Rafidain Journal of Science
https://rsci.mosuljournals.com

Vol. 33, No.1, pp.18-37, 2024

تحليل اتجاهات معدلات درجات الحرارة في العراق

مصطفى احمد الجاف
قسم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة كركوك
هاني محمد صالح الجرجيس
الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي/ الموصل/ العراق

p-ISSN: 1608-9391
e -ISSN: 2664-2786

Article information

Received: 21/ 4/ 2023
Revised: 8/ 7/ 2023
Accepted: 15/ 7/ 2023

DOI:

corresponding author:
مصطفى احمد الجاف
mustafa_ahmed@uokirkuk.edu.iq
هاني محمد صالح الجرجيس
hanee_salih@yahoo.com

الملخص

كُشف في هذا البحث عن الاتجاه العام لدرجات حرارة الهواء وذلك بتوظيف البيانات المقاسة والتنبؤية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدلات اليومية والسنوية في ثلاث محطات أنوائية موزعة في مناطق متباينة جغرافيا ومناخيا وهي كل من (الموصل، بغداد، والبصرة) للسلسلة الزمنية (1982–2020) للمعدلات المقاسة وصولا للنطاق الزمني (2021–2050) للبيانات التنبؤية من اسقاطات نماذج المقارنة المزدوجة (CMIP6)، واظهر تحليل مان–كندال وهو اختبار إحصائي واسع الاستخدام في السلاسل المناخية، ان للمعدلات العظمى ومعدلات درجات الحرارة اليومية والسنوية طبيعة موجبة الاتجاه وذات دلالة إحصائية عند مستوى المعنوية ($\alpha = 0.05$) واتجاها متقلبا غير معنويا في المعدلات الصغرى اليومية والسنوية، وتصدرت مدينة البصرة بتسجيل اكبر الزيادات في فوارق المعدلات اليومية المقاسة وبحدود (1.47–7.25 °C) بين بداية السلسلة الزمنية ونهايتها (1982–2020)، تليها محطة الموصل وبزيادة بلغت بحدود (1.24– 5.37°C) وأخيرا لمحطة بغداد سجلت الزيادة ضمن المدى (0.68–4.11°C)، وفي المجمل خلصت هذه النتائج الى أن اتجاهات معدلات درجات الحرارة ظهرت بتوافق اكبر مع السيناريو المتطرف (SSP5-8.5) مقارنة بالسيناريو (SSP2-4.5) الى منتصف القرن الحادي والعشرين تحت جهد الاحترار المناخي وان المنطقة تتصدر عالميا مناطق الخطر الحراري تحت عجز شبه تام من المؤسسات التنفيذية لوضع الحلول المثلى لتغير وتطرف مناخ العراق.

الكلمات الدالة: الاحترار العالمي، الاتجاه العام لدرجات حرارة الهواء، تحليل مان–كندال، CMIP6، العراق.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

أدى الاستخدام الواسع النطاق للوقود الاحفوري كمصدر تقليدي ورخيص تتطلبه النشاطات البشرية المتعددة الى اختلال موازنة الطاقة لمنظومة الغلاف الجوي – الأرض (Wentz *et al*., 2007; Chu *et al*., 2010; Huang *et al*., 2011; IPCC AR5., 2013) نتيجة زيادة تراكيز غازات الدفيئة عالميا، مما سبب ارتفاعا ملحوظا في درجة حرارة الارض، وبلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العالمية في عام (2021) مستويات أعلى من متوسط ما قبل العصر الصناعي (1850-1900) بزيادة مقدارها (1.1± 0.13°C) تقريباً. وتعد الأعوام من (2015) إلى (2021)، هي أحرّ سبعة أعوام مسجلة عالميا (Priyadarshi *et al*., 2022, Smith *et al*., 2021) . يقدم التقرير السادس التابع للهيأة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ والمعنون تغير المناخ الأساس العلمي الفيزيائي فريق العمل الثالث .(IPCC, 2021)، تقديرات جديدة لاحتمالات ان يتجاوز مستوى الاحترار العالمي مقدار (1.5 °C) أو يتجاوزها في العقود المقبلة (IPCC. Masson *et al*., 2018)، ويخلص إلى أنه لا سبيل إلى إبقاء الاحترار العالمي عند ما يقارب (1.5 °C) تقريباً، أو حتى (2°C)، بدون إجراء تخفيضات فورية وسريعة وواسعة النطاق في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. من الصعوبة التنبؤ بانبعاثات غازات الدفيئة وتراكيزها لارتباطها بعوامل التطور المستقبلي مثل النمو السكاني، والنمو الاقتصادي، واستخدامات الطاقة (EPA 2022). النماذج المناخية هي إحدى الوسائل الأساسية للعلماء لفهم كيف تغير المناخ في الماضي وتوقع كيف يتغير لاحقا. اذ تحاكي هذه النماذج العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للغلاف الجوي والأرض والمحيطات كافة بتفصيل كبير(Ramadan and Hussain, 2022). طور مجتمع نمذجة المناخ أربع مسارات تراكيز تمثيلية Representative Concentration Pathways(RCPs). تمتد (RCPs) الأربعة على نطاق واسع من سيناريوهات الاحترار العالمي مكانيا وزمانيا اعتمادا على مسارات تراكيز غازات الاحتباس الحراري في المستقبل والملوثات المختلفة التي تسببها الأنشطة البشرية المتعددة. تحدد (RCPs) تأثير التراكيز المستقبلية في صافي الإشعاع، وهو رقم يعكس مقدار الاحترار الإضافي الناتج عن انبعاثات غازات الدفيئة بسبب الزيادة في الملوثات المسببة لتغير المناخ.

وصفت الهيأة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC AR5, 2014). بأن (RCP4.5) هو سيناريو وسيط. تبلغ الانبعاثات في (RCP4.5) ذروتها حوالي عام (2040)، ثم تنخفض. وفقًا لمتخصصي الموارد، فإن سيناريوهات انبعاثات الهيأة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ منحازة نحو التوافر المفرط لاحتياطيات الوقود الأحفوري، (RCP 4.5) هو السيناريو الأساسي الأكثر احتمالية (لا توجد سياسات مناخية) مع الأخذ في الحسبان الطابع المستنفد للوقود الاحفوري غير المتجدد (Laherrère *et al*., 2001; Höök *et al*., 2010; Laherrère, 2019)، ومن المرجح أن يؤدي (RCP4.5) إلى ارتفاع درجة الحرارة العالمية بين (2°C) و (3°C) بحلول عام (2100). اما في المسار RCP 8.5 الذي تم عده كأساس عام لسيناريوهات تغير المناخ الأسوأ، تستمر الانبعاثات في الارتفاع طوال القرن الحادي والعشرين بناء على ما ثبت أنه مبالغة في تقدير مخرجات الفحم المتوقعة على وفق السياسات الدولية الحالية والمعلنة المتعلقة بالمناخ (Schwalm *et al*., 2020). وبالنظر لاختلاف تراكيز غازات الاحتباس الحراري مستقبلا، سينتج عن (RCP 8.5) المزيد الاحترار السريع والمزيد من تغير المناخ. عند اختيار (RCPs) من المهم أن ندرك أن الاختلافات في النتائج بين (RCPs) حتى منتصف القرن غالبًا ما تكون صغيرة جدا حتى نهاية القرن الحالي، والسبب في ذلك هو ان منظومة المناخ تستجيب ببطء نسبيا للتغيرات في تراكيز غازات الاحتباس الحراري. لذلك اختيار (RCP) للتحليلات ليس مهمًا حتى منتصف القرن مقارنة بما بعده (Hausfather and Peters, 2020). تعمل مجموعات النمذجة المتعددة على تضيمن دقة مكانية أعلى وعمليات فيزيائية جديدة ودورات بيوجيوكيميائية في نماذجها المناخية، وتنسق مجموعات النمذجة تحديثاتها حول الجدول الزمني في الفترة التي تسبق تقارير تقييم الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، وهذه الجهود المنسقة هي جزء من اسقاطات المقارنة بين النماذج المزدوجة Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) أظهر تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام (AR5, 2013) نماذج مناخية من CMIP5 (Taylor *et al*., 2012)، في حين أن تقرير التقييم السادس للهيئة

الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (AR6) لعام (2021) يحتوي على أحدث واغلب طرز نماذج (CMIP6)، اذ يتألف CMIP6 من "مجموعات" من حوالي (100) نموذج مناخي متميز يتم إنتاجها عبر (49) مجموعة نمذجة مختلفة (Veronika *et al*., 2018) أن عددا من هذه النماذج لها حساسية مناخية واضحة أعلى بشكل ملحوظ من النماذج في (CMIP5).

سيناريوهات الانبعاثات المستقبلية

يمثل (CMIP6) توسعًا كبيرًا على (CMIP5)، من حيث عدد مجموعات النمذجة المشاركة، وعدد السيناريوهات المستقبلية التي تم فحصها وعدد التجارب المختلفة التي تم إجراؤها. طور مجتمع نمذجة الطاقة مجموعة جديدة من سيناريوهات الانبعاثات مدفوعة بافتراضات اجتماعية واقتصادية مختلفة، وهي "المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة" Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)، تم اختيار عدد من سيناريوهات (SSP) لدفع النماذج المناخية ل(CMIP6)، (O'Neill *et al*., 2016; Riahi *et al*., 2017) على وجه التحديد، تم اختيار مجموعة من السيناريوهات وهي: (RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0، RCP8.5) لها إصدارات جديدة في (CMIP6). تسمى هذه السيناريوهات المحدثة بسيناريوهات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة ومن اهم طرزها كل من: (SSP1-2.6، SSP2-4.5، SSP4-6.0، SSP5-8.5)، وكل منها ينتج عنه مستويات تأثير إشعاعي مماثلة لسابقتها في (AR5)، وكلها وضعت من اجل استكشاف المسارات المتعددة للتنمية والكيفية التي تغير بها هذه المسارات المناخ في إطار مستقبلي عالمي (Van Vuuren *et al*., 2011; Van Vuuren *et al*., 2013; Kriegler *et al*., 2014; FNCA. USGCRP NCA4., 2017). صنف العراق في تقارير الأمم المتحدة ومنظمة الأرصاد العالمية كواحد من أوائل الدول التي تواجه وستواجه عواقب الاحترار العالمي والتي تتمثل بالجفاف والتصحر وزيادة ظواهر المناخ المتطرف (IOM IRAQ., 2022)، اذ تم تقييم التغيرات الزمانية والمكانية في التساقطات ودرجات الحرارة فلوحظت اتجاهات نحو الارتفاع في درجات الحرارة العظمى والصغرى والقصوى، كما أظهرت النتائج عدم وجود فروق بين موقع جغرافي وآخر في العراق، مما يدل على أن تبعات تغير المناخ هي نفسها من الناحية المكانية لمنطقة العراق (ESCWA, 2017). الاتجاهات العامة للمعدلات السنوية لدرجات الحرارة آخذة في الزيادة نتيجة لتأثر العراق وحساسية مناخه الشديدة للاحترار المناخي (World Bank Iraq, 2022)، اذ ارتفعت درجة الحرارة في العراق إلى (24.22 °C) في عام (2021) من (23.45 °C) في عام (2020)، ومن المتوقع ان ترتفع الزيادة في المتوسط السنوي لدرجات الحرارة بحدود (2.5 °C) بحلول العام (2050) (Loveluck *et at*., 2021) . صُنف العراق في المرتبة الخامسة بين بلدان المنطقة العربية الأكثر عرضة للانهيار المناخي ومن المقاطعات الأضعف لتغير المناخ (IOM IRAQ, 2022)، ان الآثار المترتبة على التغييرات المناخية مهمة بشكل خاص للمناطق القاحلة، اذ يمكن أن تتسبب زيادة درجة الحرارة في المنطقة والعراق تحديدا بإجهاد مائي شديد ويعقبه تدهور الأمن الغذائي محليا (IPCC, 2013). تهدف هذه الدراسة الى فهم وادراك المخاطر المتوقعة للاحترار العالمي على العراق وليس التنبؤ من خلال تحديد الاتجاهات العامة لمعدلات درجات الحرارة وصولا لإسقاطاتها المستقبلة ضمن النطاق الزمني (2050–2021) اعتمادا على البيانات المقاسة في ثلاث محطات موزعة جغرافيا على الأقاليم المناخية السائدة في العراق على وفق السيناريوهات المحتملة لتغير المناخ ضمن مسارات التراكيز التمثيلية (RCP-4.5) والذي يتوقع ان يطابق سياسات التكيف والتخفيف الى منتصف القرن الحالي بالسيناريو المحدث (SSP2-4.5) والمسار المتطرف (RCP–8.5) بإصداره المحدث (SSP5-8.5)، وهو السيناريو الأسوأ المثير للجدل بين الأوساط البحثية فيما يتعلق بتطبيق السياسات المناخية الدولية من عدمه ضمن الاتفاقيات الاطارية العالمية للحد من انبعاثات غازات الدفيئة.

البيانات وإجراءات البحث

ان الزيادة طويلة الامد في ارتفاع درجة الحرارة فهي دليل على وجود اتجاه تزايدي في الأنماط السائدة جغرافيا لتوزيعات درجات الحرارة او معدلاتها العامة (Anbar and Shehdeh, 2020). التقنيات الاحصائية والنماذج الحاسوبية لتحديد الاتجاهات العامة وتحليلها متعددة وهي مهمة جدا للوصول الى صورة شاملة لمستويات الخطر الحراري، وبالرغم من ان انحراف معدلات الحرارة عن انماطها السائدة وتسجيل الدرجات القصوى دليل للتغير المناخي وتقلبيته الا انها احصائيا يتم استثناؤها من خط الاتجاه لأنها من شواذ التوزيع الذي تمتثل له درجات الحرارة بتقسيماتها كافة اذ انها تميل للتوزيع الطبيعي غالبا، لذا يتم تحديد الاتجاه الرتيب من خلال تحليل مان – كندال كأحد الاختبارات الاحصائية المهمة والتي ترتكز على مبدأ حساب الرتبة Ranking (إعطاء رتب للرصدات) من الأقل إلى الأكثر، لذا ستأخذ القيم الأصغر في البيانات الرتب الأقل، والقيم الأكبر فيها ستأخذ الرتب الأكبر بدلا من القيم الفعلية للبيانات. هناك ميزتان لاستخدام هذا الاختبار، أولا: هو اختبار غير حدودي ولا يتطلب توزيع البيانات على وفق منحني التوزيع الطبيعي. ثانيا، الاختبار منخفض الحساسية للقيم المتطرفة او الحادة او الطفرات المفاجئة في السلاسل الزمنية غير المتجانسة (Tabari *et al*., 2011) .

يتم وضع الفرضيات لتحديد وجود وطبيعة الاتجاه الرتيب لبيانات المتغير الاحصائي وكما يأتي: اولا تُفترض الفرضية الصفرية (H_o)، بأنه لا يوجد اتجاه (البيانات مستقلة وعشوائية التوزيع) ويتم هذا الاختبار مقابل الفرضية البديلة (H_1)، التي تفترض وجود اتجاه رتيب لهذه البيانات. يتم تصنيف الاتجاه من خلال الفرضية البديلة الى اتجاه تزايدي او موجب او اتجاه تناقصي او سالب واخيرا اتجاه غير محايد (متقلب). (Onoz and Bayazit, 2012). تكمن مشكلة البحث من خلال التساؤل الآتي: ماهي الاتجاهات العامة والاسقاطات المستقبلية لدرجات الحرارة بتقسيماتها كافة في العراق على وفق الفرضيات الآتية:

- الاتجاه العام محايد (الفرضية الصفرية)

اما الفرضيات البديلة في هذه الدراسة فهي ما يأتي:

- الاتجاه العام موجود وموجب (زيادة الاحترار المحلي)
- الاتجاه العام موجود وسالب (الاتجاه نحو التخفيف والتكيف مع ظاهرة الاحترار العالمي)
- الاتجاه العام موجود وغير محايد (متقلب)

لذا سيتم تحديد الاتجاهات العامة تواصلا مع الاتجاهات المتحصلة من السيناريوهات المحتملة لدرجات الحرارة من مخرجات النماذج الحاسوبية Coupled Model Intercomparison Project (Phase 6) - CMIP6 للمناخ المستقبلي في العراق ضمن النطاق الزمني (2050–2021) ويتطلب ذلك توفر بيانات السلاسل الزمنية لدرجات الحرارة المقاسة والمتاحة في بعض المحطات الانوائية الارضية الموزعة جغرافيا في منطقة العراق. اذ تم في هذه الدراسة تحليل اتجاهات درجة الحرارة في ثلاث سلاسل زمنية في منطقة العراق باستخدام طريقتين إحصائيتين: حساب معادلة الاتجاه الخطي لدرجة الحرارة وتطبيق اختبار مان–كندال. كان الأسلوب الأول هو حساب معادلة الميل (الاتجاه) لدرجة الحرارة باستخدام الانحدار الخطي لمعدلات درجات الحرارة اليومية المقاسة (Wibig and Glowicki, 2002). تم استخدام هذه الطريقة لتحديد علامة اتجاهات درجة الحرارة وقيمة الميل (Gavrilov *et al*., 2015;Gavrilov *et al*., 2016) كفارق في درجات الحرارة اليومية المقاسة بين بداية ونهاية السلسلة الزمنية المرجعية (2020–1982) للدرجات اليومية او السنوية وللسلسلة الزمنية المقاسة والمسقطة مجتمعة (2050-1982). استخدم الأسلوب الإحصائي الثاني اختبار Mann-Kendall (Kendall 1975; Gilbert 1987) للإشارة إلى الدلالة الإحصائية لاتجاهات السلاسل الزمنية المناخية، يتميز الاختبار بساطته وقدرته التحليلية فضلا عن استخدامه في حالة وجود انقطاع في السلسلة الزمنية نتيجة فقدان بعضا من بياناتها. ان الغرض من اختبار (MK)، هو التقييم الإحصائي فيما إذا كان هناك اتجاها خطيا او غير خطيًا تزايديا أو تناقصيا رتيبا مع الزمن للمتغير الاحصائي قيد الدراسة. عند استخدام اختبار Mann-Kendall لتحديد اتجاهات ذات دلالة إحصائية يتم احتساب الاحتمال (*p-value*) بالنسبة المئوية (;Karmeshu 2012)

Gavrilov *et al*., 2016 لتحديد مستوى الثقة في الفرضية. فإذا كانت القيمة المحسوبة (*p-value*) أقل او تساوي من مستوى المعنوية المختارة يكون الاتجاه إيجابيًا بشكل ملحوظ وتقبل الفرضية البديلة عن الصفرية، لأغراض هذه الدراسة تم تحديد مستوى المعنوية لرفض فرضية العدم لصالح قبول الفرضية البديلة عندما يكون الاحتمال المحسوب (*p-value*) أقل أو يساوي (α = 0.05). ان الافتراض الأولي لاختبار (MK) هو أن (H_o) صائبة وأن البيانات تمثل المجتمع تمثيلا حقيقيا بما لا يدع مجالاً للشك من قبل ان يتم رفض (H_o) لصالح قبول (H_1) حسابيا في اختبار (MK) يؤخذ عدد النقاط (*n*) في السلسلة الزمنية لقيم بيانات المتغير في الاعتبار أولا، وتعد البيانات كسلسلة زمنية مرتبة، اذ تقارن كل قيمة من بيانات المتغير بجميع قيم البيانات اللاحقة. وتتم زيادة او نقصان (S) الإحصائية بمقدار (1) إذا كانت قيمة البيانات من فترة زمنية لاحقة أكبر او اقل من قيمة بيانات الفترة السابقة، وان صافي المجموع للفوارق كافة (الزيادات والنقصان) يؤدي الى حساب القيمة النهائية للإحصائية (S) .(Drapela and Drapelova, 2011)

يتم احتساب اختبار (MK) لبيانات درجات الحرارة كما يأتي:

- أدراج البيانات بالترتيب الذي تم جمعها به مع الزمن $T_1, T_2, T_3, \dots\dots\dots, T_n$ تشير إلى القياسات التي تم الحصول عليها في المرات $t_1,t_2,t_3,\dots\dots\dots,n$ على الترتيب.
- نحدد اشارة الفوارق الممكنة $T_j - T_i$ لكل من $\frac{n(n-1)}{2}$ من البيانات حيث ان $T_j > T_i$ وان الفوارق تحتسب كما يأتي:

$$T_2 - T_1, T_3 - T_1, T_n - T_1, T_3 - T_2, T_4 - T_2, \dots\dots, T_n - T_{n-2}, T_n - T_{n-1}$$

- وصافي المجموع للفوارق كافة يحسب من الصيغة الاتية:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sign(T_j - T_i) \quad (1)$$

وهو عدد الفروق الموجبة مطروحًا منه عدد الفروق السالبة. فاذا كانت S قيمة موجبة، فهذا يعني درجات الحرارة تم الحصول عليها في وقت لاحق تميل إلى أن تكون أكبر من درجات الحرارة التي تمت في وقت سابق. واما إذا كانت S ذات قيمة سالبة، تميل الرصدات التي يتم إجراؤها لاحقا إلى أن تكون أصغر من القيم المرصودة التي تمت سابقا. وستأخذ اشارة فوارق درجات الحرارة ما يأتي:

$$sign(T_j - T_i) = \begin{cases} 1 \; if \; T_j - T_i > 0 \\ 0 \; if \; T_j - T_i = 0 \\ -1 \; if \; T_j - T_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

حيث ان T_j،T_i تمثل المعدلات السنوية لدرجات الحرارة في السنوات j ، i على الترتيب وان j > i. (Motiee and McBean, 2009) ، فمثلا لو كان $T_j - T_i > 0$ هذا يعني ان درجة الحرارة T_j المأخوذة في الرصدة t_j اكبر من درجة الحرارة T_i المأخوذة في الزمن t_i.

تشير القيمة الموجبة (او السالبة) لـ (S) إلى اتجاه تزايدي (او تناقصي). (Drapela and Drapelova, 2011)، واذا كان عدد البيانات (حجم العينة) $n \geq 10$، يتم توزيع الإحصاء (S) بشكل طبيعي تقريبا ويكون كل من المعدل والتباين على النحو الآتي:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$VAR(S) = \frac{1}{18}[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)] \quad (4)$$

اذ ان m هو عدد المجموعات المرتبطة وt_i هو عدد الملاحظات في المجموعة i. ومنه يمكن حساب الانحراف المعياري للمعلمة S ، اذ ان $\sigma_S = \sqrt{VAR(S)}$ وأخيرا يتم احتساب احصائية Z_{MK} كما يأتي:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_S} \; if \; S > 0 \\ 0 \qquad if \; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_S} \; if \; S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

القيمة الموجبة (او السالبة) لـ Z_{MK} تشير إلى أن البيانات تميل إلى الزيادة (النقصان) مع الزمن. تتبع الاحصائية Z في اختبار MK القياسي التوزيع الطبيعي المعياري بمعدل E(Z) = 0 وتباين VAR(Z) = 1، يتم رفض الفرضية الصفرية (The null hypothesis) إذا كانت القيمة المطلقة لـ Z_{MK} أكبر من القيمة النظرية $Z_{1-\alpha/2}$ (للاختبار ثنائي الذيل) أو $Z_{1-\alpha}$ (للاختبار احادي الذيل)، حيث α هو مستوى الدلالة الإحصائية المحدد. يتم تقييم حجم اتجاه السلاسل الزمنية بواسطة مقياس غير حدودي بسيط الإجراء الذي وضعه سين (Sen, 1968). لتقدير ميل الاتجاه في عينة أزواج من N البيانات ويتم حسابه بالصيغة الآتية:

$$Q_k = Median\left(\frac{T_j - T_i}{j-i}\right), j > i \quad (6)$$

وللبيانات الفردية او الزوجية يأخذ الوسيط Q الصيغة الحسابية الآتية:

$$Q = \begin{cases} Q_{\frac{N+1}{2}} & if \; N \; odd \\ \frac{1}{2}\left(Q_{\frac{N}{2}} + Q_{\frac{N+1}{2}}\right) & if \; N \; even \end{cases} \quad (7)$$

اذ تعكس اشارة (Q) طبيعة اتجاه بيانات درجة الحرارة في حين تشير قيمتها إلى يشير إلى شدة اتجاه المنحدر لتحديد ما إذا كان الوسيط يختلف إحصائيًا عن الصفر. حيث ان (Q) هو تقدير انحدار سين. (Q > 0) يشير إلى الاتجاه التصاعدي في سلسلة زمنية. وبخلاف ذلك بيانات السلسلة تظهر اتجاهًا تناقصيا اثناء المدة الزمنية المحددة. (Xu *et al.*, 2010) البرنامج المستخدم لإجراء اختبار (MK) الإحصائي هو برنامج (XLSTAT, 2018) وتم اختبار الفروض عند مستوى ثقة (0.95) او مستوى معنوية (α=0.05)، لكل من معدلات درجات الحرارة في المحطات الثلاث. فضلا عن ذلك، ولغرض مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من اختبار (MK)، يتم رسم خط الانحدار الخطي وتحديد اتجاهه لكل محطة باستخدام Matlab R2015b.

النتائج والمناقشة

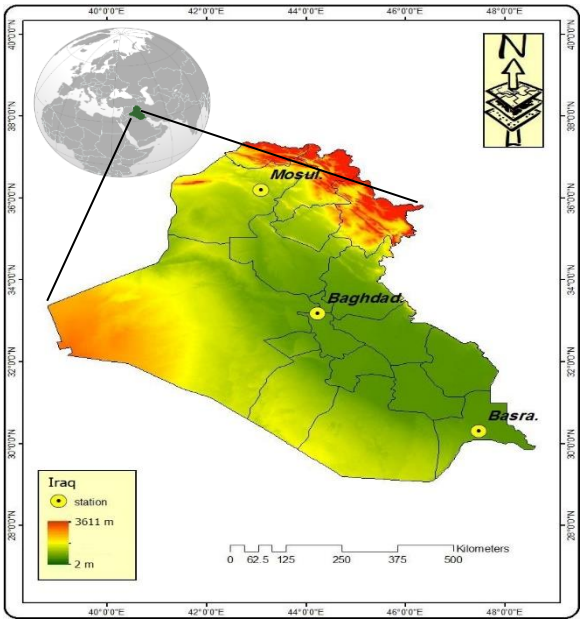
في هذه الدراسة كُشف عن الاتجاهات العامة للمعدلات اليومية والسنوية لدرجات الحرارة المقاسة بتقسيماتها واسقاطاتها التنبؤية في ثلاث محطات انوائية متفاوتة في ارتفاعاتها فوق مستوى سطح البحر وموزعة بتابين جغرافي ضمن اقاليم مناخ العراق الرئيسة وهي كل من: (محطة الموصل ضمن المنطقة الشمالية والتي تنتمي لإقليم السهوب وفقا لأقاليم كوبن المناخية ومثلت محطة المنطقة الوسطى ضمن الإقليم الصحراوي الجاف، ومثلت محطة البصرة المنطقة الجنوبية القريبة من تأثيرات الخليج وبحر العرب والمحيط الهندي، وذلك لتحديد طبيعة الخصائص المناخية المحلية تحت جهد الاحترار المناخي العالمي.

الجدول 1: الموقع الجغرافي والارتفاع والاقليم المناخي للمحطات المنتخبة

Station	Lat (deg)	Long (deg)	Elev (m)	Köppen Zone
Mosul	36º 19´	43º 09´	223	BSh
Baghdad	33º 18´	44º 24´	34	BWh
Basra	30º 31´	47º 47´	2	BWh

يوضح (الجدول 1)، المواقع الجغرافي والارتفاع والإقليم المناخي للمحطات المشمولة بالدراسة لمنطقة العراق. ويظهر الشكل (1)، التوزيعات الطبوغرافية للعراق وموزعة عليها المحطات الثلاث التي استندت هذه الدراسة على البيانات المسجلة فيها، اذ تقع محطة الموصل في المنطقة الشمالية غربا في حين تتوسط محطة بغداد السهل الرسوبي ضمن الإقليم الصحراوي كامتداد

طبيعي للصحراء السورية، في حين اختيرت البصرة في المنطقة الجنوبية كواحدة من المناطق التي تتميز بارتفاع الرطوبة النسبية مما يظهر فيها التأثير المزدوج للرطوبة مع ارتفاع درجات الحرارة في الصيف لكونها الأقرب الى المسطحات المائية جنوبا (Al-Sabha, 2005).



الشكل 1: التوزيع الجغرافي لمواقع ثلاث محطات انوائية في العراق

تحليل نتائج اتجاه المعدلات اليومية لدرجات الحرارة المقاسة.

يشكل الإقليم الصحراوي الجزء الأعظم من مساحة العراق والتي تقدر بحدود ($438,317Km^2$)، اذ يمتاز العراق بصيف حار ومشمس ويكاد ينعدم الغطاء الغيمي تقريبا ويسود الجفاف في الفترة الزمنية بين شهور أيار (May) إلى تشرين الأول (Oct). أحيانا يصل الارتفاع في درجات الحرارة إلى نصف درجة الغليان صيفا، وتسجل درجات حرارة قصوى في الجزء الجنوبي منه خصوصا محافظة البصرة. يمتد فصل الشتاء في المدة الزمنية بين شهور كانون الأول (Dec) وآذار (Mar)، ويُعد رطبا وباردا نسبيا مع احتمال تساقط الثلوج والصقيع في المنطقة الشمالية ضمن إقليم كوردستان حينما يقع العراق تحت تأثير منطقة عمل الكتل الهوائية الباردة القطبية البحرية او القارية او الكتل الهوائية السيبيرية والتي تمثل حالات البرد القارس والجاف في منطقة العراق، أما فصلي الخريف والربيع فيظهران في فترات زمنية انتقالية قصيرة نسبيا مقارنة بشهور فصلي الشتاء وشهور فصل الصيف. بلغ المعدل اليومي لدرجة حرارة الهواء (MAT) المقاسة بين (20.01-26.41°C)، اما أعظم معدل يومي فراوح بين (27.24-34.30°C) في حين بلغ اقل معدل يومي لدرجة حرارة (13.63-19.26°C) ليشير للأجواء الباردة نسبيا التي تسيطر على مناخ المنطقة شتاءً. (الجدول 2). معدل درجة الحرارة العظمى (TX) سجل بين (49.40-53.22°C) وسجل أعظم معدل يومي لدرجة الحرارة العظمى في مدينة البصرة، إذ سجلت (53.22°C) وذلك سنة 2016 كواحدة من الدرجات القصوى القياسية في العالم وهو ما يميز المنطقة صيفا من تكرار موجات الحر وتسجيل درجات حرارة عظمى متطرفة، اما معدلات درجات الحرارة الصغرى (TN) فكانت ضمن المدى بين (3.28 °C- -7.59−)، ويظهر ان اقل درجة حرارة صغرى سجلت في محطة الموصل لهذه السلاسل الزمنية الثلاث المقاسة التي تمت دراستها لمنطقة العراق.

الجدول 2: تحليل الاتجاه العام وتحليل مان – كندال لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدلات اليومية المقاسة للمدة (1982–2020) في العراق

Station	Data	Variable	Min	Max	Mean	Sen's (°C/decade)	Linear (°C/decade)	ΔT (°C)	H
Mosul	Observed	MAT(°C)	-3.86	40.70	20.01	0.74	0.56	2.93	H_1
		TX(°C)	1.73	49.40	27.24	0.77	0.55	5.37	H_1
		TN(°C)	-7.59	33.18	13.63	0.79	0.60	1.24	H_1
Baghdad		MAT(°C)	0.71	43.35	23.65	0.55	0.36	1.05	H_1
		TX(°C)	4.87	52.64	31.77	0.53	0.31	4.11	H_1
		TN(°C)	-5.03	35.08	16.46	0.62	0.43	0.68	H_1
Basrah		MAT(°C)	2.98	44.47	26.41	0.55	0.38	1.95	H_1
		TX(°C)	8.36	53.22	34.30	0.58	0.39	7.25	H_1
		TN(°C)	-3.28	37.28	19.26	0.61	0.43	-1.47	H_1
Mean		MAT(°C)	**-0.06**	**42.84**	**23.36**	**0.61**	**0.43**	**1.98**	
		TX(°C)	**4.99**	**51.75**	**31.10**	**0.63**	**0.42**	**5.58**	
		TN(°C)	**-5.30**	**35.18**	**16.45**	**0.67**	**0.49**	**0.15**	

تحليل اتجاهات درجات الحرارة اليومية المقاسة خطيا

يظهر من (الجدول 2) ان لخط اتجاه درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمعدلات اليومية المقاسة في جميع المحطات الثلاث خاصية موجبة (الميل موجب الاتجاه) وراوح الميل بين (0.99E-4,1.53E-4) للمعدلات اليومية في حين بلغ للمعدلات العظمى (0.84E-4,1.49E-4) وبلغ (1.18E-4,1.65E-4) للمعدلات الصغرى، وهذا ما يعادل زيادة وقدرها بين (0.36-0.56°C) بالنسبة للمعدلات اليومية وزيادة (0.31-0.55°C) في المعدلات العظمى في حين بلغت الزيادة بحدود (0.43-0.60°C) للمعدلات الصغرى في العقد الواحد للسلسلة الزمنية المرجعية (1982–2020). بلغت الزيادة في معدلات درجة الحرارة المقاسة بين بداية السلسلة المقاسة ونهايتها (سنة 2020) بحدود (1.05-2.93 °C)، فيما بلغت بين (4.11-7.25 °C) بالنسبة للمعدلات العظمى وظهرت بحدود بين (-1.47-1.24°C) للدرجات الصغرى مقارنة مع بداية السلسلة، ولتبلغ الزيادة لما يقارب (1.98°C) في معدلاتها العامة اليومية و(5.58°C) في معدلاتها العظمى و (0.15°C) في الدرجات الصغرى للمحطات الثلاث، مما يوافق اغلب الدراسات التي تطرقت الى مسألة الاحترار المحلي والتي خلصت الى ان الارتفاع الحراري في العراق اكبر منه في درجات العظمى مقارنة بدرجات الحرارة الصغرى والمعدلات اليومية (El-Sayed and Al- Barazanji, 2015; Omar *et al*., 2016; Yassen *et al*., 2017)

وتظهر بيانيا (معدلات درجات الحرارة باللون البنفسجي والاتجاه الخطي باللون الاحمر) جميع المعدلات اليومية لدرجات الحرارة بتقسيماتها كافة ميلا موجبا نحو الزيادة الاشكال من (4–2 الى اليسار) ولم يظهر فيها أي اتجاه سالب. وبالرغم من العلاقة غير خطية زمانيا لكن يمكن الاستدلال من المسار المتعرج لدرجات الحرارة بانها آخذة في الارتفاع لنهاية السلسلة المرجعية مقارنة في بدايتها. وكما لوحظ ان محطة البصرة تسجل اعلى المعدلات مقارنة ببقية المحطات واما محطة الموصل فقد سجلت أدنى القيم المقاسة في كل من المعدلات اليومية والعظمى والصغرى وهذا يعزى الى ارتفاعها نسبيا وخصائص اقليمها المناخي المتقلب بين إقليم البحر المتوسط وإقليم السهوب.

تحليل مان – كندال لاتجاهات درجات الحرارة اليومية المقاسة

نتائج تطبيق اختبار مان–كندال الإحصائي للبيانات اليومية المقاسة للمدة (1982-2020) مبينة في (الجدول 2)، اذ تظهر الاتجاهات الموجبة كافة عند مستوى معنوية ($\alpha = 0.05$) وهي آخذة في الازدياد على النطاق الزمني اليومي لهذه السلسلة المرجعية ولا يمكن رفض الفرضية البديلة التي تفترض وجود اتجاه رتيبا لصالح الفرضية الصفرية، اذ ان الاحتمال المحسوب (p -value) ظهر اقل من (0.01%) في جميع السلاسل الزمنية ولم يظهر الاتجاه السلبي في المحطات كافة التي شملتها هذه

الدراسة. راوح ميل الاتجاه الرتيب (Sen's slpoe) بين (0.55-0.74 °C) للعقد الواحد في المعدلات اليومية كافة، في حين بلغ (0.53-0.77°C) لدرجات الحرارة العظمى في حين بلغ (0.61-0.79 °C) لدرجات الحرارة الصغرى اليومية المقاسة، ولوحظ أيضا ان الزيادة في درجات الحرارة اليومية بتقسيماتها كافة ظهرت بمقدار أكبر في تحليل مان – كندال مقارنة بتحليل خط الاتجاه (خط الانحدار)، وفي المجمل يمكن القول ان هنالك تقارب واضح في نتائج تحليل الانحدار الخطي واختبار مان–كندال الاحصائي غير المعملي للاتجاه الرتيب للنطاق اليومي للسلسلة المرجعية لمعدلات درجة الحرارة، اذ بلغت قيمة معامل الارتباط بين نتائج الاسلوبين الاحصائيين حدود الارتباط التام تقريبا أي ان ($r = 0.98$).

تحليل اتجاهات درجات الحرارة اليومية المقاسة والتنبؤية خطيا

يظهر من (الجدول 3) ان لخط اتجاه درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمعدلات اليومية المقاسة والتنبؤية مجتمعة للنطاق اليومي للسلسلة الزمنية (1982–2050) في جميع المحطات الثلاث خاصية موجبة (الميل موجب) وراوحت قيمته بين (0.52-0.63 °C) بالنسبة للمعدلات اليومية وبلغ (0.41-0.42 °C) في المعدلات العظمى في حين بلغت الزيادة للمعدلات الصغرى بحدود (0.28-0.47 °C) في العقد الواحد على وفق السيناريو SSP2 - 4.5، اما بالنسبة للسيناريو SSP5 - 8.5 فقد بلغ ميل الاتجاه للمعدلات اليومية بين (0.52-0.65 °C) للعقد الواحد، وبلغ بمقدار (0.38-0.41°C) بالنسبة لنطاق درجات الحرارة العظمى في حين راوح بين (0.28-0.57 °C) لدرجات الحرارة الصغرى المقاسة والتنبؤية في المحطات الثلاث على وفق السيناريو المتطرف SSP5 - 8.5 لمناخ العراق.

الجدول 3: تحليل الاتجاه الخطي وتحليل مان – كندال لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدلات اليومية للسلسلة الزمنية (1982–2050)

Station	Data	Variable	Min	Max	Mean	Sen's Slope (°C /decade)	Linear (°C/decade)	H
Mosul	Daily Observed and SSP2-4.5	MAT(°C)	-6.70	42.69	20.83	0.68	0.55	H_1
		TX(°C)	-1.42	50.32	27.81	0.59	0.42	H_1
		TN(°C)	-12.15	35.32	13.90	0.44	0.29	H_1
	Daily Observed and SSP5-8.5	MAT(°C)	-9.90	43.61	20.77	0.66	0.52	H_1
		TX(°C)	-2.36	51.71	27.73	0.55	0.38	H_1
		TN(°C)	-16.03	34.69	13.87	0.44	0.28	H_1
Baghdad	Daily Observed and SSP2-4.5	MAT(°C)	0.17	47.50	24.70	0.73	0.63	H_1
		TX(°C)	4.87	54.76	32.41	0.55	0.41	H_1
		TN(°C)	-6.18	39.36	17.19	0.60	0.47	H_1
	Daily Observed and SSP5-8.5	MAT(°C)	-0.65	47.28	24.72	0.76	0.65	H_1
		TX(°C)	4.27	55.20	32.37	0.55	0.40	H_1
		TN(°C)	-6.10	39.99	17.33	0.69	0.57	H_1
Basra	Daily Observed and SSP2-4.5	MAT(°C)	2.98	48.14	27.24	0.64	0.52	H_1
		TX(°C)	6.67	55.72	34.91	0.56	0.42	H_1
		TN(°C)	-3.38	39.69	19.61	0.42	0.28	H_1
	Daily Observed and SSP5-8.5	MAT(°C)	1.77	48.82	27.26	0.66	0.54	H_1
		TX(°C)	8.21	56.26	34.89	0.56	0.41	H_1
		TN(°C)	-4.66	40.44	19.68	0.51	0.55	H_1

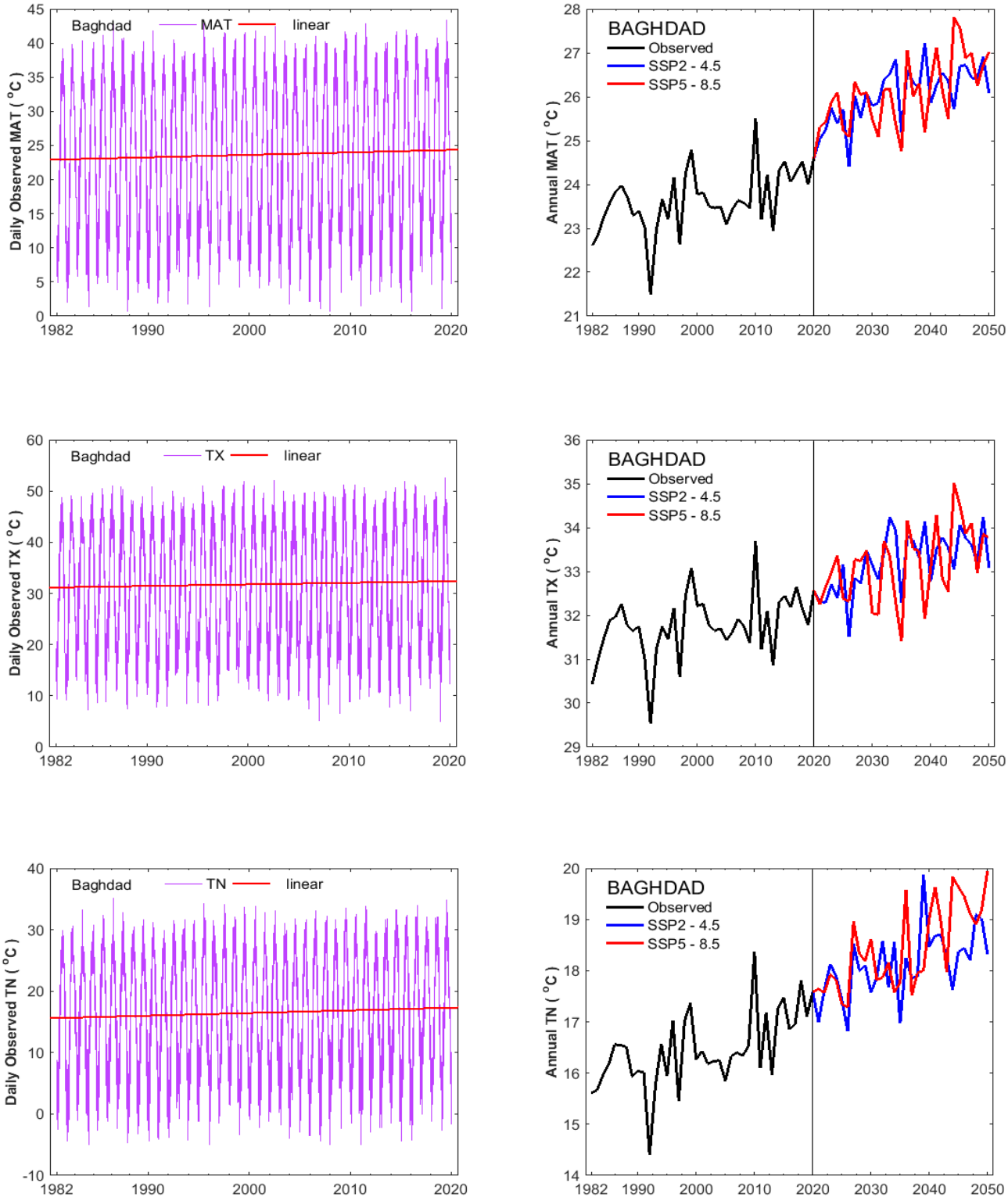
تحليل مان – كندال لاتجاهات معدلات درجات الحرارة اليومية المقاسة والتنبؤية

تم تحليل بيانات الإسقاطات المستقبلية لمعدلات درجات الحرارة والمعدلات العظمى والصغرى في المحطات الثلاث التي شملتها هذه الدراسة ضمن النطاق الزمني اليومي (2050–1982) على وفق اسقاطات المقارنة المشتركة لنماذج المناخ العالمي بطرازها السادس EC-Earth3-CC CMIP6 مع سيناريوهات SSP2-4.5. وسيناريوهات التطرف المناخي SSP5-8.5، اذ بلغ معدل السلسلة التنبؤية اليومية (2050–2021) بحدود (23.52 °C) وهو اعلى منه (22.58 °C) بالنسبة للسيناريو SSP5-8.5 وبزيادة اقتربت من درجة مئوية واحدة (0.94 °C) وكلا المعدلين هما بزيادة راوحت بين (2.42 °C–1.48) بالمقارنة بالبيانات المقاسة في السلسلة المرجعية اليومية (2020–1982). أي بزيادة في المعدل وقدرها (1.95 °C) وهي زيادة في المعدل تفوق الزيادة القياسية (1.5 °C) والتي تم اقتراحها كحد اقصى وفقا لاتفاقية باريس للمناخ لسنة (2015) (IPCC *et al*., 2018) وفي المجمل اظهر الاتجاه العام ميلا نحو الزيادة في المعدلات اليومية والمعدلات العظمى والمعدلات الصغرى في المحطات كافة ولم يظهر الاتجاه السالب للنطاق اليومي في أي من السلاسل الزمنية الثلاث. راجع (الجدول 3).

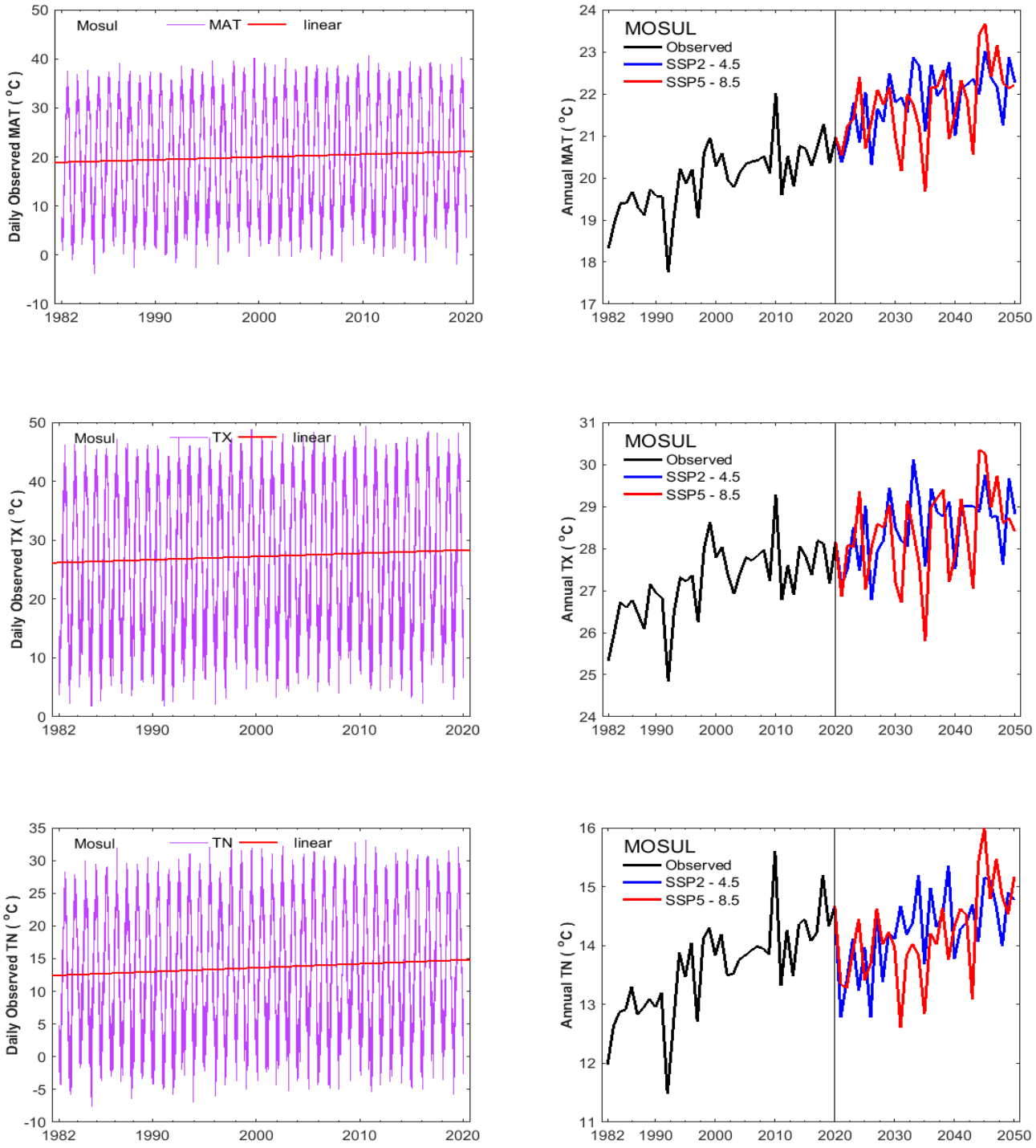
أظهرت النتائج الإحصائية لتحليل مان – كندال ان للاتجاه الرتيب لدرجات الحرارة اليومية طبيعة موجبة الميل ولا يمكن قبول الفرضية الصفرية (H_o) لصالح الفرضية البديلة (H_1) والتي اكدت وجود اتجاه نحو الزيادة في درجات الحرارة بتقسيماتها كافة في منطقة العراق، اذ بلغت قيمة الميل (Sen's Slope) على وفق السيناريو SSP2-4.5 والذي يتماشى مع سياسات التكيف والتخفيف بحدود [(0.64-0.73 °C), (0.55-0.59 °C)(0.42-0.60 °C)] في العقد الواحد فيما يخص المعدلات اليومية والمعدلات العظمى والمعدلات الصغرى للسلسلة الزمنية (2050–1982) للنطاق اليومي على الترتيب على وفق السيناريو SSP2-4.5، في حين بلغت قيمته[(0.44-0.69 °C) (0.55-0.56°C), (0.66-0.76 °C)] في العقد الواحد للمعدلات اليومية والمعدلات العظمى والمعدلات الصغرى على الترتيب على وفق السيناريو المتطرف SSP5-8.5 الذي يقترح عدم وجود سياسات تنفيذية وحلول ناجعة لوقف الانبعاثات المسببة لتغير وتطرف المناخ والذي يمثل حاليا ظروف المناخ المحلي في العراق.

تحليل اتجاهات درجات الحرارة السنوية المقاسة والتنبؤية بيانيا وخطيا

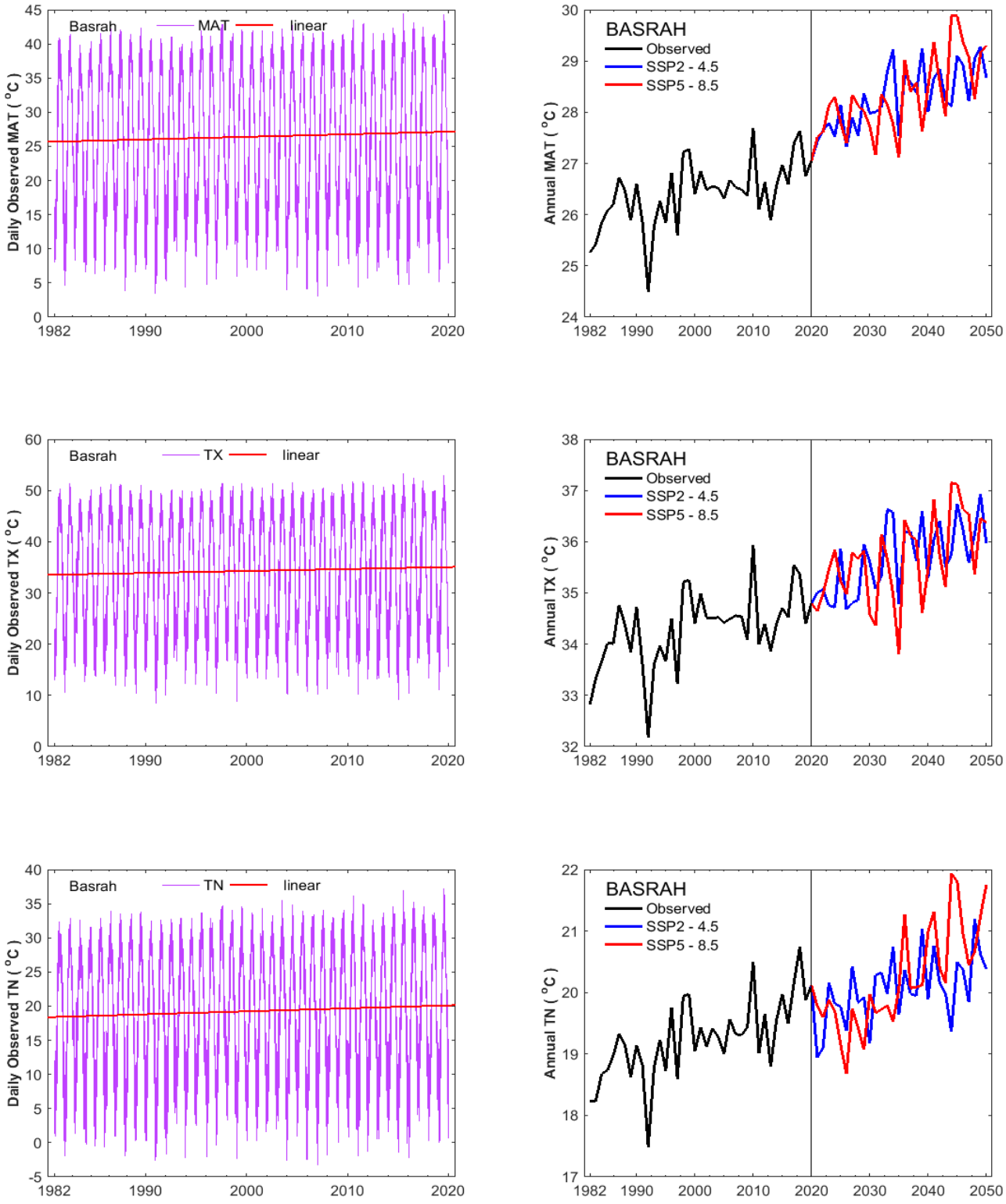
وتظهر بيانيا الاشكال من (4–2 الى اليمين) – (المعدلات السنوية لدرجات الحرارة المقاسة باللون الأسود واللون الأزرق للمعدلات السنوية المسقطة للسيناريو SSP2 4-5 وتظهر باللون الأحمر للسيناريو SSP5 -8.5) جميع معدلات درجات الحرارة والمعدلات العظمى للسلسلة الزمنية (2050-1982) للنطاق السنوي (Annual Mean) ميلا موجبا نحو الزيادة ولم يظهر فيها أي اتجاه سالب، فيما أظهرت اتجاها سالبا (مزيدا من الانخفاض) في معدلاتها الصغرى في محطات (الموصل وبغداد والبصرة)، لاحظ (الجدول 4)، راوحت المعدلات السنوية المقاسة بين (20.01-26.41°C) وبلغت بحدود (38.27-41.81 °C) للمعدلات العظمى فيما راوحت بين (0.22-6.12 °C) للمعدلات الصغرى، بلغ الفارق بحدود (1.80-2.65 °C) بين بداية (سنة 1982) السلسلة المرجعية ونهايتها (سنة 2020) في المعدلات السنوية المقاسة، فيما ارتفع الفارق ليصبح بحدود (2.92-4.16 °C) للمعدلات العظمى السنوية وسجل الفارق انخفاضا بحدود (1.84 °C-، 3.86) بالنسبة للمعدلات الصغرى ليزيد من المدى الحراري السنوي وهذه الحالة المناخية تطرقت اليها اغلب دراسات مناخ العراق والاقليم الشرق اوسطي (Saleem, 2017; Yassen *et al*., 2018; AL Hesnawy and AL Khaqani, 2018; Al-Mukhtar, and Qasim, 2019)



الشكل 2: الاتجاهات العامة (الى اليسار) للسلسلة الزمنية (1982–2020) لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدلات اليومية المقاسة والا تجاهات العامة (الى اليمين) للمعدلات السنوية المقاسة (1982–2020) والمسقطة (2021–2050) في محطة الموصل



الشكل 3: الاتجاهات العامة (الى اليسار) للسلسلة الزمنية (1982–2020) لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدلات اليومية المقاسة والاتجاهات العامة (الى اليمين) للمعدلات السنوية المقاسة (1982–2020) والمسقطة (2021–2050) في محطة بغداد



الشكل 4: الاتجاهات العامة (الى اليسار) للسلسلة الزمنية (1982–2020) لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدلات اليومية المقاسة والاتجاهات العامة (الى اليمين) للمعدلات السنوية المقاسة (1982–2020) والمسقطة (2021–2050) في محطة البصرة

وفيما يخص نتائج تحليل مان–كندال للمعدلات السنوية المقاسة اظهر الميل الرتيب اتجاها موجبا معنويا للمعدلات السنوية فيما اظهر ميلا سالبا غير معنوي (p-value > α)، بالرغم من ظهوره بيانيا باتجاه تصاعدي في المعدلات الصغرى، وظهر في اغلب

المحطات الاتجاه الرتيب موجبا للمعدلات العظمى وذا دلالة إحصائية عند مستوى المعنوية المحدد في هذه الدراسة فيما عدا محطة العاصمة بغداد. يتبين أيضا من قيم الميل الخطي والاتجاه الرتيب لتحليل مان–كندال ان الاسلوبين الإحصائيين في تقارب كبير جدا وكلاهما قد أكدا ظاهرة الاحترار على المستوى المحلي للعراق.

الجدول 4: تحليل الاتجاه العام وتحليل مان – كندال والفوارق لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدلات السنوية المقاسة للمدة (1982–2020) واسقاطات المعدلات للنطاق السنوي (2021–2050) في العراق

Station	Mosul			Baghdad			Basra		
	(1982-2020) Observed								
Variable	MAT	TX	TN	MAT	TX	TN	MAT	TX	TN
ΔT	2.65	2.92	-3.00	2.00	4.16	-3.86	1.80	3.41	-1.84
Linear Slope	0.50	0.55	0.20	0.31	0.29	-0.12	0.33	0.51	-0.05
Sen's Slope	0.46	0.57	0.14*	0.30	0.33*	-0.16*	0.31	0.46	-0.06*
Max	22.02	40.70	3.20	25.51	43.35	8.04	27.69	44.47	10.11
Min	17.77	35.71	-3.86	21.50	38.23	0.71	24.50	39.90	2.98
Mean	20.01	38.27	0.22	23.65	40.67	3.45	26.41	41.81	6.12
	SSP2 - 4.5 (2021-2050)								
ΔT	1.90	-0.39	-2.89	3.47	1.05	-1.70	1.25	0.37	-0.19
Linear Slope	0.45	0.35	-0.72	0.61	0.45	0.53	0.47	0.55	-0.67
Sen's Slope	0.42	0.37*	-0.56*	0.45	0.54*	-0.76*	0.50	0.50	-0.64*
Max	23.03	42.69	5.32	27.22	27.22	47.50	29.28	48.14	10.25
Min	20.32	39.15	-6.70	21.50	24.41	42.36	27.32	42.25	3.20
Mean	21.89	40.76	0.07	24.70	26.07	44.28	28.31	45.96	6.26
	SSP5 - 8.5 (2021-2050)								
ΔT	1.68	5.10	1.51	1.71	5.53	3.59	1.79	3.39	2.40
Linear Slope	0.49	0.85	-0.59	0.54	0.87	-0.15	0.57	0.61	-0.28
Sen's Slope	0.50	0.70	0.14*	0.50	0.79	0.63*	0.57	0.66	0.45*
Max	23.66	43.61	21.74	27.80	47.28	26.04	29.89	48.82	28.13
Min	19.67	37.82	-9.90	24.77	41.75	-0.65	27.13	44.11	1.77
Mean	21.75	40.50	0.14	26.12	44.08	4.65	28.35	46.06	6.47
	(1982-2050) Observed & SSP2 - 4.5								
ΔT	3.94	3.73	-4.03	3.47	4.49	-4.76	3.41	4.98	-3.01
Linear Slope	0.53	0.66	-0.06	0.61	0.87	0.08	0.50	1.02	-0.03
Sen's Slope	0.52	0.64	0.001*	0.61	0.86	*0.08	0.50	1.02	*-0.04
Max	35.71	42.69	39.35	38.23	47.50	42.24	39.90	48.14	43.61
Min	-6.70	5.32	0.16	0.17	8.31	3.78	2.98	10.25	6.18
Mean	17.77	23.03	20.83	21.50	27.22	24.70	24.50	29.28	27.24
	(1982-2050) .58 - 5Observed & SSP								
ΔT	3.89	5.46	-3.85	4.41	8.09	-1.99	4.05	6.60	-2.75
Linear Slope	0.50	0.64	-0.15	0.63	0.85	0.11	0.52	1.05	-0.07
Sen's Slope	0.50	0.64	-0.12*	0.62	0.84	*0.12	0.52	1.05	*0-0.1
Max	35.71	43.61	39.24	38.23	47.28	42.15	39.90	48.82	43.66
Min	-9.90	3.38	-0.20	-0.65	10.14	3.61	1.77	13.12	5.91
Mean	17.77	23.66	20.77	21.50	27.80	24.72	24.50	29.89	27.26

* H_o cannot be rejected at significance level $\alpha = 0.05$.

تحليل مان – كندال لاتجاهات الحرارة السنوية المقاسة والتنبؤية للسيناريوهات

اظهر الاتجاه العام ميلا موجبا أيضا نحو الزيادة في المعدلات (الجدول 4) لكل من البيانات المسجلة واسقاطات النموذج CMIP6 للسلسلة مجتمعة والممتدة ضمن النطاق الزمني السنوي المرجعي والتنبؤي للمدة (2050–1982) ولكل من السيناريو SSP2-4.5 والسيناريو المتطرف المطبق في هذه الدراسة، إذ بلغ ميل الخط الموجب الاتجاه بحدود (°C /decade 0.50-0.61) في العقد الواحد للمعدلات السنوية المقاسة وإسقاطات السيناريو SSP2-4.5، في حين سجل بحدود (°C /decade 0.50-0.63) للمعدلات السنوية المقاسة وبيانات السيناريو المتطرف SSP5-8.5، فيما اظهر تحليل مان–كندال للمعدلات السنوية زيادة متوافقة مع التحليل الخطي وبحدود (°C /decade 0.50-0.61)، وقد سجلت محطة البصرة اكبر قيمة للميل الموجب الخطي للمعدلات العظمى بلغ بحدود (°C /decade 1.05)، تليها محطة بغداد بمقدار (°C /decade 0.85)، وأخيرا محطة الموصل بزيادة وقدرها (°C /decade 0.64)، اما فيما يخص المعدلات السنوية الصغرى، فعلى الرغم من ظهور الاتجاه بيانيا موجبا الا انه غير معنوي لسيناريوهات الاسقاطات المستقبلية في المحطات كافة. وهذا يعزى بالأساس لظهور درجات حرارة دنيا متطرفة في السلاسل الزمنية للمعدلات الصغرى. بلغت الفوارق بين المعدلات السنوية والمعدلات العظمى والمعدلات الصغرى في بداية السلسلة (سنة 1982) مقارنة بنهايتها (سنة 2050) بحدود[(°C 3.41-3.94) ,(°C 3.73-4.98) ,(°C - -4.76-3.01)] للسيناريوSSP2-4.5 على الترتيب، وتصدرت محطة الموصل اكبر انخفاض في معدلاتها الصغرى والدنيا القياسية لمنطقة العراق، فيما بلغت للسيناريوSSP5-8.5 بحدود [(°C 3.89-4.41) ,(°C 5.46-8.09) , (°C -1.99 -3.85-)] على الترتيب، وتصدرت محطة البصرة اعلى الزيادات في المعدلات العظمى تليها بالترتيب محطة بغداد، وظهرت في محطة الموصل اكبر انخفاض في معدلات درجات الحرارة الصغرى السنوية. تبدأ القيم المتطرفة بالظهور بدء من العام 2039 فصعودا لمنتصف القرن الحالي وقد بلغت اعلى قيمة للمعدلات العظمى السنوية في سنة 2048 وهذا ما يؤدي الى تقليل الفوارق بين معدلات درجات الحرارة السنوية لكل من السيناريوهات. ظهر الميل الرتيب معنويا وموجبا للمعدلات السنوية والعظمى فيما ظهر سالبا وغير معنويا ولا يمكن رفض فرضية العدم لصالح قبول الفرضية البديلة في السلاسل الزمنية للمعدلات الصغرى في المحطات الثلاث كافة.

ولوحظ ان الفوارق طفيفة في كل من المعدلات السنوية والاتجاه العام لهذه السيناريوهات حتى منتصف القرن الواحد والعشرين بخلاف ما بعده في ظل عدم وضع سياسات التكيف والتخفيف قيد التنفيذ في اغلب مناطق العالم والدول النامية ومنها العراق على وجه التحديد واستمرار انبعاثات غازات الدفيئة واستخدامات الارض بوتيرة متسارعة لدواعي التنمية المحلية وعدم توفير مصادر الطاقة المتجددة وغياب تام لوضع الحلول المثلى لمعالجة ظاهرة الاحترار والتطرف المناخي والتصحر والتملح والعواصف الترابية وتدهور البيئة الطبيعية مائيا وعلى اليابسة وتقلص التنوع الحياتي وهجرة التجمعات السكانية من مناطقها الاصلية الريفية الى المدن وتدني جودة الحياة العامة المدنية المعاصرة.

الاستنتاجات

1. المدى الحراري (الفارق بين درجة الحرارة العظمى ودرجة والصغرى) في العراق في زيادة مضطردة نتيجة ظهور الدرجات المتطرفة الى مستويات الخطر الحراري (محافظة البصرة انموذجا).
2. وجود تسارع أكبر في المعدلات العظمى مقارنة بالمعدلات اليومية والمعدلات الصغرى لدرجات الحرارة.
3. الارتفاع في المعدل العام لدرجات الحرارة في العراق أكبر منه مقارنة بالقيمة المقترحة للزيادة في مؤتمر باريس للمناخ لسنة (2015).
4. تشهد درجات الحرارة الصغرى مزيدا من الانخفاضات في معدلاتها على الرغم من ان اتجاها العام الخطي والرتيب غير دال احصائيا عند مستوى المعنوية المطبق في دراسة مناخ العراق.

5. الاختلاف طفيف بين كلا السيناريوهات التي طبقت على مناخ العراق من مخرجات نماذج المقارنة المشتركة للمناخ المطبقة في هذه الدراسة لمنطقة العراق وكلاهما يصلح للمناخ المستقبلي في منتصف القرن الحالي والسيناريو المتطرف في توافق أكبر بالنسبة لمناخ العراق منه للسيناريو (SSP2 4.5) لعدم تنفيذ اية سياسية مناخية او بيئية على وجه العموم في العراق.

6. جميع الاتجاهات الخطية تظهر ان متوسط الزيادة في درجة الحرارة يبلغ (0.45°C/decade) في المعدلات اليومية المقاسة وهي اقل منه بالنسبة للاتجاه على وفق تحليل مان – كندال عند مستوى معنوية (α=0.05)، اذ ظهر بمتوسط اعلى بلغ بحدود (0.64°C /decade) وكلا الاسلوبين الإحصائيين (الخطي والرتبي) في توافق لأثبات الاتجاه الموجب الميل والارتفاع الحراري خصوصا في المعدلات العامة لدرجات الحرارة والعظمى في منطقة العراق.

7. بلغت قيمة معامل الارتباط (Correlation Coefficient) بحدود (r = 0.98) بين ميل الاتجاه العام على وفق تحليل الانحدار الخطي والاتجاه الرتيب على وفق تحليل مان – كندال بالنسبة للمعدلات العظمى والصغرى والمعدلات واليومية والسنوية المقاسة والمسقطة كافة.

8. لا يمكن قبول الفرضية الصفرية في اغلب اتجاهات معدلات درجات الحرارة اليومية او السنوية بالنسبة للمعدلات اليومية والعظمى المقاسة والتنبؤية.

9. لا يمكن رفض فرضية العدم (H_o) لصالح قبول الفرضية البديلة (H_1) عند مستوى معنوية (α = 0.05) للاتجاهات العامة لمعدلات درجات الحرارة الصغرى السنوية المقاسة والتنبؤية مجتمعة للنطاق الزمني (1982–2050).

10. أظهرت مناطق غرب العراق وشمال الغرب ميلا نحو الزيادة في معدلات درجة الحرارة بتقسيماتها كافة.

11. التطرف الحراري يظهر في نهاية السلسلة الزمنية التنبؤية في السيناريوهات المطبقة لمنطقة العراق.

12. ان للخطر الحراري وارتفاع المعدلات العامة لدرجات الحرارة علاقة سببية مع ارتفاع نسبة الملوثات المسببة لتغير وتطرف المناخ المحلي في العراق.

13. استجابة السيناريوهات المطبقة على منطقة الدراسة من مخرجات CMIP6 أسرع في درجات التطرف القصوى والدنيا منها للمعدلات العامة اليومية او السنوية.

14. بلغت الزيادة بحدود (3.41-4.41 °C)، في المعدلات السنوية، في حين بلغت الزيادة بحدود (3.73-8.09 °C)، من حساب الفوارق بين المعدلات العظمى السنوية اعتمادا على تحليل مخرجات سيناريوهات مناخ العراق بعد دمج نتائجها دمج نتائج سيناريوهات مناخ العراق للنطاق الزمني (1982–2050)

15. الانخفاضات في معدلات درجات الحرارة الصغرى اليومية او المعدلات السنوية بين بداية السلسلة ونهايتها للنطاق الزمني (1982–2050) ليست ذات دلالة إحصائية عند مستوى المعنوية المطبق في هذه الدراسة في المحطات الانوائية كافة.

المصادر

Al Hesnawy, J.K.O.; Al Khaqani, N.R.M. (2018). The general trend of temperatures in the central and southern regions of Iraq and to predict it's in the future. *International J. Environm. Monit. and Analys.*, **6**(1), 13-17. Doi: 10.11648/j.ijema.20180601.12.

Al-Mukhtar, M.; Qasim, M. (2019). Future predictions of precipitation and temperature in Iraq using the statistical downscaling model. *Arabian J. Geosc.,* **12**(25), https://doi.org/10.1007/s12517-018-4187-x

Al-Sabha, A.N. (2005). A Guide to thermal comfort environment. *Raf. J. Sci.*, **16**(1), Physics, Special Issue, 105-111.

Anbar, A.; Shehdeh, N. (2020). Climatic models and climate change in the eastern Mediterranean. *An - Najah Univ. J. Res.* (N. Sc.) **34**(1).

Chu, J.T.; Xia, J.; Xu, C.Y.; Singh, V.P. (2010). Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios in Haihe River, China. *Theoret. and Appl. Climatol.,* **99**(1-2), 149-161. doi:10.1007/s00704-009-0129-6.

Drapela, K.; Drapelova, I. (2011). Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997–2010. *Beskdy Mendel University in Brno,* **4**(2), 133–146.

El-Sayed, M.; Al-Barazanji, R. Z. (2015). Mann–Kendall trend analysis of surface air temperatures and rainfall in Iraq. *IDŐJÁRÁS Quarterly J. Hungarian Meteorol. Serv.,* **119**(4), October – December, 493–514.

EPA (2022). Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2020. *U.S. Environm. Protect. Agency, EPA.*, **430**(R). 22-003. https://www.epa.gov/ghgemissions/draft-inventory-us-greenhouse-gas-emissionsand-sinks-1990-2020

Gavrilov, M. B.; Lazic, L.; Pesic, A.; Milutinovic, M.; Markovic, D.; Stankovic, A.; Gavrilov, M. M. (2010). Influence of hail suppression on the hail trend in Serbia. *Phys. Geogr.*, **31**(5). Doi: http://dx.doi.org/ 10.2747/0272-3646.31.5.441.

Gavrilov, M. B.; Markovic, S. B.; Jarad, A.; Korac, V. M. (2015). The analysis of temperature trends in Vojvodina (Serbia) from 1949 to 2006. *Thermal Sci*., Doi: http://dx.doi.org/10.2298/TSCI150207062G.

Gavrilov, M.B.; Tosic, 1.; Markovic, S.B.; Unkasevic, M.; Petrovic, P. (2016). The analysis of annual and Sea-Sonal temperature trends using the Mann-Kendall test in Vojvodina, Serbia. *IDOjARAS, Budapest*.

Gilbert, R.O. (1987). Statistical methods for environmental pollution monitoring. *New York*. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha. 2012.10.014

Hausfather, Z.; Peters, G. (2020). Emissions – the 'business as usual' story is misleading. *Nature*. **577** (7792), 618–20. Bibcode: 2020 Nature. 577. 618H. Doi: 10.1038/d41586-020-00177-3. PMID 31996825.

Höök, M.; Sivertsson, A.; Aleklett, K. (2010). Validity of the fossil fuel production outlooks in the IPCC emission scenarios. *Natural Resourc. Res.*, **19**(2), 63–81. Doi: 10.1007/s11053-010-9113-1. S2CID 14389093. Retrieved 2021-10-10.

Huang, C.; Barnett, A.G.; Wang, X.; Vaneckova, P.; FitzGerald, G.; Tong, S. (2011). Projecting future heat-related mortality under climate change scenarios: *A System. Rev. Environm. Health Perspect.*, **119**(12), 1681. Doi: org/10.1289/ehp.1103456

International Organization for Migration (IOM) IRAQ (2022). Migration, Environment, and Climate Change in Iraq. https://iraq.iom.int/resources/migration-environment-and-climate-change-iraq

IPCC, (2013). "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". (Stocker, T.F.D.; Qin, G. K.; Plattner, M.; Tignor, S.K.; Allen, J.; Boschung, A.; Nauels, Y.; Xia, V.; Bex; P.M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

IPCC, (2014). "Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". (Core Writing Team, R.K.; Pachauri; L.A. Meyer (eds.)). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.

IPCC, (2018). "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming Masson-Delmotte". V., P. Zhai, H. O.; Pörtner, D.; Roberts, J.; Skea, P.R.; Shukla, A.; Pirani, W.; Moufouma-Okia, C.; Péan, R.; Pidcock, S.; Connors, J.B.R.; Matthews, Y.; Chen, X.; Zhou, M.I.; Gomis, E.; Lonnoy, T.; Maycock, M.; Tignor; T. Waterfield (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 616 p., doi:10.1017/9781009157940.

IPCC, (2021). “Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”. (Masson-Delmotte, V.P.; Zhai, A.; Pirani, S.L.; Connors, C.; Péan, S.; Berger, N.; Caud, Y.; Chen, L.; Goldfarb, M.I.; Gomis, M.; Huang, K.; Leitzell, E.; Lonnoy, J.B.R.; Matthews, T.K.; Maycock, T.; Waterfield, O.; Yelekçi, R.; Yu; B. Zhou (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3−32, doi:10.1017/9781009157896.001.

Karmeshu, N. (2012). Trend detection in annual temperature and precipitation using the Mann Kendall Test - a case study to assess climate change on select states in the northeastern United States. Master's Thesis, University of Pennsylvania. Philadelphia.

Kendall, M.G. (1975). “Rank Correlation Methods”. 4th ed. Charles Griffin, London, U.K.

Kriegler, E.; Edmonds, J. Hallegatte, S.; Krisite, L.; Tom, K.; Keywan, R.; Harald, W.; Detlfe, P. van Vuuren (2014). A new scenario framework for climate change research: the concept of shared climate policy assumptions. *Climatic Change*, **122**, 401–414, Doi:10.1007/s10584-013-0971-5.

Laherrère, J. (2001). "Estimates of Oil Reserves". (PDF). EMF/IEA/IEW meeting. IIASA. Retrieved 2021-10-10. It is obvious that the IPCC assumptions for oil and gas are based on the assumption of abundant cheap oil and gas. This concept has to be revised.

Laherrère, J. (2019). "Are there enough fossil fuels to generate the IPCC CO2 baseline scenario?" (PDF). *ASPO France*. Retrieved 2021-10-10. Only RCP4.5 is close to the most probable FF production.

Loveluck, L.; Kareem, F.; Sarah, D. (2021). “Power Outages Cripple Parts of the Middle East amid Record Heat Waves and Rising Unrest.” Washington Post, July 24, 2021. https://www.washingtonpost.com/world/middle_east/middle-eastelectricity-crisis/2021/07/23/d4dfd9f4-de74-11eb-a27f-8b294930e95b_story.html.

Motiee, H.; McBean, E. (2009). An assessment of long-term trends in hydrologic components and implications for water levels in Lake Superior. *Hydrol. Res.*, **40**(6), 564-579.

O’Neill, B.C.; Claudia, T.; Detlfe, P. van Vuuren; Veronika, E.; Pierre, F.; George, H.; Reto, K.; Elmar, K.; Jean-Francois, L.; Jason, L.; Gerald, A.M.; Richard, M.; Keywan, R.; Benjamin, M.S. (2016). The scenario model intercomparison project (Scenario MIP) for CMIP6, Geosci. *Model Dev*., **9**, 3461–3482, Doi: 10.5194/gmd-9-3461-2016.

Omar, M. A.; Agha, M.; Şarlak, N. (2016). Spatial and temporal patterns of climate variables in Iraq, *Arab J. Geosci.*, **9**, 302, Doi: 10.1007/s12517-016-2324-y.

Onoz, B.; Bayazit, M. (2012). The power of statistical tests for trend detection. *Turkish J. Engineering Environm. Sci.*, **27**(2003), 247 – 251.

Priyadarshi, R.; Shukla, J. S.; Andy, R. (2022). IPCC AR6 Climate Change: Mitigation of Climate Change. *Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

Ramadan, M.A.; Hussain, I.A. (2022). Solar activities and their relationship to the maximum temperatures of the City of Baghdad for the solar cycles 23 and 24. *Raf. J. Sci*., **31**(1), 34-42.

Riahi et al. (2017). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environm. Change.*, **42**(2017), 153–168. Doi: 10.1016/j. gloenvcha. 2016.05.009.

Saleem, A.; Salman, Sh. Sh.; Tarmizi, I.; Eun- Sung, Ch.; Al-Abadi, A.M. (2017). Long-term trends in daily temperature extremes in Iraq. *Atmospheric Research* (2017). Doi: 10.1016/j.atmosres.2017.08.011

Schwalm, C.R.; Glendon, S.; Duffy, Ph.B. (2020). "RCP8.5 tracks cumulative CO2 emissions". *Proceed. National Academy of Sci.*, **117**(33), 19656–19657. Bibcode:

2020PNAS.11719656S. doi:10.1073/pnas.2007117117. ISSN 0027-8424. PMC 7443890. PMID 32747549

Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. American Statist. Associat.,* **63**, 1379–1389.

Smith, S.L.; Romanovsky, V.E.; Isaksen, K.; Nyland, K.E.; Kholodov, A.L.; Shiklomanov, N.I.; Streletskiy, D.A.; Farquharson, L.M.; Drozdov, D.S.; Malkova, G.V.; Christiansen, H.H. (2021). [Arctic] Permafrost [in State of the Climate in 2020]. *Bullet. American Meteorol. Soc.*, **102**(8), S293-S297. Doi:10.1175/BAMS-D-21-0086.

Tabari, H.; Marofi, S.; Aeini, A.; Talaee, P.H.; Mohammadi, K. (2011). Trend analysis of reference evapotranspiration in the Western half of Iran. *Agricult. and Forest Meteorol.,* **151**, 128-136.

Taylor, K.E.; Stouffer, R.J.; Meehl, G.A. (2012). An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin American Metrolog. Soc.*, **93**(4), 485-498.

United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) et al. (2017). "Arab Climate Change Assessment Report – Executive Summary". Beirut, E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Summary.

US Global Change Research Program. (2017). Fourth national climate assessment. **I–II** (US) *Global Change Res. Progr*., article

Van Vuuren (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Chang.*, **109**(5). Doi:10.1007/s10584-011-0148-z.

Van Vuuren (2013). A new scenario framework for Climate Change Research: scenario matrix architecture. *Climatic Change*, **122**, 373–386 (2014), Doi:10.1007/s10584-013-0906-1.

Veronika, E.; Greg, F.; Jerry, M.; Cath, S.; Bjorn, S.; Ron, S.; Karl, T. (2018). (CMIP Panel) Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). *Experim. Design and Organizat.*

Wentz, F.J.; Lucrezia, R.; Kyle, H.; Carl, M. (2007). How much more rain will global warming bring?. *Scie.*, **317**(5835), 233-235. Doi: 10.1126/science.1140746.

Wibig. J.; Glowicki, B. (2002). Trends of minimum and maximum temperature in Poland. *Climate Research*. **20**(2). Doi: http://dx.doi.org/10.3354/cr020123.

World Bank. Iraq (2022). Country Climate and Development Report (English). Washington, D.C.: World Bank Group. http://www.worldbank.org/en/country/iraq-country-climate-and-development-report.

Xu, Z.; Liu, Z.; Fu, G.; Chen, Y. (2010). Trends of major hydro climatic variables in the Tarim River basin during the past 50 years. *J. Arid. Environ.,* **74**(2), 256–267.

Yassen, K.; Al-Timimi, A.; Al-Khudhairy, A. (2017). Analysis of minimum temperature spatially and temporally over Iraq During the period 1980-2015. *J. Appl. Advanc. Res.*, **2**(5), 309–316. Doi.: http://dx.doi.org/10.21839/jaar.2017.v2i5.109.

Yassen, K.; Al-Timimi, A.; Al-Khudhairy, A. (2018). Spatial and temporal analysis of maximum temperature over Iraq. *Al-Mustansiriyah J. Sci.,* **29**(1). Doi: http://doi.org/10.23851/mjs.v29i1.257.

Yating, Z. B.; Ayyub, M. (2021). Temperature extremes in a changing climate. *Climate Change and Extreme Events*, 9-23. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822700-8.00001-9.

Trends Analysis of Mean Temperature in Iraq

Mustafa A. Aljaff
Department of Physics/ College of Education for Pure Sciences / University of Kirkuk
Hani M. AL-Jirjees
General Authority for Meteorology and Seismic Monitoring/ Mosul/ Iraq

ABSTRACT

In this study, the trend of air temperatures is investigated by employing measured and predictive data of maximum and minimum temperatures for daily and annual means in three synoptic stations, geographically and climatically distributed in different regions, as follows: (Mosul, Baghdad and Basra), for time series (1982-2020) of measured means up to (2021-2050) for predictive data from Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). Mann-Kendall analysis, which is a statistical test widely used in climate series to determine the statistical significance of the monotonic trend of temperature means, showed that maximum, daily, and annual temperature means had a positive trend and were statistically significant at the significance level (α = 0.05) and a non-significant fluctuating trend in minimum daily and annual. A high increase in the annual differences with a range of (-1.47-7.25℃) between the beginning and end of the measured daily time series (1982–2020) that showed a high increase in Basra, followed by the Mosul station, with an increase of the range (5.37-1.24℃), and finally for the Baghdad station, the increase was recorded within the range (1.24-5.37℃). Overall, under the potential of global warming, the results concluded that trends of mean temperatures appeared to be in the best agreement with the extreme scenario (SSP5-8.5) compared to the scenario (SSP2-4.5) till the middle of the present century. Globally, the region topped the regions of extreme temperature risks under the governmental authorities' entire deficit to set optimal solutions for climate change and extreme events in Iraq.

Keywords: Global Warming, Mean Air Temperature Trend, Mann-Kendall analysis, CMIP6, Iraq.