحو أفريقيا فاسحا المجال لتقدم الكتل القطبية جنوبا نحو شرق البحر المتوسط مصحوبا بحركة تبادل حراري طولية قوية (شكل ٦. F) ساهمت بشكل فاعل في دفع الكتل القطبية السطحية كانت مصاحبة الى الجبهة القطبية التي زحفت جنوب موقعها خلال هذا الموسم لتتمركز فوق جنوب أوروبا والبحر المتوسط وساهمت لتكون ممرا سهلا للمنخفضات الجبهوية التي تتشكل فوق المحيط الأطلسي مرورا بشرق البحر المتوسط إذ تتزود بالرطوبة من فوق مياهه الشرقية مارة بمنطقة الدراسة ، الأمر الذي أدى في النهاية لأن يكون هذا الموسم غزير الأمطار عكس ما كانت عليه الحالة في الموسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ .

٣.٣. دور الذبذبات الضغطية الرئيسية وفكرة الترابط عن بعد في تفسير جفاف الموسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ .

في هذا الجزء من البحث سنقوم بتحليل العلاقة بين أمطار العراق ممثلة بنتائج مؤشر المطر القياسي SPI وواحدة من أكثر الذبذبات الضغطية المتحكمة في مناخ النصف

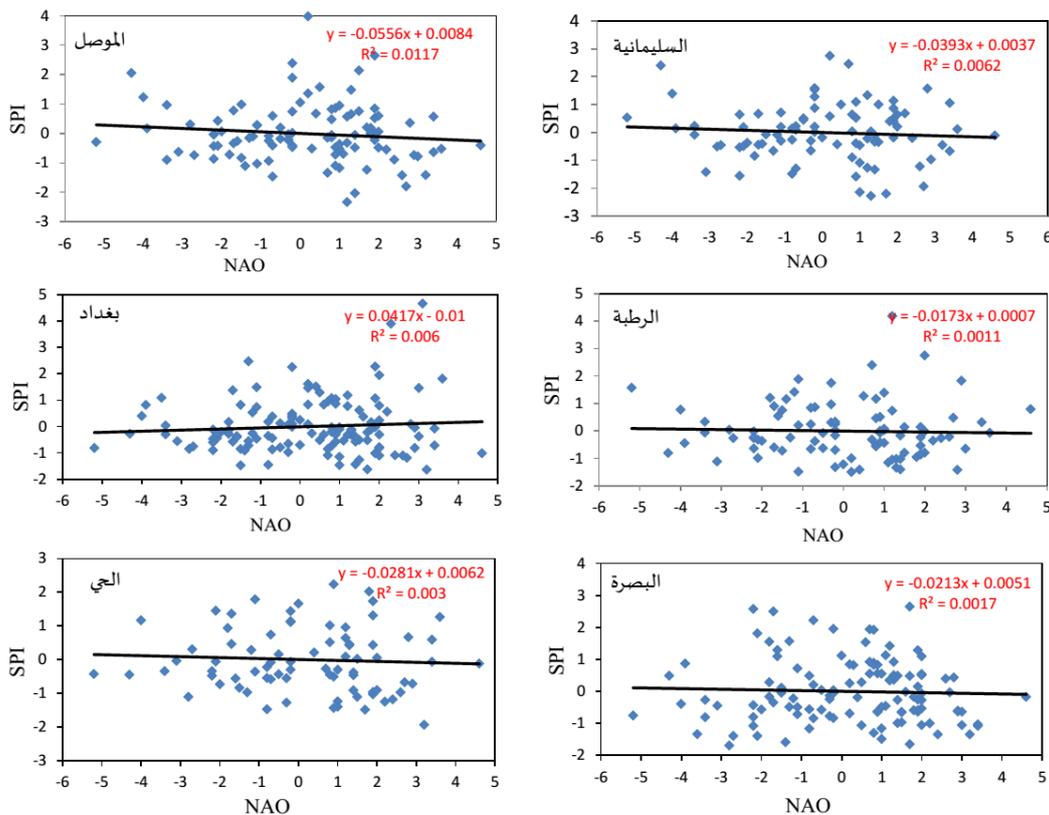
الشمالي من الكرة الأرضية خلال أشهر الشتاء (كانون الأول ، وكانون الثاني وشباط) وهي (ذبذبة شمال الاطلسي (NAO North Atlantic Oscillation) من أجل محاولة فهم دور هذه الذبذبة الضغطية في تفسير استثنائية جفاف الموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ من الناحيتين الاحصائية والشمولية أو آلية عمل وتأثير الذبذبة على أمطار العراق وفقا لمبدأ الترابط عن بعد .

العلاقة بين ذبذبة شمال الاطلسي ومناخ النصف الشمالي من الكرة الأرضية تم تحليلها على نطاق واسع وأصبحت على درجة جيدة من الفهم . وشخصت كونها النموذج المسؤول عن تفسير ما بين ٢٠ الى ٦٠ % من تذبذبات درجة حرارة الأمطار خلال أشهر الشتاء في هذا القسم من الكرة الأرضية (Hurrell 1995) . وتعرف كونها نظام ضغطي ثنائي القطب يحسب عن طريق الاختلاف في قيم الضغط الجوي السطحية بين لشبونة في البرتغال من جهة و ستيكيشولمور في ايسلندا من جهة أخرى ، أي هو الفارق في قيم الضغط الجوي بين معدل الضغط الجوي المنخفض شبه القطبي (الآيسلندي) ، ومعدل الضغط الجوي شبه المداري المرتفع (الازوري) (Polonskii et al 2004, p.٩٧).

عندما تكون قيمة مؤشر NAO مرتفعة (موجب) يعني ان كل من المنخفض الايسلندي والمرتفع الازوري قد تعمقا بشكل ملحوظ ومتزامن "اخفض وأعلى من المعتاد" على التوالي . التدرج الضغطي الكبير بين مركزي الضغطين يؤدي إلى هبوب رياح غربية سريعة بعيدا عبر شمال المحيط الأطلسي وشمال أوروبا متزامنة مع حركة محور التيار النفث القطبي إلى شمال موقعة ، تتسبب بسيادة شتاءات رطبة وباردة فوق شمال أوروبا . بالمقابل فإن توزيع الضغط هذا يؤدي إلى ضعف حركة الرطوبة من المحيط الأطلسي وانخفاض التساقط على الجزء الجنوبي من أوروبا وحوض البحر المتوسط. الحالة الجوية الشمولية تكون معاكسة تماما في حالة كون المؤشر سالبا مما يعني تدرج ضغطي أقل نتيجة لضعف المركزين الضغطين (الازوري والايسلندي) مما يعني رياح غربية فوق شمال أوروبا أبطأ من المعتاد ليتحرك محور التيار النفث مصحوب بنطاق الغربيات العليا جنوبا مما يخلق حالة مثالية لسيادة مدة رطوبة نسبية ومعتدلة من ناحية درجة الحرارة في جنوب أوروبا وحوض البحر المتوسط مع جفاف نسبي وبرودة تسود شمال أوروبا (Wanner et al 2001; Hurrell 1995; Hurrell and Deser ٢٠٠٩).

^٢ . سبب اختيار تحليل العلاقة ضمن هذا الجزء لأشهر الشتاء فقط هو ان اكبر قوة للتضاد بين المنخفض الأيسلندي والمرتفع الازوري تحدث خلال هذه الأشهر نتيجة للاختلافات الكبيرة في درجات الحرارة وما ينتج عنها من تدرج ضغطي كبير والذي يعد الأساس الذي من خلاله تؤثر NAO على أنماط المناخ في النصف الشمالي من الكرة الأرضية . لمزيد من التفاصيل راجع (الشجيري ، ٢٠١٩ ، ص ٤٤-٤٥ ، فضلا عن المصادر ضمنها) .

النتائج المتعلقة بموضوع هذا البحث والمبينة في الشكل ٧ تعزز ما جاء في الإيضاح أعلاه إذ يتبين وجود علاقة سلبية واضحة بين NAO ، ونتائج مؤشر المطر القياسي لمنطقة الدراسة ، مما يعني كلما ازدادت قيمة NAO قلت كمية الأمطار الساقطة وازدادت حدة الجفاف ، والعكس صحيح أي أن الرطوبة وزيادة الأمطار فوق منطقة الدراسة تترافق مع المؤشر السالب لـ NAO . إذ يتبين أن ٥ من أصل ٦ محطات مختارة في هذا الجزء كانت العلاقة فيها سلبية ومحطة بغداد فقط هي من سجلت علاقة إيجابية بين المتغيرين تحت التحليل. هنا لا نستطيع أن نحدد سبب قطعي واضح للعلاقة المختلفة لمحطة بغداد وربما يتعلق السبب بعوامل محلية تساهم في تغير النمط السائد للعلاقة، لاسيما أن مدينة بغداد هي العاصمة ومركز النشاط الاقتصادي والسكاني الرئيس في العراق.

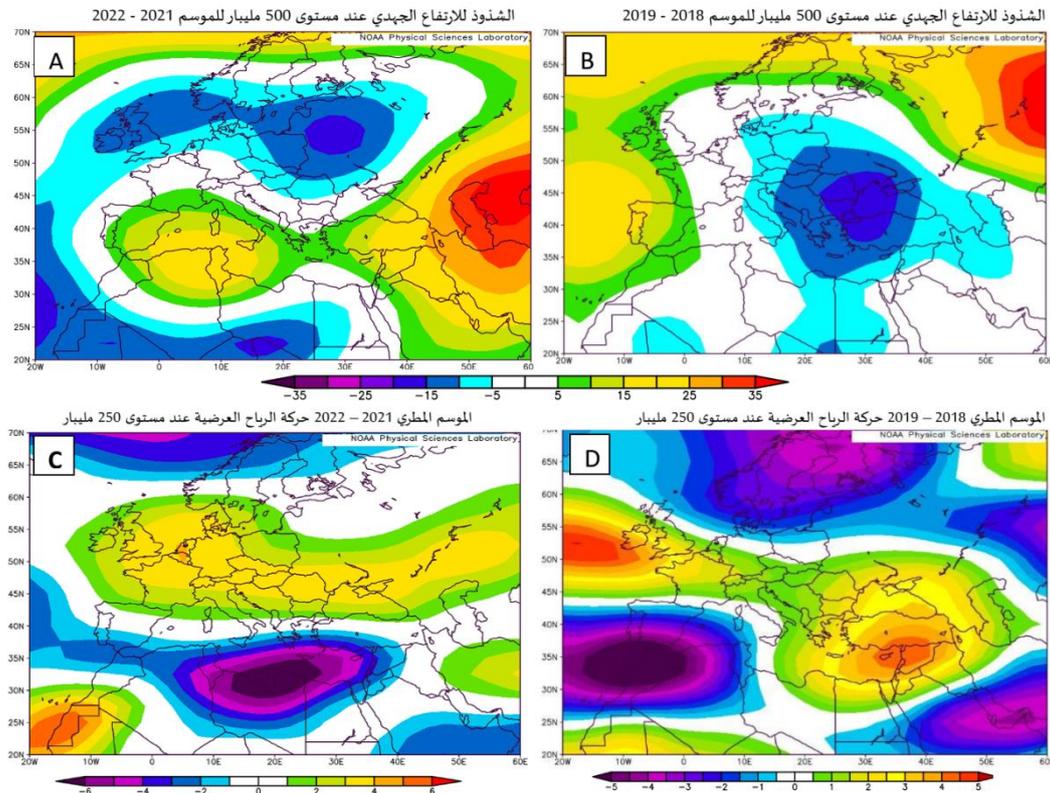


شكل ٧ : علاقة الارتباط بين مؤشر NAO ونتائج SPI العراق خلال اشهر الشتاء ولمحطات مختارة

نقطة رئيسة تتبين كذلك من الشكل ٧ هو انخفاض قيمة معامل الارتباط r ونسبة التفسير R^2 ايضا . الانخفاض هنا في قيم العلاقة لا يتعلق بضعف العلاقة بالاصل بقدر ما يرتبط بتذبذب الأمطار في العراق وانخفاض مقدارها خصوصا مع وقوع العراق عند الحافة الجنوبية لمسار المنخفضات الجبهوية مما جعله تحت تغطية أطرافها وليس دائما مراكز تلك المنخفضات هي التي تغطي العراق ، فضلا عن بعد المسافة بين مصدر رطوبة تلك المنخفضات (مياه شرق البحر المتوسط) والعراق مما جعلها تصل إليه ، وقد فقدت

معظم رطوبتها . العديد من الدراسات أيدت ما ذهبنا إليه في هذا التفسير إذ أشرت العلاقة السلبية بين أمطار العراق ومؤشر NAO وبيّنت أيضا انخفاض قيمة الارتباط من هذه الدراسات على سبيل المثال (Cullen et al, 2002; and Muslih) (٢٠١٤).

فيما يتعلق بالموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ موضوع البحث كان مؤشر NAO موجب وسجل قيمة مقدارها (١.٧) نتج عنه ما يوضحه الشكل A.٧ الذي يمثل شذوذ الارتفاع الجهدي للمستوى ٥٠٠ مليبار لاشهر (كانون الأول وكانون الثاني وشباط وآذار) اعتمادا على المدة (١٩٩١-٢٠٢٠) كمدة أساس يوضح تكتل ضغطي ناتج عن امتداد المرتفع شبه المداري يغطي حوض البحر المتوسط ويمتد الى الشرق الاوسط مع أكبر شذوذ موجب فوق ايران وأواسط آسيا . المنخفض الايسلندي هو الآخر شهد انخفاضا عن معدله العام ليكون مركز الانخفاض فوق شمال وشمال غرب اوروبا . الوضعية الشمولية هذه أجبرت الغربيات العليا على البقاء في شمال مواقعها الشتوية عند شمال أوروبا ، ويتضح ذلك من خلال ملاحظة معدل موقع التيار النفاث خلال نفس العام عند مستوى ٢٥٠ مليبار (شكل C.٨) ، إذ استمر بالتموضع فوق شمال وأواسط أوروبا وامتداده الى شمال بحر قزوين بعيدا عن جنوب أوروبا والقسم الشرقي من حوض البحر المتوسط .



شكل ٨ : معدل الحالة الجوية الشمولية لأشهر الشتاء وللموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ مقارنة بالحالة لنفس الأشهر وللموسم المطري ٢٠١٨ - ٢٠١٩.

من أجل المقارنة والفهم بصورة أفضل حاولنا كما بينا مسبقا أن نحلل الحالة الشمولية لموسم رطب فوق الاختيار على الموسم ٢٠١٨-٢٠١٩ . عند تفحص قيمة مؤشر NAO يتضح أن القيمة أيضا موجبة لكنها أقرب إلى الحالة النموذجية إذ كانت قيمة مؤشر NAO منخفضة وهي (٠.٢) بمعنى أن المنخفض الأيسلندي والمرتفع الأزوري عنده أو قريبين من معدلاتهما الطبيعية مما نتج عنه حالة شمولية يوضحها الشكل ٨. B and D. إيتبين أن مركز المرتفع الأزوري قد تراجع جنوبا عن موقعه في الموسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ عند فوق المحيط الأطلسي شبه المداري في حين أن مركز الضغط المنخفض (بشذوذ ضغطي يزيد عن -١٥ هكتوباسكال) كان قد تمركز فوق حوض البحر المتوسط وجنوب أوروبا . معنى ذلك أن المنظومتين (الأيسلندي والأزوري) ليستا في حالة نشاط مما أحدث حالة تباطؤ في الغربيات العليا وبالتالي فسح المجال لتوغل المؤثرات شبه القطبية باتجاه الجنوب مصحوبة بحركة الجبهة شبه القطبية حيث المنخفضات الجبهوية المرافقة لها ، معززا بحركة التيار النفث شبه القطبي والذي تموضع كمعدل تام فوق منطقة الدراسة خلال هذا الموسم (شكل ٨. D) . التشكيلة الشمولية هذه كانت ملائمة بشكل كبير لزيادة في تكرار وحدة المنخفضات الجبهوية التي وصلت إلى منطقة الدراسة والتي ساهمت في زيادة كمية الأمطار ليكون هذا الموسم رطب جدا على جميع أجزاء العراق .

٤. الاستنتاجات :

في هذا البحث تم تحليل خصائص جفاف الموسم المطري ٢٠٢١-٢٠٢٢ في العراق من الناحية المناخية وفقا لسياق الأمطار التاريخي طيلة مدة التسجيل المناخي وتحديد شدته ومدته وفقا لنتائج تطبيق مؤشر المطر القياسي SPI ، وكذلك من الناحية الشمولية ومفهوم الترابط عن بعد Teleconnection وتحديدًا مع ذبذبة شمال الاطلسي NAO . توصل البحث الى عدد من الاستنتاجات المهمة والواضحة سنسطر أبرزها هنا :

وجد أن صفة الجفاف هي الصفة الأكثر بروزا في مناخ العراق طيلة مدة التسجيل المناخي ، إذ شكلت السنوات الجافة في أفضل حالتها نسبة تزيد عن ٥٠.٥% من المجموع الكلي لعدد السنوات في محطة السليمانية لترتفع تلك النسبة وتزيد عن ٦٢.٢% في محطة بغداد. وعلى الرغم من ذلك كان الموسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ من الموسم شديدة الجفاف التي مرت على العراق خلال مدة التسجيل المناخي ، فقد كان الأشد جفافا في محطتي الرطوبة والديوانية وثاني أكثر المواسم جفافا في معظم المحطات الأخرى .

ظهر تكرار كبير لما يعرف بفواصل الجفاف المستدام في جميع المحطات ، إذ ازداد عددها في وسط وجنوب العراق (عدا محطة الديوانية) وانخفض في شمال العراق ، وكانت

الأكثر شدة منها حدثت في القرن الحالي وأطولها تلك التي حدثت في محطة بغداد واستمرت ١٤ موسم متواصل (١٩٩٨ ولغاية ٢٠١٢).

أظهر تحليل التذبذبات قصيرة المدى لنتائج SPI حول المعدل بأن طبيعة تذبذب الجفاف لم يكن موحد زمانياً ومكانياً ، فبعض العقود الزمنية شهدت سيادة جفاف واسع كما هو الحال على سبيل المثال من منتصف الخمسينات حتى سبعينيات القرن الماضي وبعضها الآخر كانت رطبة كما هو الوضع في ثلاثينيات وأربعينيات القرن الماضي "مع بعض الشذوذات لبعض المحطات" ، في حين شهدت المدة من الثمانينات حتى نهاية القرن الماضي حالة من الاستقرار النسبي . وبصورة عامة كان هناك اتجاه عام نحو الجفاف منذ بداية القرن الحالي بشكل يتوافق مع اتجاهات الاحترار المناخي الذي يشهده العالم . اتجاه الجفاف هذا تؤيده نتائج تطبيق اختبار M.K ومعامل انحدار سين (Sen Slope) ، إذ وجد اتجاه عام نحو الجفاف في جميع المحطات المنتخبة في هذه البحث يزداد شدة في وسط وغرب وشمال غرب العراق وينخفض في شمال شرق العراق .

أظهر تحليل نمط الغلاف الجوي العلوي المرافق لجفاف الموسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ وجود انبعاث شديد الثبات ذو اتجاه محور جنوبي غربي - شمالي شرقي يعمل على استدامة الدفع المداري نحو منطقة حوض البحر المتوسط وإقليم الشرق الأوسط ، هذا الضخ الهائل للكتل المدارية كان نتاج لعاملين: الأول هو نتاج الاحترار العالمي وتضخم خلية هادلي على حساب الخلية القطبية مما ساهم في حركة مسارات المنخفضات الجبهوية شمال مواقعها السابقة، وبالتالي زيادة تكرار للمؤثرات المدارية على حساب مؤثرات العروض الباردة. أما الثاني وهو من نتائج الأول ظهور مؤشر عالي لذبذبة NAO حيث عمل على خلق تدرج ضغطي قوي بين المرتفع شبه المداري والمنخفض الأيسلندي ، مصحوب بتركز حاجز ضغطي علوي كبير فوق كل حوض البحر المتوسط مما دفع التيار النفاث ليمتد فوق شمال وسط أوروبا يرافقه حركة شمالية لخط الجبهة شبه القطبية الأمر الذي ساهم في قلة أمطار هذا الموسم فوق كل الشرق الأوسط .

قائمة المصادر والمراجع :

١. البديري ، أحمد لفته حمد ، ٢٠٢٠ ، التباين الزماني والمكاني لاتجاهات وتكرارات الجفاف في منطقة الفرات الأوسط ، مجلة العميد، المجلد ١٠، العدد ٤٠ ، ص ٢٧٦-٣١٧.
٢. الدزوي ، سالار علي خضر ، الجفاف المناخي في العراق الماضي والحاضر، ٢٠٢١ ، دار الآداب للطباعة والنشر، بغداد.
٣. الشجيري ، عمر ، ٢٠١٩ ، أثر الذبذبات الضغظية في تغير أنماط الجو العليا وعلاقتها بالجفاف المناخي في العراق (دراسة في علم المناخ الشمولي والارتباط عن بعد) ، أطروحة دكتوراه "غير منشورة" ، قسم الجغرافية، كلية التربية- ابن رشد، جامعة بغداد.
٤. هيئة الأنواء الجوية والرصد الزلزالي في إقليم كردستان ، (بيانات غير منشورة) .
٥. وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة).

6. Ahmad HQ, Kamaruddin SA, Harun SB, Al-Ansari N, Shahid S and Jasim R M, 2021, Assessment of Spatiotemporal Variability of Meteorological Droughts in Northern Iraq Using Satellite Rainfall Data. *KSCE J Civ Eng* 25, 4481–4493 (2021).
7. Al-Kaisi M M, Elmore R W, Guzman J G, Hanna H M, Hart C E, Helmers M J, Hodgson E W, Lenssen A W, Mallarino A P, Robertson A E, and Sawyer J E, 2013, Drought impact on crop production and the soil environment: 2012 experiences from Iowa, *J Soil Water Conserv*, 68(1): A–24A19).
8. Alsubih M, Mallick J, Talukdar S, Salam R, AlQadhi S, Fattah M, and Thanh N V, 2021, An investigation of the short-term meteorological drought variability over Asir Region of Saudi Arabia. *Theor. Appl. Climatol.*, 145, 597–617.
9. Al-Timimi, Y K, and 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.
10. Ansari Amoli A, Aghighi H, and Lopez-Baeza E, 2022, Drought Risk Evaluation in Iran by Using Geospatial Technologies. *Remote Sens*, 14, 3096.
11. Awchi T A, and Kalyana M M, 2017, Meteorological drought analysis in northern Iraq using SPI and GIS. *Sustainable Water Resources Management*, 3(4), 451–463.
12. Barlow M, Zaitchik B, Paz S, Black E, Evans J, and Hoell A, 2016, A Review of Drought in the Middle East and Southwest Asia, *Journal of Climate*, 29(23), 8547-8574
13. Cindrić K, Telišman Prtenjak M, Herceg-Bulić I et al, 2016, Analysis of the extraordinary 2011/2012 drought in Croatia. *Theor Appl Climatol* 123, 503–522 .
14. Cullen H, Kaplan A, Arkin P A, and Demenocal P, 2002, Impact of the north Atlantic oscillation on Middle eastern climate and stream flow, *Climatic Change* 55, P315–338.
15. Edossa D C, Babel M S, and Gupta A D, 2010, Drought analysis in the Awash river basin, Ethiopia, *Water Resources Management*, 24(7), 1441 –1460.
16. Ejaz N and Bahrawi J, 2022, Assessment of Drought Severity and Their Spatio-Temporal Variations in the Hyper Arid Regions of Kingdom of Saudi Arabia: A Case Study from Al-Lith and Khafji Watersheds, *Atmosphere*, 13, 1264.
17. Frierson D M W, Lu J, and Chen G, 2007, Width of the Hadley cell in simple and comprehensive general circulation models. *Geophys. Res. Lett*, 34, L18804.
18. Gilbert R O, 1987, *Statistical methods for environmental pollution monitoring*, Van Nostrand Reinhold, New York.
19. Hao Z, Singh VP, Xia Y. 2018, Seasonal drought prediction: advances, challenges, and future prospects. *Rev Geophys*. 56(1):108–141.
20. Hurrell J W and Deser C, 2009, North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation, *Journal of Marine Systems* 78, P28- 41.
21. Hurrell J W, 1995, Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation, *Science* 269, p. P 676-679.
22. IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield,

- O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
23. Jasim A I, and Awchi T A, 2020, Regional meteorological drought assessment in Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(7), 1–16.
 24. Kaniewski D, Van Campo E and Weiss H, 2012, Drought is a recurring challenge in the Middle East, *P. Natl. Acad. Sci. USA* 109, 3862–3867
 25. Kelley CP, Mohtadi S, Cane MA, Seager R, Kushnir Y, 2015, Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 17;112(11), pp. 3241-6.
 26. McKee TB, Doesken NJ, and Kleist J ,1993, The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology*, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 179–184.
 27. Mohammad A H, Jung H C, Odeh T, Bhuiyan C, and Hussein H, 2018, Understanding the impact of droughts in the Yarmouk Basin, Jordan: monitoring droughts through meteorological and hydrological drought indices. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(5), 103.
 28. Muslih K D, 2014. Identifying the Climatic Conditions in Iraq by Tracking Down Cooling Events in the North Atlantic Ocean in the Period 3000- 0 BC. *Miscellanea Geographica* 18, 40-46.
 29. Nagarajan R, 2009, Drought Indices. In *Drought Assessment*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 160–204.
 30. National Intelligence Council (U.S.), 2021, Climate change and international responses increasing challenges to US national security through 2040.
 31. Norwegian Refugee Council, 2021, Iraq's drought crisis and the damaging effects on communities.
 32. Omar M A Mahmood Agha, Yousif H, and Al-Aqeeli, 2021, Analysis of the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index over Iraq and its relationship with the Arctic Oscillation Index, *Hydrological Sciences Journal*, 10.1080/02626667.2020.1854765, 66, 2, (278-288).
 33. Önöz B, and Bayazit M, 2003, The power of statistical tests for trend detection, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, Vol. 27, pp. 247-251.
 34. Polonskii AB, Basharin DV, Voskresenskaya EN, and Worley S, 2004, North Atlantic Oscillation: description, mechanisms, and influence on the Eurasian climate. *Physical Oceanography* 15(2): 96–113.
 35. Saadia Hina, Farhan Saleem, Arfan Arshad, Alina Hina and Irfan Ullah, 2021, Droughts over Pakistan: possible cycles, precursors and associated mechanisms, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12:1, 1638-1668.
 36. Swain D L, Tsiang M, Haugen M, Singh D, Charland A, Rajaratnam B, and Diffenbaugh N , 2014, The extraordinary California drought of 2013/2014: Character, context, and the role of climate change, *B. Am. Meteorol. Soc*, 95, S3–S7.
 37. Tabari H , and Willems P, 2018, More prolonged droughts by the end of the century in the Middle East. *Environmental Research Letters*, 13(10):104005
 38. Wanner H, Bronnimann S, Casty C, Gyalistras D, Luterbacher J, Schmutz C, Stephenson D B and Xoplaki E, 2001, North Atlantic Oscillation- concepts and studies, *Surveys in Geophysics* 22, P321–382.
 39. WMO 2012 Standardized Precipitation Index User Guide (Svoboda M, Hayes M, Wood D). WMO-No. 1090, Geneva.
 40. Xian T, Xia J, Wei W, Zhang Z, Wang R, Wang L, Ma Y, 2021, Is Hadley Cell Expanding? *Atmosphere*. 12, 1699.