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

The impact of climate change on extreme events: A comparative study of climate contracts in Iraq using SPI-12, TX90p, and RX1day indices

Rafe' Khudair Ibrahim

Tikrit University – College of Education for Human Sciences

Corresponding author: E-mail :
Rafea.k.ibraheem@tu.edu.iq
07713905060

***Keywords*:**
Climate change,
climate extremes,
SPI-12,
TX90p,
RX1day,

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 2 Feb 2026
Received in revised form 19 Mar 2026
Accepted 21 Mar 2026
Final Proofreading 31 July 2026
Available online 31 July 2026
E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

A B S T R A C T

Iraq is among the regions most vulnerable to climate change impacts in Southwest Asia due to its location within the arid and semi-arid zone and its heavy reliance on rainfall as a primary water resource. Increasing environmental pressures and ineffective water management have intensified the occurrence of extreme climatic events such as droughts, heat waves, and intense rainfall episodes. This study aims to analyze the temporal and spatial variations of extreme climatic phenomena in Iraq using three internationally recognized climate indices: Standardized Precipitation Index **(SPI-12)**, the Warm Days Index (TX90p), and the Maximum One-Day Precipitation Index (RX1day). The analysis is based on climatic data for the period 1982–2024 from three meteorological stations representing different climatic regions: Mosul, Baghdad, and Basra. The results indicate a significant upward trend in warm days across all stations, while drought and extreme precipitation patterns show spatial variability. These findings highlight the increasing intensity of climate extremes in Iraq and emphasize the need for effective climate adaptation strategies, environmental planning, and sustainable climate resource management.

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.33.7.2.2026.5

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

أثر التغير المناخي على الظواهر المتطرفة دراسة مقارنة بين العقود المناخية في العراق باستخدام مؤشرات SPI-12 و TX90p و RX1day

رافع خضير إبراهيم / جامعة تكريت – كلية التربية للعلوم الانسانية

الخلاصة:

يعد العراق من المناطق الأكثر تعرضًا لتأثيرات التغير المناخي في جنوب غرب آسيا نتيجة وقوعه ضمن الإقليم الجاف وشبه الجاف واعتماده الكبير على الأمطار كمصدر رئيس للموارد المائية. وقد أدى ذلك، مع

تزايد الضغوط البيئية وتدهور إدارة الموارد المائية، إلى زيادة تكرار وشدة الظواهر المناخية المتطرفة مثل الجفاف وموجات الحرارة والهطول المطري الشديد. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات الزمنية والمكانية للظواهر المناخية المتطرفة في العراق باستخدام ثلاثة مؤشرات مناخية معتمدة عالميًا هي مؤشر الجفاف القياسي(SPI-12) ، ومؤشر الأيام الحارة(TX90p) ، ومؤشر أقصى مطر يومي سنوي .(RX1day) اعتمدت الدراسة على بيانات مناخية للفترة (١٩٨٢-٢٠٢٤) لثلاث محطات تمثل أقاليم مناخية مختلفة هي الموصل وبغداد والبصرة. أظهرت النتائج وجود اتجاه تصاعدي واضح في مؤشر الأيام الحارة في جميع المحطات، مع تباين مكاني في سلوك الجفاف والهطول المطري الشديد. وتشير هذه النتائج إلى تزايد التطرف المناخي في العراق، مما يستدعي تعزيز استراتيجيات التكيف والتخطيط البيئي وإدارة الموارد المناخية بصورة أكثر استدامة.

الكلمات المفتاحية : التغير المناخي، الظواهر المناخية المتطرفة، SPI-12، TX90p، RX1day، العراق.

مشكلة البحث:

تُعد ظاهرة التغير المناخي من أبرز التحديات البيئية التي تواجه العالم، لما لها من تأثير مباشر على تزايد الظواهر المناخية المتطرفة مثل موجات الحر، الجفاف، والأمطار الغزيرة. ويُعد العراق من المناطق الحساسة مناخيًا نظرًا لموقعه الجغرافي ضمن الأقاليم الجافة وشبه الجافة، مما يجعله أكثر عرضة لتذبذب العناصر المناخية. وعليه، تتمثل مشكلة البحث في التساؤل الرئيس الآتي:

هل أدى التغير المناخي إلى تغير معنوي في شدة وتكرار الظواهر المناخية المتطرفة في العراق عبر العقود المناخية المختلفة، كما تقيسها مؤشرات SPI-12 و TX90pوRX1day؟

ويتفرع عن هذا التساؤل عدد من التساؤلات الفرعية:

١. هل توجد فروق زمنية واضحة في شدة الجفاف بين العقود المناخية؟
٢. هل شهدت موجات الحر (TX90p) تزايدًا ملحوظًا؟
٣. هل تغيرت شدة الأمطار القصوى اليومية (RX1day) عبر الزمن؟
٤. هل تختلف هذه التغيرات مكانيًا بين محطات العراق المختلفة؟

فرضية البحث:

هناك علاقة ذات دلالة إحصائية بين التغير المناخي وتزايد شدة وتكرار الظواهر المناخية المتطرفة في العراق عبر العقود المناخية المختلفة.

الفرضيات الفرعية:

١. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في قيم مؤشر SPI-12 بين العقود المناخية المختلفة، تشير إلى زيادة في شدة الجفاف طويل الأمد .
٢. هناك اتجاه تصاعدي معنوي في مؤشر TX90p ، مما يدل على تزايد عدد الأيام الحارة (موجات الحر) مع مرور الزمن .
٣. توجد تغيرات معنوية في مؤشر RX1day ، تعكس تغيرًا في شدة الأمطار اليومية القصوى، سواء بالزيادة أو التذبذب .
٤. تختلف أنماط التغير في المؤشرات المناخية المتطرفة مكانيًا بين مناطق العراق نتيجة التباين الجغرافي والمناخي .

أهداف البحث:

١. حساب المؤشرات المناخية الثلاثة (SPI-12 ، TX90p، RX1day) لعينة من محطات العراق للفترة ١٩٨٢-٢٠٢٤.
٢. تحليل الاتجاهات الزمنية لتغير شدة وتكرار الظواهر المناخية المتطرفة.
٣. إجراء مقارنة مكانية وزمنية بين المحطات الثلاث (الموصل، بغداد، البصرة).
٤. استخلاص دلالات علمية تسهم في التخطيط البيئي وإدارة الموارد في ضوء التغيرات المناخية.

أهمية البحث: تكمن أهمية هذه الدراسة في أنها تسد فجوة معرفية قائمة في أدبيات الجغرافيا المناخية في العراق، كما أنها تُسهم في دعم متخذي القرار بمعلومات موثقة حول الأنماط المناخية المتغيرة، وتفتح المجال أمام دراسات مستقبلية أكثر دقة باستخدام نماذج محاكاة متقدمة و استخدام ٣ مؤشرات معتمدة عالميًا، وتحليلها إحصائيًا في ثلاث محطات رئيسية ولمدة زمنية طويلة (١٩٨٢-٢٠٢٤)، مما يمنحها ميزة أكاديمية وعملية فريدة.

المؤشرات المناخية المعتمدة: يُعد استخدام المؤشرات المناخية الموحدة أحد أهم الأساليب العلمية لرصد وتحليل التغيرات المناخية، لا سيما الظواهر المناخية المتطرفة التي لا يمكن تشخيصها بدقة من خلال القيم المطلقة للمتغيرات المناخية فقط. لذلك، اعتمد هذا البحث على ثلاث مؤشرات مناخية رئيسية معترف بها من قبل منظمة الأرصاد الجوية العالمية، وهي SPI–12 :و TX90pوRX1day، والتي تُستخدم على نطاق واسع في دراسات التغير المناخي ورصد الظواهر المناخية المتطرفة.(Zhang et al., 2011; WMO, 2012)

المبحث الاول : منطقة الدراسة والبيانات

أولًا: الموقع الجغرافي للعراق: يقع العراق في الجزء الجنوبي الغربي من قارة آسيا، بين دائرتي عرض (٢٩.٥° – ٣٧.٥°) شمالًا، وخطي طول (٣٨.٥° – ٤٨.٥°) شرقًا، ويحده من الشمال تركيا، ومن الشرق إيران، ومن الغرب سوريا والأردن، ومن الجنوب المملكة العربية السعودية والكويت. وتبلغ مساحته حوالي ٤٣٧,٠٧٢ كم². يُعد موقع العراق حلقة وصل بين شرق البحر المتوسط والخليج العربي، ويجمع بين الخصائص المناخية القارية والجافة، مع تأثره بالمنظومات الجوية القادمة من البحر المتوسط وإيران وشبه الجزيرة العربية.

ثانيًا: الخصائص المناخية العامة للعراق : يتميّز العراق بمناخ جاف إلى شبه جاف في معظم مناطقه، باستثناء الأجزاء الشمالية الشرقية التي تتمتع بمناخ شبه رطب نسبيًا. ويمكن تقسيمه مناخيًا إلى ثلاث أقاليم رئيسية:

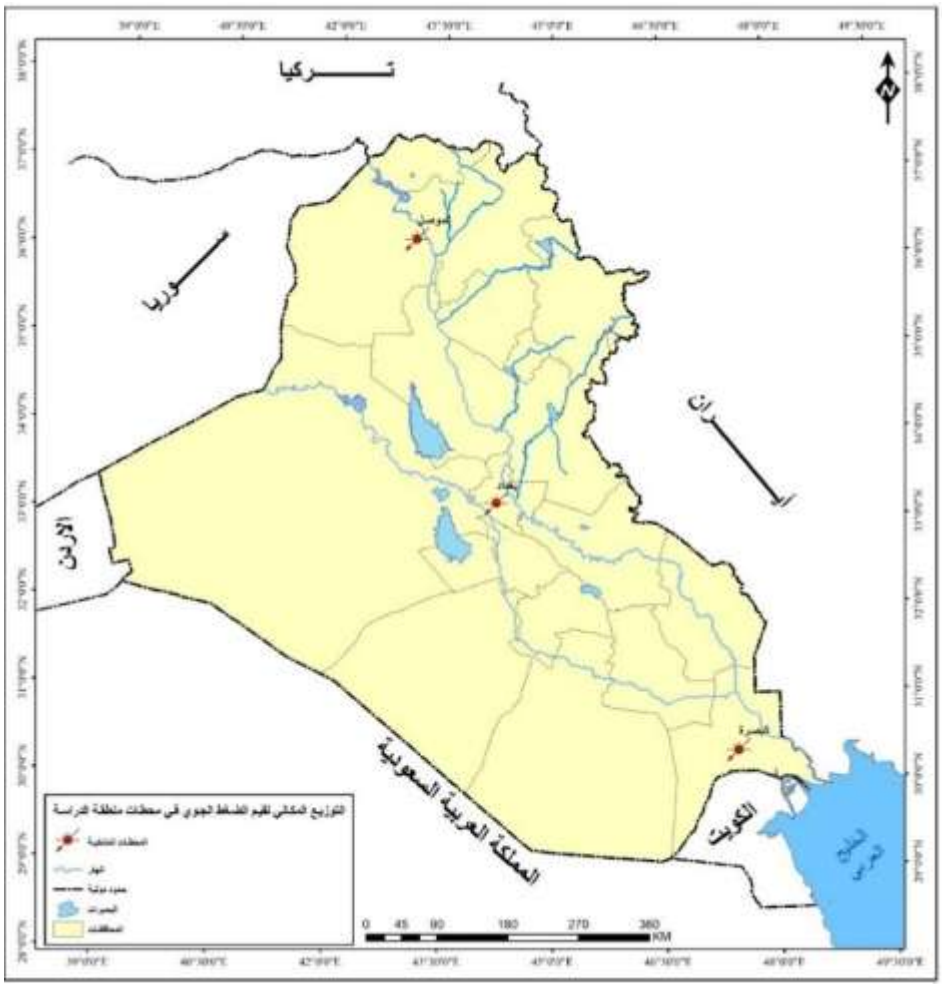
الإقليم الجبلي الرطب (الشمال) –يتميز بشتاء بارد وماطر وصيف معتدل، وتشهد هذه المنطقة أعلى كميات الأمطار (أكثر من ٧٠٠ مم سنويًا في بعض المناطق).

الإقليم شبه الجاف (الوسط) –يمتد من شمال بغداد حتى جنوبها، ويتميز بشتاء معتدل وأمطار موسمية تتراوح بين ١٥٠–٣٠٠ مم.

الإقليم الصحراوي الجاف (الجنوب والغرب) –يتميز بارتفاع درجات الحرارة وشحّ الأمطار التي لا تتجاوز غالبًا ١٠٠ مم سنويًا.

تبلغ درجة الحرارة العظمى في أشهر الصيف (يوليو – أغسطس) نحو ٤٥–٥٠°م في الجنوب والوسط، بينما تنخفض الصغرى إلى أقل من ٠°م في بعض مناطق الشمال شتاءً. أما الهطول المطري فيتراوح بشكل كبير بين الشمال الرطب والجنوب الجاف، ويتركز غالبًا في أشهر الشتاء (نوفمبر – مارس).

خريطة (١) الحدود الادارية لمنطقة الدراسة



المصدر: جمهورية العراق ،المديرية العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية، ٢٠١٩، ١/ ١:٠٠٠٠٠٠كم

ثالثًا: محطات الدراسة:

تم اختيار ثلاث محطات مناخية رئيسية تمثل أقاليم مناخية مختلفة في العراق من أجل تحقيق التوزيع المكاني المناسب:

جدول (١) الموقع الاحداثي والنسبي لمحطات منطقة الدراسة

المحطة	الموقع	الارتفاع (م)	متوسط الأمطار (مم)	الإقليم المناخي
الموصل	36.35°N, 43.13°E	~223	350–500	إقليم شبه رطب شمالي
بغداد	33.30°N, 44.38°E	~34	100–200	إقليم شبه جاف مركزي
البصرة	30.50°N, 47.82°E	~5	أقل من ١٠٠	إقليم جاف جنوبي

تمثل هذه المحطات ثلاث بيئات مناخية متباينة من حيث درجات الحرارة والكمية السنوية للأمطار، وهو ما يتيح إجراء تحليل مقارن لتأثير التغير المناخي على سلوك الظواهر المتطرفة في كل منطقة.

المبحث الثاني: الية العمل والنتائج

تعتمد هذه الدراسة في منهجيتها على التحليل الإحصائي الكمي باستخدام مؤشرات مناخية معتمدة عالميًا، مع مقارنة زمنية ومكانية لثلاث محطات رئيسية في العراق تمثل أقاليم مناخية متباينة، ولفترة تمتد من عام ١٩٨٢ حتى عام ٢٠٢٤. وقد تم تنفيذ المنهجية عبر سلسلة من الخطوات المنظّمة تشمل إعداد البيانات، حساب المؤشرات، والتحليل البياني والمقارن.

أولًا: مراحل إعداد البيانات : تم الحصول على البيانات المناخية اليومية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى وكميات الأمطار من قواعد بيانات مناخية عالمية مفتوحة، شملت قاعدة بيانات الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) وقاعدة بيانات إعادة التحليل التابعة للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى(ECMWF) ، إضافة إلى البيانات المتاحة من هيئة الأنواء الجوية العراقية. وقد خضعت البيانات لعمليات تدقيق وتنقية للتأكد من خلوها من القيم المفقودة أو غير الواقعية قبل استخدامها في التحليل الإحصائي.

ثانيا: تحويل البيانات الزمنية: من يومية إلى شهرية) لحساب.(SPI-12 ومن يومية إلى سنوية) لحساب RX1dayوTX90p)

ثالثا: حساب المؤشرات المناخية:

١- مؤشر(Standardized Precipitation Index) SPI :

المدخلات :مجموع الأمطار الشهرية لكل محطة، الفترة المستخدمة (12) SPI-12 :شهرًا.

طريقة الحساب: يعتمد مؤشر الجفاف القياسي SPI على تحويل بيانات الهطول المطري إلى توزيع احتمالي معياري باستخدام توزيع جاما، ثم تحويلها إلى قيم معيارية تعبر عن حالات الجفاف والرطوبة (McKee et al., 1993; WMO, 2012).

أداة التحليل) Python :مكتبة .(scipy.stats.gamma + pandas

2-مؤشر TX90p :

المدخلات :درجات الحرارة العظمى اليومية.

الخطوات:

-تحديد القيمة المئوية ٩٠% من Tmax خلال الفترة المرجعية.(1982-2010) و حساب عدد الأيام في كل سنة التي تتجاوز هذه العتبة واستخراج النسبة المئوية من مجموع أيام السنة.

أداة التحليل(NumPy + Pandas) Python :، مدعوم بتمثيل بياني.

٣- مؤشر RX1day

المدخلات :بيانات الأمطار اليومية.

طريقة الحساب: تحديد أعلى قيمة للهطول في كل سنة ، وتحليل تكرار القيم العالية ومقارنتها بين العقود.

أداة التحليل Excel :و.Python

ثالثًا: أدوات وتقنيات التحليل

جدول (٢) الادوات المستخدمة في التحليل الاحصائي والتقني لاستخراج النتائج

الأداة	الاستخدام
Excel	التجميع الشهري، التحقق اليدوي، رسوم بيانية أولية
Python (Pandas, Matplotlib, SciPy)	تحليل إحصائي للمؤشرات، رسم مخططات، حساب القيم المئوية
رسوم بيانية زمنية	لفهم الاتجاهات السنوية
مقارنات مكانية	بين المحطات الثلاث في المؤشرات الثلاثة

رابعًا: التحليل المقارن بين العقود: وتم اعتماد منهجية المقارنة الزمنية عبر تقسيم الفترة إلى أربعة عقود مناخية:

١. (1982–1991)قاعدة خطية للمقارنة، تمثل فترة ما قبل تسارع التغير المناخي.
٢. :(1992–2001)بداية ظهور تغيرات واضحة خاصة في الأمطار.
٢. :(2002–2011) تعمق الظواهر المتطرفة وازدياد موجات الحر.
٣. :(2012–2024) أشد الفترات تطرفًا من حيث الحرارة والجفاف في معظم المحطات.

ويُعد هذا التقسيم ضروريًا لتقييم التطور التدريجي في سلوك الظواهر المتطرفة وربطها بعوامل مناخية وبيئية.

خامسًا: منهج التحليل العلمي

المنهج الإحصائي الوصفي :تحليل القيم الوسطية، الانحراف المعياري، القيم القصوى والحدية.

المنهج الزمني :تحليل الاتجاهات (Trends) عبر الزمن لكل مؤشر.

المنهج المكاني المقارن :مقارنة سلوك المؤشرات بين الموصل، بغداد، البصرة.

المنهج التحليلي التفسيري :تفسير أسباب التغيرات وربطها بالموقع الجغرافي والعوامل المناخية.

سادسا: النتائج والمناقشة :

أولًا: نتائج مؤشر SPI الجفاف:

الموصل: أظهرت بيانات محطة الموصل تذبذبًا واضحًا في مؤشرSPI ، خاصة خلال العقد الثالث (٢٠٠٢–٢٠١١)، الذي تميز بحدوث سنوات جفاف حاد مثل ٢٠٠٨ و٢٠٠٩.

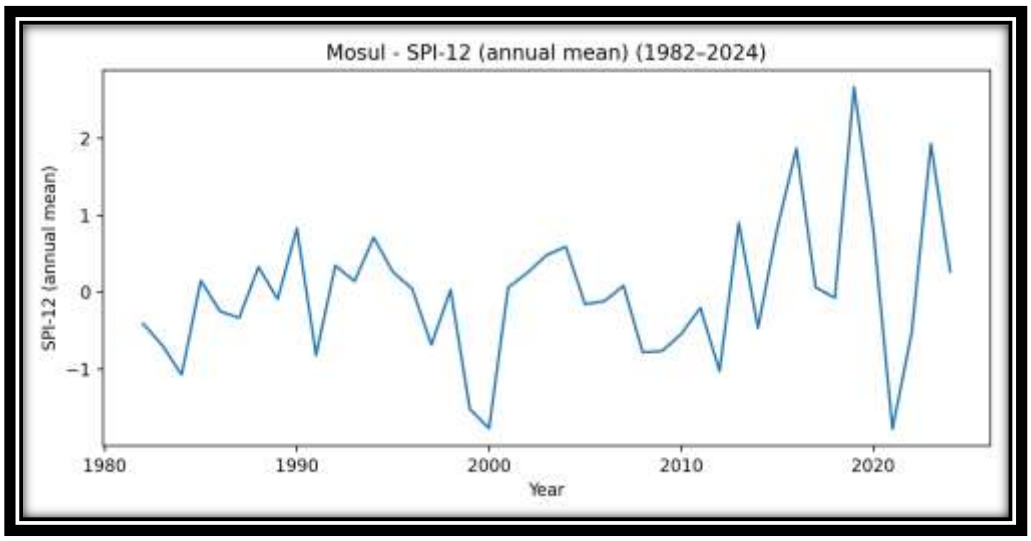
سجلت قيم SPI–12 أقل من –١.٥ في عدة سنوات، مما يشير إلى حالات جفاف شديدة.

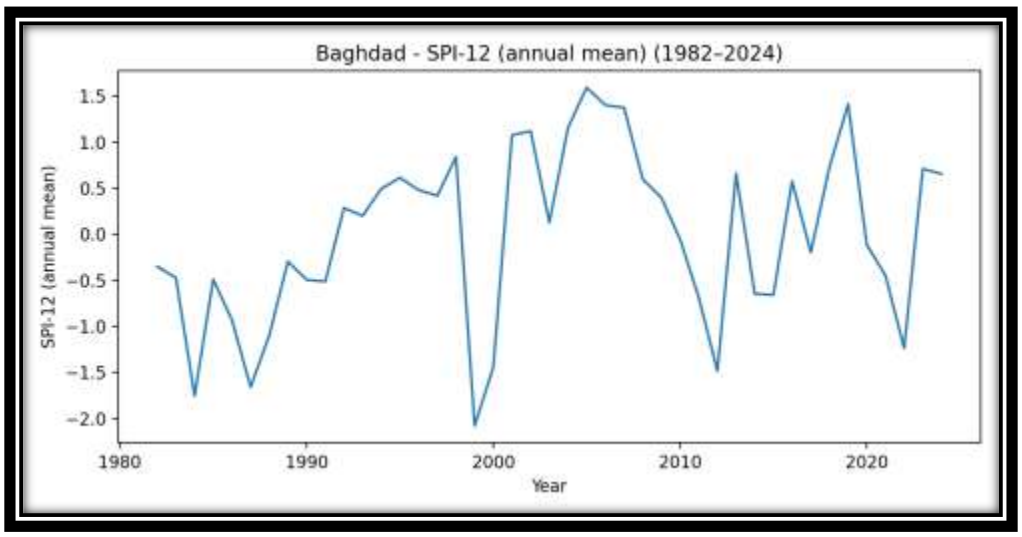
تميز العقد الرابع (٢٠١٢–٢٠٢٤) بانخفاض متوسط SPI السنوي مقارنة بالعقود السابقة ،

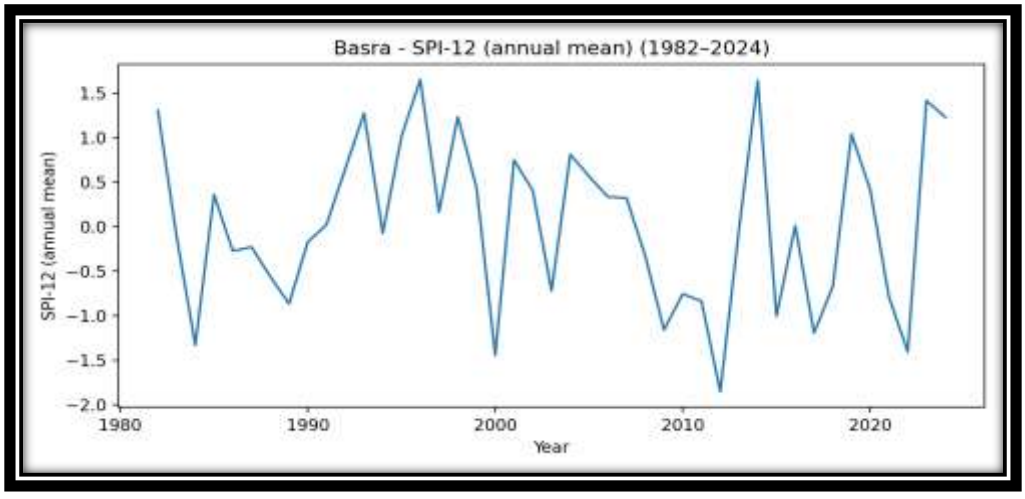
بغداد: تكررت حالات الجفاف المعتدل والمتوسط في العقود الثلاثة الأخيرة، بينما كان العقد الأول (١٩٨٢–١٩٩١) أقل تطرفًا ، السنوات ١٩٩٩، ٢٠٠٠، ٢٠١٥ شهدت انخفاضًا كبيرًا في مؤشر.SPI ، تأثر بغداد بالعواصف الغبارية المتكررة نتيجة الجفاف شبه الدائم.

البصرة: أظهرت القيم نمطًا أكثر جفافًا مقارنة ببغداد والموصل، حيث كانت معظم القيم سالبة، خصوصًا بعد عام ٢٠٠٠. يُعد العقد الأخير الأكثر حدة في انخفاض مؤشرSPI ، مع اقتراب القيم من –٢ في بعض السنوات، وهو ما يعكس ضعف الأمطار وقوة الجفاف المناخي.

شكل (٢) المتوسط السنوي لمعامل SPI لمحطات (الموصل ،بغداد ، البصرة) للمدة ١٩٨٢-٢٠٢٤



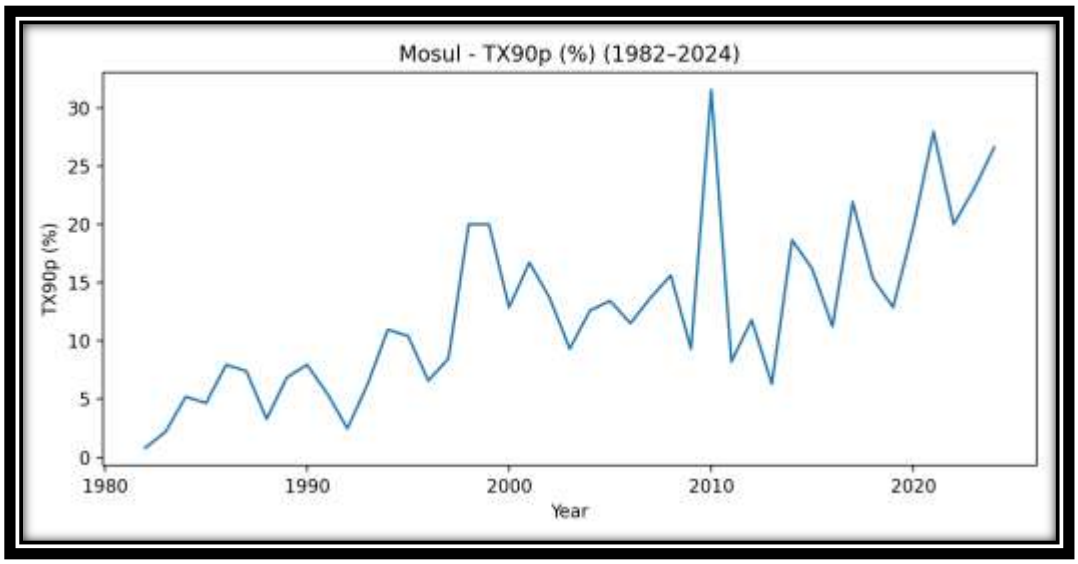


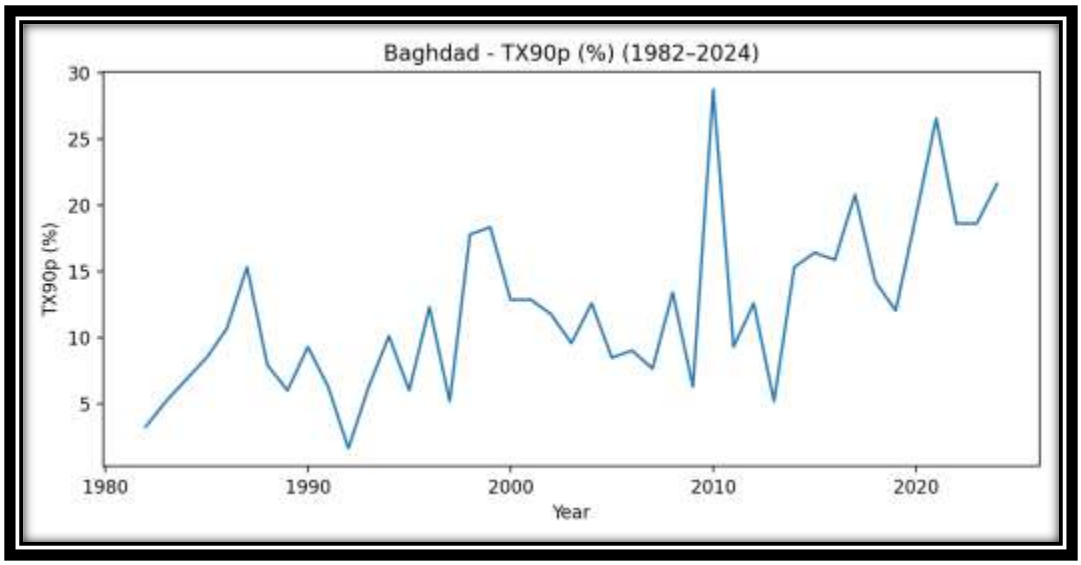


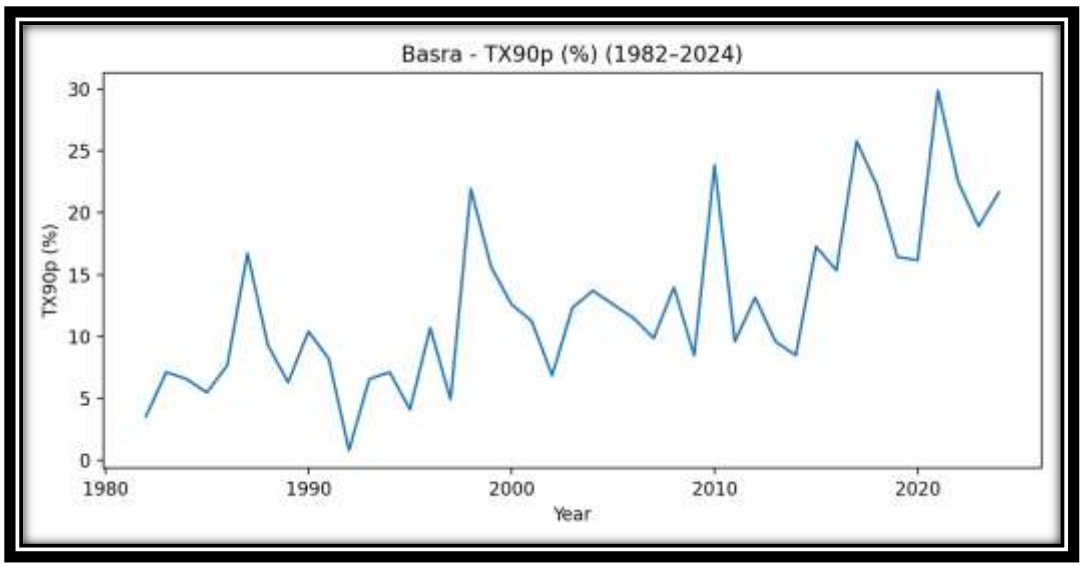
ثانيًا: نتائج مؤشر TX90p الحرارة الشديدة:

الموصل: ارتفعت النسبة المئوية للأيام الحارة (TX90p) من حوالي ٦% في العقد الأول إلى أكثر من ١٢% في العقد الرابع، وكانت الفترة من ٢٠١٠ حتى ٢٠٢٤ الأعلى في معدل الأيام الحارة، خاصة خلال أشهر تموز وآب.

شكل (3) مؤشر (%) TX90p للمحطات الثلاث) الموصل، بغداد، البصرة (للمدة1982–2024



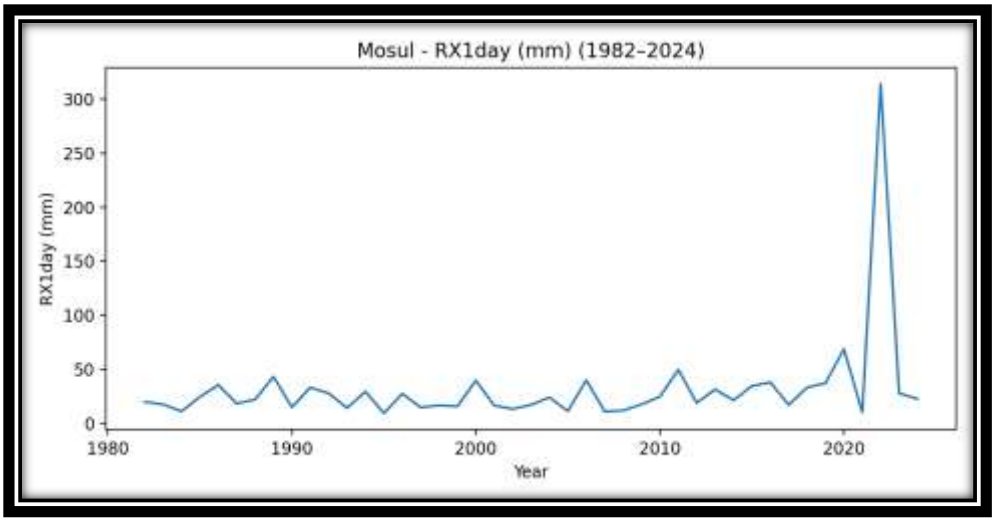


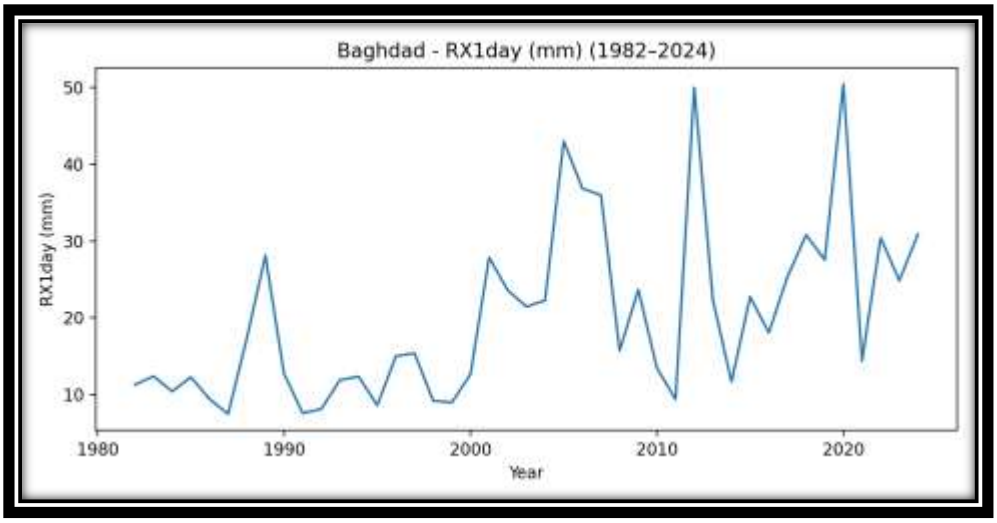


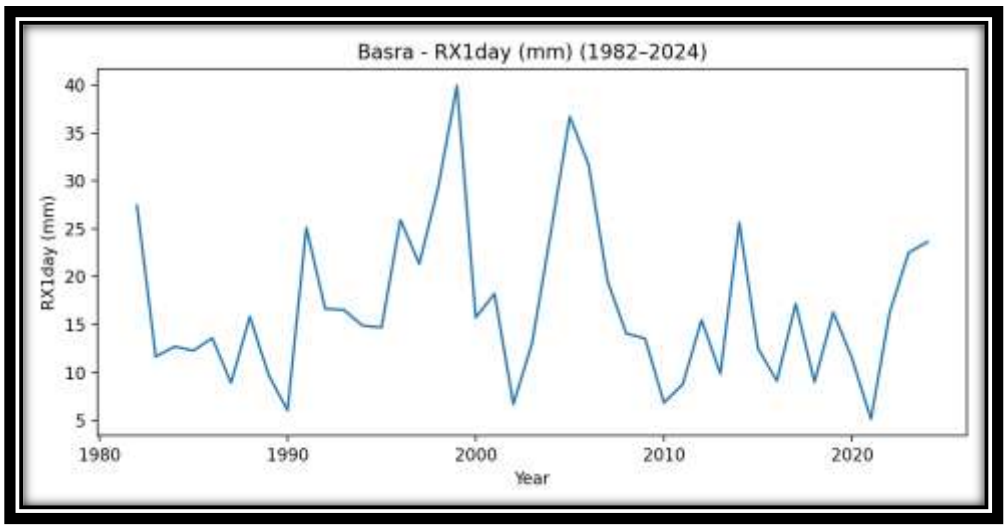
شهدت محطة بغداد ارتفاعًا أكثر وضوحًا، حيث قفزت TX90p من ١٠% في التسعينيات إلى أكثر من ٢٠% في العقد الأخير ولوحظ تسارع في تسجيل موجات حر طويلة تتجاوز فيها الحرارة العظمى ٤٧°م.

البصرة: سجلت أعلى القيم بين المحطات، إذ تجاوزت بعض السنوات ٢٥% من أيام السنة بدرجات حرارة قصوى.

الشكل (٤) اقصى مطر يومي سنوي (RX1 day) للمحطات (الموصل، بغداد، البصرة للمدة ١٩٨٢–٢٠٢٤







ثالثًا: نتائج مؤشر (RX1day) أقصى مطر يومي سنوي:

الموصل: تميزت بعض السنوات (١٩٩٥، ٢٠٠١، ٢٠١٥) بأمطار يومية شديدة تجاوزت ٨٠ مم ،و يشير (RX1day) إلى وجود تغيرات فجائية في نمط الهطول.

بغداد: تفاوتت القيم بين السنوات، مع تسجيل قمم واضحة في سنوات مثل ٢٠١٢ و٢٠١٩ (أكثر من ٦٠ مم في يوم واحد) ، ويعكس هذا النمط خطورة السيول المفاجئة.

البصرة: رغم أن إجمالي الأمطار منخفض، إلا أن (RX1day) أظهر تسجيل بعض القمم المطرية اليومية، خصوصًا خلال الخريف. و ان هذا التغير الحاد في يوم واحد يمثل خطرًا على المناطق ذات البنية التحتية الضعيفة.

رابعا : تحليل مقارن للعقود المناخية:

جدول (٣) ابرز السمات التي ميزت عقود الدراسة

العقد	أبرز سمات الظواهر
١٩٨٢–١٩٩١	قيم معتدلة عمومًا – استقرار نسبي
1992–2001	بداية تزايد الجفاف وموجات الحرارة
2002–2011	تدهور مطري واضح وارتفاع TX90p
2012–2024	أشد العقود تطرفًا (جفاف + حرارة + هطول فجائي)

النتائج :

تهدف هذه المناقشة إلى تفسير وتحليل النتائج الإحصائية المستخلصة من المؤشرات الثلاثة (SPI، TX90p، RX1day) وربطها بالواقع المناخي للعراق من جهة، وبأدبيات الدراسات السابقة من جهة أخرى. كما تحاول هذه المناقشة أن تُظهر ما إذا كانت التغيرات المرصودة تعكس تغيرًا مناخيًا ممنهجًا أم تقلبًا طبيعياً ضمن النطاق الزمني.

أولًا: تحليل سلوك مؤشر (SPI الجفاف): تُظهر نتائج مؤشر SPI ميلًا عامًا نحو تزايد الجفاف في العقود الثلاثة الأخيرة، لا سيما في بغداد والبصرة، وهو ما يتطابق مع نتائج دراسة الجابري (٢٠١٩) التي أظهرت تراجع متوسط SPI في محافظات غرب العراق. يُعزى هذا التدهور في الرطوبة الجوية إلى تناقص كمية الأمطار الكلية، وتغير نمط توزعها الزمني، حيث أصبحت الأمطار أكثر تركزًا في عدد أقل من الأيام، مع فترات جفاف طويلة بينها.

من جانب آخر، فإن تناقص الغطاء النباتي، وتدهور نوعية التربة، وفقدان المسطحات المائية الصغيرة، كلها عوامل تعزز من تأثير الجفاف المناخي، وتفاقم نتائجه البيئية والاقتصادية، خاصة في المناطق الزراعية الوسطى والجنوبية.

ثانيًا: تفسير تصاعد مؤشرTX90p : يشير الارتفاع المستمر في مؤشر TX90p إلى تزايد موجات الحر في العراق خلال العقود الأخيرة، وهو ما يتفق مع نتائج دراسات إقليمية حديثة حول تصاعد موجات الحرارة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.(Almazroui et al., 2022) ومن اللافت أن الزيادة في نسبة الأيام الحارة كانت أكثر وضوحًا في بغداد والبصرة مقارنة بالموصل، وهو ما قد يعود إلى:

١. الموقع الجغرافي الجنوبي.

٢. تدني معدلات الرطوبة النسبية.
٣. غياب المسطحات الخضراء أو المائية.
٤. تأثير التمدد العمراني على ظاهرة "الجزر الحرارية الحضرية."

وتتجاوز آثار هذا التغير النطاق البيئي، إذ تؤثر بشكل مباشر على الصحة العامة، وخاصة لدى كبار السن والأطفال، وعلى استهلاك الطاقة (زيادة الطلب على التبريد).

ثالثًا: تفسير تغير(RX1day) الهطول الفجائي: تكشف نتائج RX1day عن سلوك مطري غير منتظم، مع تسجيل كميات عالية من الأمطار في أيام محدودة. ويعكس هذا تغيرًا في النمط العام للهطول في العراق، من نمط مطر خفيف موزّع زمنيًا إلى نمط هطول شديد وقصير المدة، وهو ما يعزز احتمالية السيول المفاجئة، خاصة في المناطق الحضرية ذات البنية التحتية المحدودة .

ويرتبط هذا السلوك بارتفاع درجات حرارة الطبقات الجوية، وزيادة قدرة الغلاف الجوي على حمل بخار الماء، ما يؤدي إلى تفريغ مطري عنيف عندما تتوفر الظروف المهيئة ويعد مؤشر RX1day من أهم المؤشرات المستخدمة عالميًا لرصد تطرف الهطول المطري في البيئات الجافة وشبه الجافة (Peterson et al., 2005). و تشير العديد من الدراسات الحديثة إلى أن التغير المناخي يؤدي إلى زيادة شدة الهطول المطري في مناطق متعددة من العالم، بما في ذلك المناطق الجافة وشبه الجافة.(Donat et al., 2016)

رابعًا: العلاقة بين المؤشرات الثلاثة: يظهر من المقارنة بين المؤشرات أن هناك ترابطًا بين:

ارتفاع TX90p وانخفاضSPI ، أي أن تزايد الحرارة يترافق مع جفاف أطول.

قيم RX1day المرتفعة لا تعني بالضرورة تحسنًا فيSPI ، لأن الهطولات المركّزة لا تعوض الجفاف طويل الأمد، و ان السلوك المناخي في العراق يميل إلى التغير لا التقلّب، أي أن الظواهر المتطرفة أصبحت جزءًا من النمط المناخي السائد.

خامسًا: المقارنة بين المحطات:

جدول (٤) الصفات المناخية حسب لمحطات الدراسة حسب المؤشرات

المحطة	ارتفاع الحرارة	شدة الجفاف	الأمطار الفجائية
الموصل	أقل من الوسطى	متوسط	مرتفع أحيانًا
بغداد	مرتفع جدًا	متزايد	متوسط
البصرة	الأعلى على الإطلاق	حاد	منخفض إجمالًا لكن مركّز

تؤكد هذه المقارنة أن جنوب العراق (البصرة) هو الأكثر تأثرًا بالتغير المناخي، بينما لا تزال الموصل تحتفظ بنوع من التوازن المناخي النسبي، لكنه يتجه نحو التدهور التدريجي.

سادسًا: دلالة الاتجاهات الإحصائية (Mann–Kendall) & Sen Slope

جدول (٥) الدلائل الإحصائية لمعامل (مان–كاندل وميل الانحدار) لمحطات منطقة الدراسة

المحطة	Sen Slope	المؤشر	(MK)	p–value	الدلالة(0.05)
بغداد	0.449	RX1day (mm)	4.10	0.0000	دال
بغداد	0.025	SPI–12 (mean annual)	2.01	0.0445	دال
بغداد	0.294	TX90p (%)	4.33	0.0000	دال
البصرة	−0.008	RX1day (mm)	−0.10	0.9167	غير دال
البصرة	−0.008	SPI–12 (mean annual)	−0.52	0.6008	غير دال
البصرة	0.335	TX90p (%)	4.89	0.0000	دال
الموصل	0.253	RX1day (mm)	1.51	0.1318	غير دال
الموصل	0.012	SPI–12 (mean annual)	1.23	0.2169	غير دال
الموصل	0.411	TX90p (%)	5.49	0.0000	دال

دال عند مستوى الدلالة :.*(0.05 > p) 0.05 =*

جدول (٦) معاملات الارتباط بين المؤشرات المناخية.(Spearman و Pearson)

المحطة	الارتباط	معامل بيرسن	مستوى الدلالة	معامل سبيرمان	مستوى الدلالة	عدد السنوات
بغداد	SPI–12 vs TX90p	−0.106	0.4979	−0.062	0.6928	43
بغداد	SPI–12 vs RX1day	0.337	0.0270	0.449	0.0026	43
بغداد	TX90p vs RX1day	0.161	0.3038	0.240	0.1207	43
البصرة	SPI–12 vs TX90p	−0.213	0.1696	−0.189	0.2236	43
البصرة	SPI–12 vs RX1day	0.512	0.0005	0.553	0.0001	43

البصرة	TX90p vs RX1day	−0.053	0.7345	−0.038	0.8082	43
الموصل	SPI−12 vs TX90p	−0.044	0.7802	−0.019	0.9021	43
الموصل	SPI−12 vs RX1day	−0.003	0.9829	0.225	0.1469	43
الموصل	TX90p vs RX1day	0.150	0.3367	−0.051	0.7458	43

الاستنتاجات والتوصيات

أولًا: الاستنتاجات

بناءً على التحليل الزمني والمكاني لثلاثة مؤشرات مناخية رئيسية(SPI ، TX90p، (RX1day) ولبيانات تمتد لأكثر من أربعة عقود (١٩٨٢–٢٠٢٤)، يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية:

١- وجود تغير مناخي فعلي في العراق: تشير البيانات إلى تحول واضح في سلوك المتغيرات المناخية من حيث التكرار والشدة، حيث أصبحت الظواهر المتطرفة (جفاف، حرارة، أمطار فجائية) أكثر تكرارًا وحدة، خصوصًا في العقود الأخيرة.

٢- تزايد حالات الجفاف في معظم مناطق العراق : أظهرت نتائج مؤشر SPI ميلًا عامًا نحو القيم السالبة، خاصة بعد عام ٢٠٠٠، مما يعكس تناقص كمية الأمطار وازدياد فترات الجفاف الطويلة، لا سيما في بغداد والبصرة.

٣- تصاعد موجات الحر بشكل غير مسبوق: سجل مؤشر TX90p نسبًا متزايدة من الأيام الحارة، وخصوصًا في العقود الأخيرة، حيث تجاوزت نسبة الأيام ذات الحرارة العالية ٢٠% في بغداد و٢٥% في البصرة، ما يدل على وجود موجات حر مستمرة ومكثفة.

٤- تغيّر نمط الهطول المطري نحو التركّز والشدة: تشير نتائج RX1day إلى أن كميات الأمطار اليومية القصوى أصبحت أكثر شدة في بعض السنوات، حتى في مناطق ذات معدلات أمطار منخفضة مثل البصرة، مما يعكس إمكانية حدوث فيضانات مفاجئة.

٥- الجنوب العراقي أكثر هشاشة مناخيًا: بالمقارنة بين المحطات الثلاث، تبين أن البصرة تُعد الأكثر تضررًا من التغير المناخي، إذ تعاني من شدة الجفاف، ارتفاع الحرارة، وفقر البنية التحتية لمواجهة الهطولات المفاجئة.

٦- الظواهر المناخية المتطرفة أصبحت جزءًا من النمط السائد: لم تعد الظواهر المتطرفة في العراق مجرد أحداث نادرة، بل أصبحت مكوّنًا من مكونات المناخ الحالي، وهو ما يستدعي إعادة النظر في سياسات المياه، الزراعة، والتخطيط الحضري.

ثانيًا: التوصيات

استنادًا إلى النتائج المستخلصة، يوصى بالآتي:

١- تعزيز نظم الرصد والإنذار المبكر: من خلال تطوير شبكات الأرصاد الجوية وتحسين نظم الإنذار المبكر لمواجهة موجات الحر والسيول المفاجئة، من خلال استخدام التكنولوجيا الحديثة والاستفادة من البيانات المناخية التراكمية.

٢- إعادة النظر في التخطيط الزراعي : ضرورة اعتماد سياسة زراعية متكيفة مع المناخ تعتمد على المحاصيل المقاومة للجفاف، والري بالتنقيط، والتقنيات الذكية في الزراعة، لتقليل الخسائر الناتجة عن الجفاف والحرارة.

٣- إدارة مستدامة للموارد المائية : من خلال تحسين كفاءة استخدام المياه عبر تقنيات الحصاد المائي، تقليل الفاقد، وإعادة تدوير المياه، وخاصة في الأقاليم الجنوبية التي تواجه عجزًا مائيًا متزايدًا.

٤- تهيئة المدن للتغير المناخي: تعزيز البنية التحتية الحضرية لتتحمل الظواهر المتطرفة، مثل تصريف مياه الأمطار، توفير مناطق ظل، وتوسيع المساحات الخضراء للحد من تأثير الجزر الحرارية.

٥- تشجيع البحث العلمي المناخي المحلي: دعم الدراسات المناخية المحلية، وتوفير البيانات المناخية المفتوحة للباحثين، بما يضمن ديمومة رصد التغيرات وتقديم توصيات تستند إلى الأدلة العلمية المحلية لا الدولية فقط.

٦- التعاون الإقليمي والدولي: الانضمام الفعّال إلى المبادرات الدولية الخاصة بالتغير المناخي، والاستفادة من الصناديق المناخية لدعم برامج التكيف والتقليل من الانبعاثات.

ثالثا- المراجع .

1- Almazroui, M., Islam, M. N., Saeed, S., & Athar, H. (2022). Recent observed and projected climate extremes in the Middle East and North Africa region. Climatic Change, 172(3), 1–25. https://doi.org/10.1007/s10584-022-03465-x

2- Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O'Gorman, P. A., & Maher, N. (2016). More extreme precipitation in the world's dry and wet regions. Nature Climate Change, 6(5), 508–513. https://doi.org/10.1038/nclimate2941

3- 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. Cambridge University Press.

4- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology (Vol. 17, pp. 179–183). American Meteorological Society.

5- Peterson, T. C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., & Plummer, N. (2005). Monitoring and indices of climate extremes: A review. Bulletin of the American Meteorological Society, 86(6), 737–745. https://doi.org/10.1175/BAMS-86-6-737

6- WMO (World Meteorological Organization). (2012). Standardized Precipitation Index User Guide (WMO-No. 1090). Geneva: WMO.

7- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Tank, A. K., Peterson, T. C., ... & Zwiers, F. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2(6), 851–870.

8- Al-Jabri, Ahmed Khalil. (2019). Standardized Definition (SPI) in Anbar Governorate. Journal of Climatology, 15(2),

9- Alawi, Mohammed Kadhim. (2020). Temperature Assessment in Wasit Governorate, Kuwait, using the TX90p Index. Algerian Journal of Climatology, 28(1)

10- Hussein, Raad Jassim, Mohammed, Ali Saad, and Abdullah, Karim Nasser. (2021). Using Climatic Indicators to Monitor Extreme Phenomena in Iraq. Brazilian Journal of Climatology, 12(3).