ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: http://www.jtuh.tu.edu.iq

Spatial modeling of Extreme Precipitation in the Wasit Governorate (Water sustainability under climate change)

Dr. Nahdh Hatif Mohammed

* *Corresponding author: E-mail* :
nahdh@coart.uobaghdad.edu.iq

***Keywords*:**
Spatial modeling (S.A),
Geographic Information Systems (GIS),
Extreme precipitation (E.P),
Simple Daily Intensity Index (SDII),
Water Sustainability (WS).

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 27 Oct. 2021
Accepted 27 Dec 2021
Available online 29 Dec 2021
E-mail
journal.of.tikrit.university.of.humanities@tu.edu.i
E-mail : adxxxx@tu.edu.iq

A B S T R A C T

The present research aims to build spatial models that reveal rainstorms in the east of Wasit governorate. Because it is a water sustainability in climate change, and in order to simulate its spatial variance patterns. It has a climate chain that spanned from (1944-2018).

The research derives its data matrices from local meteorology represented by rain in ten climate stations distributed four of them for the research area and the other is controlled, and was adopted to identify rainy extremes and their spatial model on a number of statistical methods and geographic techniques including: SPI for drought measurement, SDII guide for measuring humidity extremism, and the Manel Kandel test (MK) and the tendency of X to determine the direction, as well as the Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing (RS) technology, which have demonstrated their importance in the spatial patterns distribution of rainy extremes over the spatial extent of the province.

The results of the research showed that there is a trend towards increasing the years of drought of statistical significance, accompanied by a divergence in the years of humidity to get every (2.2, 3.7 years) in the neighborhood and Kut, and as a result of this reason we obtained an indicator of the increasing sustainability of the severity of the years of drought, before that decreases the sustainability of The wet years are very sharp, which symbolize extremism. These indicators witnessed the second decade of the millennium, as extremism records years of water relief to compensate for the drought shortage, and we found that it was marked by extreme extremism during which rain, especially the Badra East station, rises by (164 mm), from its general average (204 mm) and falls for a period of days to describe strong intensity In the SDII manual.

© 2021 JTUH, College of Education for Human Sciences, Tikrit University

DOI: http://dx.doi.org/10.25130/jtuh.28.12.2.2021.13

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities

النمذجة المكانية للتطرفات المطرية في محافظة واسط
(استدامة مائية في ظل التغيرات المُناخية)

أ.م.د. ناهض هاتف محمد السعيدي/ جامعة بغداد/ كلية الآداب/ قسم الجغرافية

الخلاصة:

يهدف البحث لبناء نماذج مكانية تكشف عن التطرفات المطرية شرق محافظة واسط، لأنها استدامة مائية

في ظل تغير المناخ، ولأجل محاكاة أنماط تباينها المكاني الزماني، انتخبت لها سلسلة مُناخية امتدت من 1944 الى 2018.

استمد البحث مصفوفات بياناته من الأرصاد الجوية المحلية المتمثلة بالأمطار في عشر محطاتٍ مُناخية موزعة اربع منها لمنطقة البحث والأُخر ضابطات، واعتمد لتحديد التطرفات المطرية ونمذجتها المكانية على عددٍ من الأساليب الإحصائية والتقانات الجغرافية منها: SPI لقياس الجفاف، ودليل SDII لقياس تطرف الرطوبة، واختبار (مان كاندل MK) و(ميل سين) لتحديد الاتجاه، فضلاً عن تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)، التي أظهرت أهميتها في نماذج توزيع الأنماط المكانية للتطرفات المطرية فوق الامتداد المساحي للمحافظة.

وقد أظهرت نتائج البحث قيم ذات دلالة إحصائية تشير لوجود اتجاه عام نحو الزيادة في سنوات الجفاف، يرافقها تباعد في أعوام الرطوبة لتحصل كل (2.2، 3.7 سنه) في الحي والكوت على الترتيب، ونتيجة لهذا السبب حصلنا على مؤشر تزايد استدامة حدة سلسلة سنوات الجفاف، مقابل ذلك تتناقص استدامة الأعوام الرطبة لكن بحدة عالية والتي ترمز لحصول التطرف. هذه المؤشرات شهدها العقد الثاني من الألفية، إذ سجلت التطرفات أعوام إغاثة مائية لتعويضات نقص الجفاف، ووجدنا أنها تميزت بشدة التطرف خلالها إذ ترتفع الأمطار، لاسيما محطة بدرة الشرقية بواقع (164 ملم)، عن معدلها العام (204 ملم) وهي تسقط لغضون أيام لتوصف بالشدة القوية في دليل SDII.

أولاً: المقدمة: Introduction

باتت قضية احترار النظام المُناخي أمراً جليّاً لا لبسَ فيه، بتأثير ظاهرة الاحتباس الحراري. إذ عُدّ تغير المُناخ السلوك الجديد الذي يهيمن باتجاهه على مُناخ الأرض، بعدما تفاقمت آثاره الواضحة على نظمِ الحياة الطبيعية ومنها الموارِدُ المائيةِ.

ويشكل بحث تطرفات الجفاف المُناخي زيادةً ونقصانا من توجهات بحث آثار التغير المُناخي؛ نظرًا لأهمية هذا النوع من البحوث للكشف في مسعاها العلمي عن تتبع نمذجة خصائص الجفاف من حيث استدامتهِ ودرجة شدتهِ، فضلاً عن سلوكيات خصائصه المكانية والزمانية، التي تعكس حجم وخطورة الجفاف المُناخي، ولما يحيط به من آثار بيئية، وما يمكن التكيف معها من سبل التنمية البشرية.

وفي ظل التغيرات المُناخية الحديثة، أَلِمَتْ العراق العديد من موجات الجفاف، غطت اغلب النطاقات المكانية له، رافقها تطرفات مطرية، وهذا يعد تحدٍ حقيقيٍ وخطرٍ داهم في بوابة مستقبل الأمن المائي

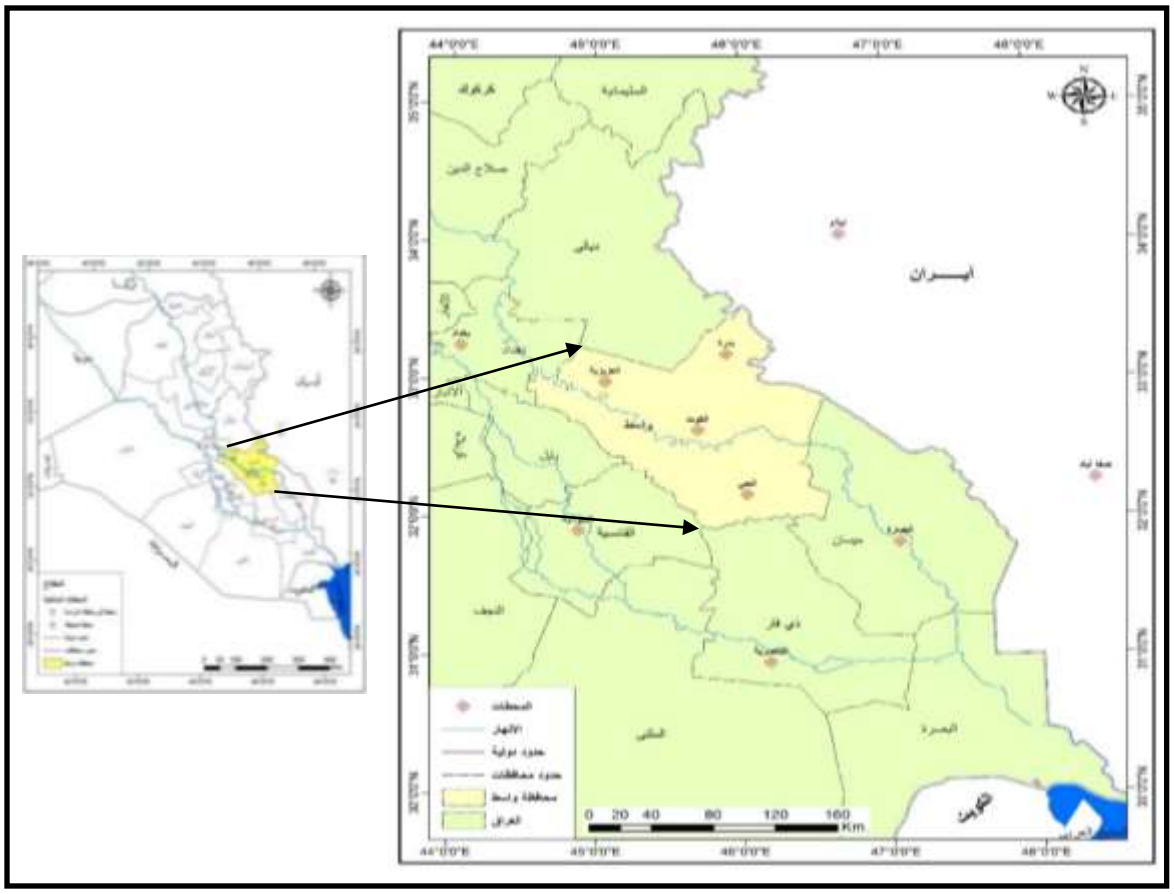
والزراعي العراقي. فلم تكنْ محافظة واسط بمعزلٍ عن تلك التغيراتِ؛ بلْ من المرجحِ أنّ تكون من أكثر المناطق عرضةً لتداعيات التأثيرات المحتملة. فالتطرف المطري هو السلوك الجديد، وواجهة التغير المناخي، فقد شوهدت تكرار حالاته في محافظة واسط للسنوات الأخيرة يخالط قضية الشحة المائية التي وجدت مرافقةً للجفاف.

من هذه المسوغات تنطلق فكرة هذا البحث لانتخاب محافظة واسط ميداناً، موعزين تساؤل **مشكلة البحث:** هل يمكن بناء نمذجة مكانية للتطرفات المطرية شرق محافظة واسط والتي يمكن أن تدرأ نقص الأمطار وتفاقم الجفاف، في حين ذهبت **فرضية البحث:** بإنه يمكن بناء نماذج مكانية قادرة على رصد نمو التطرفات المطرية، التي لابدّ أن تخفف آثار الجفاف، ليتم الاستجابة خلالها.

ولابدّ من تحديد **أهداف البحث:** على المدى القصير، والبعيد على حدٍ سواء ومنها: اتباع طرق علمية تُحدد الألية الزمنية والأبعاد المكانية لتكرار سنوات الجفاف وما يعقبها من أعوام رطوبة متطرفة، توصلنا لأبعاد مشكلة الجفاف الحالية بتباين مُفسر. وهنا تكمن **أهمية البحث:** في مجالها العلمي حول بحث السلاسل الزمنية لتأريخ عُمْرِ رصد الظاهرة، إذ أنَّ تتبع سلسلة طويلة من سنوات الجفاف وأعوام الرطوبة واتجاهاتها ستقود –حتمًا– الى وضع التنبؤ بما سيحدث من جفاف مستقبلًا، وذلك بمساعدة النمذجة المكانية والتحليل المكاني الاحصائي في برامج نظم المعلومات الجغرافية.

كما ويتحدد **البحث بالأبعاد** الجغرافية لمحافظة واسط، التي شغلت الجزء الأوسط الشرقي من العراق، بموقع قاري مهم، تحدها من الشرق إيران، ومن الشمال محافظتي ديالى وبغداد، ومن الغرب محافظة بابل والقادسية، وصولًا للجنوب إذ محافظتي ذي قار وميسان، وبلغت مساحتها إجمالًا (17153كم^2)[1]. خريطة (1). ومحافظة واسط –أساسًا– هي جزء من امتداد السهل الرسوبي، تستوي ارضها، وأقصى ارتفاعاتها عند أطرافها الشرقية.

خريطة (1) مواقع محافظة واسط والمحطات المناخية الرئيسة والضابطة لها



المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطة العراق الإدارية بمقياس (1:1000000) لعام 2018.

واستمد البحث بياناته الكمية من عشرة محطات مُناخية، جدول (1)، موزعة مكانياً بمنطقة البحث وضوابطها خريطة (1)، تقع أقصاها ارتفاعاً محطة إيلام عند (1319م)، وأدناها ضمن محطة الناصرية (5م)، وهنا قد يُكمنُ دور الارتفاع في خلق نطاقات مُناخية. لذا تمثلت المدة الزمنية البحثية بـ(75سنة) من 1944 الى 2018 وهذه المدة تعطيّ تفسيرًا واضحًا لاتجاه التغير المُناخي، مع التركيز على الدورة المُناخية الأخيرة بـ(2008–2018)، لأجل قياس فروق التأثير والتغير عبر الزمن، وهو من أهم مفسرات الجفاف الحالية ورصد تطرفاتها المطرية.

جدول رقم (1) المحطات المُناخية لمنطقة البحث والضابطة لها

ت	المحطة	الموقع الفلكي		الارتفاع عن مستوى سطح البحر(م)	صفة تمثيلها
		دائرة العراض N	خط الطول E		
1	الحي	32˚ 16	46˚.03	17	منطقة البحث
2	الكوت	32˚.62	45˚. 70	19	منطقة البحث
3	العزيزية	32˚. 98	45˚.06	25	منطقة البحث
4	بدرة	33˚.17	45˚. 90	64	منطقة البحث
5	بغداد	33˚. 25	44˚.06	31.7	ضابطة
6	الديوانية	31˚. 90	44˚. 88	20	ضابطة
7	الناصرية	30˚. 94	46˚. 18	5	ضابطة
8	العمارة	31˚. 81	47˚. 07	9	ضابطة
9	إيلام	34˚. 04	46˚. 69	1319	ضابطة / إيران
10	صفا آباد	32˚. 25	48˚. 41	82.9	ضابطة / إيران

المصدر: الباحث اعتماداً على الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، بغداد، وموقع محطات الرصد الإيرانية: www.chaharmahalmet.ir/iranrchive.asp .

ثانياً: البيانات والتقانات: Data and Methods

1. توصيف البيانات Dataset Description

اعتمد البحث نوعين من قواعد البيانات الرصدية Observation Data، هما: بيانات الأمطار الخام التي استمدتْ من وزارة النقل "الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي"، وشملت على البيانات الشهرية واليومية لفاصلة العقد الأخير. والنوع الثاني: بيانات تصريف كلالات الأنهار الشرقية لمحافظة واسط، التي تم الحصول عليها من وزارة الموارد المائية العراقية– المركز الوطني لإدارة المياه.

وفي البدء تم إجراء معالجة على بيانات الأمطار المفقودة إحصائيًا في برنامج (R) اعتمادًا على طريقة **المسافة الموزونة والارتباط المكاني** بين المحطات، وباستخدام طريقة المسافة الإحصائية Distance Statistical SD [2]. وبعدها تم اختبار تجانس بيانات الأمطار Data Rain Homogeneity Checks of.

2. الأساليب والتقانات Techniques and Methods

اعتمد البحث على عددٍ من تقانات تحليل البيانات Data Analysis Techniques، ومنها:

أ. **اختبار الاتجاه: *Trend Methods of Test*** : استخدم اختبار الاتجاه مان كاندل Mann–Kendall Test M.K وهو من الأساليب اللامعلمية non–parametric وأداة قيمة لفحص وجود الاتجاهات في البيانات، التي

أقرتها الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC واقترحته أيضًا المنظمة العالمية للإرصاد الجوية WMO [3].
إذ يستخدم أسلوب MK في تحليل الاتجاه والحصول على الاتجاهات المكتشفة بقيم الميل Sen's Slope التي تعبر عن قيمة الاتجاه وأهميته Sigعند مستويات معنوية مختلفة[4].

ب. **تحليل الجفاف المناخي :Analysis of Climate Drought** جرى تحليل الجفاف وفرز سنواته باستعمال دليل التساقط القياسي Standardized Precipitation Index SPI وهو دليل طورّه McKee (1993)[5].
في المركز المناخي في كولورادو، من أجل تحديد ومتابعة حالات الرطوبة والجفاف[6]. ويعد .S.P.I من بين أكثر الأدلة شيوعًا في رصد الجفاف[7]. وتشير القيم الموجبة لـ SPI إلى تساقط الأمطار بقيمٍ تزيد عن المعدل، في حين تشير القيم السالبة إلى تساقط أقل من المعدل، بمعنى آخر أنَّ الجفاف يتضح عندما تكون قيم (SPI) سالبًا، وينتهي عندما يصبح موجبًا[8].

أما لبحث التطرفات المطرية فأستخدم الدليل البسيط للشدة المطرية Simple Daily Intensity Index SDII، إذ يعد هذا الدليل من أدلة تساقط الأمطار المتطرف، أوصى باستعماله فريق الخبراء المعني بالكشف عن آثار تغير المُناخ، لتتبع اتجاهات كمية وشدة الأمطار المتطرفة، وتوزيعها استنادا إلى البيانات اليومية[9]. فهو يحقق تتبع تراكمية المطر وشدتها، ويستخرج إحصائيًا من خلال معدل التساقط المطري، مقسمًا على عدد الأيام الممطرة، التي تزيد أمطارها عن (1 ملم)[10][11]. ويمكن القول أننا أتبعنا في بحثِ خصائص الجفاف نهجًا إحصائيًا الذي أوردِ على إحصاء عدد تكرار السنوات الجافة Frequency، وحْدة الجفاف Drought Severity والتي تستخرج من مجموع قيم الجفاف بالاعتماد على نتائج دليل SPI، واستدامة الجفاف Drought Duration والتي تعبر عن استمرار عدد الأشهر، التي حدث فيها الجفاف –SPI [12][13][14].

ج.**تقنية نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems GIS:** وفّرت هذه التقنية التحليل المكاني لنتائج أدلة الجفاف، فقد حققت تحديد اتجاهاتها المكانية، بواسطة طريقة (IDW) المسافة المعكوسة الموزونة والتي تقوم فلسفتها على إمكانية تقدير قيم السطح بالنسبة لكل خلية بالاعتماد على قيمة ومسافة اقرب نقطة معلومة منها، بعدها متوسطاً موزوناً لقيم مجموعة من النقاط المجاورة المعلومة، إذ ان وزن النقطة القريبة يكون أكبر من وزن النقطة البعيدة من ناحية التأثير، ولتعزيز نتائج البحث تم تحليل المرئيات الفضائية للمدة الجافة (2012) والمدة الرطبة(2013) عن طريق مؤشر اختلاف الماء المعياري(NDWI).

ثالثاً: عرض نتائج البحث Results

1. تحليل اتجاهات الجفاف المناخي في المدى الطويل Long Term: رصدتْ سلسلة سنوات الجفاف وأعوام الرطوبة لنتائج دليل التساقط القياسي SPI لمحطات محافظة واسط ذات السجل المناخي الطويل الممتد لـ (75 سنة)، فوفقًا لجدول (2) يتبين وجود تغير للاتجاه من خلال معامل انحدار (*Sen's Slope*) لاختبار M.K، نحو تزايد سنوات الجفاف، وهذا التغير يمتلك معنوية إحصائية بواقع (95، 90%) لمحطتي الحي والكوت على الترتيب.

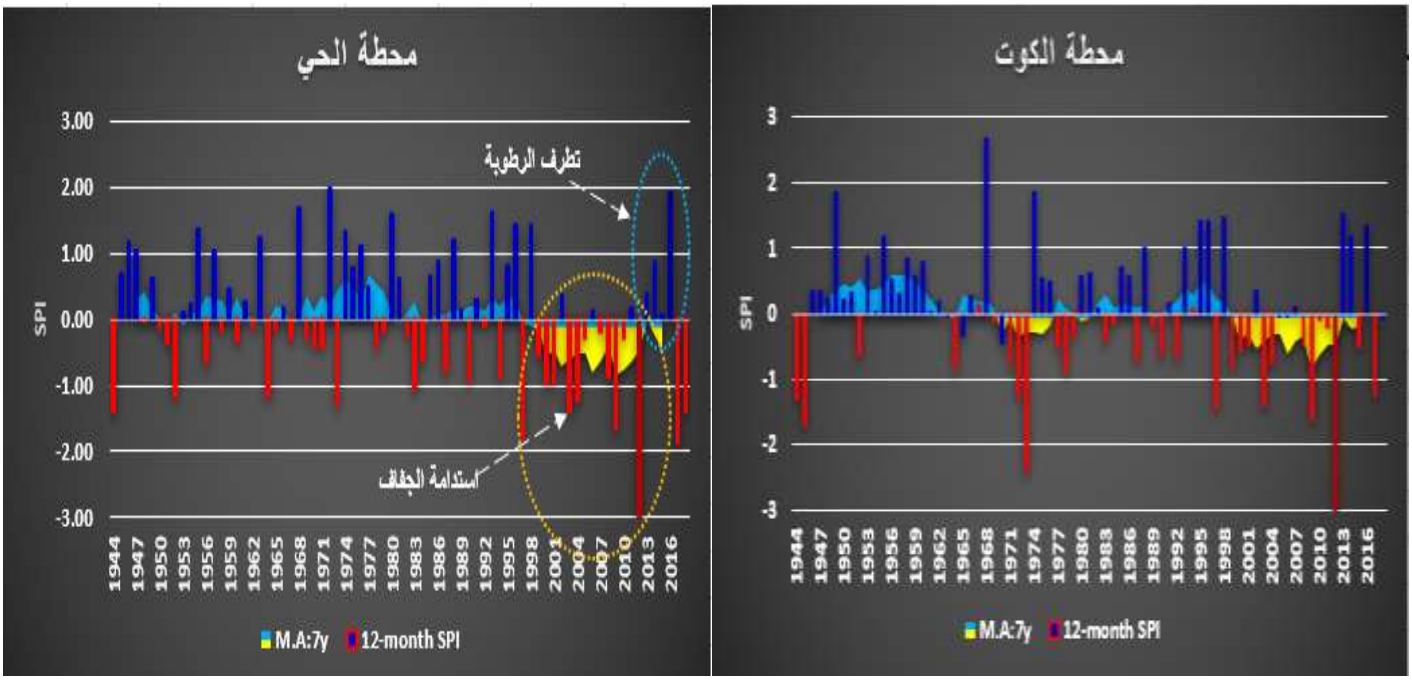
وإمعاناً باتجاهات سلاسل الجفاف في شكل (1): نؤكد أنه سادت عدد من دورات الجفاف (الرطوبة) متميزة في السلسلة الزمنية متداخلة الأسباب، يرسم امتدادات دوراتها وشدتها واستدامة تكرارها الوسط المتحرك السباعي M.A: 7y، فمن شكل (1)، سادت الرطوبة في بداية السلسلة، وأخرى في وسط السلسلة، وهي أعلى من متوسط أمطارها في معيار دليل SPI وتداخلها أخرى جافة، وإن الدورة الجافة الأخيرة من مدة البحث لم يسبق تكرارها في تاريخ السلسلة المرصودة منذ عام1944، والتي تكشف عن انتقاله حقيقية في اتجاه المنطقة المدروسة، نحو حصول مشكلة الجفاف من جانب، ومن جانبٍ آخر يعقبها بعض الأعوام المتطرفة الرطوبة واضحة بشموخها المتطرف، تعطي المؤشر الأول عن وجود أعوام من الرطوبة تتكرر بعد جفاف طويل، وهي المشكلة الحقيقية للبحث المطلوب دراستها. لهذا من جدول (2) بلغ تكرار السنوات الرطبة في المعدل كل (1.6، 1.7 سنة) لمحطتي الحي والكوت على التوالي، في حين يتباعد تكرارها لفاصلة العقد الأخير لتحصل كل (2.2، 3.7 سنة) وهو المؤشر الأول حول أهمية تكرار الأعوام الرطبة وانتظار وصولها.

جدول (2) اتجاه سنوات الجفاف ومقارنة أطوال الأعوام الرطبة

المحطة	الاتجاه	M.K	Sig	أطوال الأعوام (2007- 1944)	أطوال الأعوام الرطبة (2018-2008)
الحي	تزايد الجفاف	-0.011	**	1.6	2.2
الكوت	تزايد الجفاف	-0.006	*	1.7	3.7
Sig	**	0.05		*	0.1

المصدر: الباحث اعتمادا على نتائج برنامجي Drin C (SPI) و(M.K) XLSTAT.

شكل (1) الاتجاه الخطي لتأريخ سلسلة سنوات الجفاف وأعوام الرطوبة لمحطتي الحي والكوت



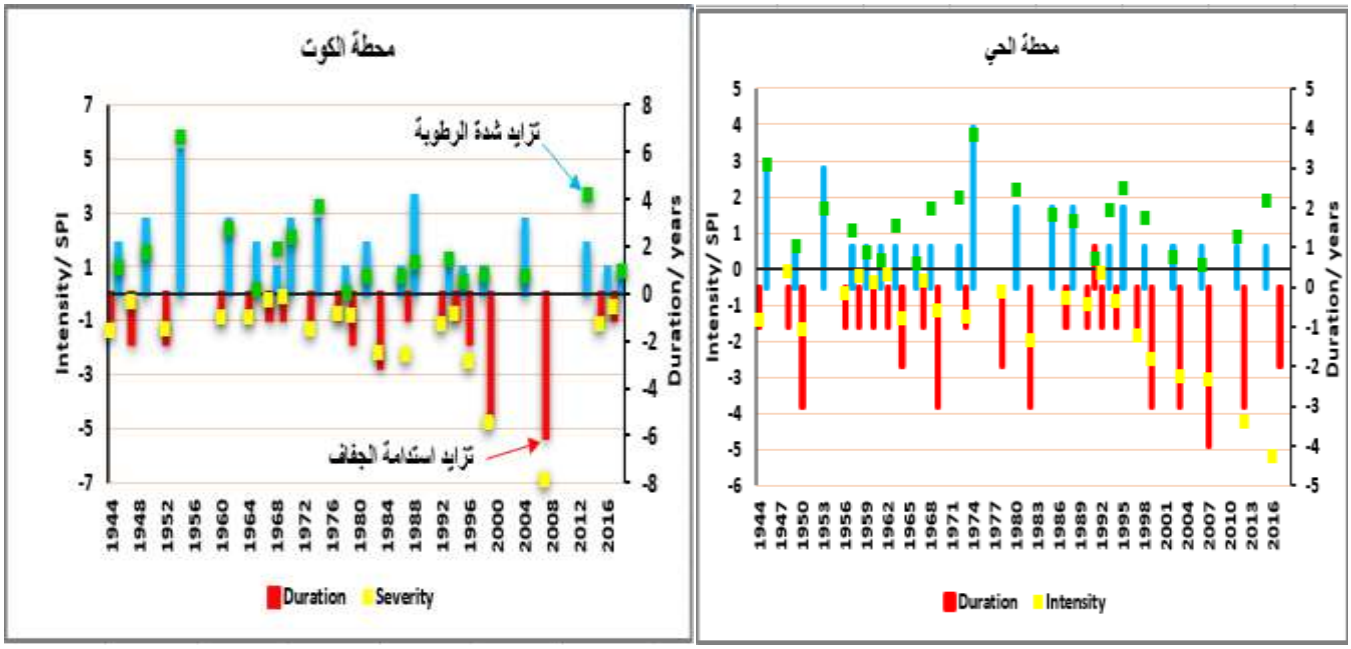
المصدر: الباحث بالاعتماد على الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، بغداد، وموقع محطات الرصد الإيرانية: www.chaharmahalmet.ir/iranrchive.asp .

2. تتبع الأعوام الرطبة في مقاييس الاستدامة والشدة: ما تقدمه هذه الفقرة هو إمكانية البحث في السجل التاريخي حول طبيعية الأعوام الرطبة، وهل فعلاً كانت المدة الأخيرة تشهد تطرفات مطرية، التي من خلالها نؤكد للجهات التنفيذية بان تحليلاتنا المُناخية، أجمعت على وجود سنوات رطبة متطرفة متحققة الافتراض العلمي. فمن شكل (2) نلاحظ بشكل عام أن توزيع أطوار استدامة الرطوبة وشدتها تتخذ توزيعاً غير منتظم في أطوال دورات الرطوبة، وهذه صفة تمتثل إليها مناطق الحدود المناخية (شبه المدارية)، كما ونؤكد نتائجنا من الشكل ذاته على أمرين: الأول تركز استدامة عالية لدورات الأعوام الرطبة سابقاً، وتناقص أطوالها لآواخر السلسلة، والأمر الثاني: وجود تقارب بين أعمدة الاستدامة لدورات الأعوام الرطبة السابقة، وحصول تباعد للأعوام الأخيرة.

وبلا شك أن تباعد الاعوام الرطبة ضمن عقدا الالفيّة يؤكد تركز استدامة وشدة سنوات الجفاف، وهذا واضح من شكل (2) إذ ازدادت أعمدة الاستدامة الجافة، ومعنى ذلك أن استدامه الجفاف بتوالي السنوات يرفع قيم مجموع الشدة، لأنها تترك تأثيرها بتراكمية ووفقا لطبيعة شدتها ونظام تكرارها، لكن ليس هذا فحسب

فالتكرار المنفرد للأعوام الرطبة اخفض أعمدة الاستدامة وبقيت الشدة مرتفعة، ويعني لنا ذلك أنها متطرفة الرطوبة، تكرارها جاء بانفراد ووسط حالة من الجفاف المستدام شدةً.

شكل (2) أطوال استدامة دورات الرطوبة وشدتها.



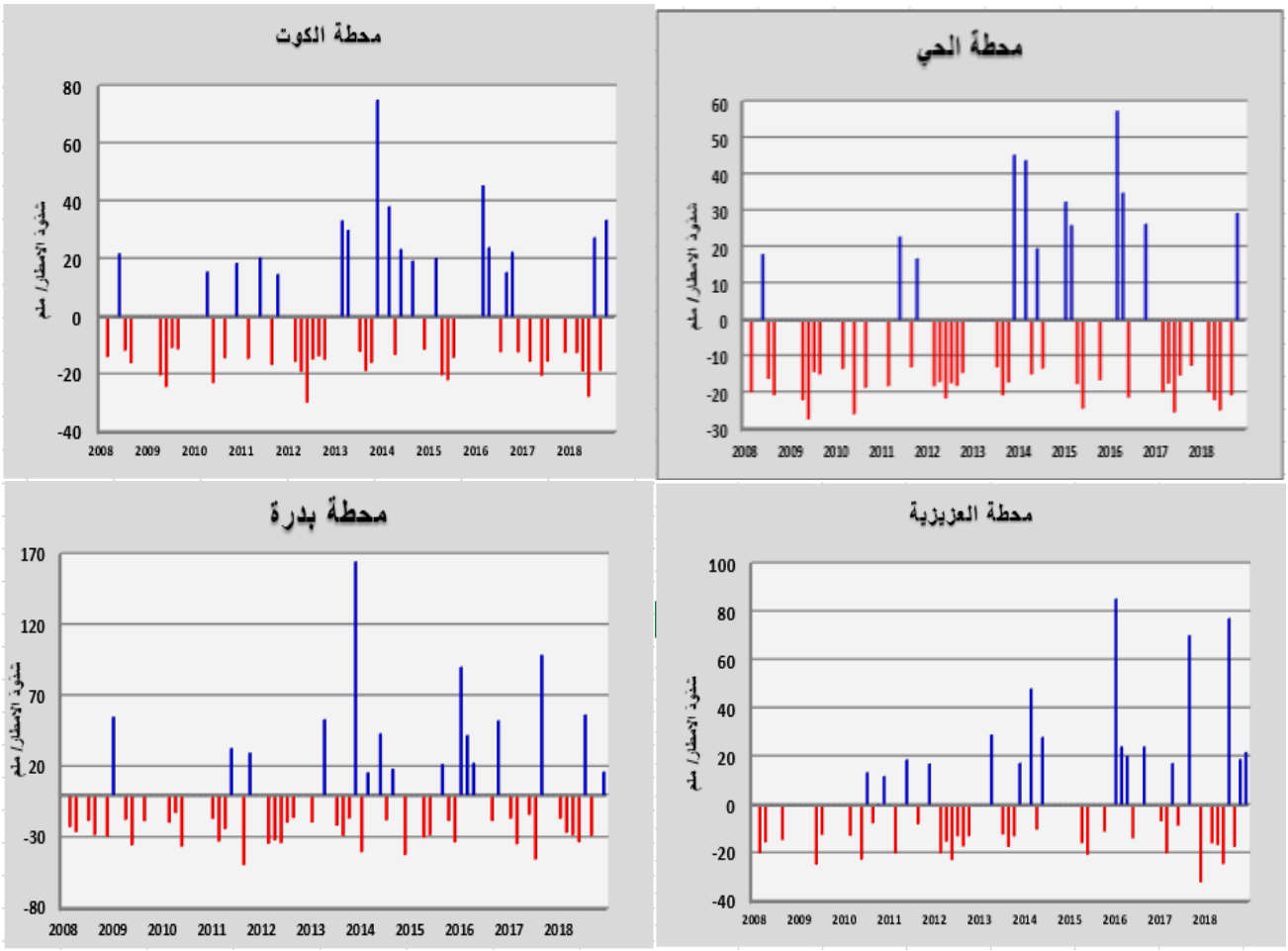
عدد أعوام استدامة الرطوبة		عدد سنوات استدامة الجفاف	
شدة الرطوبة		شدة الجفاف	

المصدر: الباحث بالاعتماد على الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، بغداد، وموقع محطات الرصد الإيرانية: www.chaharmahalmet.ir/iranrchive.asp .

3. نمط التكرار الزمني للأمطار المتساقط فوق المحافظة:

تظهر الشذوذات المطرية لفاصلة العقد الأخير (2008–2018) وضمن محطات البحث الأربع، أن التوزيع الشهري يظهر استدامة متقاربة للأشهر الجافة، التي تكاد أن تكون شدتها متشابه، يخالطه أشهر رطبة اختلفت في شذوذ زياداتها، فمن شكل (3) اتضحت حالة التطرف وتوزيع الرطوبة وبرزت مشكلة الجفاف المستدام مع ذلك رغم الزيادات المبلغ عنها مطرياً هي قليلة إذا ما قورنت بنسب الجفاف، واحياناً التطرف يسرب حقيقة ان هناك رطوبة لكن هي بغطاء التطرف.

شكل (3) مسار الشذوذ الشهري لاستدامة نقص الأمطار وتزايد تطرفها (2008-2018).

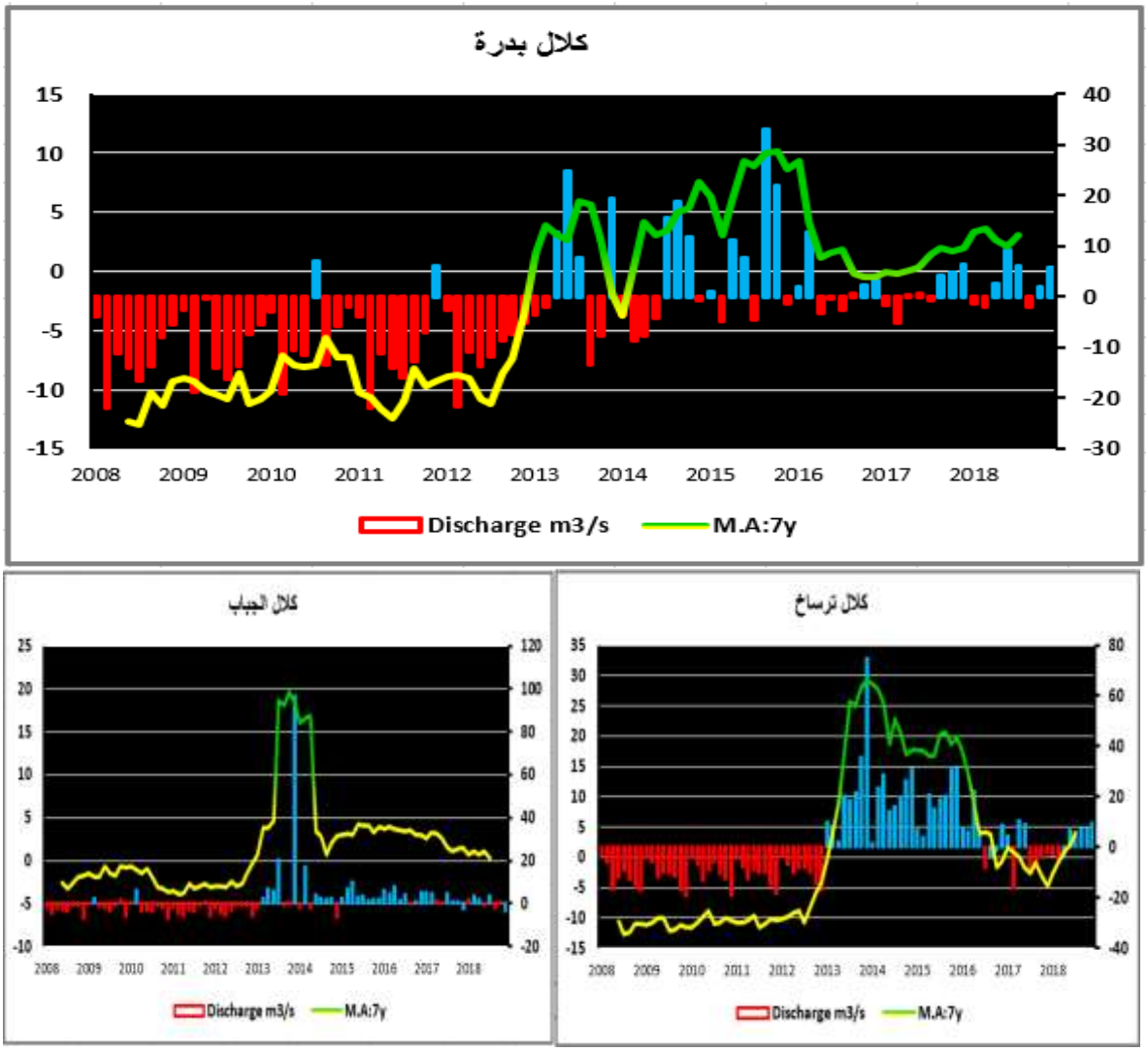


المصدر: الباحث بالاعتماد على الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، بغداد، وموقع محطات الرصد الإيرانية: www.chaharmahalmet.ir/iranrchive.asp .

4. نمط التكرار الزمني للإيراد المائي الداخل للمحافظة:

يتخذ النمط الزمني للإيرادات المائية في الكلالات الشرقية للمحافظة شكل (4) تطابق بعلاقته مع نمط التساقط المطري في شكل (3)، فاللافت للاهتمام أن حجم التطرف في جريان الكلالات يأتي بعد استدامة طويلة من توقف الجريان، وهذا ما يحدد مكاسب البحث العلمية حول مراعاته بحث الأعوام المتطرفة، التي هي البدائل المتاحة من تعافي استدامة الجفاف.

شكل (4) مسار الشذوذ الشهري لتوقف التصريف وتزايد تطرفه (2008-2018).



المصدر: الباحث بالاعتماد على الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، بغداد، وموقع محطات الرصد الإيرانية: www.chaharmahalmet.ir/iranrchive.asp .

5. نمذجة النمط المكاني لأشد سنة جافة وعاماً رطباً؛ وانعكاسهما في الغطاء المائي NDWI:

في هذه الفقرة نقدم مقاربات جديدة حول تغير أنظمة الجفاف عبر منحنيات الامتداد الزماني والمكاني، لجعل إمكانيات التكيف قريبة، فقد حُظيت الشروط الجغرافية بأبعاد المكان، والزمان بتوظيف تفصيلي للتطرفات المطرية، في معالجة الامتداد المكاني أو ما يسمى " Drought of Spatial-temporal Modelling"[15]. الذي يبنى على ربط تغاير التحليل المكاني للجفاف مع الزماني وذلك ببناء أنموذج مُناخي

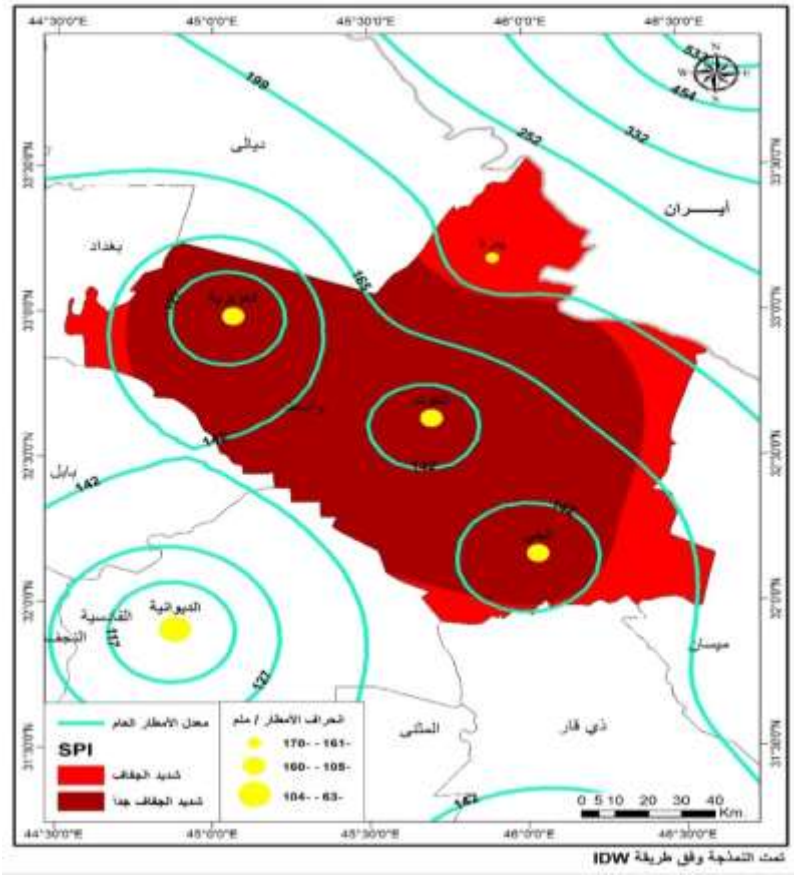
للحالات الشديدة (النمذجة المكانية)، وخلالها تم "توظيف التفاعل Recruitment of Interaction"[16]، والتي تُبنى على تثبيت معدل الأمطار العام لكل مدة البحث، مع مراقبة شذوذ الأمطار زيادةً (نقصاناً) عن المعدل ومدى تطابقها لحالة فئات SPI للرطوبة (الجفاف)؛ ليتم تفسير حالة التطرفات المطرية (الجفاف المستدام).

رجوعاً لشكل (1) لملاحظة اتجاهات عقدا الالفية الأخيرين، نلاحظ أن أطول دورة جفاف وقعت في السجل المُناخي للمحافظة منذ 1999 وانتهت بـ 2012، وقد سجلت السنة الأخيرة 2012 ليس أشد سنة فحسب، وإنما هي تعتبر نهاية تراكمية جفاف مستدام، فمن خريطة (2) تظهر النمذجة هذه السنة، شغلت فئة شديد الجفاف هيئة مكانية امتدت شرق المحافظة بنسبة(23%)، في حين سادت فئة شديد الجفاف جداً والتي وجد أنَّها تحتفظ بأعلى نسبة مكانية من المحافظة (77%)، وقد أَلِمَتْ هذه الفئة بكل النطاقات المكانية للمحافظة، فهي غير مسبوقة الحدوث في سجل الجفاف منذ عام 1944، انخفضت الأمطار بفئة (_170–161–ملم) ضمن خط مطري (199 ملم)، وبـ (105–_160–ملم) ضمن خط مطري (142 ملم) وبـ (–63–_104ملم) لخط مطري (127 ملم)، وهذا يعني أنَّ الجفاف شمل أكثر من (75–90%) من الحصة المطرية بحسب ما تلخصه النمذجة المكانية.

وقد أثر هذا الظرف المناخي سلباً على الإيراد المائي إذ سيكون للنقص الهائل في الأمطار آثارها على الموارد المائية، وفعلاً خلال مدة الجفاف الطويلة، ازدادت حدة ومشكلة شح المياه وندرتها وتفاقمت أوضاع الجفاف، وزاد العجز المائي مع ما يحصل من تدني الأمطار وانقطاع وجفاف نهر الكلال لينخفض تصريف كلال بدرة والجباب وترساخ إلى (81–، 23–، 79– م3/ثا) على الترتيب[17]، بمعنى أنها تتعرض للجفاف، صورة (1)، في قبال ذلك ارتفعت متطلبات الزراعة نتيجة لقسوة المناخ في النظم الطبيعية، وازادت متطلبات الأنسان بالتوجه نحو الموارد المائية، ولاسيما الزراعة حيث كان للتكيّف الإجباري على استنزاف الموارد البديلة وكما حدث بالتحول نحو مهاجمة المياه الجوفيّة لاسيما مناطق شرقي المحافظة.

وترسم ملامح الجفاف صورتها الواضحة في الإجهاد المائي Water Stress الذي لا مناص منه، لتصبح كل النطاقات المكانية تحت أخطر خط للإجهاد وذلك وفقاً لتحليل مؤشر تغير الغطاء المائي NDWI الذي بلغت نسبته (3.79%) من مساحة المحافظة لسنة 2012 كما مبين في خريطة (3). فلعل محاولتنا لعرض السنة الجافة هو لزيادة الاستدراك لحجم الخطر الذي هدده الجفاف وإيجاد الحلول لهذه المشكلة.

خريطة (2) النمذجة المكانية لأنماط الجفاف في أشد حالة سنة 2012.



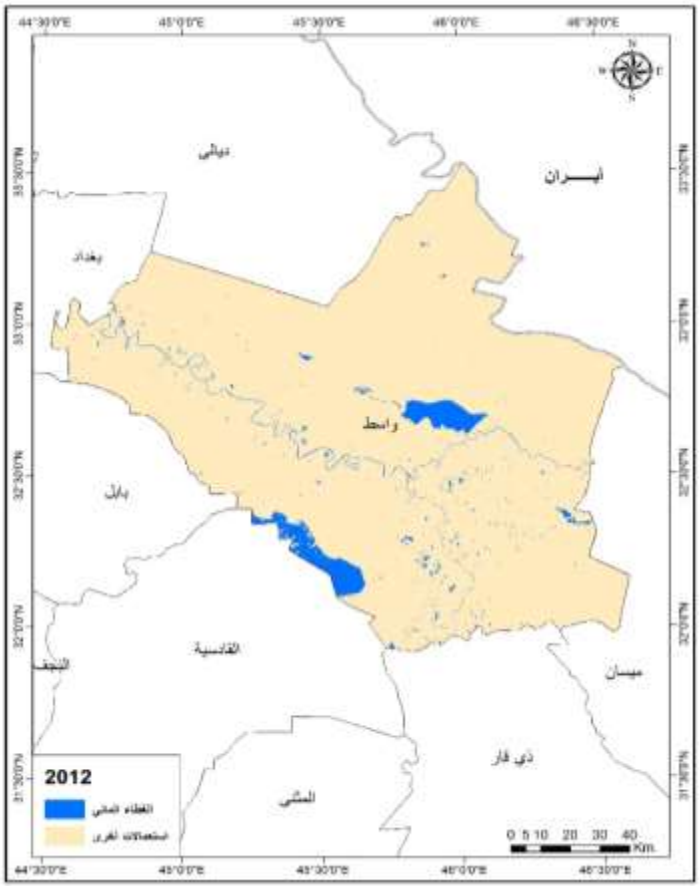
المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطة العراق الإدارية بمقياس (1:1000000) لعام 2018.

وبيانات شكل (1).

صورة (1) جفاف نهر كلال بدرة ونهر الجباب في محافظة واسط

التقطت الصورة بتأريخ 2010/7/21.

خريطة (3) تحليل مؤشر تغير الغطاء المائي NDWI خلال أشد سنة جافة (2012)

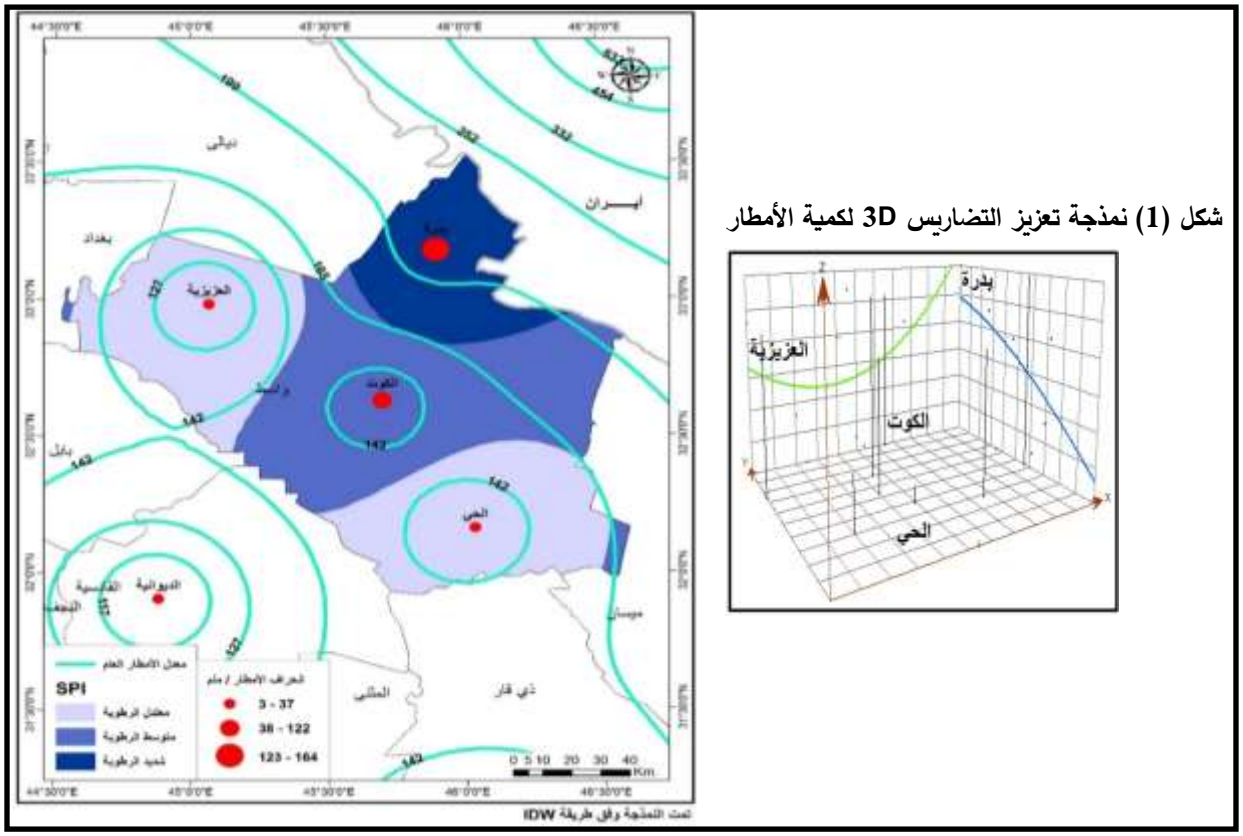


المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطة العراق الإدارية بمقياس (1:1000000) لعام 2018.
والمرئية الفضائية الملتقطة من القمر الصناعي لاند سات 8 لعام2012 باستخدام الباند الخامس والسادس.

وبالتوجه مباشرةً نحو 2013، فقد سجل SPI عاماً رطباً، غيّر مسار السلسلة بشكل مفاجئ من السالب إلى الموجب، وقد حُققت هذه الأوضاع في الامتداد المكاني ظهور فئات الرطوبة في خريطة (4) بأنْ تتركزُ حالة شديد الرطوبة في الجزء الشرقي من المحافظة بواقع (16%)، يرافقهما أقصى فئة شذوذ موجب للأمطار (123–164 ملم) وذلك ضمن خط مطري (199 ملم)، بمعنى أنها فاقتْ معدلها بنسب الزيادة (82%). وبعدها تمتد فئة متوسط الرطوبة لتقع وسط المحافظة، محصورة الامتداد بين الشرق والشمال والجنوب، تبلغ نسبة امتدادها المساحي (39%) بشذوذ فئة (38–122 ملم) لتبلغ زيادتها بواقع (88، 73%) عن خط معدلها العام (42–165 ملم). في حين تتوزع معتدل الرطوبة بنسبة (45%) في الجنوب والشمال من المحافظة.

يتضح أنَّ النمذجة المكانية حققت حالة الاقتران المكاني بين دور ارتفاع التضاريس وشذوذ الأمطار واتجاه قدوم السيول. فقد تحددت فئات الرطوبة بالتعزيز التضاريسي كمستشعرات أرضية، إذ وجدت الدراسات المتأنية أنَّ دور التعزيز التضاريسي في المنخفضات الجبهوية يمكن إنَّ يسقط الأمطار مرتين أو ثلاثًا أكثر من التي تسقط على الساحل المستوي[18]. ومن خلال خاصية فحص واستكشاف البيانات (Explorer data) في أداة التحليل المكاني الاحصائي (Geostatistical Analyst) ضمن خيار (Trend Analysis) ووفقاً لشكل (1) نلاحظ أن الخط الأخضر يشير الى ارتفاع قيم SPI من الجنوب الى الشمال، وارتفاع قيمها كذلك من الغرب نحو الشرق في الخط الأزرق، مع وجود انحناء واضح في الخطين باتجاه الشرق، وهذا يؤكد وجود مؤثر خارجي يزيد الأمطار شرقاً في منطقة البحث على الرغم من قدوم المنظومة الجوية من الغرب، وهو بالتأكيد عامل تعزيز التضاريس المطري.

خريطة (4) النمذجة المكانية لأنماط الرطوبة في أشد حالة لعام 2013.



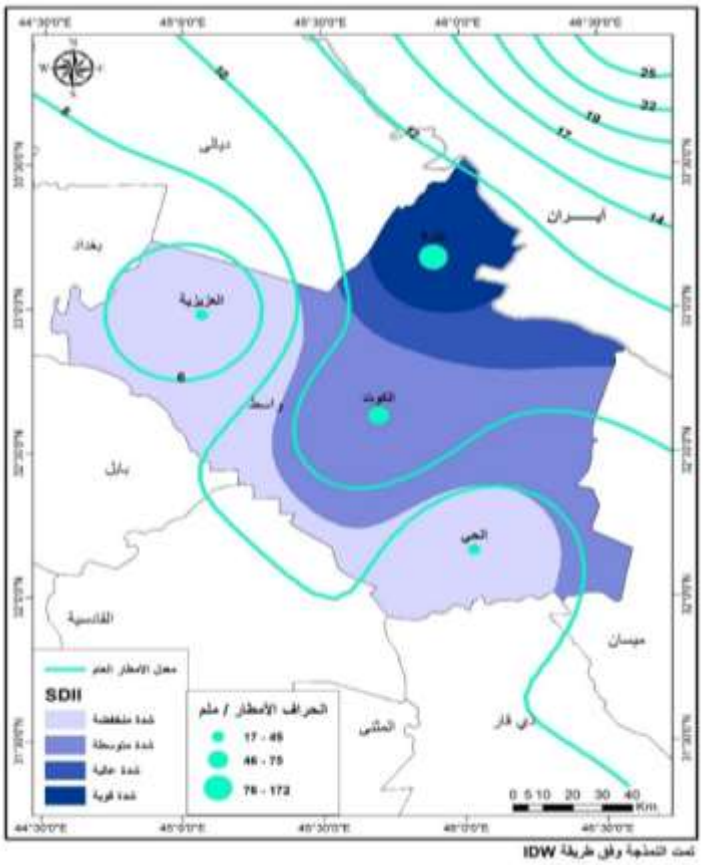
شكل (1) نمذجة تعزيز التضاريس 3D لكمية الأمطار

المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطة العراق الإدارية بمقياس (1:1000000) لعام 2018. وبيانات الشكل (1) ومخرجات برنامج Arc GIS 10.8.

وقد يتطابق بديهياً طرح عنوان البحث أن التطرفات المطرية تبوأت مكانياً شرق محافظة واسط، إذ فرضت الظروف التضاريسية دورها في أن تكون شرق محافظة واسط واحده من الأماكن المعرضة لجميع مسيلات التطرفات المطرية الغزيرة المنعكسة صورها في الجريانات السطحية للكلالات والسيول المائية، فقد ارتفع تصريف الكلالات بشذوذ (38، 190، 128 م3/ثا) عن معدلاتها السنوية (4.7، 24، 16 م3/ثا) لكلال بدرة وترساخ والجباب على الترتيب.

وبالتعمق التفصيلي أكثر ضمن العام 2013، نجد أنه سجّل خلال شهر مايس أعلى نسب الموسم المطير، فقد شذت تطرفات الأمطار عن معدل الشهر، وكل هذه التساقطات حصلت خلال (4–6 يوم)، وعليه تم تطبيق دليل SDII وخلاله وجد أنَّ كميات الأمطار المتطرفة تتحدد بهيئات مكانية ووفقاً لخريطة النمذجة (5) يظهر تطرف التنوع المُناخي مخالطًا ثلاث فئات مطريَّةٍ: منطقة تقع أقصى شرقي المحافظة بنسبة (10%)، وتمثل فئه أعلى مُعدلات الأمطار المتطرفة لـ SDII :شدة قوية وعالية مسجلاً شذوذ (76–172 ملم) عن خط معدلها المطري (10–12 ملم)، والفئة الثانية تظهر ضمن شريطيًا ممتدًا وسط المحافظة بنسبة (39%) في SDII شدة متوسط، بشذوذ (46–75ملم) لخط مطر (10 ملم)، وفئة لشمال وغرب المحافظة بنسبة (42%) وتشمل المنطقة الأقل تطرفا بـ SDII شدة منخفضة بشذوذ (17–45 ملم) لخط مطر (6–8 ملم)، وهنا توصلنا إلى مفهوم تطرفات الأمطار التي احتضنها هذا البحث وريادة نجاح نماذجه المكانية.

خريطة (5) النمذجة المكانية لأنماط الرطوبة في شهر مايس من حالة عام 2013.



المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطة العراق الإدارية بمقياس (1:1000000) لعام 2018. وبيانات الشكل (1) .

نستنتج من ذلك كله أن التغير المُناخي بلور صور التطرف المطري بإن يزاد المعدل اليومي في بعض الأيام عن المعدل الشهري، وهو ما رجحه دليل SDII. وهذا يبين أن الزيادة هي تطرف نظرًا لعِظَم ازدياد كمياتهما وليس زيادة فعلية تراكمية، إذ تدخل كميتها ضمن مدة زمنية وجيزة، وتشهد باقي الشهور جفافًا، هو ما يحدده شدة التطرف المطري ومدى تكيف النظم البيئية، وهو أيضا ما يقلل فاعلية الأمطار التي تدخل إلى النظام الهيدرولوجي مباشرة وتتلاشى أهميتها، إذا لم تجابه باستراتيجيات التكيف معها. ومعنى ذلك أن هناك سنوات جفاف تصل إلى أدنى حدودها وأعوام رطوبة تصل إلى أعلى أضعاف تطرفها، لهذا امتازت أمطارنا بالنظام العشوائي، ومن الصعب جدًا الوقوف على اتجاهاتها المستقبلية، لأنها تمتلك أعلى معاملات التذبذب[19].

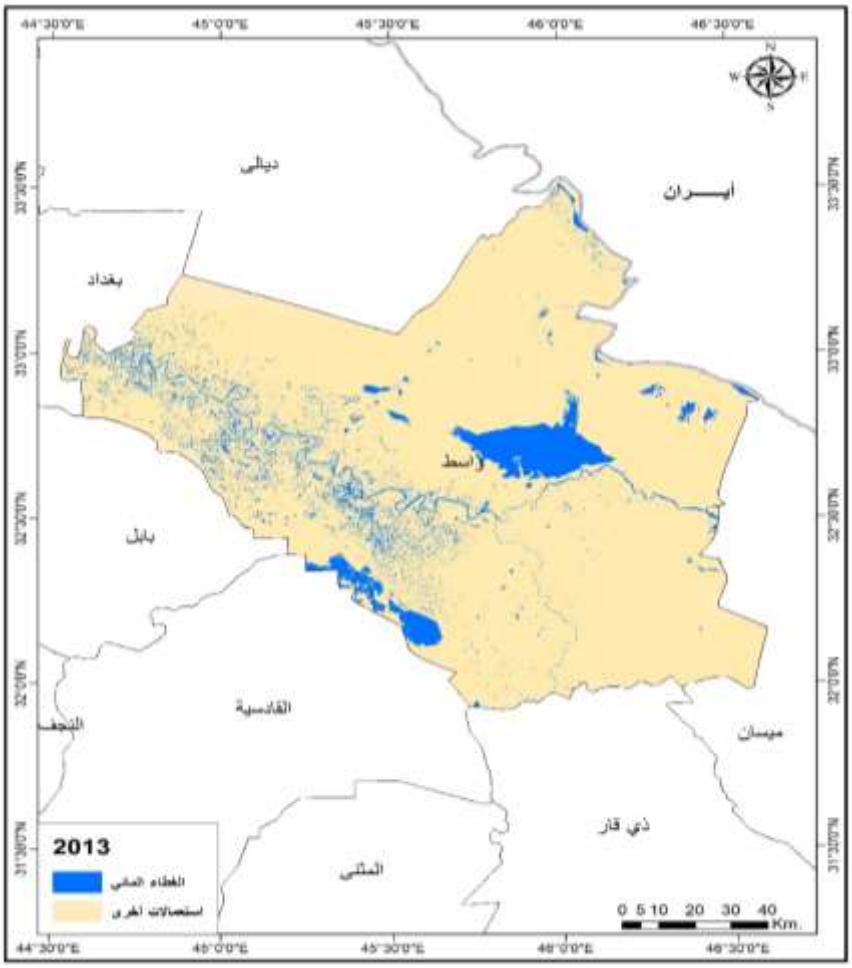
واللافت للاهتمام يظهر حجم الفوارق فيما اختلفت به المعدلات المطرية من تراجع مستمر إلى تزايد مفاجئ بين سنة 2012 وعام 2013، على الرغم من قصر المسافة الزمنية، وقد تترك هذه الحالة الجوية آثارها البيئية في تساقط أمطار تميزها الشدة وتفتقر إلى الاستمرارية.

وبالفعل طغت سيول المياه من احداب المحافظة الشرقية، خطوط الامطار في خريطة النمذجة (5) تكاد أن تلخص مسار السيول من الشرق، إذ كلالات الأنهار الشرقية جلبت تصاريفاً تنحرف فوق معدلاتها بمئات الأمتار المكعبة، وهي تندلع بحالة السيول. ولقد غطت المياه نسباً عالية من المحافظة بلغت نسبتها (8.5%) في خريطة الغطاء المائي (6) وهي تزيد عن سنة الجفاف في خريطة (3) بواقع (4.8+%)، ونظراً لحجمها الهائل فقدت السيطرة ودخلت للنظام البيئي للمحافظة بتسارع، فلم تستجيب قنوات المياه لاستيعابها، والزراعة لتأثيراتها، وطرق النقل والمساكن لدمارها، لهذا قطعت الطرق لتمريرها، صورة (2)، ومقابل ذلك ذهبت كميات كبيرة من المياه الى الخليج العربي، ولم يتم حصادها وتخزينها، بعد انتظار طول مدة استدامة للجفاف.

صورة (2) سيول الأمطار تطال المناطق السكنية والزراعية في قضاء شيخ سعد

Retrieved from: http://almadapress.com /ar& ww.iraqhurr.org.

خريطة (6) تحليل مؤشر تغير الغطاء المائي NDWI خلال أشد سنة رطبة (2013)



المصدر: وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، شعبة انتاج الخرائط، خريطة العراق الإدارية بمقياس (1:1000000) لعام 2018. والمرئية الفضائية الملتقطة من القمر الصناعي لاند سات 8 لعام2013 باستخدام الباند الخامس والسادس.

رابعاً: مناقشة النتائج، ووضع سبل التنمية والتكيف مع التطرفات المطرية

نضع في مناقشتنا أن هذا البحث يقدم الصدارة لمشكلة التطرف المطري من خلال اختزال سنوات الجفاف، التي تم تخطي مناقشتها، فالأولى تؤل لحلول الثانية، كما أن تركيزنا على الأعوام الرطبة، ظهر سعياً لإعطاء الرؤية، لكيف ستواجه المحافظة آفاق الجفاف الطويل الأمد مقابل متطرفات مطرية متباعدة في ظل تغير المُناخ.

أوضحت الدراسة أن التطرفات المطرية فوق محافظة واسط التي تم نمذجتها بأدلة الجفاف (SPI, SDII) لعلها وُجدت متناسقة مع التغيرات المُناخية الحديثة، إذ رجح تقرير الهيئة الدولية المعنية بتغير المُناخ IPCC في أقل تقدير زيادة مساحة الأراضي المتأثرة بالجفاف، ومدى تكرار حالات التساقط المتطرف[20]. وقد أشارت بعض الدراسات أن مُناخ الاحترار Warming Climate، يتزامن مع أشد درجات التساقط الشديدة، ويرجع ذلك على الأرجح إلى زيادة قدرة الغلاف الجوي على الاحتفاظ بالمياه[21]. كما وتشير العديد من النماذج الرياضية لحركة المُناخ (GCMS)، إلى احتمالية تغير أنماط التساقط لتتراوح بين الجفاف المتكرر والأعاصير المطرية الشديدة[22]. ووفقا للأبحاث المتاحة سوف يشهد المستقبل زيادة كبيرة في ظواهر سقوط الأمطار الغزيرة، في عدد من المناطق، بما فيها المناطق التي يتوقع أن يقل متوسط سقوط الأمطار فيها[23]. وهذا مرجح من قبل (IPCC) بأنه متوسط تساقط الأمطار نحو الاتجاه التنازلي على الرغم مما ستظهره أحداث الطقس الشديد في تزايد مستمر[24]. ولعل استخدامنا الدليل البسيط للشدة اليومية SDII له دورًا مهمًا في تفسير الأعوام الرطبة الأخيرة، بأنها كثافة تساقط Heavy Precipitation، وليس زيادة فعلية، ومن المجدي أن ننظر في اتجاهات الأيام الممطرة وشدتها.

إذ يتفق البحث الحالي مع دراسات الوجه الثاني للجفاف المُناخي وهي متطرفات الرطوبة، فمثلًا أشارت دراسة: [25](***Gao, Wang***) في الصين، فوق حوض النهر الأصفر، أن دليل شدة المطر اليومي البسيط SDII بين انه يتجه نحو التزايد في شدة المطر المتطرف، عليه فقد ازدادت كوارث الفيضانات الناجمة عن الجفاف. ودراسة [26](***Irannezhad,et al.,***) في فلندا بين خلالها دليل SDII زيادة كبيرة في كمية سقوط المطر المتطرف، مع طول نوبات الجفاف. وبحسب نتائج دليل SDII في إيران، فقد تم العثور على الاتجاهات الإيجابية المتزايدة للمطر المتطرف على حساب تراجع عدد الأيام الممطرة[27]. وبمثل هذه النتائج لدراسة (***Yosef, et al.,***) تم تحديد الاتجاهات المحتملة في أقصى تساقط للأمطار الغزيرة، واستنتج وجود اتجاه متزايد في جميع أنحاء فلسطين المحتلة،[28].

والذي يهمنا في هذا البحث التأكيد على **آليات تنمية** الأعوام الرطبة، فهي الآفاق المستقبلية للتكيف مع الجفاف، فقد عُدتْ IPCC **التكيّف** Adaptation بإنه المبادرات والتدابير التي ترمي إلى الحد من تعرض النظم الطبيعية والبشرية لتأثيرات تغير المناخ الحالية أو المتوقعة، ويمكن التمييز بين أنواع عدة من

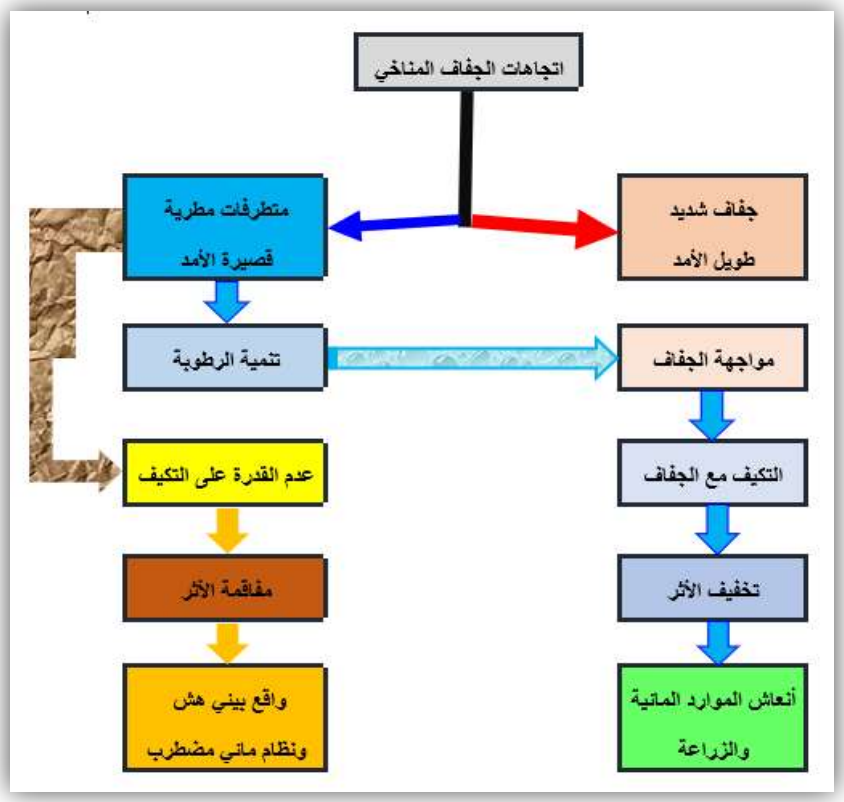
التكيف، مثل التكيف الاستباقي والتفاعلي، والتكيف الخاص والعام، والتكيف الذاتي والمخطط. ومثال ذلك إنشاء السدود على الأنهر أو مصدات الفيضانات على السواحل[29].

وإذا لخصنا خريطة النظام المُناخي للنماذج المكانية المدروسة، نجد أن محافظة واسط وقعت في ظل تغير المناخ تحت وتيرة الظواهر المتطرفة (جفاف وفيضانات)، فهي لم تنمي الفرص المائية المتطرفة، التي جاءت بعد جفاف طويل ولهذا أصبحت الأكثرُ تأثراً بسبب تأخر التكيف، لهذا عُدّتْ من البلدان النامية المعرضة للتغير المناخي في المقام الأول بسبب محدودية القدرات التكيفية [30]. وفي واسط يتوقع أن ممن سيواجهون الخطر الأكبر هم سكان الريف، ويتأثر الانتاج الزراعي (سلة خبز العراق)، بسبب محدودية الوسائل المتاحة لهم للتكيّف مع تغير المناخ والحد من وطأة آثاره [31] .

فحالة السيول التي مرت على محافظة واسط ونتيجة التغير المناخي واجهت سوء التكيّف معها، وهذا فاقم من الضعف حيال تأثير التغير المناخي، بدلاً من الحد من التأثيرات وتخفيف وطأته[32]. في حين أن الدول التي لها القدرة على التكيّف مع اتجاه التغير المناخي سبيلها هو حصاد المياه. **فحصاد المياه Water Harvesting:** هو أحد أساليب التنمية والتكيّف في الموارد المائية تجاه تغير المناخ، وتخفيف Mitigation وطأة ظواهره المتطرفة. ويصطلح حصاد المياه على أيّ عملية تنفذ من أجل الاستفادة من مياه الأمطار، ولتكن بطريقة مباشرة عن طريق تمكين التربة من تخزين أكبر قدر ممكن من مياه الأمطار الساقطة عليها وتخفيف سرعة الجريان، أو بطريقة غير مباشرة وذلك بتجميع مياه الجريان السّطحي واستعمالها لأغراض الري التكميلي أو لتغذية المياه الجوفية، لهذا يعد حصاد مياه السيول من الوسائل المثلى لتوفير المياه خاصة في المناطق الجافة [33].

والحل المتاح الذي يضعه البحث هو **السعي لسبل التنمية ومواجهة الجفاف لتخفيف شدة الأثار** ودرء المخاطر حيال تداعيات تغير المُناخ، ووضع حدود مسارات التكيف المستقبلي في المحافظة حول تنمية التساقط الشديد مخطط (1)، فهو مرجح جداً وله آثاره على نوعية المياه السطحية وتلوث امداداتها، الا أنُ من الممكن إن يخفف ندرة المياه[34]. والأعوام المتطرفة هي طرح البدائل وإذا ما تركت تحولت كارثه، فهي تضفي مفاقمة الأثر وعبأ يضاف الى الجفاف. فمياه السيول المطرية هي المصادر المعتمدة في العديد من دول العالم، ولعل نقل التجربة ذات أهمية في درء المخاطر فالتكيف لا ينجح الا بوجود التنمية.

مخطط (1) مسار الجفاف المناخي في ظل تغير المناخ وسبل التنمية والتكيف



المصدر: الباحث بالاعتماد على خلاصه النتائج وتقارير IPCC.

خامساً: الاستنتاجات Conclusions:

1. إنّ تغير المُناخ انعكس بشكل خاص، على اتجاهات الجفاف المُناخي بزيادة وتيرة ظواهره المتطرفة (جفاف وفيضانات)، وحسب الزيادة الأخيرة للرطوبة فأنها تتجه للغزارة وليس للرطوبة نفسها.
2. أظهرت نتائج البحث قيما ذات دلالة إحصائية تشير لوجود اتجاه عام نحو الزيادة في سنوات الجفاف، يرافقها تباعد في أعوام الرطوبة لتحصل كل (2.2، 3.7 سنه) في الحي والكوت على الترتيب، ونتيجة لهذا السبب حصلنا على مؤشر تزايد استدامة حدة سلسلة سنوات الجفاف.
3. تتناقص استدامة الأعوام الرطبة لكن بحدة عالية والتي ترمز لحصول التطرف. هذه المؤشرات شهدها العقد الثاني من الألفية، إذ سجلت التطرفات أعوام إغاثة مائية لتعويضات نقص الجفاف، ووجدنا أنها تميزت بشدة التطرف خلالها إذ ترتفع الأمطار، لاسيما محطة بدرة الشرقية بواقع (164 ملم)، عن معدلها العام (204 ملم) وهي تسقط لغضون أيام لتوصف بالشدة القوية في دليل SDII.

4. وفي حالات الجفاف ترسم ملامح صورتها الواضحة في الإجهاد المائي، لتصبح كل النطاقات المكانية تحت أخطر خط للإجهاد وذلك وفقاً لتحليل مؤشر تغير الغطاء المائي NDWI الذي بلغت نسبته (3.79%) من مساحة المحافظة لسنة 2012، في حين طغت سيول المياه من احداب المحافظة الشرقية، خطوط الامطار ضمن النمذجة تكاد أن تلخص مسار السيول من الشرق، إذ كلالات الأنهار الشرقية جلبت تصاريفاً تنحرف فوق معدلاتها بمئات الأمتار المكعبة، وهي تندلع بحالة السيول. ولقد غطت المياه نسباً عالية من المحافظة بلغت نسبتها (8.5%) في الغطاء المائي وهي تزيد عن سنة الجفاف بواقع (4.8+%).
5. أوجزت نتائج النمذجة المكانية– المُناخية CSA: أن المحافظة تعرضت وستتعرض لأنظمة الطقس الكارثية، بين جفاف مستدام وتطرفات متباعدة الحدوث، وأن التطرفات المطرية هي الواجهة المقبلة في ظل تغير المناخ للتعافي من ظروف الجفاف المستدام، فأن كانت أعوام الرطوبة المتطرفة في ظاهرها الشدة فباطنها الحلول.
6. تظهر طريقة IDW في بناء النمذجة المكانية دورها لربط تغيرات الجفاف المكانية، فهي تتطلع إلى أبعد النطاقات المكانية لجوار المحافظة (نجاح فكرة المحطات الضابطة ونمذجة التقلبات المكانية خارج المنطقة المطلوب بحثها) في مواضع التأثير ورصد التغيير، وعكسها لما يحصل للمحافظة، ولعل نمذجة بيانات ادلة الجفاف والمرئيات بخضوعها لتقانات GIS هو جوهر العمل.
7. كشف البحث أن استخدام تقانة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وتكاملهما، يعد من الأدوات الناجحة في التنبؤ والنمذجة ودعم اتخاذ القرار، لدقة النتائج المستقاة من خلالها.

التوصيات:

1. السعي لسبل التنمية ومواجهة الجفاف لتخفيف شدة الأثار ودرء المخاطر حيال تداعيات تغير المُناخ، ووضع حدود مسارات التكيف المستقبلي في المحافظة حول تنمية التساقط الشديد في الأعوام المتطرفة، فهي طرح البدائل ذات أهمية في درء المخاطر فالتكيف لا ينجح الا بوجود التنمية.
2. تكثيف أبحاث التنمية المستدامة في الموارد الطبيعية، فهي تمثل مساعي حل مشكلات المُناخ.
3. تهيئة الوضع المائي وقنوات الري لاستيعاب الكميات المائية لدرء خطر الفيضان عن المزارع والمدن وطرق النقل.
4. تكثيف دراسات الحصاد المائي، وضرورة تنفيذ مشاريع حقن المياه الجوفية. ووضع حدود إمكانيات التكيف معها واستغلالها.

5. تحث نتائج النمذجة المكانية على مبادرة تنمية الأعوام الرطبة لأجل التكيف مع السنوات الجافة، لهذا فالتكيف مع سنوات الجفاف لا يتم الا بتنمية أعوام التطرف المطري، لهذا لا ينجح التكيف الا بوجود التنمية لنحقق استدامة المياه.

ثُبت هوامش ومصادر البحث

(1) وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، المجموعة الاحصائية السنوية لسنة 2012- 2013، ص 1.

(2) B. Ahrens, Distance in Spatial Interpolation of Daily Rain Gauge Data, Hydrology Earth System Science, NO. 10, 2006, P.197.

(3) 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.

(4) Taibi S., Meddi M., Mahé G., Assani A, Variabilty of Annual and Extreme Rainfall Over Northern Algeria and Relashioship Whith 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.

(5) أنور فتح الله اسماعيل، ط1، الجفاف المُناخي، الوطنية لنشر وتوزيع الكتب، طرابلس، 2014، ص 19.

(6) 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.

(7) 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.

(8) Yaseen Kadhim Abbas AL-Timimi, Assessment of Drought in Iraq Using Standardized Precipitation Index(SPI), Doctorate Degree Thesis (Unpublished), Department of Atmospheric Sciences, College of Science, Al-Mustansiriya University, 2012. P. 18.

(9) Masoud Irannezhad, et. al., Analysing the Variability and Trends of Precipitation Extremes in Finland and Their Connection to Atmospheric Circulation Patterns, International Journal of Climatology, VOL. 37, 2017, P. 1053.

(10) Fatemeh Rahimzadeh, Ahmad Asgari, Ebrahim Fattahi, Variability of Extreme Temperature and Precipitation in Iran During Recent Decades, International Journal of Climatology, NO. 29, 2009, P.332.

(11) P. T. Nastos ,N. Evelpidou ,A. Vassilopoulos, Brief Communication Does Climatic Change in Precipitation Drive Erosion in Naxos Island, Greece, Natural Hazards Earth System Sciences, NO. 10, 2010, P. 380.

(12) Qiang Zhang, et al., Regional Frequency Analysis of Droughts in China: A Multivariate Perspective, Water Resour Manage (springer), 2015, Fig. 2, P.4.

(13) Yaseen K. AL-Timimi, Monim H. AL-Jiboori, Drought Assessment in Iraq Using Analysis of Standardized Precipitation index (SPI), Iraqi Journal of Physics, Vol. 12, No. 23, P. 40.

(14) M. Mohseni Saravi, A. A. Safdari, A. Malekian, Intensity-Duration-Frequency and spatial analysis of droughts using the Standardized Precipitation Index, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, NO. 6, 2009, P. 1350.

(15) Shifa Mathbout, et al., Op. Cit., P.153.

(16) أنور فتح الله إسماعيل، الجفاف المُناخي، مصدر سابق، ص30.

(17) الباحثان واعتماداً على بيانات وزارة الموارد المائية، المركز الوطني لإدارة المياه، تصاريف كلالات شرق واسط، 2018.

(18) روس رينولدز، دليل الطقس، ترجمة: عماد دره، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، 2012، ص 74.

(19) يوسف محمد علي الهذال، عمر حمدان عبد الله، الاتجاه العام والتغير في نسب كميّات الأمطار الفصلية في العراق، بحث مقبول للنشر في المؤتمر الدولي العلمي الخامس (إسهامات التربية والتعليم في بناء الأنسان وتنمية الفكر)، الذي أقامته كلية التربية ابن رشد للعلوم الانسانية، للمدة: 3-4 آيار/ 2017، ص12.

(20) الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ IPCC، "التقرير التجميعي" 2007، جنيف، 2007، ص 6.

(21) Elisa Ragno, et al., Quantifying Changes in Future Intensity-Duration-Frequency Curves Using Multi-Model Ensemble Simulations, Water Resources Research, 2018, P.23.

(22) حسن خردجي، الأثار المحتملة لتغير المناخ على الموارد المائية: دواعي القلق في المنطقة العربية، تقرير برنامج الامم المتحدة الإنمائي، جامعة الدول العربية، 2009، ص 11.

(23) الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، مصدر سابق، تغير المناخ 2007 "التقرير التجميعي"، ص 49.

(24) Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Fifth Assessment Report(5th) Of The Inter-Governmental Panel On Climate Change (IPCC), P. 1271.

(25) Tao Gao, Huailiang Wang, Trends in precipitation extremes over the Yellow River basin in North China: Changing properties and causes, International Journal of Climatology, VOL. 31, 2017, P. 2412.

(26) Masoud Irannezhad, et. al., Analysing the Variability and Trends of Precipitation Extremes in Finland and their Connection to Atmospheric Circulation Patterns, International Journal of Climatology, VOL. 37, 2017, P. 1053.

(27) Fatemeh Rahimzadeh, Ahmad Asgari, Ebrahim Fattahi, Variability of Extreme Temperature and Precipitation in Iran During Recent Decades, International Journal of Climatology, NO. 29, 2009,P. 329.

(28) 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.

(29) الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، مصدر سابق، تغير المناخ 2007 "التقرير التجميعي"، ص 177.

(30) Mahdi Zarghami . et al ., Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran, Global and Planeteary Change , Volume 78 , No 10 , 2011, p.1.

(31) تقرير منظمة الاغذية والزراعة في القرن الواحد والعشرين "ضمان الامن الغذائي في عالم متغير" ، منظمة الاغذية والزراعة للأمم المتحدة F.A.O، روما، إيطاليا، دون سنة طبع، ص4 .

(32) بلقيس عثمان العشا، رسم خارطة تهديدات تغير المناخ وتأثيرات التنمية الانسانية في البلدان العربية، تقرير التنمية الانسانية العربية، برنامج الامم المتحدة الإنمائي، 2010.، ص 50.

(33) Nagat Mohammad Gebreel, The role of water Harvesting in the Development of Vegetation in Al- Jabl Al-akadar – Libya , the first International Conference on Water Resources of Al-jabal A- Akdar : Reality and prospective , Libyan Agriculture Research Center , Journal International ,2012. P.1240.

(34) الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ، تغير المناخ 2007 "التقرير التجميعي"، مصدر سابق، ص 13 .

References:

1- Ministry of Planning, Central Statistical Organization, Annual Statistical Group for the Year 2012-2013.
2- B. Ahrens, Distance in Spatial Interpolation of Daily Rain Gauge Data, Hydrology Earth System Science, NO. 10, 2006.
3- 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.
4- Taibi S., Meddi M., Mahé G., Assani A, Variabilty of Annual and Extreme Rainfall Over Northern Algeria and Relashioship Whith 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.
5- B.H. Narendre, Drought Monitoring Using Rainfall Data and Spatial Soil Moisture Modeling, M.A. Thesis (Unpublished), Faculty of Geography, Ganjah Mada University, 2008.

6- 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.
7- Yaseen Kadhim Abbas AL-Timimi, Assessment of Drought in Iraq Using Standardized Precipitation Index (SPI), Doctorate Degree Thesis (Unpublished), Department of Atmospheric Sciences, College of Science, Al-Mustansiriya University, 2012.
8- Masoud Irannezhad, et, et. al., Analyzing the Variability and Trends of Precipitation Extremes in Finland and Their Connection to Atmospheric Circulation Patterns, International Journal of Climatology, VOL. 37, 2017.
9- Fatemeh Rahim Zadeh, Ahmad Asgari, Ebrahim Fattahi, Variability of Extreme Temperature and Precipitation in Iran During Recent Decades, International Journal of Climatology, NO. 29, 2009.
10- P. T. Nastos, N. Evelpidou, A. Vassilopoulos, Brief Communication Does Climatic Change in Precipitation Drive Erosion in Naxos Island, Greece, Natural Hazards Earth System Sciences, NO. 10, 2010.
11- Qiang Zhang, et al., Regional Frequency Analysis of Droughts in China: A Multivariate Perspective, Water Resource Manage (springer), 2015.
12- Yaseen K. AL-Timimi, Monim H. AL-Jiboori, Drought Assessment in Iraq Using Analysis of Standardized Precipitation index (SPI), Iraqi Journal of Physics, Vol. 12, No. 23.
13- M. Mohseni Saravi, A. A. Safdari, A. Malekian, Intensity-Duration-Frequency and spatial analysis of droughts using the Standardized Precipitation Index, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, NO. 6, 2009.
14- Anwar Fathallah Ismail, 1st Edition, Climate Drought, National Book Publishing and Distribution, Tripoli, 2014.
15- Ministry of Water Resources, National Center for Water Management, Expenditures of East Wasit Provinces, 2018.
16- Ross Reynolds, The Weather Guide, translated by: Imad Dorah, Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences, Kuwait, 2012.
17- Youssef Muhammad Ali Al-Hathal, Omar Hamdan Abdullah, The general trend and change in the proportions of the quantities of seasonal rain in Iraq, a research accepted for publication in the Fifth International Scientific Conference (Contributions of Education to Building Man and Developing Thought)، which was held by the College of Education Ibn Rushd for Human Sciences, for the period: 3-4 May/ 2017.
18- IPCC, Synthesis Report 2007, Geneva, 2007.
19- Elisa Ragno, et al., Quantifying Changes in Future Intensity-Duration-Frequency Curves Using Multi-Model Ensemble Simulations, Water Resources Research, 2018.
20- Hassan Khordji, The Potential Impacts of Climate Change on Water Resources: Concerns in the Arab Region, Report of the United Nations Development Program, League of Arab States, 2009.
21- Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Fifth Assessment Report(5th) Of the Inter-Governmental Panel on Climate Change (IPCC).
22- Tao Gao, Huailiang Wang, Trends in precipitation extremes over the Yellow River basin in North China: Changing properties and causes, International Journal of Climatology, VOL. 31, 2017.
23- Masoud Irannezhad, et, et. al., Analyzing the Variability and Trends of Precipitation Extremes in Finland and their Connection to Atmospheric Circulation Patterns, International Journal of Climatology, VOL. 37, 2017.
24- 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.

25- Mahdi Zarghami. et al., Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran, Global and Planeteary Change, Volume 78, No 10, 2011.
26- Food and Agriculture Organization of the United Nations Report in the Twenty-first Century "Ensuring Food Security in a Changing World", Food and Agriculture Organization of the United Nations F.A.O, Rome, Italy, without printing year.
27- Balqis Othman Al-Asha, Mapping the threats of climate change and the effects of human development in the Arab countries, Arab Human Development Report, United Nations Development Program, 2010.
28- Nagat Mohammad Gebreel, the role of water Harvesting in the Development of Vegetation in Al- Jabl Al-akadar – Libya, the first International Conference on Water Resources of Al-jabal A- Akdar: Reality and prospective, Libyan Agriculture Research Center, Journal International ,2012.