ISSN 1812-0512 (Print) 2790-346X (online)

Wasit Journal for Human Sciences

Available online at: https://wjfh.uowasit.edu.iq

OPEN ACCESS

Changes in maximum temperatures in Hillah according to regional climate change scenarios

Nadia Hatem Tuma

College of Education for Humanities, University of Wasit

ABSTRACT

This study aims to analyze the change in expected maximum temperatures in Hillah City, Babil Governorate, by comparing climate data for 1990–2024 with projections for 2025–2050 under three emission scenarios (RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5). It draws on data from global climate models endorsed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which were statistically downscaled to the local level using the SDSM technique and compared with the baseline period (1990–2024). The average maximum temperature during the baseline reached about 31.2 °C, while future projections show higher values of 32.3 °C for RCP2.6, 32.5 °C for RCP4.5, and 32.8 °C for RCP8.5. These results reflect a rising thermal effect over time linked to increased greenhouse gas emissions. Although the numerical differences are modest, the changes indicate an upward trend and marked fluctuations in some years, especially under the RCP8.5 scenario, which is characterized by more severe climatic conditions.

Correspondence:
nadiah@uowasit.edu.iq
Received: 09 **July** 2025
Accepted: 17 **August** 2025
Published: 01 November 2025

DOI:
https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol21.Iss4.1195

Cite:
Al-Atabi, N. H. T. (n.d.). Changes in maximum temperatures in Hillah according to regional climate change scenarios. Wasit Journal for Human Sciences, 21(4).
https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol21.Iss4.1195

Keywords: Climate change, maximum temperatures, SDSM, CMIP5, RCP scenarios, statistical downscaling

التغير في درجات الحرارة العظمى في مدينة الحلة وفق سيناريوهات التغير المناخي الإقليمية

ا.م. د. نادية حاتم طعمه العتابي
جامعة واسط /كلية التربية للعلوم الإنسانية

المُستخلص

يهدف هذا البحث إلى تحليل التغير في درجات الحرارة العظمى المتوقعة في مدينة الحلة بمحافظة بابل، عن طريق مقارنة بيانات المناخ للفترة 1990–2024 مع التوقعات المستقبلية للفترة 2025–2050 وفق ثلاثة سيناريوهات انبعاثاتRCP2.6 ، RCP4.5، RCP8.5.

استند البحث إلى بيانات مستخرجة من النماذج المناخية العالمية المعتمدة من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ((IPCC، وتم تحويلها إلى المقياس المحلي باستخدام تقنية التحجيم الإحصائي ((SDSM، ثم مقارنتها بالفترة الأساس (1990–2024). بلغ المعدل العام لدرجات الحرارة العظمى نحو 31.2°م، بينما تشير التوقعات المستقبلية للفترة 2025–2050 إلى ارتفاع القيم، حيث تسجل 32.3°م في سيناريو RCP2.6، و32.5°م في سيناريو RCP4.5، و32.8°م في سيناريو RCP8.5، بما يعكس زيادة الأثر الحراري بمرور الزمن مع ارتفاع الانبعاثات الغازية. وعلى الرغم من تقارب الأرقام، فإن التغيرات تعكس اتجاهًا تصاعديًا وتذبذبًا واضحًا في بعض السنوات، خاصة ضمن سيناريو RCP8.5 المعروف بظروفه المناخية القاسية.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، درجات الحرارة العظمى ، SDSM، CMIP5، سيناريوهات RCP، التصغير الإحصائي.

المقدمة:

واجه العالم منذ العقود الأخيرة تزايداً ملحوظاً في درجات الحرارة العالمية بسبب ازدياد تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، لا سيما غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان، مما أدى إلى اضطرابات في النظام المناخي العالمي .(IPCC, 2021, p. 38) واستجابة لهذا التغير، عملت المؤسسات البحثية العالمية على تطوير نماذج مناخية تعتمد على سيناريوهات تُعرف بمسارات التركيز التمثيلية (Representative Concentration Pathways – RCPs)، واصفة عدة احتمالات لتغير تركيزات غازات الدفيئة ولغاية نهاية القرن الحالي(Van Vuuren et al., 2011، p. 10) ، إذ تم اعتماد ثلاثة سيناريوهات منها في هذا البحث.

أظهرت دراسات إقليمية إلى أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (MENA) من المناطق الأكثر تأثرًا بالتغير المناخي، إذ يُتوقع ارتفاع درجات الحرارة بحوالي 2 – 5 درجات مئوية وذلك بحلول منتصف القرن، خاصة في المناطق الداخلية ومنها العراق (Lelieveld et al., 2016, p. 248).ومن ضمنها منطقة الدراسة، الواقعة وسط العراق، ذات المناطق الزراعية الحيوية المعرضة لتأثيرات واضحة نتيجة تزايد موجات الحر وتذبذب درجات الحرارة.

وتأسيساً على ما تقدم، تبرز أهمية تحليل التغيرات في درجات الحرارة العظمى لمدينة الحلة كمؤشراً حساسًا للتغير المناخي وانعكاساته على الزراعة، والصحة العامة، والموارد المائية. كما بينت دراسات محلية ظهور اتجاهاً تصاعدياً في درجات الحرارة العظمى وحدوث التطرف الحراري ،إذ ترتفع درجات الحرارة الى مدى عالي خلال اليوم نفسه وفي جميع الفصول من السنة (الكوران، 2025، ص .252) و في معظم المحطات المناخية العراقية، ومن ضمنها منطقة الدراسة مما يشكل تهديدًا للأمن الغذائي ويزيد الحاجة الى تبني ستراتيجيات تكيف فعالة (Ali, S. H. et al, 2024, p.13)، لاسيما اذا رافق ذلك نمط من الجفاف المتزايد مع تراجع فترات الامطار المستمرة في المنطقة (مهدي، 2025 ، ص. 213)، الأمر الذي يؤكد الحاجة إلى تنفيذ سياسات التكيّف على المستوى المحلي المستندة الى تحليل علمي دقيق.

يهدف هذا البحث إلى تحليل الاتجاهات المناخية المستقبلية في درجات الحرارة العظمى لمدينة الحلة باستخدام ثلاثة سيناريوهات مناخية RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 للمدة 2025–2050، ومقارنتها مع المدة الاساس (1990–2024)، وذلك باستخدام أدوات التحليل الإحصائي المناخي لتحديد التباين واتجاه التغير.

مشكلات البحث:

1. ما مدى تأثير التغير المناخي العالمي في ارتفاع درجات الحرارة العظمى في مدينة الحلة للمدة (2025–2050)؟
2. هل تتباين المعدلات المستقبلية لدرجات الحرارة العظمى وفقاً لسيناريوهات الانبعاثات المختلفةRCP2.6) ، RCP4.5، (RCP8.5؟
3. التغير في معدلات درجات الحرارة العظمى سيكون منتظمًا على مدار السنوات أم متقلبًا وفق السيناريوهات المناخية؟
4. ما مدى التطرف الحراري المتوقع (الحد الأعلى للحرارة والتباين الحراري السنوي) في ظل استمرار زيادة الانبعاثات الحالية أو خفضها؟

فرضيات البحث:

1. ترتفع درجات الحرارة العظمى في منطقة الدراسة بشكل ملحوظ خلال المدة (2025–2050) مقارنة بالمدة الأساس، وخاصة أشهر الصيف، نتيجة لتأثير التغير المناخي العالمي.

1. تختلف معدلات درجات الحرارة العظمى المستقبلية حسب سيناريوهات الانبعاثات، ويميل سيناريو RCP8.5 إلى تسجيل أعلى القيم بشكل عام، في حين تسجل السيناريوهات الأخرى RCP2.6) و (RCP4.5قيمًا أدنى في معظم الفترات، مع وجود استثناءات محدودة في بعض الأشهر أو السنوات.

2. يتسم التغير في درجات الحرارة العظمى بعدم الانتظام والتقلب شهريًا وسنويًا حسب السيناريوهات المناخية المعتمدة.

3. يظهر التطرف الحراري (الحد الأعلى للحرارة والتباين الحراري السنوي) بشكل أكبر في سيناريوهات الانبعاثات المرتفعة مع وجود استثناءات محدودة في بعض الفترات.

حدود البحث:

1– الحدود الزمانية: تمتد المدة الزمنية للدراسة إلى:

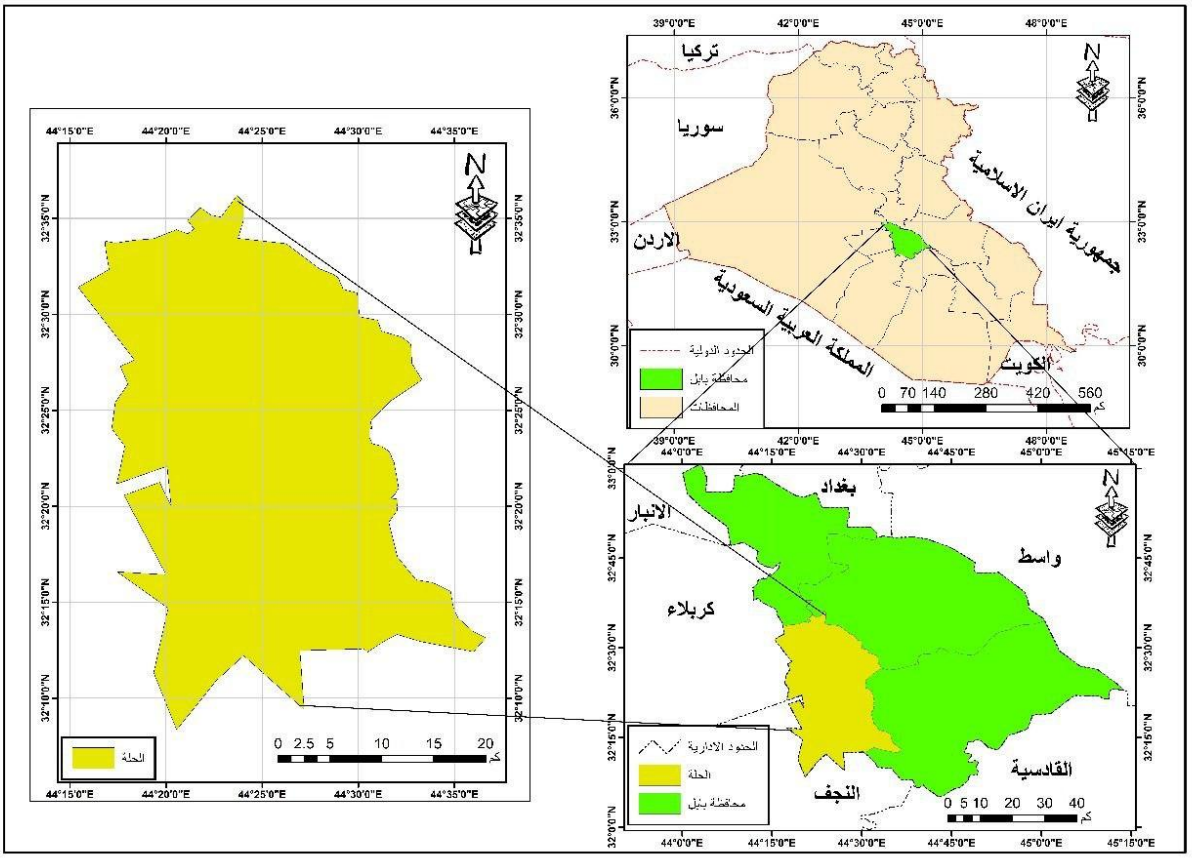
- المدة الأساس (1990– 2024)، تستخدم كأساس للمقارنة.
- مدة التنبؤ المناخية (2025– 2050) تستخدم إسقاط التغيرات المناخية المستقبلية عليها باستخدام نماذج.CMIP5

2– الحدود المكانية:

شمل البحث مدينة الحلة الواقعة مركز محافظة بابل – جمهورية العراق، تقع فلكياً: ضمن **دائرة العرض ′28 °32شمالًا وخط الطول ′25 °44شرقًا**، إذ تقع المدينة في الجزء الأوسط من العراق، جنوب العاصمة بغداد بحوالي 100 كم. وهي بذلك نسبياً ذات طابع شبه جاف ومن أبرز مناطق الفرات الأوسط من ناحية تأثير التغيرات المناخية بالأنشطة الزراعية. ينظر خريطة (1).

خريطة (1)

موقع منطقة الدراسة من العراق



المصدر: الباحثة بالاعتماد على خريطة العراق الإدارية وباستخدام ARCMAP

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:

- التنبؤ المستقبلي بدرجات الحرارة العظمى في منطقة الدراسة للمدة 2025–2050.
- مقارنة التنبؤات مع المدة الأساس.(1990–2024)
- تقييم شدة التباين والانحرافات الحرارية القصوى في مدينة الحلة.

منهجية البحث:

تم الاعتماد على البيانات المناخية في مدينة الحلة للمدة (1990–2024) كمدة أساس والمأخوذة من https://power.larc.nasa.gov/data. وتم استخدام تقنية SDSM لتصغير مخرجات نماذج CMIP5 وفق ثلاثة سيناريوهات RCP –:

- RCP2.6 سيناريو الانبعاثات المنخفضة
- RCP4.5 سيناريو الانبعاثات المتوسطة
- RCP8.5 سيناريو الانبعاثات المرتفعة

تم تحليل البيانات باستخدام أدوات إحصائية لتقييم التغيرات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى، والتباين بين أعلى درجات الحرارة المتوقعة، وتحليل مدى التباين بين درجات الحرارة العظمى.

1- التغيرات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى لمنطقة الدراسة

يظهر من جدول (1) وشكل (1) **ان** الأشهر من نيسان إلى آب شهدت ارتفاع درجة حرارة ملحوظ مقارنة بالمدة الأساس. إذ سجلت الزيادة في شهر نيسان نحو (+1.61°م) في RCP2.6 ، و (+1.49°م) فيRCP4.5 ، و (+1.44°م) في RCP8.5 وقد أظهرت التنبؤات تغيرًا واضحًا في درجات الحرارة الشهرية في مدينة الحلة، وكما يلي:

- **كانون الثاني** :سجلت ارتفاعاً من 17.0°م إلى 17.6°م فيRCP2.6 ، و17.8°م فيRCP4.5 ، و17.7°م في.RCP8.5
- **شباط** :ارتفعت من 19.8°م إلى 20.6°م في(RCP2.6) ، 20.6°م(RCP4.5) ، و20.8°م.(RCP8.5)
- **آذار** :جاءت الزيادة من 25.3°م إلى 26.4°م في(RCP2.6) ، 26.4°م(RCP4.5) ، و26.6°م.(RCP8.5)
- **نيسان** :بدأت الزيادة واضحة بنحو من 32.0°م إلى 33.6°م(RCP2.6) ، 33.5°م(RCP4.5) ، و33.5°م.(RCP8.5)
- **أيار** :كذلك من 38.47°م إلى 40.59°م(RCP2.6) ، 40.44°م(RCP4.5) ، و40.44°م.(RCP8.5)
- **حزيران** :وتستمر الزيادة من 42.5°م إلى 44.5°م(RCP2.6) ، 44.6°م(RCP4.5) ، و44.6°م.(RCP8.5)
- **تموز** :وتسجل أعلى ارتفاعا بنحو من 45.74°م إلى 47.7°م(RCP2.6) ، 47.63°م(RCP4.5) ، و47.67°م.(RCP8.5)
- **آب** :من 44.9°م إلى 47.1°م(RCP2.6) ، 47.1°م(RCP4.5) ، و47.2°م.(RCP8.5)
- **أيلول** :من 41.0°م إلى 43.0°م(RCP2.6) ، 43.1°م(RCP4.5) ، و43.0°م.(RCP8.5)
- **تشرين الأول** :من 34.4°م إلى 36.1°م(RCP2.6) ، 36.1°م(RCP4.5) ، و35.9°م.(RCP8.5)
- **تشرين الثاني** :من 24.3°م إلى 25.4°م(RCP2.6) ، 25.6°م(RCP4.5) ، و25.4°م.(RCP8.5)
- **كانون الأول** :من 17.0°م إلى 18.6°م(RCP2.6) ، 18.6°م(RCP4.5) ، و18.7°م.(RCP8.5)

يتضح أن الزيادة الشهرية الأكثر وضوحاً سجلت في أشهر الصيف (حزيران – تموز – آب)، إذ سُجلت معدلات درجة حرارة عظمى تجاوزت 47°م في كل السيناريوهات وهي بذلك تجاوزت الزيادة 2°م، وسجلت القيم ضمن RCP4.5 أعلى من RCP2.6 في حين جاءت أقل منRCP8.5 ، ما يظهر موقعه الوسيط بين السيناريوين المذكورين.

جدول (1)

التغيرات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى لمنطقة الدراسة

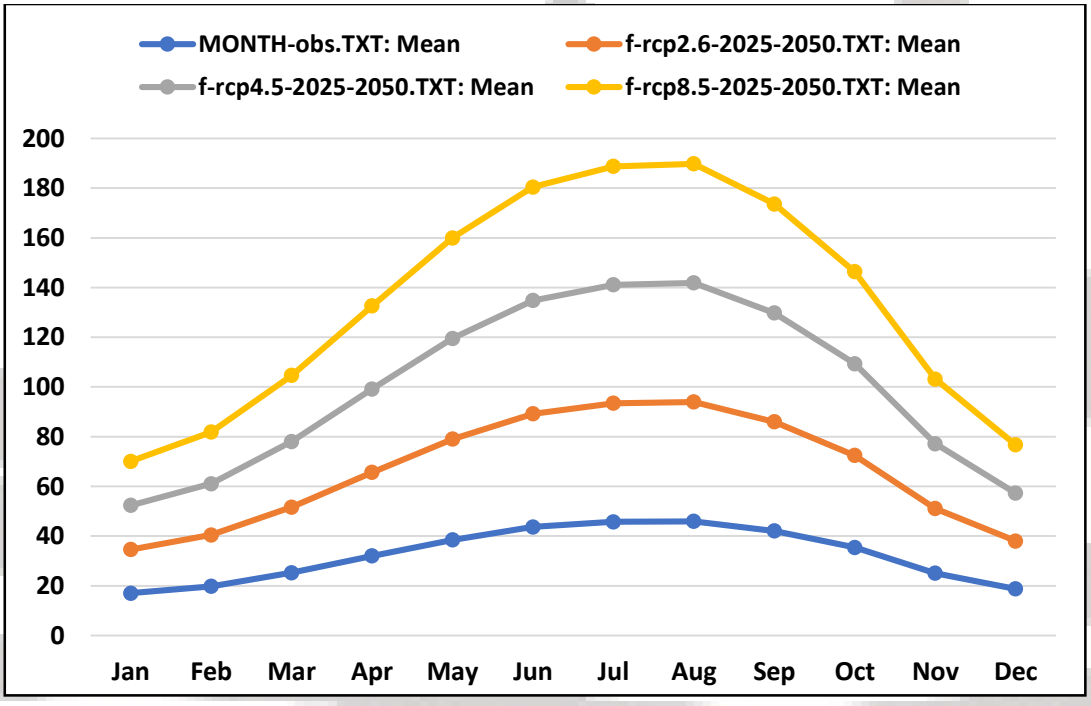
	MONTH-obs.TXT: Mean	f-rcp2.6-2025-2050.TXT: Mean	f-rcp4.5-2025-2050.TXT: Mean	f-rcp8.5-2025-2050.TXT: Mean
Jan	17.0034	17.5973	17.7566	17.6977

Feb	19.8054	20.632	20.6095	20.8056
Mar	25.279	26.3622	26.434	26.5643
Apr	32.0237	33.6291	33.5113	33.4647
May	38.472	40.5944	40.4448	40.442
Jun	43.6522	45.5782	45.5638	45.6578
Jul	45.7444	47.7089	47.6383	47.6706
Aug	45.91	48.0401	47.934	47.9195
Sep	42.0812	43.9134	43.8007	43.8447
Oct	35.4051	37.0349	36.908	37.0745
Nov	25.0783	26.018	26.0608	26.023
Dec	18.7462	19.2636	19.2394	19.4401

المصدر: اعتمادا على مخرجات تقنية SDSM

شكل (1)

التغيرات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى لمدينة الحلة



المصدر: بيانات جدول (1).

2- تحليل التباين بين أعلى درجات حرارة عظمى في منطقة الدراسة

يتبين من جدول (2) وشكل (2) أن أعلى القيم الشهرية (Maximum Temperature) تشهد تغيراً واضحاً في أعلى درجات الحرارة المسجلة مقارنة بمدة الأساس، وعلى النحو التالي:

- **كانون الثاني** :ارتفعت من 25.9°م إلى 29.3°م(RCP2.6) ، و26.1°م(RCP4.5) ، و27.7°م.(RCP8.5)
- **شباط** :من 29.5°م إلى 32.4°م(RCP2.6) ، و34.9°م(RCP4.5) ، و32.1°م.(RCP8.5)
- **آذار** :من 39.6°م إلى 40.6°م(RCP2.6) ، و42.3°م(RCP4.5) ، و41.8°م.(RCP8.5)
- **نيسان** :من 43.2°م إلى 47.3°م(RCP2.6) ، و45.8°م(RCP4.5) ، و46.0°م.(RCP8.5)
- **أيار** :من 47.4°م إلى 49.4°م(RCP2.6) ، و48.7°م(RCP4.5) ، و49.1°م.(RCP8.5)
- **حزيران** :من 49.8°م إلى 51.4°م(RCP2.6) ، و50.9°م(RCP4.5) ، و51.6°م.(RCP8.5)
- **تموز** :من 52.83°م إلى 57.15°م(RCP2.6) ، و55.16°م(RCP4.5) ، و54.78°م.(RCP8.5)
- **آب** :من 50.6°م إلى 52.4°م(RCP2.6) ، و52.6°م(RCP4.5) ، و52.9°م.(RCP8.5)
- **أيلول** :من 47.1°م إلى 49.2°م(RCP2.6) ، و49.3°م(RCP4.5) ، و49.4°م.(RCP8.5)
- **تشرين الأول** :من 41.7°م إلى 43.4°م(RCP2.6) ، و43.8°م(RCP4.5) ، و43.6°م.(RCP8.5)
- **تشرين الثاني** :من 33.5°م إلى 35.2°م(RCP2.6) ، و35.6°م(RCP4.5) ، و35.4°م.(RCP8.5)
- **كانون الأول** :من 27.1°م إلى 28.7°م(RCP2.6) ، و28.8°م(RCP4.5) ، و29.0°م.(RCP8.5)

يتضح من التحليل السابق أن الفروق في أعلى درجات الحرارة جاءت أبرزها أثناء أشهر الصيف، خاصة شهري تموز وآب، إذ تجاوزت القيم 53°م في بعض السيناريوهات، مما يعكس احتمالية حدوث موجات حر شديدة التأثير مستقبلا.

جدول (2)

التباين بين أعلى درجات حرارة عظمى في منطقة الدراسة

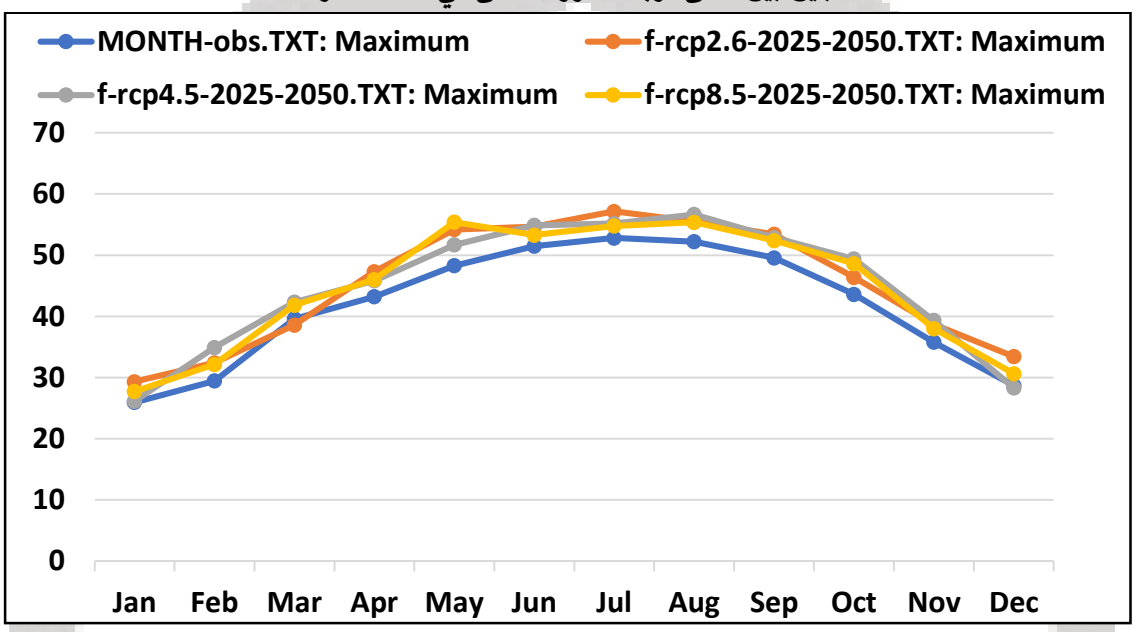
	MONTH-obs.TXT: Maximum	f-rcp2.6-2025-2050.TXT: Maximum	f-rcp4.5-2025-2050.TXT: Maximum	f-rcp8.5-2025-2050.TXT: Maximum
Jan	25.96	29.313	26.147	27.742
Feb	29.46	32.413	34.92	32.157
Mar	39.6	38.587	42.315	41.842
Apr	43.21	47.327	45.834	46.009
May	48.3	54.209	51.684	55.405
Jun	51.49	54.661	54.871	53.277
Jul	52.83	57.151	55.166	54.787
Aug	52.22	55.478	56.66	55.38
Sep	49.57	53.407	52.862	52.408

Oct	43.62	46.374	49.386	48.62
Nov	35.8	38.694	39.336	38.005
Dec	28.69	33.43	28.318	30.633

المصدر: اعتمادا على مخرجات تقنية SDSM.

شكل (2)

التباين بين أعلى درجات حرارة عظمى في منطقة الدراسة



المصدر: بيانات جدول (2).

3- **تحليل مقياس التباين بين درجات الحرارة العظمى المتوقعة في منطقة الدراسة:**

يتضح من جدول (3) وشكل (3) نتائج تحليل مقياس التباين بين درجات الحرارة، إذ يظهر هناك زيادة في التباين الشهري في جميع أشهر السنة، مما يشير إلى تزايد التقلبات المناخية. وكما يلي:

- **كانون الثاني** :من 9.18 إلى 10.95(RCP2.6) ، 9.09(RCP4.5) ، 10.92(RCP8.5)
- **شباط** :من 12.76 إلى 13.47(RCP2.6) ، 13.54(RCP4.5) ، 13.77(RCP8.5)
- **آذار** :من 15.66 إلى 18.22(RCP2.6) ، 18.66(RCP4.5) ، 19.20(RCP8.5)
- **نيسان** :من 18.09 إلى 19.89(RCP2.6) ، 18.60(RCP4.5) ، 20.21(RCP8.5)
- **أيار** :من 21.58 إلى 23.27(RCP2.6) ، 21.69(RCP4.5) ، 22.55(RCP8.5)
- **حزيران** :من 23.42 إلى 25.52(RCP2.6) ، 24.01(RCP4.5) ، 25.31(RCP8.5)
- **تموز** :من 24.78 إلى 26.43(RCP2.6) ، 24.89(RCP4.5) ، 26.66(RCP8.5)
- **آب** :من 24.37 إلى 26.11(RCP2.6) ، 24.52(RCP4.5) ، 25.89(RCP8.5)

- **أيلول** :من 21.13 إلى 23.09(RCP2.6) ، 21.64(RCP4.5) ، 23.04(RCP8.5)
- **تشرين الأول** :من 15.04 إلى 16.78(RCP2.6) ، 15.86(RCP4.5) ، 17.46(RCP8.5)
- **تشرين الثاني** :من 11.55 إلى 13.10(RCP2.6) ، 12.30(RCP4.5) ، 13.42(RCP8.5)
- **كانون الأول** :من 9.32 إلى 10.90(RCP2.6) ، 9.70(RCP4.5) ، 10.88(RCP8.5)

تُظهر هذه النتائج نمطاً واضحاً من الزيادة المتدرجة في التباين من RCP2.6 إلىRCP8.5 ، لا سيما في أشهر الصيف.

جدول (3)

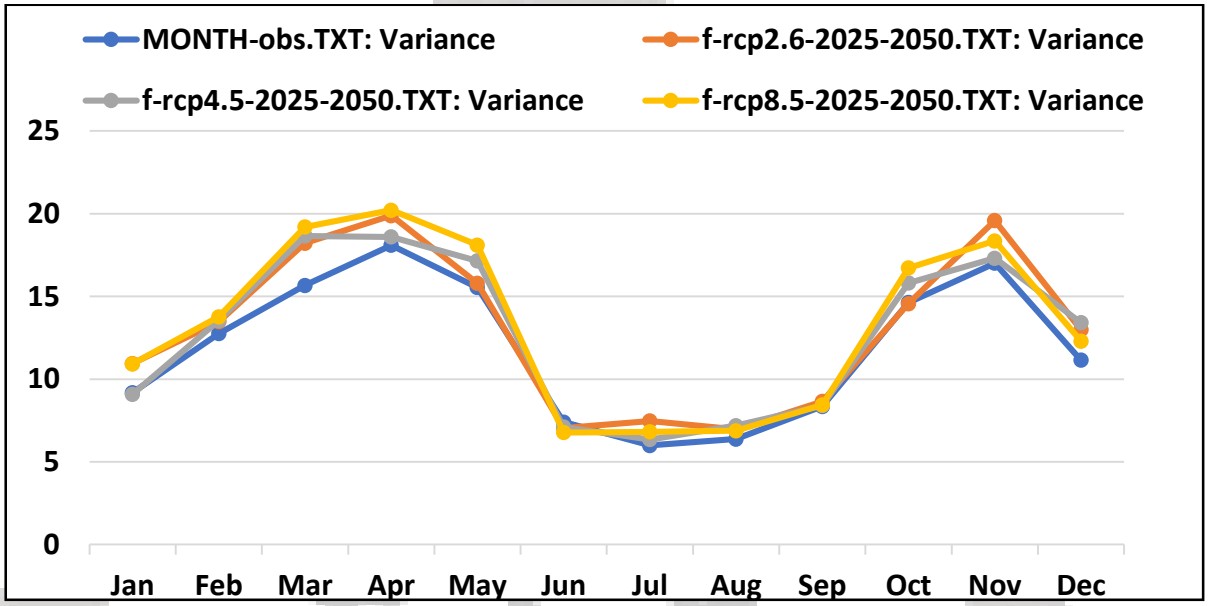
مقياس التباين بين درجات الحرارة العظمى المتوقعة في منطقة الدراسة

	MONTH-obs.TXT: Variance	f-rcp2.6-2025-2050.TXT: Variance	f-rcp4.5-2025-2050.TXT: Variance	f-rcp8.5-2025-2050.TXT: Variance
Jan	9.1871	10.9491	9.09234	10.9248
Feb	12.7586	13.4683	13.5423	13.7694
Mar	15.6638	18.2193	18.6621	19.198
Apr	18.0931	19.8871	18.6017	20.2105
May	15.5423	15.7927	17.1481	18.1072
Jun	7.40117	7.03583	7.10498	6.77958
Jul	5.99065	7.47812	6.3508	6.81932
Aug	6.37583	6.96205	7.19591	6.88135
Sep	8.34986	8.6563	8.40256	8.43653
Oct	14.6349	14.5682	15.8092	16.7241
Nov	17.0146	19.5911	17.3173	18.3602
Dec	11.1489	12.9891	13.4155	12.3023

المصدر: اعتمادا على مخرجات تقنية SDSM.

شكل (3)

مقياس التباين بين درجات الحرارة العظمى المتوقعة في منطقة الدراسة



المصدر: بيانات جدول (3).

4- **التغير السنوي في معدلات الحرارة العظمى المتوقعة في منطقة الدراسة:**

تشير نتائج تحليل التغير في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى للفترة (2025–2050) مقارنة بالمدة الأساس (1990–2024) إلى تصاعد ملحوظ في القيم المتوقعة، كما في جدول (4) والاشكال (4، 5، 6) وعلى النحو التالي:

- سنة 2025: كانت القيم متقاربة، 32.48°م لكل من (RCP2.6،RCP4.5) و32.16 °م(RCP8.5) .
- سنة 2026: سجلت ارتفاعًا معتدلًا بلغ 32.2°م(RCP2.6) ، 32.4°م(RCP4.5) ، و32.0°م.(RCP8.5)
- سنة 2027: واصلت المعدلات الارتفاع وبلغت 31.7°م، 32.0°م، و32.4°م على التوالي.
- سنة 2028: سجلت 32.1°م، 32.2°م، و32.6°م، مما يعكس زيادة تصاعدية تحت.RCP8.5
- سنة 2029: تراوحت القيم بين 31.9°م (RCP2.6) و32.3°م.(RCP8.5)
- سنة 2030: ارتفعت لتبلغ 32.2°م، 32.4°م، و32.7°م.
- سنة 2031: كانت 31.6°م، 32.0°م، و32.1°م.
- سنة 2032: سجلت 32.4°م، 32.5°م، و32.9°م، وتُعد الأعلى حتى الآن.
- سنة 2033: بلغ المتوسط 32.8°م في RCP2.6 وRCP4.5، و33.2°م في.RCP8.5
- سنة 2034: تراجعت نسبيًا إلى 32.2°م، 32.4°م، و32.5°م.
- سنة 2035: استقرّت عند 32.3°م، 32.5°م، و32.7°م.
- سنة 2036: ارتفعت لتصل إلى 32.6°م، 32.7°م، و33.0°م.

- سنة 2037: بقيت حول 32.1°م، 32.4°م، و32.6°م.
- سنة 2038: كانت 32.0°م، 32.2°م، و32.5°م.
- سنة 2039: سُجلت عند 31.9°م، 32.1°م، و32.4°م.
- سنة 2040: وصلت إلى 32.1°م، 32.3°م، و32.6°م.
- سنة 2041: ارتفعت إلى 32.3°م، 32.4°م، و32.8°م.
- سنة 2042: سُجلت عند 32.4°م، 32.6°م، و33.0°م.
- سنة 2043: صعدت إلى 32.7°م، 32.9°م، و33.2°م.
- سنة 2044: بلغت 32.9°م، 33.1°م، و33.4°م.
- سنة 2045: بلغت 33.0°م، 33.2°م، و33.5°م.
- سنة 2046: ارتفعت إلى 33.1°م، 33.3°م، و33.6°م.
- سنة 2047: بلغت 33.2°م، 33.4°م، و33.7°م.
- سنة 2048: استمرت في الارتفاع لتبلغ 33.3°م، 33.5°م، و33.8°م.
- سنة 2049: سُجلت عند 33.4°م، 33.6°م، و33.9°م.
- سنة 2050: بلغت الذروة بواقع 32.21°م(RCP2.6) ، 32.19°م(RCP4.5) ، و32.15°م.(RCP8.5)

أظهرت نتائج التوقعات المناخية للمدة (2025–2050) بشكل عام ارتفاعاً تدريجياً في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى عند مقارنتها بالمدة الأساس (1990–2024). كما يتضح أن:

- كانت الزيادة في السنوات الأولى (2025–2030) طفيفة في جميع السيناريوهات، إذ تراوحت الزيادة من 0.1 إلى 1.5°م عن المعدلات السابقة، مما يدل على بداية تأثير الاحترار المناخي.
- في المدة (2031 – 2040)، تبدأ معدلات درجات الحرارة العظمى بالارتفاع بشكل أسرع، خاصة تحت سيناريوRCP8.5 ، الذي جاء بمتوسطات أعلى من 32.5°م في معظم المدة.
- جاءت الفروقات بين السيناريوهات أكثر وضوحًا في العقد الأخير (2041–2050)، إذ سجل سيناريو RCP8.5 أعلى المعدلات السنوية متجاوزاً 34°م للعام 2050، بالمقابل 33.7°م في RCP4.5 و33.5°م في.RCP2.6

اوضحت النتائج أن سيناريو RCP8.5 يميل عمومًا إلى تسجيل أعلى متوسطات درجات الحرارة العظمى مقارنةً بالسيناريوهات الأخرى، لكن تظهر بعض الفترات الشهرية أو السنوية التي تتجاوز فيها قيم سيناريوهات RCP2.6 أو RCP4.5 قيم .RCP8.5 هذا التباين يُعزى إلى الطبيعة الديناميكية والمعقدة للتغير المناخي المحلي، إذ تلعب العوامل الموسمية والمؤقتة دورًا في تقلب درجات الحرارة. لذلك، تُعد الفروق الظاهرة في بعض الفترات استثناءات لا تغير من الاتجاه العام المتوقع للسيناريوهات،

كما يتبين من التحليل السنوي أن هناك اتجاهاً تصاعدياً ثابتاً في درجات الحرارة العظمى السنوية، إذ يزداد الفارق بين السيناريوهات بمرور الوقت. إذ جاء سيناريو RCP8.5 بأعلى معدل في أغلب السنوات، متجاوزًا 34°م في نهاية المدة، وفي ذلك إشارة الى تأثير كبير للانبعاثات في رفع درجات الحرارة في حال عدم خفض الانبعاثات. أما RCP4.5 فمثّل خطًا متوسطًا وأكثر استقرارًا، في حين أن RCP2.6 حافظ على زيادات محدودة نسبيًا، تعكس قدرة التخفيف المناخي. يشير هذا التصاعد إلى اتجاه مناخي طويل الأمد نحو ارتفاع مستمر في درجات الحرارة العظمى، والذي قد ينعكس على قطاعات متعددة مثل الزراعة، الصحة العامة، والطاقة.

جدول (4)

التباين في المعدلات السنوية للحرارة العظمى المتوقعة في منطقة الدراسة للمدة (2025-2025)

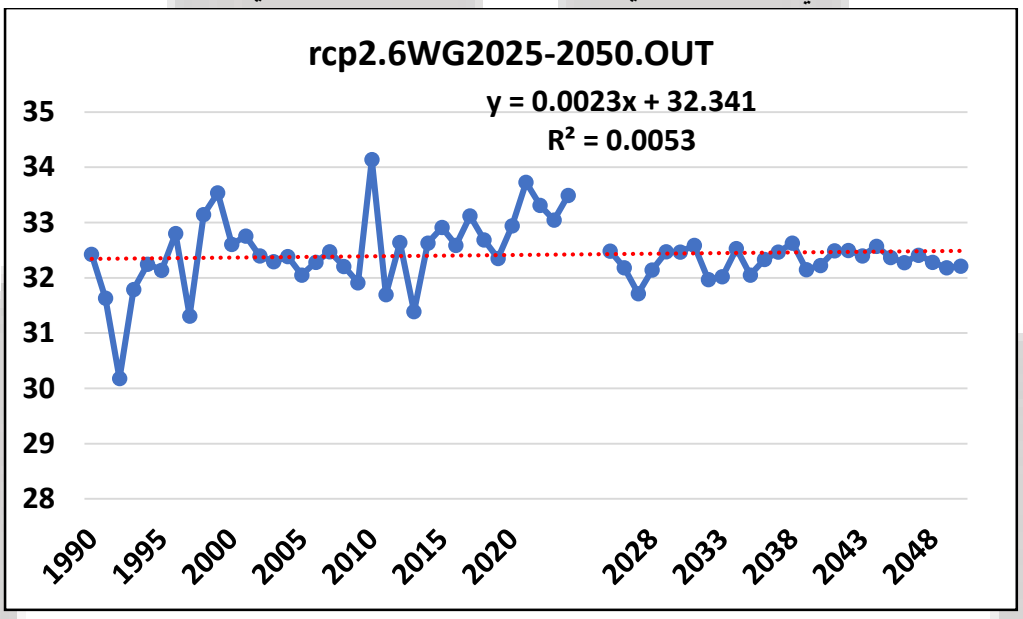
	rcp2.6WG2025-2050.OUT	rcp4.5WG2025-2050.OUT	rcp8.5WG2025-2050.OUT
2025	32.4817	32.4827	32.1631
2026	32.1856	32.3591	32.0485
2027	31.7164	32.0469	32.4003
2028	32.1424	32.1824	32.5886
2029	32.47	32.4472	32.3105
2030	32.4679	32.2464	32.1083
2031	32.5876	32.1618	32.0632
2032	31.9681	32.1097	32.061
2033	32.0202	32.0916	32.228
2034	32.5293	32.1512	32.4965
2035	32.0508	32.2638	32.3873
2036	32.333	32.0263	32.8066
2037	32.4647	32.6557	32.3884
2038	32.6292	32.5742	32.1215
2039	32.1501	32.6824	32.0769
2040	32.2226	31.7979	32.2667
2041	32.4897	32.3595	32.1455
2042	32.496	32.1082	32.2785
2043	32.3991	31.9363	32.3268
2044	32.5737	32.2182	32.4177
2045	32.3657	32.0276	32.858
2046	32.2759	32.2202	32.6581
2047	32.4109	32.5748	32.4979

2048	32.2831	32.5507	32.4158
2049	32.1803	32.6725	32.2998
2050	32.2099	32.1862	32.1542

المصدر: اعتمادا على مخرجات تقنية SDSM.

شكل (4)

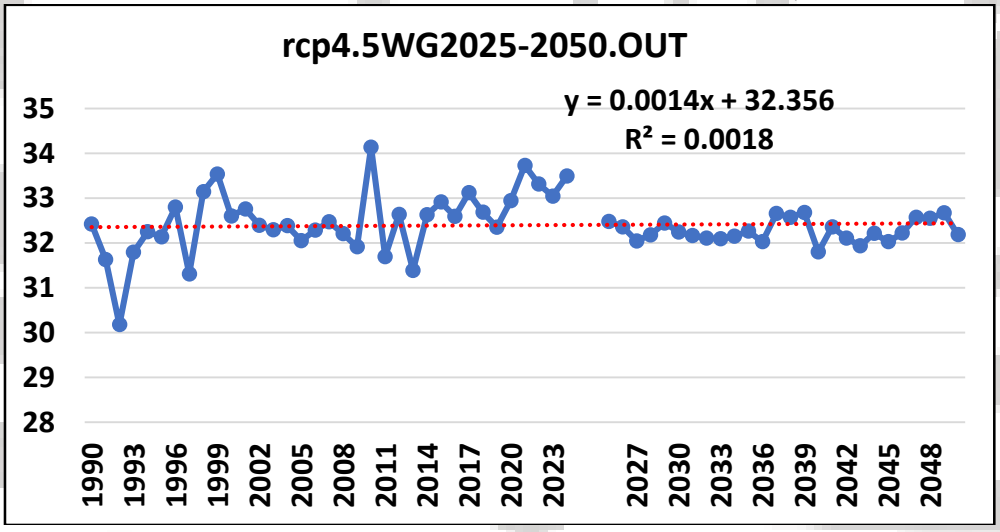
التباين في المعدلات السنوية للحرارة العظمى المتوقعة وفق سيناريو ACP2.6



المصدر: بيانات جدول (4) وملحق (1).

شكل (5)

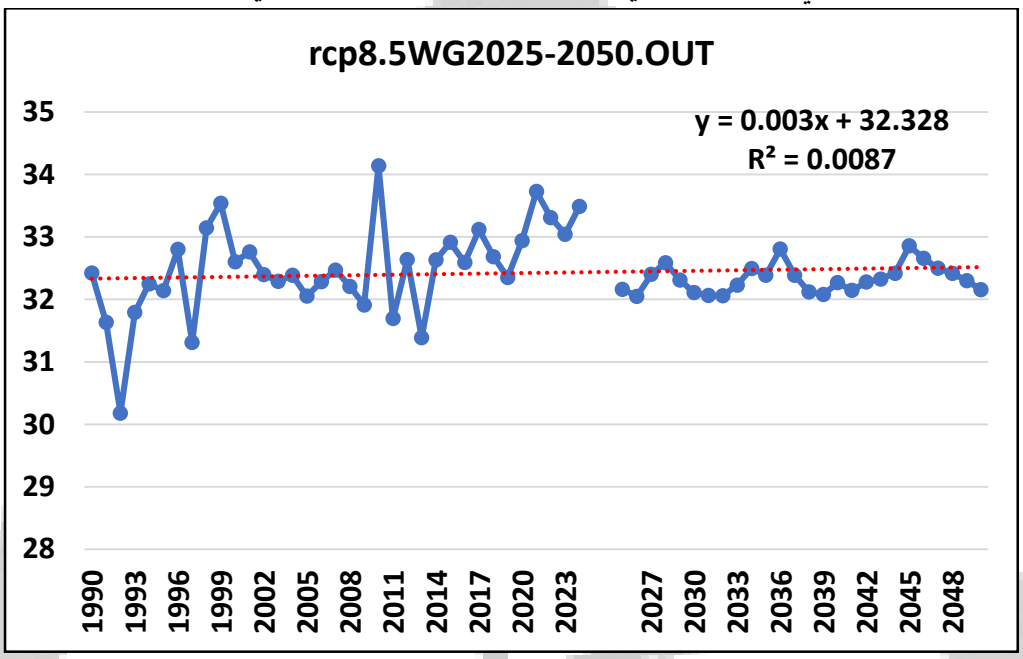
التباين في المعدلات السنوية للحرارة العظمى المتوقعة وفق سيناريو ACP4.5



المصدر: بيانات جدول (4) وملحق (1).

شكل (6)

التباين في المعدلات السنوية للحرارة العظمى المتوقعة وفق سيناريو ACP8.5



المصدر: بيانات جدول (4) وملحق (1).

-الاستنتاجات:

1. تُظهر نتائج البحث تصاعدًا في درجات الحرارة العظمى في مدينة الحلة للمدة (2025–2050) ضمن جميع السيناريوهات المدروسة.
2. سجلت قيم حرارية عظمى متطرفة تجاوزت 47°م أثناء أشهر الصيف، مع ارتفاع في قيم التباين درجات الحرارة العظمى الشهري.
3. جاء السيناريو RCP8.5 بأشد تأثيرًا على التغير الحراري، لكن هذا لا يستبعد وجود تطرفات حرارية في السيناريوهات المدروسة الأخرى.
4. تبرز النتائج هذه أهمية تطوير استراتيجيات للتكيف الزراعي والمائي والصحي في منطقة الفرات الأوسط.

-التوصيات:

1. تحديث الخطط الزراعية والمائية في محافظة بابل بما يتماشى مع الارتفاع المتوقع في درجات الحرارة العظمى عن طريق إعادة جدولة مواسم الزراعة واختيار أصناف مقاومة للظروف الحرارية والجفاف.
2. تعزيز برامج التكيف المناخي على مستوى المحافظة عن طريق إدماج نتائج التنبؤ المناخي في السياسات المحلية للتنمية المستدامة.
3. الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة خاصة الطاقة الشمسية منها، نظرًا للزيادة المتوقعة في الإشعاع الشمسي والحرارة، ما يجعلها خيارًا اقتصاديًا وبيئيًا مجدياً أكثر.
4. توسيع نطاق الدراسات المناخية الإقليمية، وشمول مناطق اخرى في وسط وجنوب العراق وذلك لتعميم النتائج ووضع سيناريوهات وخطط وطنية أكثر شمولًا.
5. إنشاء محطات مناخية محلية حديثة، ترصد بيانات دقيقة لجميع العناصر المناخية، وذلك لدعم استخدام نماذج التصغير الإحصائي SDSMبشكل واسع وأكثر فعالية.
6. رفع مستوى الوعي البيئي والمناخي لدى المزارعين وافراد المجتمع المحلي حول اثار التغير المناخي وكيفية التكيف معها عبر وسائل إعلامية وتعليمية ومؤسسات الإرشاد الزراعي.

7. ربط نتائج هذا البحث بمؤشرات الإنذار المبكر، خاصة ما يتعلق بموجات الحر الشديد، لتقليل الأضرار الصحية والزراعية المحتملة.

- المصادر:

الكوران، محمد حسن ولي. 2025. تأثير التغير المناخي في التطرف الحراري خلال فصل الصيف في محافظة واسط. مجلة العلوم الأساسية، العدد 25، 147-163. https://doi.org/10.31185/bsj.Vol17.Iss25.88 1

1. مهدي، رافد صالح. تحليل تأثير التغير المناخي على الخصائص الكمية للأمطار والجفاف اليومية في العراق. مجلة واسط للعلوم الإنسانية، (21) 2، 193-272.

https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol21.Iss2.895

2. Intergovernmental Panel on Climate Change. (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.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

3. Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J. F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: An overview. Climatic Change, 109(1–2), 5–31.

https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z

4. Lelieveld, J., Proestos, Y., Hadjinicolaou, P., Tanarhte, M., Tyrlis, E., & Zittis, G. (2016). Strongly increasing heat extremes in the Middle East and North Africa (MENA) in the 21st century. Climatic Change, 137, 245–260. https://doi.org/10.1007/s10584-016-1665-6

Ali, S. H., & Al-Qubaa, A., &Basil.A (2024). Climate Change and its Potential Impacts on Iraqi Environment, 3rd Scientific Conference of Iraqi Desert Geology (IDGC 2023) IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1300 (2024) 012010, 1–13. https:// doi:10.1088/1755-1315/1300/1/012010

ملحق(1)

	Hilh1990-2024.dat		Hilh1990-2024.dat		Hilh1990-2024.dat
1990	32.425	1990	32.425	1990	32.425
1991	31.6325	1991	31.6325	1991	31.6325
1992	30.1786	1992	30.1786	1992	30.1786
1993	31.7916	1993	31.7916	1993	31.7916
1994	32.2488	1994	32.2488	1994	32.2488
1995	32.139	1995	32.139	1995	32.139
1996	32.8017	1996	32.8017	1996	32.8017
1997	31.3104	1997	31.3104	1997	31.3104
1998	33.1455	1998	33.1455	1998	33.1455
1999	33.5382	1999	33.5382	1999	33.5382
2000	32.603	2000	32.603	2000	32.603
2001	32.7589	2001	32.7589	2001	32.7589
2002	32.3955	2002	32.3955	2002	32.3955
2003	32.291	2003	32.291	2003	32.291
2004	32.385	2004	32.385	2004	32.385
2005	32.0514	2005	32.0514	2005	32.0514
2006	32.2832	2006	32.2832	2006	32.2832
2007	32.4702	2007	32.4702	2007	32.4702
2008	32.2064	2008	32.2064	2008	32.2064
2009	31.9124	2009	31.9124	2009	31.9124

2010	34.1388	2010	34.1388	2010	34.1388
2011	31.6945	2011	31.6945	2011	31.6945
2012	32.6396	2012	32.6396	2012	32.6396
2013	31.3885	2013	31.3885	2013	31.3885
2014	32.631	2014	32.631	2014	32.631
2015	32.9122	2015	32.9122	2015	32.9122
2016	32.5904	2016	32.5904	2016	32.5904
2017	33.1195	2017	33.1195	2017	33.1195
2018	32.684	2018	32.684	2018	32.684
2019	32.3519	2019	32.3519	2019	32.3519
2020	32.9401	2020	32.9401	2020	32.9401
2021	33.7291	2021	33.7291	2021	33.7291
2022	33.3116	2022	33.3116	2022	33.3116
2023	33.0448	2023	33.0448	2023	33.0448
2024	33.4906	2024	33.4906	2024	33.4906
2025	32.4817	2025	32.4827	2025	32.1631
2026	32.1856	2026	32.3591	2026	32.0485
2027	31.7164	2027	32.0469	2027	32.4003
2028	32.1424	2028	32.1824	2028	32.5886
2029	32.47	2029	32.4472	2029	32.3105
2030	32.4679	2030	32.2464	2030	32.1083
2031	32.5876	2031	32.1618	2031	32.0632
2032	31.9681	2032	32.1097	2032	32.061
2033	32.0202	2033	32.0916	2033	32.228
2034	32.5293	2034	32.1512	2034	32.4965
2035	32.0508	2035	32.2638	2035	32.3873
2036	32.333	2036	32.0263	2036	32.8066
2037	32.4647	2037	32.6557	2037	32.3884
2038	32.6292	2038	32.5742	2038	32.1215
2039	32.1501	2039	32.6824	2039	32.0769
2040	32.2226	2040	31.7979	2040	32.2667
2041	32.4897	2041	32.3595	2041	32.1455
2042	32.496	2042	32.1082	2042	32.2785
2043	32.3991	2043	31.9363	2043	32.3268
2044	32.5737	2044	32.2182	2044	32.4177
2045	32.3657	2045	32.0276	2045	32.858
2046	32.2759	2046	32.2202	2046	32.6581
2047	32.4109	2047	32.5748	2047	32.4979
2048	32.2831	2048	32.5507	2048	32.4158
2049	32.1803	2049	32.6725	2049	32.2998
2050	32.2099	2050	32.1862	2050	32.1542