

تحليل اتجاه الجفاف المُناخي الفصلي

في العراق

خلال المدة (١٩٥٢-٢٠١٧)

أ.د. عمر حمدان عبدالله الشُّجيري

الباحث/ يوسف محمد علي الهذال

قسم الجغرافية

كلية التربية ابن رشد للعلوم الإنسانية - جامعة بغداد

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تقييم اتجاهات التغير الفصلي في الجفاف المناخي في العراق وتبايناتها المكانية خلال المدة (١٩٥٢-٢٠١٧)، واعتمد البحث على توظيف بيانات الرصد الجوي لقيم الأمطار الشهرية من عدد خمس عشرة محطة رصد جوي موزعة على مجمل الرقعة الجغرافية للعراق، وقد تم تقييم الجفاف كمياً باستخدام دليل التساقط القياسي S.P.I ودليل النسبة الطبيعية P.N.I، كما اختيرت المدد لمقارنة التغيرات بمتبع فصلي (خريف، شتاء، ربيع)، واستخدمت السلاسل الزمنية بطريقتي الفعلية والمتوسطات المتحركة، وما تعرضت كمياً لاختبار الاتجاه في مان كندال M-K اللاباراماتري لتحديد معنوية اتجاهات التغير في الجفاف المناخي الفصلي.

وقد أظهرت نتائج البحث تغيراً نظام موسمية التساقط ضمن الاتجاهات الفصلية والمنعكس في أعوام الرطوبة أو سنوات الحفاف؛ إذ أشار فصلا الشتاء والربيع واللذان يشكلان نسبة (٥٠، ٣٣%) من الموسم المطير اتجاهاً نحو تزايد سنوات الجفاف بحالة من التحول من الأعوام الرطبة إلى تسجيل أعلى حالات الجفاف للعقدين الأخيرين، أكدت ذلك الاتجاه نتائج اختبار مان كاندل M-K؛ إذ إنها تحضي بمعنوية إحصائية ولاسيما في المحطات الأكثر جفافاً، وفي مقابل ذلك وجد تزايد في الأعوام الرطبة خلال فصل الخريف البالغ نسبته (١٧%) من الموسم، إلا إن هذه الزيادة غير معنوية في كل المحطات، بمعنى لا تتبع اتجاهاً معنوياً لزيادة فعلية.

ومما يسترعي الانتباه في البحث أن الفصول الأعلى مساهمة في الموسم المطير، والمحطات الأعلى معدلات مطرية هما الأكثر عرضة للجفاف المناخي خلال العقدين الأخيرين، وتؤكد هذه النتائج على أهمية التقييم المكاني والزمني التفصيلي لاتجاهات التغير الفصلي في الجفاف المناخي في العراق، ومن ثم ضرورة مراعاة هذه الاختلافات المكانية إيلائها اهتماماً كافياً عند التخطيط لمكافحة الآثار السلبية للجفاف والحد منها ضمن طرق التكيف وتنمية الموارد المائية، والزراعة.

Abstract:

This research assesses long-term seasonal changes in climate drought over Iraq during the period 1952-2017. This research employs monthly precipitation data from 15 meteorological stations spanning the main climatic regions across Iraq. Drought was quantified using the Standardized Precipitation Index (S.P.I) and the Percent Normal Index (P.N.I). Extents to compare changes by seasonal tracking (fall, winter, spring). The time series were used in both the actual and the moving averages, and the quantitative trend test used the non-parametric Mann-Kendall (M-K) statistic to assess change in the SPI time series and their statistical significance.

The results of the study showed a change in the seasonal rainfall system in the seasonal and reflective trends in the years of humidity and years of drought. The winter and spring seasons indicated that 50-33% of the rainy season indicated a trend towards increasing drought years in a period of transition from wet years to recording the highest droughts. The results of the Men Kendell test showed that they were morally significant for the drier stations. In contrast, wet seasons were found during the autumn season (17%) of the season, but this increase in humidity is not significant in all stations, do not follow a trend Intuitive increase.

Spatially, stations that record the highest rainfall totals experiences stronger increase in drought conditions and vice versa. Overall, results with this study stress the importance of a detailed spatial and temporal assessment of hydrological drought in Iraq. The strong temporal and spatial variability of drought over Iraq should be taken into consideration in drought mitigation and management plans. through ways of adaptation for water resources development, and agriculture.

Key Words: *Standardized Precipitation Index (S.P.I), Men Kendell (M-K), Percent Normal Index (PNI), Moving Average Seven (M.A._{7y}), Statistical Significance (Sig).*

١. المُقدِّمة *Introduction* :

يُشكل بحثُ الجفاف المُناخي واحدًا من أهم الموضوعات التي أثارت اهتمام العديد من الباحثين، والهيئات والمؤسسات المحلية والإقليمية والدولية؛ نظرًا لأهمية هذا النوع من البحوث في تتبع خصائص الجفاف من حيث الاستمرارية والشدة، فضلًا عن سلوكيات الخصائص المكانية والزمانية.

إذ في ظل التغيرات المُناخية الحديثة، تعرض العراق لعددٍ من موجات الجفاف خلال العقود الأخيرة، وأصبحت مشكلة الجفاف وبحث أسبابها تتصدر اهتمام الباحثين، وليصبح ضمن تداعيات صُراع المشكلات المُناخية البارزة لاسيما للوقت الراهن كتحديٍّ وخطر حقيقي في بوابة مستقبل الأمن المائي والزراعي العراقي. فوَّقع منطقة البحث بمُناخها تحت تأثيرات قارية وبحرية متعددة، جعله مُناخ مُعقد، شديد الحساسية للتغيرات في متوسط حالة المُناخ على المدى الطويل^{(١)(٢)}. بمعنى أن المنطقة تمثل حدودًا مُناخية Climatic Border، انتقالية تعاني أساسًا من نقص حاد في المياه، وبحسب ما نظرت إليها معظم سيناريوهات الاحترار العالمي Global Warming Scenarios أنها من المتوقع أن تجف^(٣). ومما سبق يمكن أن نتحدد **المشكلة البحثية** بالتساؤل التالي: هل هناك اتجاه نحو التغير يحدث للجفاف المُناخي الفصلي؟ وهل سينعكس ذلك الاتجاه إيجابًا أو سلبيًا. وبناءً على ذلك نتحدد **أهداف البحث** بتتبع الاتجاهات الفصلية للجفاف المُناخي بأدلة الجفاف واستخدام أساليب قياس الاتجاه، وتحديد اتجاهات تغير الخصائص المكانية والزمانية عبر المدد التاريخية لسلاسلها وتتابع فصول الموسم المطير. وحينها تكمن **أهمية البحث** في المجالين العلمي والعملي، ففي العلمي إذ يضع البحث أهميته في لمسات بيانية لكشف اتجاهات الجفاف كمشكلة معاصرة، أما العملي فيظهر كونه من البحوث التي تعالج القضايا المُناخية المعاصرة، التي تولي سرعة الاهتمام نظرًا لما تضر في جغرافية الأمن المائي والحضري والتنموي والبيئي والزراعي والاقتصادي، فالأمطار واحدة من

ركائز النظام البيئي، وقد شهد عقد الألفية الأخير جفافاً قاسى بلاد النهرين عصاره ظروفه، وحلت شحة المياه وتكدت أزماته. وهي نفسها ميررات اختيار موضوع البحث الذي يُعد مكملاً لنظيراته من الدراسات السابقة، فجميع الدراسات بحثت اتجاهات الأمطار أو الجفاف منها: دراسة: (البديري)^(٤)، (الحسيني)^(٥)، (الشجيري)^(٦)، (الخاقاني)^(٧)، (القره لوسي)^(٨)، (الهدال والشجيري)^(٩) لم تعي بحث الجفاف المناخي في الاتجاهات الفصلية البتة في كل الدراسات العراقية، ولم تكن للعراق ككل وهي أهم ما في نقاط الضعف بالنسبة للدراسات السابقة.

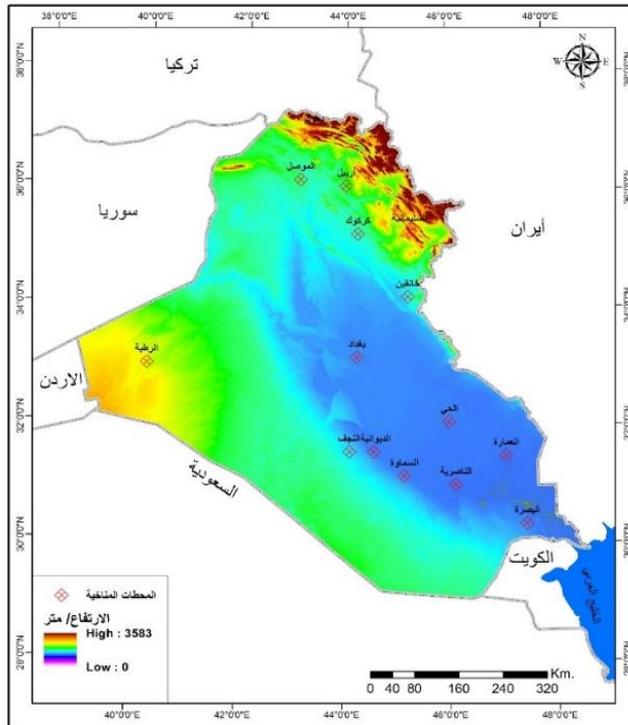
٢. مصادر البيانات وطرق معالجتها بحثياً **Data and Methods**:

١.٢: **البيانات Data**: تمثل بيانات البحث على البيانات الشهرية للأمطار المتحصل عليها من الهيئة العامة للأتواء الجوية العراقية، للمدة (١٩٥٢-٢٠١٧)، ليتم اختيار عددٍ من المحطات المناخية التي تتبوأ موقعاً يراعي التوزيع المكاني لخصائص الأمطار خريطة (١)، وقد استعان الباحث بخمس عشرة محطة مناخية جدول (١)، تقع أقصاها ارتفاعاً محطة السليمانية، وتقع عند (٨٤٣ م) شمال شرق العراق، وأدناها محطة البصرة (٢ م) جنوبي العراق، وفي البدء، تم معالجة بيانات الأمطار المفقودة بطريقة المسافة الموزونة والارتباط المكاني ثم قياس تجانس البيانات وتوزيعها الطبيعي، وعقبها إدخالها إلى أدلة الجفاف المناخي ومنها تم تجزئتها إلى ثلاث مدد مناخية مثلت الى جانب مدة الاتجاه العام، منها المدة الأولى (١٩٥٢-١٩٧٣) والثانية (١٩٧٤-١٩٩٥) والثالثة (١٩٩٦-٢٠١٧).

جدول (١) الموقع المكاني لمحطات * منطقة البحث

المحطة المناخية*	Zone. Code In WMO	خط الطول E'	دائرة العرض N'	الارتفاع متر	نسبة المفقود %	مُدّة التسجيل
سليمانية	40_611	45.27	35.32	843	3	2017-1952
دهوك	40_606	43.00	36.57	569	11	2017-1952
اربيل	40_616	44.00	36.15	420	12	2017-1952
كركوك	40_621	44.35	35.47	331	5.5	2017-1952
موصل	40_608	43.15	36.31	223	3	2017-1952
الربطبة	40_642	40.28	33.03	630	7.4	2017-1952
خانقين	40_637	45.38	34.35	175	8.3	2017-1952
النجف	40_670	44.32	31.95	53	1.7	2017-1952
بغداد	40_650	44.40	33.30	32	3.4	2017-1952
الديوانية	40_672	44.95	31.95	20	1.1	2017-1952
الحي	40_665	46.03	32.13	17	0.9	2017-1952
السماوة	40_674	45.27	31.27	11	14	2017-1952
العمارة	40_680	47.17	31.83	9	14.6	2017-1952
الناصرية	40_676	46.23	31.02	5	1.7	2017-1952
البصرة	40_689	47.78	30.52	2	3.9	2017-1952

خريطة (١) موقع وارتفاع محطات البحث



٢.٢: الطرق Methods:

١.٢.٢ احتساب الجفاف Drought Calculation:

يُعد الجفاف المُناخيّ ظاهرةً جغرافيةً المكان، زمانيةً الحدوث، وهو بوجه عام، انعدام تساقط الإطمار، أو نقصها نقصاً ملحوظاً لفترة زمنية طويلة^(١٠). وهو ظاهرة مؤقتة يُرهن حدوثها عندما تسقط أمطار أقل من المعدل^(١١). تكشفُ هذه الفقرة بحثِ خصائص أدلة الجفاف المُناخي وعملها، إذ تم توظيف اثنان من الأدلة لكشف تغيرات الجفاف، وهما:

١.١.٢.٢ دليل التساقط القياسي (SPI) Standardized Precipitation Index:

وهو دليل طوره McKee سنة (١٩٩٣)^(١٢). في المركز المناخي في كولورادو، من أجل تحديد ومتابعة حالات الرطوبة والجفاف^(١٣). ويعد S.P.I. من بين أكثر الأدلة شيوعاً لرصد الجفاف^(١٤). تشير القيم الموجبة لـ S.P.I. إلى تساقط الأمطار بقيم تزيد عن المعدل، في حين تشير القيم السالبة إلى تساقط أقل من المعدل، بمعنى آخر أن الجفاف يتضح عندما تكون قيم (S.P.I) سالبة، وينتهي عندما يصبح موجباً^(١٥).

وهو دليلٌ نسبيٌ يتعامل مع كل محطة وفقاً لمعدل الأمطار العام فيها. لهذا يحتاج S.P.I. إلى بيانات الأمطار الشهرية المستمرة لمدة من ٣٠ سنة، فأكثر، وكلما زادت المدة كان أفضل^(١٦). ويعتمد استخلاص النتائج وتحديد الشدة باستخدام فئات تصنيف جدول (٢) الذي وضعه (McKee et al.)، وهي نفسها فئات رصد الجفاف المستخدمة في الولايات المتحدة^(١٧).

وفي ورشة عمل أجرتها منظمة الأرصاد الجوية العالمية WMO تلخصت أهدافها ب: استعراض أدلة الجفاف المستخدمة في جميع أنحاء العالم لتحديد الجفاف، ووضع مؤشر موحد بإجماع الآراء لأنواع الجفاف، وقد أظهرت نتائج ورشة الأرصاد الجوية أن أسلوب SPI يحتل المرتبة الأولى، وكأفضل دليل ضمن معايير ورشة

العمل، وأوصت WMO، باستخدام SPI كدليل لتتبع الجفاف في مجال الأرصاد الجوية في جميع أنحاء العالم وجعله متاحاً^(١٨)(١٩)^(٢٠). وبناءً على ما يوفره دليل S.P.I إحصائياً في منح بيانات الأمطار الفعلية توزيعها الطبيعي ولتحقيق توافق طبيعتها المعيارية التاريخية مع بيانات الذبذبات، واعتماداً على توصيات W.M.O؛ سيتم اعتماد S.P.I دليلاً لبحث ورصد الجفاف في العراق*. ما عدا بعض الفقرات، سيتم توثيق دليل النسبة الطبيعية لترجيح فكرة أو إثباتها.

جدول (٢) تصنيف فئات دليل التساقط القياسي (SPI)^(٢١)

Drought Category	قيم SPI	فئات الجفاف
Extreme Wet	≥ 2	شديد الرطوبة جداً
Severe Wet	1.5 to 1.99	شديد الرطوبة
Moderate Wet	1 to 1.49	متوسط الرطوبة
Mild Wet	0 to 0.99	معتدل الرطوبة
Mild Drought	-0.99 to 0	معتدل الجفاف
Moderate Drought	-1.49 to -1	متوسط الجفاف
Severe Drought	-1.99 to -1.5	شديد الجفاف
Extreme Drought	≤ -2	شديد الجفاف جداً

٢.١.٢.٢: مؤشر النسبة الطبيعية (P.N.I) Percent Normal Index

هو دليل يبني لتوصيف خصائص شدة الجفاف، وهو دليل يمتاز بسهولة حسابه وفهمه^(٢٢)؛ إذ ينظر إليه كنسبة مئوية في مواقع مختلفة ولمدد متعددة، وعادةً ما يتم تعيينه في متوسط طويل المدى^(٢٣). ويتم احتسابه بتقسيم معدل المطر السنوي الفعلي على المعدل طويل المدى، ويمكن حسابه لمجموعة متنوعة من جداول الوقت؛ إذ يعبر عن مجموع الأمطار بالمئة^(٢٤). كما في المعادلة الآتية^(٢٥):

$$P.N.I = \frac{P_i}{P} \times 100$$

وهو أكثر المقاييس المباشرة استخدامًا لتحديد انحراف تساقط الأمطار عن معدلاتها في المدى الطويل^(٢٦). وهنا سنتعامل مع P.N.I في فرضية التزايد والتناقص عن معدل المئة باستخدام الانحراف المتوسط (M.D) وحسب تغيرات السنوات والمدد، وقد ارتأيت إلى تحويل الأمطار إلى توزيعات مئوية ليسهل فهمها في حال عجز S.P.I عن تحديد نسبة الزيادة أو التناقص عن المعدل.

٢.٢.٢: اختبار الاتجاه مان كاندل Mann-Kendall Test M-K:

وهو من الأساليب التي توفر اختبار الاتجاه، وآداه قيمة لفحص وجود الاتجاهات في البيانات أقرتها IPCC*. واقترحت أيضًا المنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO لتحديد الاتجاهات ذات الدلالة الإحصائية في السلاسل الزمنية للبيانات المناخية والهيدرولوجية^(٢٧)، إذ يستخدم أسلوب MK في تحليل الاتجاه والحصول على الاتجاهات المكتشفة بقيم الميل Sen's Slope وأهميته الإحصائية عند مستويات مختلفة^(٢٨).

٣.٢.٢: التحليل الخطي للاتجاهات Linear Analysis for Trends:

هنا استخدمت السلاسل الزمنية بطريقتي التمهيد الفعلية والمتوسطات المتحركة؛ فالأولى: هدفت إلى تحديد الاتجاه الفعلي، والثانية: المتوسطات المتحركة Moving Average في تحليل السلاسل الزمنية؛ للتخفيف من التقلبات قصيرة المدى Smooth out Short-term، والمتوسط المتحرك هو الخط الذي يرسم جميع المتوسطات وكلما طالت المدة* المستخدمة لرسم المتوسط المتحرك كانت السلسلة أكثر سلاسة^(٢٩).

٣. مناخ العراق وضوابط الجغرافية المكانية وعلاقتها برسم توزيع الأمطار.

لا يسعى هذا البحث إلى الكشف عن الخصائص العامة لجفاف مناخ العراق، فالجفاف صفة عرفها مناخ العراق، ارتسمت ملامحه، كما لا يسعى إلى تطبيق أدلة

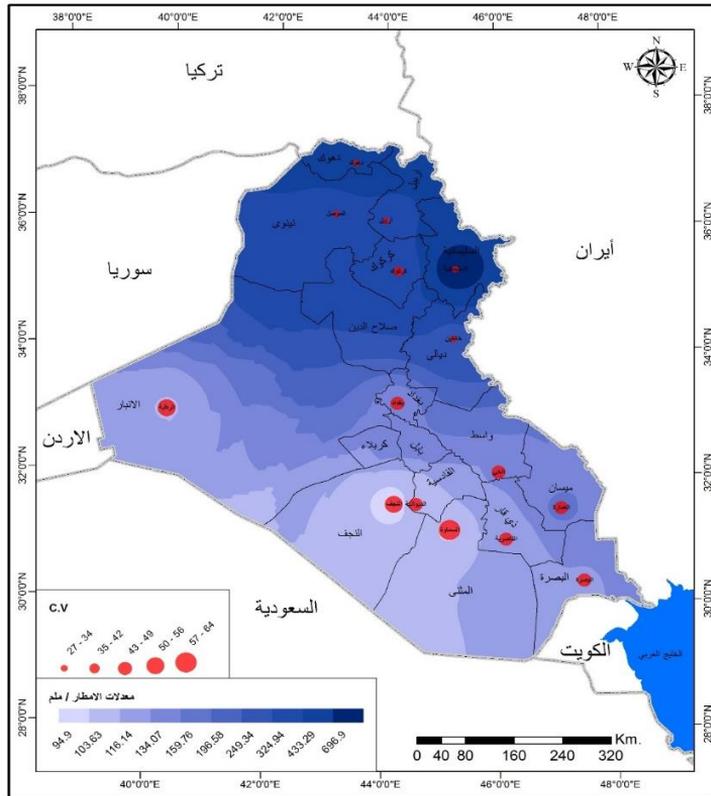
الجفاف لأجل معرفة هل أن المحطات المناخية ضمن النطاق المناخي الرطب أو الجاف، فهذه نتيجة تم تحقيقها بحثياً مسبقاً في عددٍ من الدراسات، وضعت آراءها بنظراتٍ عامة. إن استدراكنا لموقع أغلب المحطات المناخية للعراق ضمن ما فرضته الظروف الطبيعية وتحديدًا الخصائص الشمولية منها، وتحت الذراع الهابط لخلية هادلي المناخية، مما اضفى صفة الجفاف عليها. ولتحدها التصنيف المناخي وحسب تصنيف أقاليم كوين Köppen's Regions نطاقاً ضمن مناخ البحر المتوسط (Csa) لشمالى العراق ومناخ الأستبس (Bsh) إلى الجنوب منه وامتدادا بشرىط شرقى العراق، ويستحوذ المناخ الصحراوى (Bwh) على وسط وجنوبى العراق^(٣٠).

وقبل البدء فى بحث الجفاف المناخى، الذى هو مرآة عاكسة للأمطار ولطالما اشتق منها؛ فلا بد من بحث أمطار العراق واطهار دور الضوابط المناخية الثابتة وتحديد لها لخصائص كمياتها المكانية؛ إذ تبين خريطة (٥) تغاير كميات الأمطار التى تتحدد بهيئات مكانية، مثلتها معدلاتها العامة للمدة (١٩٥٢-٢٠١٧)؛ إذ يظهر توزيعها المكانى بنطاقات فنوية، والذى يهيمن عليه تقسيماتٌ ثلاثة: أحدها منطقة تقع أقصى شمال وشمال شرقى العراق، وتمثل أعلى فئات الأمطار وتحتل معدلاتها الأعلى، والأخرى تمثل نطاقاً يمتد من جنوب المنطقة الأولى وضمن شرقى العراق إلى الجنوب الشرقى، والثالثة وتشمل المنطقة الأقل مطراً، وتمتد من غرب وجنوب غرب، إلى وسط وجنوبى العراق.

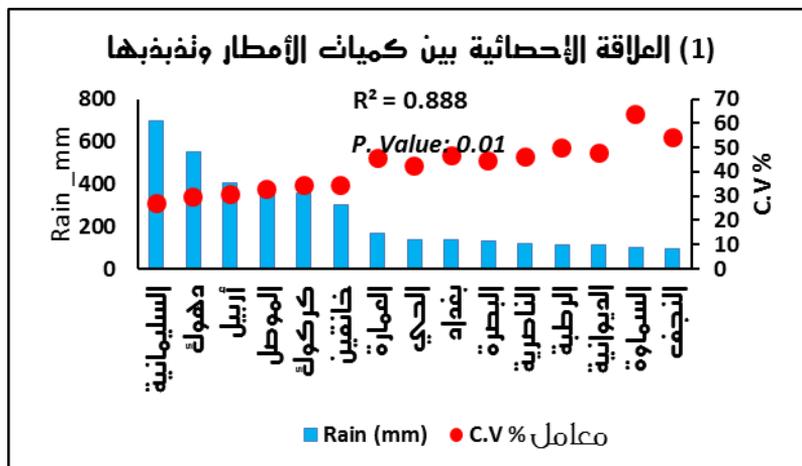
ويتضح من خريطة (٥) ذاتها تفسير الربط بين قيم معدلات الأمطار واشتقاق معامل تذبذبها $C.V$ ، إذ يظهر شكل (١) إحصائياً التناسب العكسى بين كميات الأمطار وتذبذبها، وقد مُثلت المحطات الأعلى أمطاراً هي أقلّ تذبذباً والعكس، لهذا فسر معامل التحديد R^2 العلاقة بين كميات الأمطار وقيم تذبذبها بواقع (٨٨%) من التباين المكانى لتذبذبات الأمطار. وتظهر الحاجة إلى فحص وتفسير هذا التباين

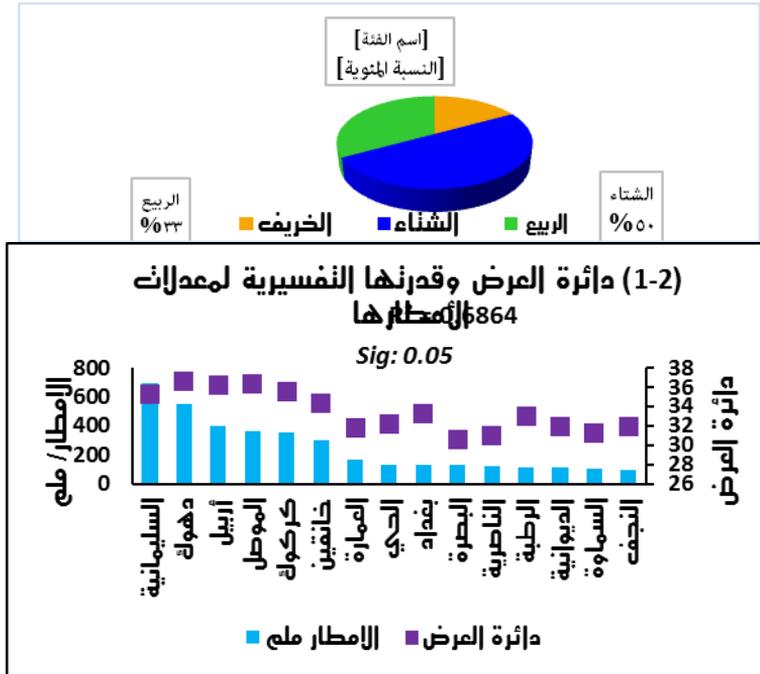
المكاني لكميات الأمطار مع جملة عوامل جغرافية ثابتة: إذ وضعت الضوابط الثابتة مساهمتها في اختلاف كميات الأمطار المكانية شكل (٢) لتفسر دائرة عرض المكان (٦٨%) والتأثيرات البحرية (٥٩%) والارتفاع (٣٧%)، وتلعب هذه العوامل دورها في تباين كميات الأمطار بعلاقة طردية، فتتزايد أمطار المنطقة الشمالية والشرقية بفعل ارتفاع السطح خريطة (١)، ويكمن دور الارتفاع في بطئ المنظومة وتبريدها للوصول إلى نقطة الندى D.P أو ما يسمى بعملية (التعزيز التضاريسي)، وقد وجدت الدراسات المتأنية أن دور التعزيز في المنخفضات الجبهوية يمكن أن يسقط أمطاراً أكثر بمرتين أو ثلاثٍ من التي تسقط على الساحل المستوي^(٣١). وليس من الثابت أن يكون ارتفاع المنطقة هي الأعلى تساقطاً، فتواجد محطات مرتفعة ولكن أقل أمطاراً لاسيما محطات غربي العراق مقارنةً بالشرقية، إذ تلعب الضوابط الشمولية Synoptic كمحور الأخدود واتجاه الذراع الصاعد وسياسة للمنظومة السطحية، ومواضع الجبهات ونضج المنخفض الجوي، وعليه تتوافق محطات شرقي العراق مع نضج المنظومة ولا تخرج في الغالب عن نمط الموجة للذراع الصاعد.

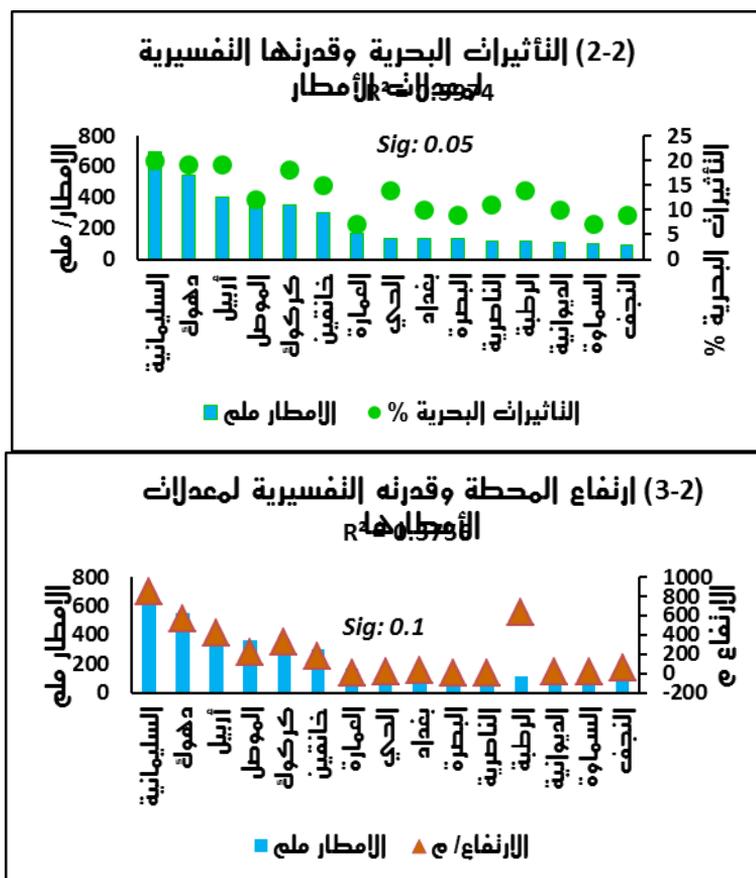
كما تخضع المنطقة الشمالية إلى تأثير دائرة عرض المكان ومالها من تحديد وقوع المنطقة لاستشعار دخول الاخاديد أولاً وانسحابها أخيراً، وقد فسّر تباين كميات الأمطار المكاني (٦٨%) شكل (٢-١)، مقارنةً باختبار تفسير خط الطول الذي أهمل رسم علاقته نظراً لنسبة تفسيره الأقل (%٠.٠٠٤)، وقربها من التأثيرات البحرية لمناخ البحر المتوسط ومنخفضاته والذي يجسد تفسير كميات الأمطار بطبيعة تساقط منتظمة أكثر من المنطقة الجنوبية التي تتأثر أكثر بالمنخفض السوداني الأعلى تذبذباً ومساهمةً في كل حالات التطرف، فالتوزيع بين السنوات والتفاوت بالكمية عاملاً مسرعاً لبروز مشكلة التذبذب، فضلاً عن خضوع المنطقة الجنوبية لمدد بقاء أعلى للكتلة الدافئة CT.



خريطة (٢) خصائص التوزيع المكاني لمعدلات الأمطار (مم) ومعامل تذبذبها (% C.V في العراق للمدة (٢٠١٧-١٩٥٢)







شكل (٢) نسب ومعدلات الأمطار الفصلية وعلاقتها بالضوابط المكانية الثابتة.

٤. النتائج Results:

١.٤ تحليل التغيرات طويلة المدى لاتجاهات الجفاف المناخي الفصلي*:

رصد تحليل التغير والاتجاه، في سلسلة سنوات الجفاف وأعوام الرطوبة الفصلية، التي اعتمدت على المحطات المناخية المنتخبة في النطاقات المكانية وبحسب نتائج دليل S.P.I، ومعامل اختبار الاتجاه M-K، الذي بين تقدير ميل

الاتجاه في طويلة المدى؛ إذ وفقاً لجدول (٣) فإن قيم معامل انحدار سين (*Sen's Slope*) لخط الاتجاه بينت وجود تغير للاتجاهات، في فصل الخريف بتزايد الرطوبة في SPI، في كل المحطات، بلغ أعلى تزايدها محطة السليمانية وخانقين بقيم M-K (0.008, 0.009)، وهذا التزايد ضئيل مقارنةً بما سجله فصل الشتاء من تناقص الرطوبة وتزايد سنوات الجفاف لغالب المحطات المنتخبة، وهي الأعلى لمحطة خانقين وبغداد بلغ في قيم M-K (-0.016, -0.014)، ويشهد أيضاً بتزايد الجفاف فصل الربيع، فسجل أعلى اتجاه للجفاف في محطة خانقين والموصل (-0.017, -0.019) عدا محطة العمارة، إذ شهدت تزايداً ضئيلاً للرطوبة.

وفي الحكم على طبيعة التزايد للرطوبة والجفاف تلزماً أهمية معنويتها الإحصائية المختبرة في المدى الطويل؛ إذ يظهر من جدول (٣) ذاته اتجاهات تزايد الرطوبة في SPI لفصل الخريف، لا تتبع أيه معنوية إحصائية مطلقاً ولكل المحطات، وأن الاتجاهات تزايد الجفاف لفصلي الشتاء والربيع تثبت دلالتها المعنوية للمحطات الأعلى اتجاه للجفاف وتزداد معنوية هذه المحطات ولاسيما لفصل الربيع الذي تكشف اتجاهاته أقوى تكرارات للسنوات الجافة.

فمن الأشكال (٢)(٣)(٤) في السلاسل الفعلية يمكن بإمعان النظر وتتبع سيرها لتحديد الأسباب في تتحدد طبيعة الأعوام الرطبة والسنوات الجافة ونظام تكرارها موسمياً، وشدها، واستدامتها، يلخص ويرسم امتدادات دوراتها الجافة (الرطوبة) الوسط المتحرك السباعي $M.A: 7y$ ، وبشكل عام، ساد عددٌ من الدورات المتميزة في السلسلة الزمنية متداخلة الأسباب؛ إذ سادت الرطوبة في بداية السلسلة لبعض المحطات، وأخرى في وسطها، وهي أعلى من متوسط أمطارها في معيارية S.P.I، وإن الدورة الجافة الأخيرة لم يكن سبقاً لتكرارها في تاريخ السلسلة المرصودة، والتي تؤول إلى انتقاله حقيقية في اتجاه المنطقة المدروسة، نحو حصول مشكلة الجفاف من جانب، وتفصح عن الاشتراك بين المحطات التي تتوزع نسبياً تحت المعدل الطبيعي

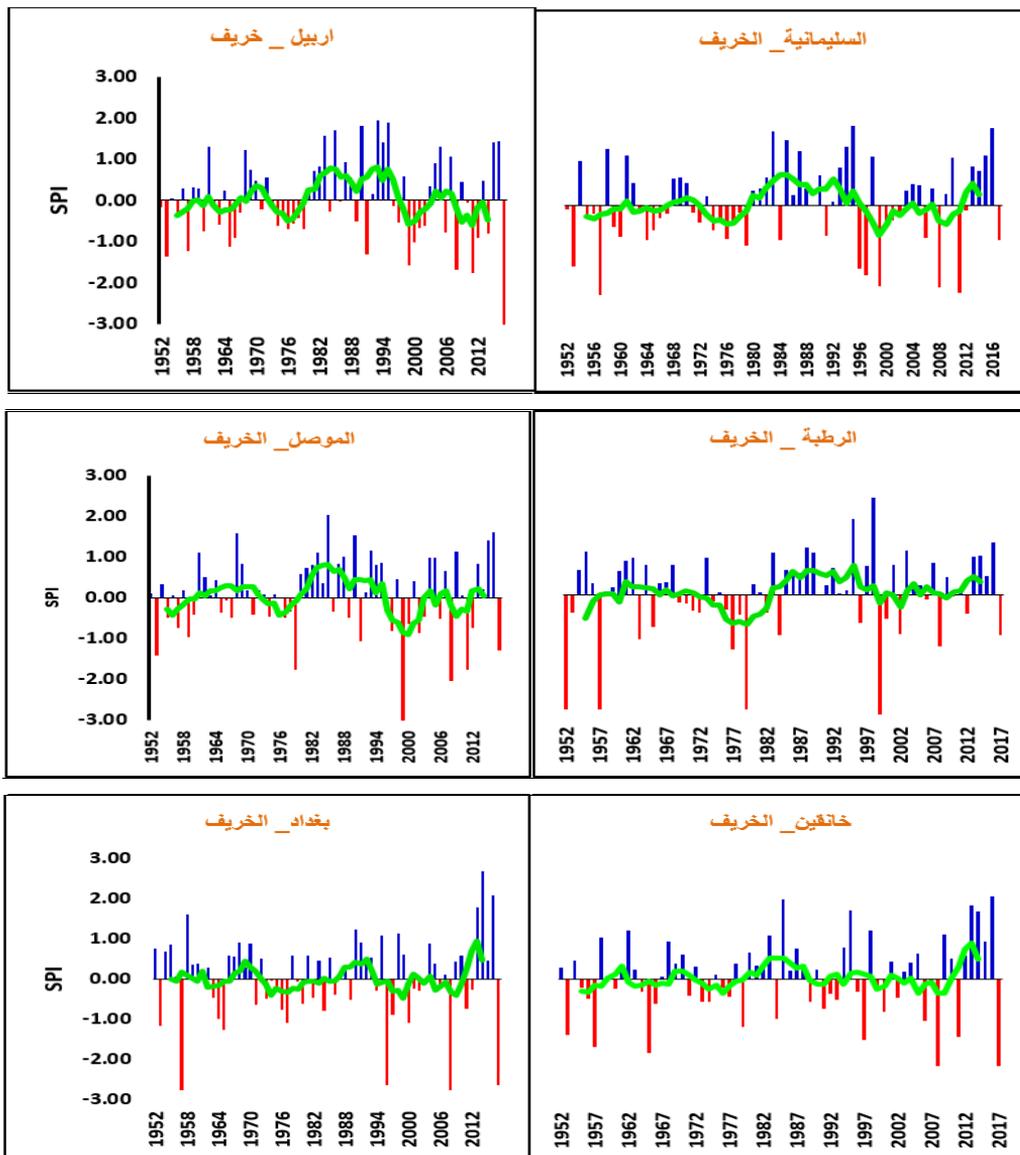
بسنوات جافة في مؤشر S.P.I، ليشير مدى تزامن حدوثها إلى توافق الوضع الشمولي ومدى تطابق تفسيره بالدراسات الإقليمية الذي سيتم الكشف عنه من جانبٍ آخر. وهذا يعني أن S.P.I أظهر قدرته على تتبع التغيرات التاريخية للجفاف المناخى، وإحصاء تكرارها عبر الزمن. ومن الملاحظ تشابه جميع أحداث الجفاف في كل السلاسل الفصلية والمحطات، فحالة التحول نحو تزايد أحداث الجفاف تحصل ذروتها بعقدي الألفية الأخيرة. ولكن ما يميز جفاف (عُقدي الألفية) ليس نسبة التكرار، وإنما حجم الشدة والاستدامة وأنه لم يسبق له مثيل في الشدة، وبفترات استدامة أطول، وهو ما يحدد جوهر وأهمية المشكلة.

جدول (٣) اختبار اتجاهات الجفاف الفصلي ومغنويته الإحصائية بأسلوب مان

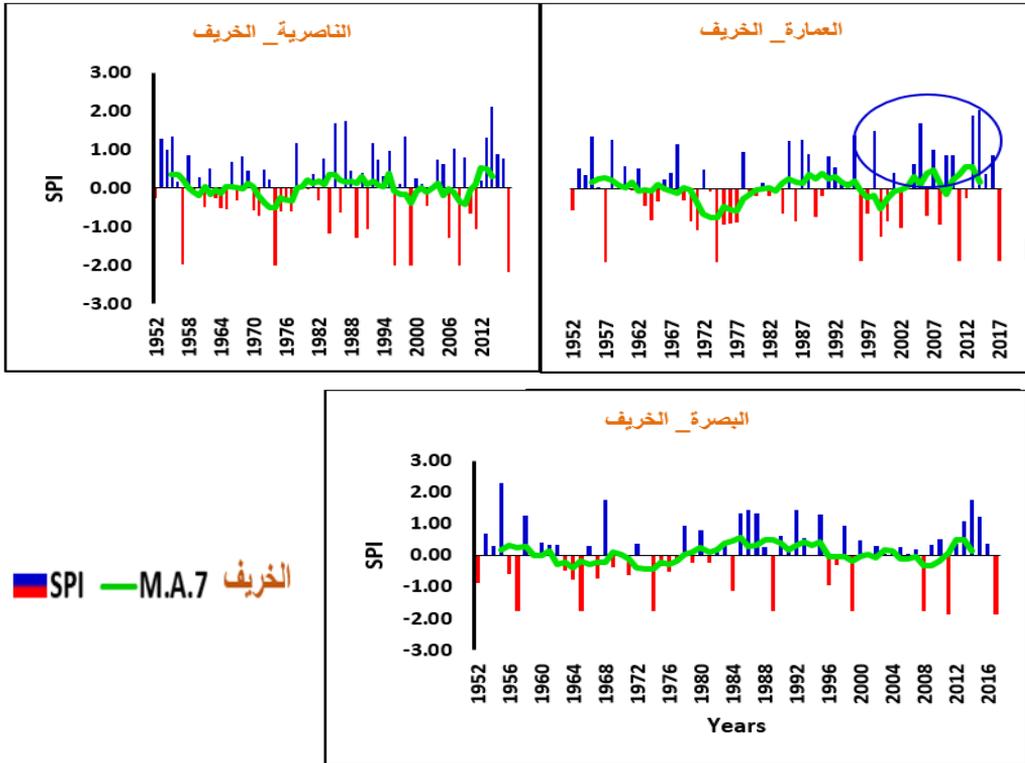
كاندل M-K

الشتاء Winter			الخريف Fall			
Sig الاتجاه ومغنويته	M-K testis Sen's slope	المحطة	Sig الاتجاه ومغنويته	M-K testis Sen's slope	المحطة المناخية	
(+)●	0.001	السليمانية	(+)●	0.009	السليمانية	
(+)●	0.002	اربيل	(+)●	0.003	اربيل	
(-)●	-0.006	الموصل	(+)●	0.004	الموصل	
(-)●	-0.001	الربطبة	(+)●	0.003	الربطبة	
(-) ** **	-0.014	بغداد	(+)●	0.003	بغداد	
(-) **	-0.016	خانقين	(+)●	0.008	خانقين	
(-)●	-0.005	الناصرية	(-)●	-0.001	الناصرية	
(-)●	-0.007	العمارة	(+)●	0.003	العمارة	
(-)●	-0.004	البصرة	(+)●	0.004	البصرة	
الربيع Spring						
Sig الاتجاه ومغنويته	M-K testis Sen's slope	المحطة المناخية	Sig الاتجاه ومغنويته	M-K testis Sen's slope	المحطة المناخية	
*** Sig Trand بمستوى معنوي 0.01 (99%)	(-)●	-0.011	السليمانية	(-)●	-0.007	اربيل
** Sig Trend بمستوى معنوي 0.05 (95%)	(-)●	-0.017	الموصل	(-)●	-0.012	الربطبة
* Sig Trend بمستوى معنوي 0.1 (90%)	(-)●	-0.014	بغداد	(-)●	-0.019	خانقين
● No Sig Trend الاتجاه غير معنوي	(-)●	-0.002	الناصرية	(-)●	0.005	العمارة
(+) Increasing Trend تناقص	(-)●	-0.004	البصرة	(-)●		
(-) Decreasing Trend تزايد						

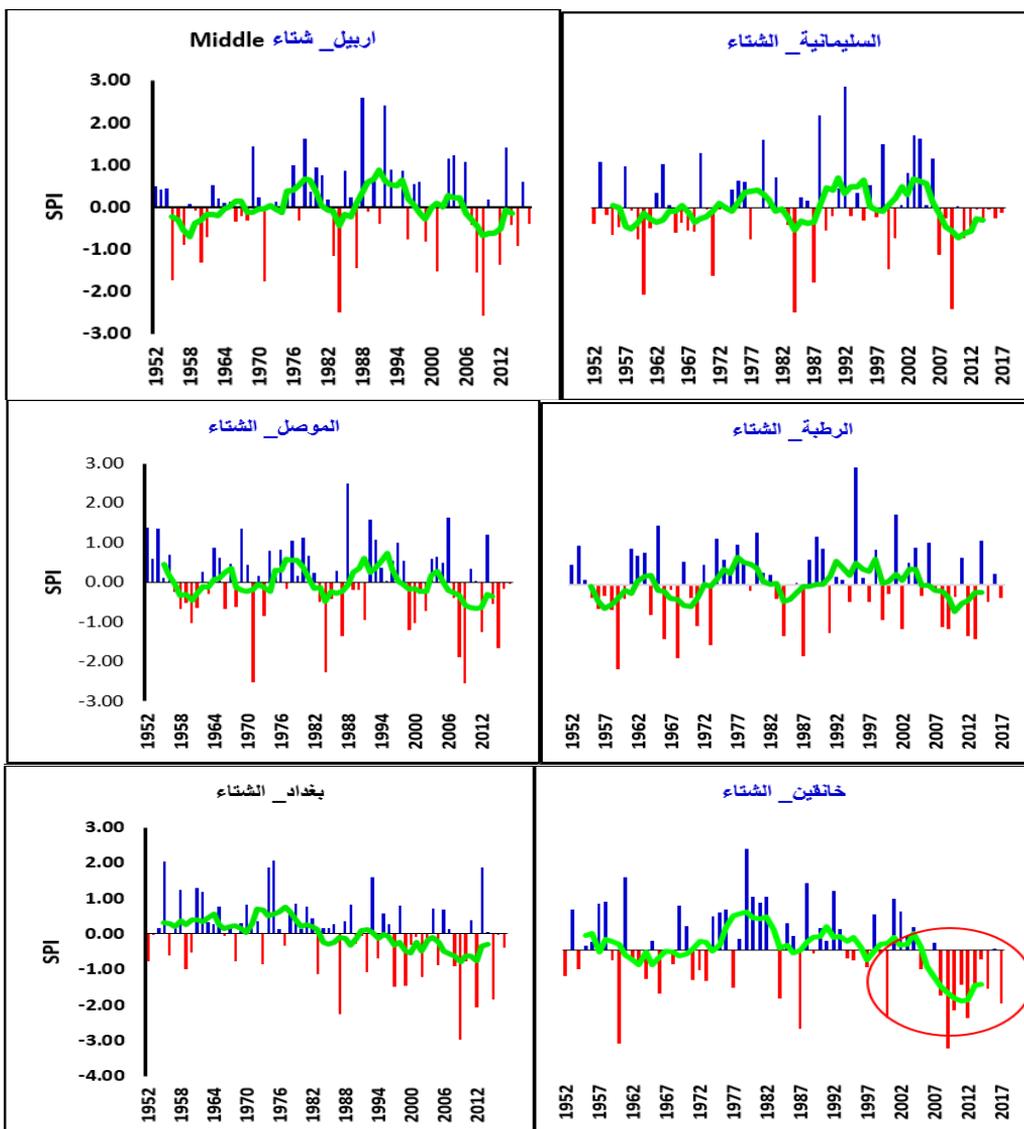
المصدر: اعتمادا على معاملي اتجاه *Sen's slope* و β في أسلوب M-K باستخدام برنامجي XLSTAT: 2017، M. Excel:2016.



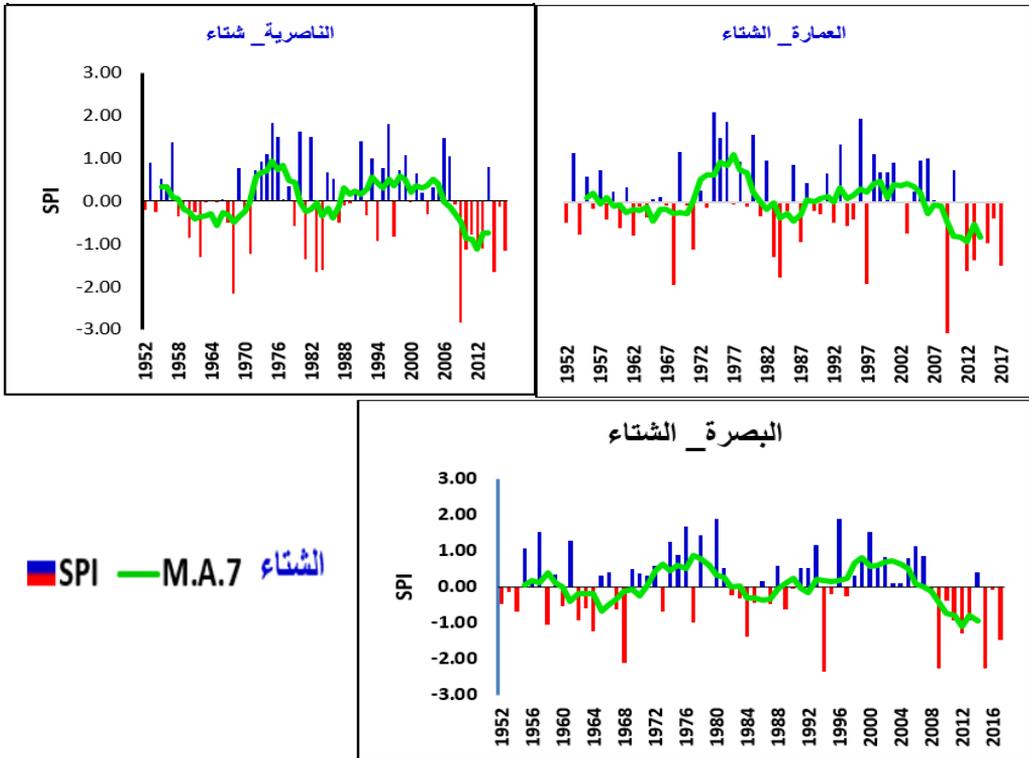
شكل (٢) اتجاهات تغير سلسلة الجفاف المناخي في العراق لفصل الخريف للمدة (١٩٥٢-٢٠١٧)



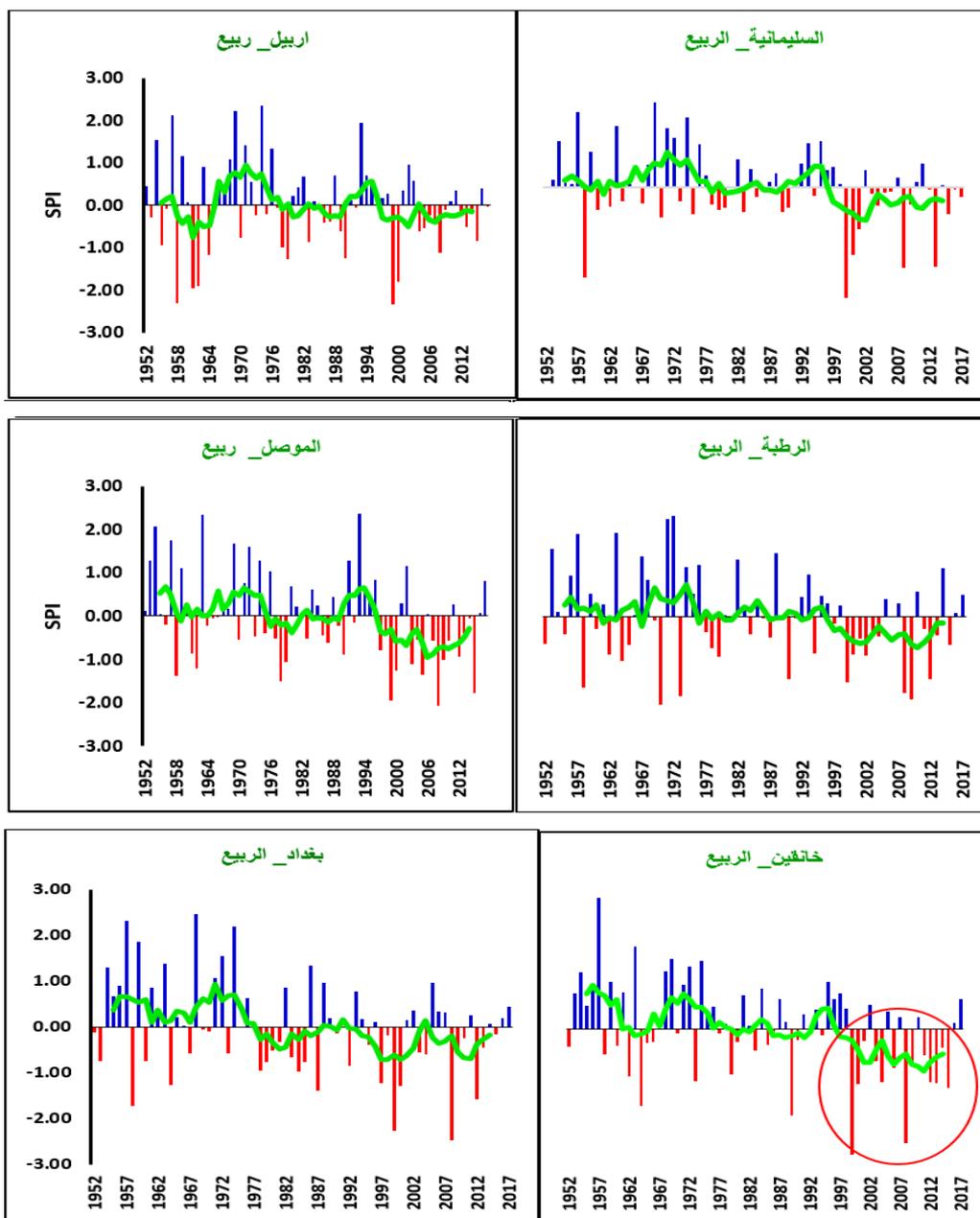
تابع شكل (٢) اتجاهات تغير سلسلة الجفاف المناخي في العراق لفصل الخريف
للمدة (١٩٥٢-٢٠١٧)



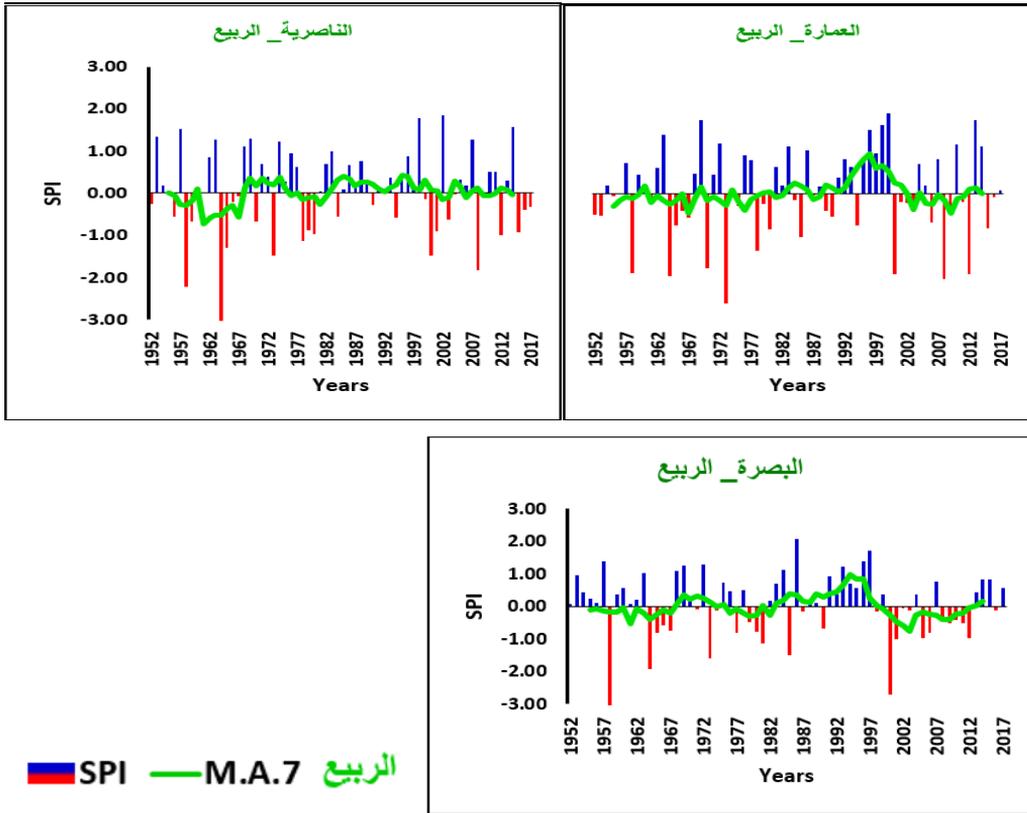
شكل (٣) اتجاهات تغير سلسلة الجفاف المناخي في العراق لفصل الشتاء.



تابع شكل (٣) اتجاهات تغير سلسلة الجفاف المناخي في العراق لفصل الشتاء.



شكل (٤) اتجاهات تغير سلسلة الجفاف المناخي في العراق لفصل الربيع.



تابع شكل (٤) اتجاهات تغير سلسلة الجفاف المناخي في العراق لفصل الربيع.

١. مقدار التغير الزمني والمكاني لنسب رطوبة وجفاف الأمطار الفصلية باستخدام

دليل $PNI\%$

يُظهر لنا جدول (٤) حقيقة ما نُقبل عليه من الجفاف، فقد أفصح عن أهمية قد لا يوضحها SPI عند تحديده الاتجاهات الفصلية لتزايد سنوات الجفاف (تناقص) للشتاء والربيع (الخريف)، وكَم قيمتها بمعدلات الأمطار، فالتزايد أو التناقص ضمن ما يلخصه خط الاتجاه لم يكن ذو أهمية بقدر ما نستوفي معرفة معدل كميات الأمطار، فمن الضروري مقارنة هذه الاتجاهات بتغاير معدلاتها المطرية، لذا فاستخدام دليل

النسبة الطبيعية سيساعدنا على المقارنة بين نسب %PNI ومعدلات الأمطار (ملم) لكل محطة وحسب تسلسل كمياتها.

وبدءًا من فصل الخريف المتزايد في الرطوبة أشار للمدة الأخيرة تزايد محطات الوسط والجنوب مع تناقص لمحطات الشمال، وأعلى تزايد رصد لمحطة بغداد والعمارة (٣١.٢، ٣٠.١%)، وما يعادل بقيمة المعدل المطري البالغ (28.9، 22.8 ملم)، وهذه الزيادة هي مالم يتم تحديد فاعلية الأمطار قياساً بمهاجمة تأثير العناصر المناخية الخريفية.

ومن الجدول (٤) ذاته يُبين دليل %PNI أن فصلي الشتاء والربيع في تناقص لكل المحطات المكانية، سجلت المدة الأخيرة أعلى قيمة وللمحطات الشمالية وفصل الربيع، فمحطة الموصل الأعلى شمالاً (25.7-%) والرطوبة وسطاً (32.3-%) والبصرة جنوباً (10.7-%). وقد يُكسر طوق تناقص هذه الاتجاهات، تزايد محطات الجنوب العمارة والناصرية، اللواتي أُشرنَ إلى تزايد لأمطار الربيع لم تصل نسبته لحجم التناقص المسجل للمحطات الأخرى. وعند النظر بجدول (٤) نجد أن نسب التناقص هي الأعلى من نسب التزايد، وأن المحطات المتناقصة أعلى معدلات مطرية قياساً بالمتزايدة، وأن الفصول المتراجعة مطرياً (الشتاء والربيع) هما يشكلان نسب الأمطار الأعلى والمساهمة الأكبر في موسمية المطر السنوي بواقع (٥٠، ٣٣%) قياساً بمعدلات الخريف؛ إذ إن تقييم زيادات الخريف رغم الاتجاه المتزايد يؤكد حقيقة قلة مساهمة معدلات هذا الفصل (١٧%) وقد لا يستوفي حجم التناقص الذي يسجله فصلي الشتاء والربيع شكل (١). وهذا كله يحث لبلورة مشكلة الجفاف وتتبع أسبابها.

جدول (٤) التغيرات الزمكانية لجفاف ورطوبة الأمطار الفصلية في العراق

وبحسب دليل PNI (%)

شمال العراق North

المحطة	السليمانية (697mm)			اربيل (403mm)			الموصل (361mm)		
	خريف	شتاء	ربيع	خريف	شتاء	ربيع	خريف	شتاء	ربيع
المدة	109.8	334.8	252.3	60.1	209.7	132.7	54.1	197.7	127.7
المعدل	109.8	334.8	252.3	60.1	209.7	132.7	54.1	197.7	127.7
1م	-15	-6.6	15.6	-17.9	7.7	9	-14.1	-0.8	20.9
2م	20.4	7.1	4.4	32.1	14.2	5	21.7	9.3	4.9
3م	-5.5	-0.6	-20	-14.2	-6.5	-14	-7.5	-8.5	-25.7

وسط العراق Middle

المحطة	خانقين (300mm)			بغداد (135mm)			الربطبة (114mm)		
	خريف	شتاء	ربيع	خريف	شتاء	ربيع	خريف	شتاء	ربيع
المدة	56.3	148.2	95.8	22.8	67.5	44.3	25.3	48.6	40.5
المعدل	56.3	148.2	95.8	22.8	67.5	44.3	25.3	48.6	40.5
1م	-21.5	-2.9	28.6	-8.1	7.8	37.7	-15	-11.5	31.5
2م	3.1	20.2	-1.3	-23.1	11.2	-6.8	-0.6	17.4	0.7
3م	18.4	-17.2	-27.3	31.2	-19	-30.9	15.6	-5.9	-32.3

جنوب العراق South

المحطة	العمارة (165.9mm)			البصرة (133.3mm)			الناصرية (118.1mm)		
	خريف	شتاء	ربيع	خريف	شتاء	ربيع	خريف	شتاء	ربيع
المدة	28.9	87.9	49.4	22.9	73.2	37.2	21.6	59.4	37
المعدل	28.9	87.9	49.4	22.9	73.2	37.2	21.6	59.4	37
1م	-17.6	-11.2	-10.9	-2	-9	3	-15	-8	-1.8
2م	-12.8	15.8	-5.6	13.5	8.7	8	5.1	13	-3.4
3م	30.1	-4.7	16.5	-11.7	-0.1	-10.7	9.9	-5	5.2

٤. المناقشة Discussion:

في هذا الجزء من البحث سنناقش ثلاثة محاور للجفاف المناخي الفصلي، أولها أسباب وجود أو عدم وجود مغنوية الاتجاه، وبعدها فصلية الاتجاهات بالتزايد والتناقص ومدى مطابقتها مع دراسات المحيط الإقليمي، وتحديد الأسباب لهذه الاتجاهات. وفيما يخص الاتجاهات التي لوحظت في تزايد تكرار سنوات الجفاف المناخي تثبت مغنويتها الإحصائية في جدول (٣) للمحطات الأعلى تزايد لتكرار سنوات الجفاف المستدام في كلاً من فصل الشتاء والربيع ويظهر ذلك شكلي (٣)(٤)

أن سبب معنوية الاتجاه وجود سنوات جفاف مستمرة في تكرار متراكم، بعكس تزايد رطوبة الخريف التي تظهر في شكل (٢) موزعة مع سنوات الجفاف وأنها بانفراد يدل للتحرف وليس زيادة فعلية مستدامة لهذا سجلت كل المحطات عدم معنوية إحصائية Non Sig. لكن يبدو في الغالب اتجاهات الجفاف المناخي لا يمكن ان تظهر بمعنوية كاملة لكل المحطات؛ لأن الأمطار (المشتق منها الجفاف) عنصر متذبذب وظاهرة منقطعة تحكم كميتها السنوية ديناميكيات الغلاف الجوي التي قد لا تتبع أي دورية في التشابه والتكرار.

ومما يؤكد أهمية هذه النتائج بأنها جاءت مشابهة نسبياً للاتجاهات التي لوحظت في دراسات النطاق الإقليمي وحوض البحر المتوسط في رصد الاتجاه، والعالمية في رصد المعنوية، ومنها: دراسة (٣٢) *Al-Mashagbah, Al-farajat*; في الأردن والتي كشفت وجود اتجاه للانخفاض لتظهر ثلاث محطات اتجاهاً معنوياً من مجموع (٢٥ محطة)، وذلك ضمن مستوى دلالة إحصائية (٩٥%). وأيضاً دراسة (٣٣) *(Shehadeh)* بينت التأثير السلبي للتغير المناخي على الأمطار الشتوية لشرق المتوسط (الأردن)، الا إنها لا تتبع دلالة إحصائية باتجاه انخفاضها.

وعلى الصعيد العالمي تتفق هذه النتائج، على عدم معنوية الاتجاهات، مع ما أشارت إليه دراسة الأمطار في سلوفينيا، وقد جاءت نتائجها متناسقة التوافق: إذ توصل الباحثين بنماذجهم المكانية أن الأمطار المتناقصة وتحديداً النطاقات المكانية الأعلى تناقصاً، هي ذات دلالة إحصائية معنوية، ولم يشير التزايد إلى معنوية إحصائية مثبتة (٣٤). ودراسة *(El-Tantawi)* رصد ضمناً اتجاهات الأمطار في سهل الجفارة Jifara Plain: وجد أن M-K للمدة (١٩٤٦-٢٠٠٠) كان بمحطة واحدة معنوي الاتجاه من أصل خمس عشرة محطة (٣٥). علماً أن اختبار اتجاهات الحرارة للمدة ذاتها أظهرها M-K بمعنوية في ١٢ محطة من مجموع ١٥ (٣٦). لهذا لا

نغفل أن تعاملنا مع الأمطار هو من يمتلك كل التقلبات غير المنتظمة ضمن أطوال متساوية؛ هذا يجعل الاتجاه لا يحظى بدلالة قوية^(٣٧).

ومن اللافت للنظر أن نتائج طبيعة الاتجاهات الفصلية بتزايد سنوات الجفاف للشتاء والربيع والرطوبة للخريف فوق العراق وقع تزامنها مع ما أشارت إليه الدراسات الإقليمية! وهذا يشير إلى أن الآليات المسببة للجفاف المناخي متماثلة والتي تعمل على حصول حالات الجفاف. ومن المهم بحث الأسباب الشمولية المؤدية لحصول حالات الجفاف والتي وجدناها مثبتة في الدراسات منها ما أشارت إليه دراسة **Onol Semazzi &**^(٣٨) التي كشفت عن معرفة أثر تغير المناخ على منطقة شرق المتوسط وباستخدام نموذج المناخ الإقليمي؛ إذ حددت أن من نتائج ارتفاع درجة الحرارة هو حدوث تحول في توقيت فصول الانتقال، لتتغير أنماط سقوط الأمطار. كما وقد سبقتنا الإشارة بأن نظام تساقط الأمطار في إيران سيكون قابل للتغيير، بحيث يقل معدل الأمطار في فصل الشتاء ليتم زيادة تساقط أمطار في الخريف^(٣٩). ولنقف مع بعض الأسباب مع دراسة **(Karabulut)**^(٤٠) تول إلى ان من أسباب انخفاض أمطار الشتاء والربيع تكرار المرتفعات الجوية فضلاً عن توسع المرتفع الأزوري الذي أدى إلى انحراف المنخفضات الاطلسية من دخول البحر المتوسط وانحرافها نحو الشمال مما أدى إلى جفاف فوق المتوسط وجنوب أوروبا. وقد رجح **(Shehadeh)**^(٤١) ارتباط التأثير السلبي للتغير المناخي بتحول منخفضات البحر المتوسط الشتوية شمالاً وبدلاً عنه سقوط الأمطار لأواخر الخريف بمنخفضات الخماسين وحالات عدم الاستقرار الجوي. وهذه تضع الإجابة لأسباب جفاف الشتاء والربيع المرتبطة بمنخفضات العروض الوسطى وتغير مسارات المنظومات وصعودها لعروضاً أعلى نتيجة لتقدم الكتل الدافئة وابتعاد مسار التيار النفاث، ومن أسباب التزايد لفصل الخريف تقدم الكتل المدارية الرطبة المرتبطة بالمنخفض السوداني وعدم الاستقرار المحلي*.

وفي مناقشة اتجاهات الجفاف المكانية أشارت النماذج المناخية Climatic Models التي تعرض تأثير تغير المناخ على تساقط الأمطار في منطقة شرق المتوسط، إنه تتوقع أن اتجاهات تساقط الأمطار ستظهر تباينًا مكانيًا كبيرًا^(٤٢). وهذا ما يحصل فعلا من اتفاق لنتائج التغير الفصلي وتحولات البعد المكاني فوق العراق. إذ يتضح ذلك من تسلسل أشكال الاتجاهات في الأنماط المكانية لحالات الجفاف والتحول المكاني للتزايد والتناقص، فتحددًا من الرطوبة لشمالي العراق ولفصلي الشتاء والربيع إلى جفافهما وللعراق ككل ولرطوبة الخريف والربيع للمنطقة الجنوبية، وفي مقارنات SPI المكانية يؤخذ بالحسبان حجم وخطورة المشكلة؛ إذ إن جفاف شمال العراق ليس بمثل جنوبه؛ لأنه الأعلى أمطارًا جدول (٤)، وإن لجفاف الشتاء والربيع ليس بمثل تعويض رطوبة الخريف؛ لأنهما الأعلى معدل، وأن استدامة الجفاف وشدته وانقطاعها برطوبة متطرفة يفاقم حجم الكارثة، لهذا يظهر أن كل الاتجاهات كانت مساهمة لجفاف مناخ العراق وظهورها كمشكلة فاعلة التأثير.

وأن من الاتجاهات التي لوحظت مشابهة نسبيًا للاتجاهات التزايد لجنوب العراق والتناقص شمالاً، دراسة (Almazroui, et al.)^(٤٣) تشير الاتجاهات المكانية أن الانخفاض يتركز في شمال شبه الجزيرة في حين هناك زيادة في سقوط الامطار في الجنوب خصوصًا على طول ساحل البحر الأحمر وضمن الآونة الأخيرة، وبمماثلة النتائج لدراسة (Hasanean & Almazroui)^(٤٤) وللمنطقة ذاتها والتي حددت أعلى تزايد الأمطار للجنوب الغربي وتحديدًا مناطق جبال عسير، زمنيًا سيبقى الشتاء هو الأدنى. ودراسة (Yosef) استنتج وجود اتجاه متزايد في فلسطين المحتلة، وخاصة في المناطق الوسطى والجنوبية، لكننها كانت غير ذات معنوية إحصائية في التزايد^(٤٥). ولعل توافق الاتجاهات المكانية والفصلية مرتبط بأشترك نوع المنظومة الإقليمية، وهي تقدم وتزايد المنخفض السوداني الذي بدء يزداد تكرارًا فوق العراق خصوصًا في فصل الخريف^(٤٦). مع انحسار تكرار منخفضات البحر المتوسط لاسيما

لفصل الشتاء والربيع^(٤٧). ولهذا بدأ يسجل المنخفض السوداني المرتبة الأولى في التكرار على العراق^(٤٨). قياساً فيما كانت تسجله منخفضات البحر المتوسط بالمرتبة الأولى لعقد الثمانينيات^(٤٩).

وعليه سيكون الاتجاه القادم جفافاً مُستداماً للشتاء والربيع، يرافقه حالات التطرف لفصل الخريف بفعل تقدم تأثيرات العروض المدارية وتفاقم وصول رطوبة ITCZ التي ينقلها المنخفض السوداني، ومن طبيعة الكتل المدارية mT ارتفاع حرارتها ورطوبتها تجعل من المنخفض الجبهي يطلق التساقط الغزير ومن نتائجه تزايد سيول الأمطار، لكن فترات استدامة الجفاف هي الأكثر، وقد يمارسان كلا الحدين الفاصل الزمني، لمسار الجفاف المستقبلي في العراق.

٥. الاستنتاجات Conclusions:

يمكن تلخيص نتائج هذا البحث المتتبع لاتجاهات الجفاف المناخي الفصلي

في التالي: -

أ. تكمن أهمية البحث في فهم اتجاهات الجفاف لمنطقة حدودية وقعت بين نطاق الرطوبة الدائمة للعروض العليا والمدارية، وضمن منطقة متذبذبة أمطارها تعاني من ندرة المياه؛ إذ ما قلت معدلات الأمطار عن وضعها السائد لسنة ما، وقد عانت من كوارث الجفاف عندما استدام تكراره للعقدين الأخيرين.

ب. وجد باستخدام كل من تقنيات تحليلات الاتجاه والسلاسل الخطية المظهرة لاتجاهات الجفاف المناخي الفصلي أنه كانت الاتجاهات بالتأثير السلبي لمنطقة البحث لفصلي الشتاء والربيع بتزايد تكرار سنوات الجفاف أكثر من تزايد التأثير الإيجابي لرطوبة الخريف المتطرف، وترتبط هذه الاتجاهات بالتغيرات المناخية الملخصة لنتائج الاحترار العالمي Global Warming.

ت. حدد اختبار الاتجاه مان كاندل M-K قيم ميل الاتجاه ومعنويته الإحصائية، فقد وجد فصلياً تزايد سنوات الجفاف لفصلي الشتاء والربيع تتكرر باستدامة متواصلة

وشدة في معيار S.P.I وهي تتم عن تراجع مطري تراكمي لذا حقق النيلُ منها M-K في إثبات معنوية الاتجاه واعلى معنوية سجلت للمحطات الأعلى جفافاً عند مستوى دلالة (0.001)، عكس ما شهده فصل الخريف بزيادة كمية سنوية منفردة لتخالط سنواتٍ من الجفاف لدرجة تحدد ميل الاتجاه بتطرف وليس تزايد مستمر عندها استبعدت معنويتها في M-K. لهذا تم ملاحظة الزيادة التي رصدها فصل الخريف لكل المحطات رغم أن الاتجاه لمتزايد بالرطوبة لم يكن ذا دلالة إحصائية (n.s).

ث. تظهر نتائج البحث أن أنماط الجفاف المناخي الفصلية في العراق يتعرض للتغير، فظهرت هناك ثلاثة اتجاهات: اتجاهات زمانية بفصول تتجه نحو التزايد الرطوبة مثلها الخريف الذي تشكل نسبته (17%) من الموسم المطير، وأخرى لتزايد الجفاف ماثلت على فصلي الشتاء والربيع التي تستقبل ما يقارب (50)، (85%) على التوالي ومن معدلات أمطار العراق، واتجاه ثالث تمثل في الاتجاهات المكانية ماثلت تزايد يشهده الجنوب بشكلٍ كبير للخريف مع تراجع يشهده الشمال وبشكلٍ أكبر للربيع.

ج. أشهد جفاف شهده العراق هو خلال عقد الالفية سجل المتوسط المتحرك أكبر دورة جفاف مستدام الشدة في فئات S.P.I، وقد كان جفافاً غير مسبوق ألمت أوضاع فئاته الحادة في كل النطاقات المكانية للمحطات المنتخبة وتحديداً المنطقة الشمالية ذات الأعلى أمطاراً وتغذية الأنهار، وقد تعد بعض سنوات الجفاف غير مسبوقه التكرار منذ عام 1952 في كل الفصول حتى التي شهدت متطرفات تزايد الرطوبة.

ح. وجد تشابه بين أحداث الجفاف المناخي الذي شهده العراق لاسيما المدة الأخير، وأنها تنحو منحى إقليمي وتزامن نتائج الدراسات السابقة. ومن المنطق العلمي بديهياً تعزى للأسباب الشمولية.

٦. توصيات البحث: Research Recommendations:

ذهب البحث إلى وضع مساعي حل المشكلة وتخفيف وطئها من خلال مضمون بعض التوصيات منها: أنه في ظل مناخ أكثر احترار وجفافاً متفاقماً يفضل وضع تحسين إدارة الموارد المائية العراقية في لائحة التنمية المستدامة والعمل على استراتيجيات للتكيف مع الجفاف وتطرف الأمطار الخريفية المتزايدة، كاستغلال فترات الإنعاش Recovery Period لتقليل آثار الجفاف المتراكم وعباً الفيضانات. كما ينبغي تكثيف الجهود في بذر التعاون مع دول الجوار لتحسين سبل نجاح السياسة المائية في إطلاق حصة العراق المائية لاسيما ضمن استدامة سنوات الجفاف، والسعي للاستغلال الأمثل لإطلاقات موجات المياه لفترات التطرف المطري.

الهوامش والمصادر

- (1) Monika Barcikowska, Sarah Kapnick, Impact of Large-scale Circulation on Precipitation Events in the Mediterranean Region, Science and Technology Infusion Climate Bulletin NOAA's National Weather Service, 40th NOAA Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop Denver, CO, 26-29 October 2015, P. 60.
- (2) Emily Black, the Influence of the North Atlantic Oscillation and European circulation regimes on the daily, to inter annual Variability of winter Precipitation in Israel, International Journal of Climatology, NO. 32, 2012, P.1654.
- (3) Yizhak Yosef, Hadas Saaroni & Pinhas Alpert, Trends in Daily Rainfall Intensity Over Israel 1950/1-2003/4, The Open Atmospheric Science Journal, NO. 3, 2009, P. 196.

(٤) أحمد لفته حمد البديري، مؤشرات التغيّر المناخي وأثرها في زيادة مظاهر الجفاف في محافظة بابل، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية التربية- ابن رشد، جامعة بغداد، ٢٠١٢.

(٥) قصي فاضل الحسيني، مؤشرات التغيّر المناخي وآثارها البيئية في العراق، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد، ٢٠١٢.

(٦) عمر حمدان عبدالله الشُّجيري، مؤشرات التغيّر المناخي وأثرها في الواقع المائي في محافظة واسط، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية التربية- ابن رشد، جامعة بغداد، ٢٠١٥.

(٧) نادية رحمن محمد الخاقاني، دراسة وتحليل الجفاف في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق باستخدام مؤشر المطر القياسي، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة، ٢٠١٦.

(٨) حربية شيرزا عزيز القره لوسي، ظاهرة الجفاف في محافظة ديالى، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة ديالى، ٢٠١٦.

(٩) يوسف محمد علي الهذال، عمر حمدان عبد الله، الاتجاه العام والتغير في نسب كميات الأمطار الفصلية في العراق، بحث مقبول للنشر في المؤتمر الدولي العلمي الخامس (إسهامات التربية

والتعليم في بناء الأُنسان وتنمية الفكر)، الذي أقامته كلية التربية ابن رشد للعلوم الانسانية،
للمدة: ٣-٤ آيار/ ٢٠١٧

* كل المحطات المعتمدة للبحث هي محطات مناخية رئيسة تقيس الأمطار إلى جانب قياس
العناصر الأخرى.
(١٠) الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC، "التقرير التجمييعي الرابع" ٢٠٠٧، جُنيف،
٢٠٠٧، ص ٨٠.

(11) Attia Mahmoud Mohamed El-Tantawi, Climate Change in Libya and Desertification of Jifara Plain "Using Geographical Information System and Remote Sensing Techniques", Doctorate Degree Dissertation (Unpublished), Der Johannes Gutenberg- University in Mainz 2005, P. 3.

(١٢) أنور فتح الله اسماعيل، مصدر سابق، ص 19.

(13) 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.

(14) B. Bonaccorso, et al., Spatial Variability of Drought an Analysis of the Spi Sicily, Water Resources Management, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Nether lands, Vol:17., 2003, P. 274.

(15) Yaseen Kadhim Abbas AL-Timimi, Op Cit., P. 18.

(16) Brian. Fuchs, Op. Cit., p. 3.

(17) M. A. Khan & M. S. Gadiwala, A study of Drought Over Sindh – Pakistan: Using Standardized Precipitation Index (SPI), Pakistan Journal of Meteorology, Vol: 9 Issus 18, 2013, p17.

(18) Robert Stefanski, Hydrological Drought Indicts: Outcomes of Previous Workshops, World Meteorological Organization (Overview of WMO), P1-33.

(19) Michael Hayes, at al., The Lincoln Declaration on Drought Indices: universal meteorological drought index recommended, Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS), 2011, P. 487.

(20) M. Svoboda, B.A. Fuchs, Handbook of Drought Indicators and Indices: Integrated Drought Management Programme (IDMP), World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), WMO_ NO. 1173, 2016, P 13.

* تم تحليل البيانات بواسطة برنامج (DrinC) من جامعة اثنا وللإطلاع على الصياغة الرياضية لهذه المعادلات يراجع:

- Anass M. M. Rasheed, Op.Cit., P .62- .٦٣
 - Yaseen Kadhimi Al-Timimi, Op.Cit., p 20-22.
 - (21) T.B., McKee, Doesken, N.J., Kleist, J., The relationship of drought frequency and duration to time scales, Eighth Conference on Applied Climatology, 1993, pp. 179 - 184.
 - (22) Jaefar Nikbakht, Hossein Tabari, P. Hosseinzadeh Talaei, Streamflow Drought Severity Analysis by percent of normal index (PNI) in Northwest Iran, Theory Applied Climatology, VOL.109. NO. 1-2, 2012, P.1-2.
 - (23) V. U. Smakhtin, D. A. Hughes, Review, Automated Estimation and Analyses of Drought Indices in South Asia. International Water Management Institute, Working Paper 83, Drought Series, Paper 1, 2004, P.6.
 - (24) Pulak Guhathakurta, Drought Monitoring and Prediction: Usefulness and Importance of Standardized Precipitation Index, Indian Metrological Department, SWIOCOF ٢٣-١٩ ,٥-September ,٢٠١٦ Seychelles, P.8.
 - (25) Ahmad Nohegar, et al., Comparison the Suitability of SPI, PNI and DI Drought Index in Kahurestan Watershed (Hormozgan Province/South of Iran), Journal of Environment and Earth Science, Vol.5, No.8, 2015, 72.
 - (26) Saeid Morid, Vladimir Smakhtin, Mahnosh Moghaddasi, Comparison of Seven Metrological Index for Drought Monitoring in Iran, International Journal of Climatology, NO. 26, 2006, P. 973.
- * مراسلة الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC، بتاريخ ٢٢/٤/٢٠١٧.
- (27) Siti Nazahiyah Rahmat, Niranjali Jayasuriya, Muhammed Bhuiyan, Trend Analysis of Drought using Standardised Precipitation Index (SPI) in Victoria, Australia, 34th Hydrology and Water Resources Symposium 19-22 November 2012, Sydney, Australia, 2012, P. 443.
 - (28) Taibi S., Meddi M., Mahé G., Assani A, Variability of Annual and Extreme Rainfall Over Northern Algeria and Relationship With Teleconnections Patterns, Proceedings of the Mediterranean Meeting on "Monitoring, modelling and early warning of extreme events triggered by heavy rainfalls". PON 01_01503 - MED-FRIEND project University of Calabria, Cosenza (Italy), June 26th-28th, 2014, P. 3.

* استخدم شحادة في بحثه هذا، وفي أطروحتين أشرف عليهما المتوسط المتحرك، بمعدل سبع سنوات، ونحن نتقدم في دراسة الجفاف فهذا الرقم أقرب في عملنا، وعليه سيعتمد المتوسط المتحرك السباعي لكل السلاسل M.A:7y.

(29) N. Shehadeh, F.Tarawneh, Impact of Climate Change Upon Summer Heat Waves in Jordan, Journal of American Science, Vol. 10, NO. 5, 2014, P. 48.

(30) Salar Ali Khidher & Petter Pilesjö, Op Cit., P. 9.

(31) روس رينولدز، دليل الطقس، ترجمة: عماد دره، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، ٢٠١٢، ص ٧٤.

* ولا بد من الإشارة إلى أن كل عمل البحث يشكل سياقاً موسميًا لثمان أشهر مطرية متضمن فصلياً على الخريف: (تشرين الأول والثاني) والشتاء: (كانون الأول والثاني وشباط) والربيع: (آذار ونيسان ومايس).

(32) Atef Al-Mashagbah and Mohammad Al-Farajat, Assessment of Spatial and Temporal Variability of Rainfall Data Using Kriging, Mann Kendall Test and the Sen's Slope Estimates in Jordan from 1980 to 2007, Research Journal of Environmental and Earth Sciences, NO. 5, 2013, P. 617.

(33) Numan Shehadeh and Sabah Ananbeh, the Impact of Climate Change Upon Winter Rainfall, American Journal of Environmental Science, NO.9, 2013, P.٨٠.

(34) Dragan D. Milošević, et al., Variability of Seasonal and Annual Precipitation in Slovenia and its Correlation with large-scale Atmospheric Circulation, Open Geosciences, NO. 8, 2016, P. 59٩.

(35) Attia Mahmoud Mohamed El-Tantawi , Op Cit., P.82.

(36) Ibid., P. 67.

(37) أنور فتح الله إسماعيل، ظاهرة الجفاف في إقليم الجبل الأخضر بليبيا_ دراسة مناخية، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية، ٢٠٠٧، ص ٥٧.

(38) Baris Onol & Fredrick. H. M. Semazzi, Regionalization of Climate Change Simulations Over the Eastern Mediterranean, Journal of Climate, Volume 22, Manuscript received 8 December 2006, in final form 15 October 2008.

- (39) Dariush Rahimi, Seyedeh Maryam Afzali, and Mehdi Sahnali Zadeh, Downscaling the Rainfall and the Teleconnection Indices in South-Western Iran, Journal of Basic and Applied Scientific Research, NO.3, 2013, P.1011.
- (40) Murat Karabulut, Precipitation Trends in Kahramamar as Along with Gaziantep and Adiyaman During the Period of 1963-2005 Journal Ekoloji, Vol. 71. 2009.
- (41) Numan Shehadeh and Sabah Ananbeh, The Impact of Climate Change Upon Winter Rainfall, American Journal of Environmental Science, NO.9, 2013, P.80.

* لقد توصل الباحث في نهاية أطروحته المستل منها هذا البحث إلى وجود تحولات جوية: شملت على تغير موقع التيار النفاث القطبي وصعود مساراته، مع صعود محاور الأخداب والمنخفضات السطحية وتزايد تقدم رطوبة المحيط الهندي، مع حصول حالة من الدفع المداري تمكن من مراقبتها بخرائط شذوذ الارتفاع الجهدي، واستخدام عشر من بيانات الارتباط عن بعد
.Teleconnection

- (42) Numan Shehadeh and Sabah Ananbeh, Op Cit., 73.
- (43) Mansour Almazroui, et al., Recent Climate Change in the Arabian Peninsula: Seasonal Rainfall and Temperature Climatology of Saudi Arabia for 1979–2009, Atmospheric Research, 2012, PP. 29-44.
- (44) Hosny Hasanean, Mansour Almazroui, Rainfall: Features and Variations over Saudi Arabia, A Review, Climate, NO. 3, 2015, P. 578.
- (45) Yizhak Yosef, Hadas Saaroni, Pinhas Alpert, Trends in Daily Rainfall Intensity Over Israel 1950/1-2003/4, The Open Atmospheric Science Journal, Vol.3, 2009, P. 196.

(٤٦) ندى خليل سرحان، أثر التغير المناخي في المنظومة السودانية فوق العراق وآثارها المناخية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، ٢٠١٨، ص ٢١٩.

(٤٧) علي غليص ناهي السعيد، أثر تغير المناخ في تغيير المنظومات الشمولية السطحية المؤثرة في العراق خلال الفصل المطير، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية التربية، جامعة البصرة، ٢٠١١. ص ٢٧٢.

- (٤٨) أحمد ماجد الجبوري، أثر موقع واتجاه محور الاخدود وارتفاعه في شدة المنخفضات الجبهوية في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية التربية ابن رشد للعلوم الإنسانية، جامعة بغداد، ٢٠١٧، ص ٢٢٤.
- (٤٩) كاظم عبد الوهاب الاسدي، تكرار المنخفضات الجوية وأثرها في طقس العراق ومُنَاخِه، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة البصرة، ١٩٩١، ص ٥٥.