تحليل تأثير التغيرات المناخية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ودراسة الحالة في محافظة بابل

م.م. حسن عودة كاظم السلطاني

كلمات مفتاحية:

التغير المناخي	Climate change
الزراعة	Agriculture
إمدادات المياه	Water supplies
العراق	Iraq
موجات الحر	Heat waves
الجفاف	Drought
التصحر	Desertification

الخلاصة

أثر التغير المناخي وضغطٌ كثيراً على البيئة السكنية والزراعية وإمدادات المياه في مناطق مختلفة من العالم، خاصة في الأماكن القاحلة مثل العراق. العراق يعد واحدًا من أكثر البلدان عرضة للتغير المناخي في العالم، أذ تعاني من موجات حر شديدة خلال العقود الأخيرة أدت إلى الجفاف وتصحر الأراضي وجفاف الأنهار، مما أدى إلى تحول الآلاف من الهكتارات إلى أراضٍ يابسة وصفراء. تهدف هذه الدراسة إلى استقصاء اتجاهات التغير المناخي في بابل والتوقعات المستقبلية. تم تحليل درجات الحرارة القصوى اليومية والحد الأدنى للحرارة وكميات الهطول باستخدام نموذج محطة بحوث لونج آشتون لتوليد الطقس (LARS-WG). تم استخدام خمسة نماذج للدوران العام من مشروع المقارنة بين النماذج المقترنة المرحلة الخامسة (CMIP5) لثلاث فترات مستقبلية: المستقبل القريب (2021–2040)، والمستقبل المتوسط (2051–2070)، والمستقبل البعيد (2081–2100)، استنادًا إلى سيناريوهين لمسارات التركيز الممثلة (RCP4.5 وRCP8.5) لأربع محطات رصد جوي مختارة تمثل المنطقة الدراسية. أظهرت نتائج المعايرة والتحقق من النموذج دعمه ومهارته وموثوقيته في تحليل سلاسل زمنية لدرجات الحرارة والهطول من خلال مؤشرات إحصائية (R2، RMSE وMBE) تتراوح بين (0.894– 0.998)، (0.1270– 1.9274)، و(0.6158– 0.0008) على التوالي. أظهرت النتائج أن الحد الأدنى والأقصى لدرجات الحرارة السنوية ستزيد في جميع المحطات المختارة عبر الفترات الثلاث المستقبلية بين 0.94 و 4.98 درجة مئوية بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. تميل التغيرات السنوية في كميات الهطول بشكل عام نحو الزيادة لمنطقة الدراسة بنسبة متوسطة (6.09 – 14.31٪) لـ RCP4.5 و (11.25 – 20.97٪) لـ RCP8.5 مقارنة بالبيانات التاريخية (1990–2020). يمكن أن تسهم هذه النتائج في زيادة الوعي بتأثيرات التغير المناخي على البيئة وتشجيع المديرين والمخططين على وضع خطط لتخفيف والتكيف مع هذه التأثيرات. كما يمكن أن تكون دليلاً لإدارة المستقبل لموارد المياه والزراعة في المنطقة الدراسية.

تحليل تأثير التغيرات المناخية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ودراسة الحالة في محافظة بابل

م.م. حسن عودة كاظم السلطاني

Abstract

Climate change has placed considerable pressure on the residential environment, agricultural, and water supplies in different areas of the world, especially arid places such as Iraq. Iraq is one of the five most vulnerable countries in the world to climate change, where it has been encountering extremes heat waves during the most recent decades resulted in drought, desertification, and rivers dried up, which led to thousands of hectares to turn dry and yellow. This study aims to investigate the trends of climate change in the Babylon and future expectations. The daily maximum temperature, minimum temperature, and precipitation are downscaled using the Long Ashton Research Station Weather Generator (LARS-WG) model. Five General Circulation Models (GCMs) from Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) are employed for three future periods: the near future (2021–2040), medium future (2051–2070), and far future (2081–2100), based on two scenarios of the Representative Concentration Pathways (RCP4.5 and RCP8.5) for four selected meteorological stations representing the study area. The outcomes of the calibration and validation of the model supported its skill and reliability to downscale precipitation and temperature time series for statistical indices (R2, RMSE and MBE) ranging between (0.894–0.998), (0.1270–1.9274) and (− 0.6158 to 0.0008), respectively. The results showed that the average minimum and maximum annual temperatures will increase at all selected stations across the three future periods by between 0.94 and 4.98 °C by the end of the twenty-first century. Annual changes in precipitation tend generally towards increase for the study area by average (6.09–14.31%) for RCP4.5 and (11.25–20.97%) for RCP8.5 Compared to the historical data (1990–2020). These findings can contribute to become more acquainted with the effects of climate change on the environment and encourage managers and planners to come up with plans for mitigating and adapting to these effects. They can also serve as a guide for future management of water and agricultural resources in the study region.

أبرز نقاط البحث

- نموذج LARS-WG قام بتقليص درجات الحرارة اليومية وكميات الهطول بشكل بابل.
- يشهد المنطقة الدراسية زيادة مستمرة في درجات الحرارة خلال القرن الحالي بين 0.94 و 4.98 درجة مئوية.
- تتفاوت أنماط الهطول المستقبلية، متراوحة بين +6.09% إلى +41.31% لسيناريو RCP4.5 و+11.25% إلى +20.97% لسيناريو RCP8.5.

المقدمة:

العراق يمثل واحدًا من المناطق الأكثر عرضة لتأثيرات التغير المناخي نتيجة المناطق القاحلة وشبه القاحلة، يظهر تأثير التغير المناخي على أنظمة البيئة والإنسان، ويتضمن المخاطر المرتبطة بضغوط الحرارة، والعواصف والأمطار الغزيرة، والفيضانات الداخلية والفيضانات، والجفاف، وندرة إمدادات المياه، والزراعة والأمن الغذائي. نتيجة للانبعاثات الزائدة للغازات الدفيئة المستمدة من النشاط البشري، والتي يعود سببها بشكل رئيس إلى التوسع الاقتصادي والسكاني، وقد أدى هذا إلى زيادة كميات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) وأكاسيد النيتروجين (N_2O) في الغلاف الجوي إلى مستويات لم يسبق لها مثيل منذ قرون إلى آلاف السنين. تأثيراتها، جنبًا إلى جنب مع تأثيرات العوامل البشرية الأخرى[1] .

أكثر الطرق مباشرة وشعبية لإجراء تقييم المخاطر المناخية هي استخدام النماذج المناخية العالمية، والتي تعد أدوات قوية لنمذجة النظام المناخي ثلاثي الأبعاد باستخدام معادلات تعرف الطاقة (قانون الحرارة الأول)، والزخم (قانون نيوتن الثاني للحركة)، وحفظ الكتلة (معادلة الاستمرارية)، وبخار الماء (قانون الغاز الكمال). يتم حساب كل معادلة لطبقات مميزة من الغلاف الجوي التي يتم تحديدها بواسطة شبكة منتظمة في مواقع م diskrete على سطح الأرض، خلال فترات زمنية محددة. يتم استخدامها لدراسة المناخ المستقبلي وتطوره من خلال مقارنة المناخ الحالي والمناخ المتوقع في نموذج المناخ فوق المنطقة المستهدفة. ومع ذلك، بسبب دقتها المكانية الخشنة جدًا تتراوح بين 100 إلى 300 كم في الدقة الأفقية للخلايا الشبكية، لا يمكن استخدام النماذج المناخية العالمية مباشرة في موقع محدد، ولا يزال مخرجاتها عرضة للانحيازات. بالإضافة إلى ذلك، لديها قدرات محدودة في دراسة الظواهر الهيدرولوجية والجوية الفيزيائية على مستوى الإقليم. تقنية شائعة لسد الفجوة بين مخرجات النماذج المناخية الخشنة وقيم المتغيرات المناخية بدقة أعلى هي التحليل التفصيلي. تستخدم اثنين من الطرق المعروفة على نطاق واسع للتحليل التفصيلي: التحليل التفصيلي الديناميكي (مثل نماذج المناخ الإقليمية) والتحليل التفصيلي الإحصائي (مثل LARS–WG و SDSM). ظهرت نماذج محطة بحوث لونج آشتون لتوليد الطقس (LARS–WG) ونماذج التحليل التفصيلي الإحصائي (SDSM) في السنوات الأخيرة. يعتمد نموذج LARS–WG على مولد طقس عشوائي بينما يستخدم SDSM نهج قائم على الانحدار .[2]

وفقًا لتقرير التقييم الخامس (AR5) للوجمة الحكومية للتغير المناخي(IPCC) ، تحدد الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون بشكل كبير التسخين السطحي العالمي حتى نهاية القرن الحادي والعشرين وبعدها. لوصف انبعاثات الغازات الدفيئة في القرن الحادي والعشرين، تم استخدام أربع مسارات تركيز ممثلة .(RCPs) تم استخدام هذه السيناريوهات لتقييم التكاليف المتعلقة بتقليل الانبعاثات وفقًا لمسارات التركيز المحددة، تشمل سيناريو مكافحة التغير المناخي بصرامة(RCP2.6) ، وسيناريوين متوسطين RCP4.5) و(RCP6.0، وسيناريو بانبعاثات غازات دفيئة عالية جدًا (RCP8.5) من المتوقع ارتفاع درجة حرارة السطح العالمي في كل من السيناريوهات المقدرة للانبعاثات على مدى القرن الحادي والعشرين بين 0.3 و 4.8 درجة مئوية، ولن يكون هناك تغيير موحد في كميات الهطول، والتوقعات تتوافق مع الدراسات المتعددة التي أجريت في جميع أنحاء العالم مثل؛ أوروبا وأمريكا الشمالية وأفريقيا وآسيا. في تركيا، تم توقع زيادة في درجات الحرارة وانخفاض في معدلات الهطول خلال القرن الحادي والعشرين، بينما في إيران، كان الارتفاع في درجات الحرارة مع اتجاهات متغيرة في كميات الهطول.[3]

العراق هو واحد من البلدان في الشرق الأوسط التي تعاني بشدة من التغير المناخي وتمتلك مناخات متنوعة في كل جزء من أراضيه. تم تصنيف العراق بوصفه واحد من أكثر الدول عرضة للتغير المناخي نتيجة للتأثيرات الاصطناعية والطبيعية مثل نقص النباتات وارتفاع إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مع مرور الوقت نتيجة لزيادة إنتاج النفط الخام

تحليل تأثير التغيرات المناخية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ودراسة الحالة في محافظة بابل

م.م. حسن عودة كاظم السلطاني

وانبعاثات الميثان وغازات الدفيئة الأخرى التي تزداد بشكل كبير. يواجه العراق نقصًا شديدًا في المياه بسبب السدود التي أقامتها سوريا وإيران وتركيا على نهري دجلة والفرات. تم بناء 22 سداً بوصفها جزءاً من مشروع جنوب شرق تركيا، بينما بنت سوريا ثلاثة على طول نهر الفرات. بالإضافة إلى ذلك، قامت إيران مؤخرًا بتحويل جميع الوادي الدائم داخل إيران الذي يتدفق إلى العراق، أدت هذه السدود إلى تدني تدفق الأنهار وجودة المياه المتدهورة وتدهور الأراضي وتصحرها، وزيادة في التغير المناخي. بالإضافة إلى ذلك تفاقم استراتيجيات إدارة المياه السيئة، مثل الري بالفيض والممارسات الزراعية القديمة، ندرة الموارد المائية بشكل أكبر. يستهلك القطاع الزراعي 95% من المياه العذبة المتاحة، مما يؤدي إلى استهلاك مرتفع للمياه.

تم إجراء هذه الدراسة بهدف التنبؤ بدرجات الحرارة الدنيا والعليا وكميات الهطول لمناطق بابل للفترات الزمنية الثلاث المختارة من 2021–2040، 2051–2070، و 2081–2100. سيساعد ذلك في التحقيق في تأثيرات التغير المناخي على موارد المياه وإنتاج المحاصيل الزراعية وسبل العيش في هذه المناطق. تعاني هذه المناطق من الصحاري الشاسعة وتعرض لخطر العواصف الرملية ودرجات حرارة عالية ومعدلات أعلى للتبخر. هنا، يؤثر التغير المناخي بشكل كبير على نهري دجلة والفرات، مما يؤدي إلى تغيرات في كميات تدفق المياه السنوية مع تقليل الدخل المائي من تركيا وإيران إلى النهرين. يمكن أيضًا أن تؤدي تغيرات في كميات الأمطار، مما يؤدي إلى فترات جفاف طويلة، إلى تغييرات في تغطية النباتات على الأرض. تسبب درجات الحرارة المتزايدة أيضًا في تغير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مما يؤدي إلى فقدان رطوبة التربة وتغطية النباتات في الأراضي الزراعية وغير الزراعية في العراق.

في هذه الدراسة، تم استخدام نموذج LARS–WG الإصدار 6.0 لتقليص مخرجات النماذج المناخية العالمية. يضم هذا الإصدار التوقعات المناخية من المرحلة 5 لمشروع مقارنة النماذج المقترنة (CMIP5) المستخدم في التقرير التقييمي الخامس للوجمة الحكومية للتغير المناخي (AR5) للوجمة الحكومية للتغير المناخي (IPCC). تم تنفيذ خمسة نماذج تحت سيناريوين من مسارات التركيز الممثلة RCP4.5 و RCP8.5.

2.المواد والطرق

2.1منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في بابل ، وتغطي مساحة تبلغ 5.119 كم².

تقع بين خطوط العرض بين دائرتي عرض(32 و33) شمالاً وخطي طول(45ْ 43ْ وْ50 45ْ) شرقاً.، وتشمل بابل، وتوضح مواقعها في الشكل رقم 1. تتميز منطقة الدراسة بطقس جاف ودرجات حرارة صيفية متطرفة خلال الشهرين (يوليو وأغسطس)، وشتاء بارد إلى بارد، إذ تبلغ درجات الحرارة القصوى والدنيا المتوسطة السنوية 30 درجة مئوية و 16 درجة مئوية على التوالي. وتتراوح كمية الأمطار السنوية المتوسطة بين 81 و 123 ملم. تُعد منطقة الدراسة أهم خزان مياه جوفية في العراق، وتحتوي على مساحات زراعية كبيرة، حيث يشكل الصحراء جزءًا كبيرًا من المنطقة الدراسية تمتد إلى بابل.

يوضح الجدول 1 معلومات عن 4 محطات الرصد الجوي التي تم استخدام بياناتها في هذه الدراسة. تم استخدام البيانات التاريخية للأمطار اليومية وأقصى وأدنى درجات الحرارة على مدار 30 عامًا (1990–2020) في عمليات التحقق والمعايرة لنموذج مولد الطقس. تم الحصول على هذه البيانات من المصادر الدولية.

FIGURE 1 منطقة الدراسة ومواقع المحطات الجوية المختارة (تم استخدام برنامج (ARCMAP (ARCGIS الإصدار 10.8 لإنشاء هذا الشكل. (رابط URL: HTTPS://DESKTOP.ARCGIS.COM/EN/ARCMAP/LATEST/GETSTARTED/SETUP/ARCGIS-(DESKTOP-SYSTEM-REQUIREMENTS.HTM

Station	City	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Period of records
Babylon	Babylon	32° 34′ 12″ N	44° 3′ 0″ E	29	1990–2020

الجدول1: معلومات الموقع لأربعة محطات محددة في منطقة الدراسة

تم الحصول على قاعدة بيانات الأرصاد الجوية من نظام إعادة التحليل للمناخ (CFSR) للفترة من يناير 1990 إلى ديسمبر 2014 (https://swat.tamu.edu/data/cfsr). أما البيانات المناخية اليومية الإضافية من عام 2015 إلى عام 2020 فقد تم أخذها من توقعات مشروع موارد الطاقة العالمية (POWER). تم الحصول على بيانات مشروع POWER من بحوث إدارة الطيران والفضاء الوطنية (https://power.larc.nasa.gov/) (NASA).

2.2 نموذج LARS-WG.

هناك تقنيتان لتقليل الحجم في النماذج العالمية للمناخ (GCMs): التقليص الديناميكي والإحصائي. يتطلب التقليص الديناميكي أجهزة متقدمة ومعدات وأجهزة كمبيوتر ذات مواصفات عالية، والتي لا تتوفر في بلدان متعددة من العالم، بما في ذلك العراق والمنطقة المحيطة. ونتيجة لذلك، يتم اللجوء إلى الطرق الإحصائية لتقليل الحجم، والتي لا تتطلب قدرات حوسبة عالية مقارنةً بالتقليص الديناميكي. ومع ذلك، هناك عدم يقين في استخدام التقليص الإحصائي، ونظرًا لعدم وجود نماذج محددة للمنطقة المدروسة، يتم استخدام المزيد من النماذج لتقليل اليقين. يُعد نموذج لارس للتنبؤات الجوية (LARS-WG) أداة مُولِّدة للطقس الاحصائي، وهو نوع من تقليص الحجم الإحصائي. تم استخدام LARS-WG على نطاق واسع في دراسات تقليص الحجم في جميع أنحاء العالم لأن برنامج LARS-WG بسيط ولكنه مرن وفعال من حيث الحسابات ويُستخدم لمحاكاة بيانات الطقس لكل من الأحداث المناخية الحالية والمستقبلية من عام 2011 إلى عام 2100 بناءً على البيانات التاريخية في موقع

واحد تم توفيرها بواسطة GCMs. تُمثل هذه البيانات سلاسل زمنية يومية لعدد من المتغيرات المناخية، بما في ذلك الهطول (ملم)، وأقصى وأدنى درجات الحرارة (C°)، والإشعاع الشمسي (MJ m−2 day−1)، لكنها لا تأخذ في الحسبان تأثير تغطية الأرض. في الحالات التي تكون فيها بيانات الإشعاع الشمسي غير متوفرة في موقع محدد، يمكن استخدام ساعات الشمس بدلاً من ذلك، ويقوم مولد الطقس تلقائيًا بتحويل هذه الساعات إلى إشعاع شمسي من خلال تطبيق خوارزمية. المتغير الأساسي هو الهطول، ويتم تحديد المتغيرات الثلاثة الأخرى في يوم معين بناءً على ما إذا كان اليوم رطبًا أم جافًا. يتم محاكاة حدوث الهطول باستخدام توزيعات طول سلاسل متواصلة، أو سلاسل، من الأيام الرطبة والجافة. تعد التوزيعات شبه التجريبية (SED) طريقة تستخدمها LARS-WG لتقريب توزيعات الاحتمالات للسلاسل الجافة والرطبة، والهطول اليومي، وأقل وأعلى درجات الحرارة، والإشعاع الشمسي. تم استخدام المعادلة (1) لتحديد قيمة المتغير المناخي vi التي تتوافق مع احتمال Pi لكل متغير من المتغيرات[4]

$$v_i = min\{v : P(v_{obs} \le v) \ge P_i\}; \quad i = 0, \dots, n \qquad (1)$$

إذ تُمثل v− ≤ Pvobs الاحتمال بناءً على vobs ، البيانات الملاحظة. يظل قيمتا P0 و Pn ثابتتين حيث أن P0 = 0 و Pn = 1 على التوالي، مع القيم المقابلة لـ v0 = أدنى قيمة لـ vobs و vn = أعلى قيمة لـ vobs ، اعتمادًا على المتغير المناخي. يُخصص بعض قيم Pi بقيمة تقريبية صفر للقيمة الأدنى، في حين يُخصص قيمة تقريبية لـ 1 للقيمة القصوى، من أجل تقليد القيم المتطرفة للمتغير المناخي. تُنتشر باقي القيم Pi بالتساوي عبر نطاق الاحتمال. يتم اختيار ثلاث قيم قريبة من 1 للهطول: Pn−1 = 0.999، Pn−2 = 0.995، و Pn−3 = 0.985. تتيح هذه القيم حسابًا أكثر دقة لحالات الهطول اليومية الاستثنائية ذات الاحتمالية المنخفضة للغاية. نظرًا لأن احتمالية الهطول اليومي الضئيل جدًا (<1مم) تكون عادةً مرتفعة نسبيًا وأن مثل هذا الهطول الضئيل له تأثير ضئيل جدًا على نتيجة نموذج تأثير قائم على العملية، نستخدم قيمتين فقط، v1 = 0.5 مم و v2 = 1 مم، لتقريب الهطول ضمن النطاق (0.1). يتم حساب الاحتمالات المقابلة كـ Pi = P (vobs ≤ vi) ؛ i = 1، 2. يتم استخدام قيمتين قريبتين من 1 في SEDs لسلاسل الرطوبة والجفاف، Pn−1 = 0.99 و Pn−2 = 0.98، لتقديم شرح لسلاسل الجفاف والرطوبة المفرطة الطويلة. يتم استخدام قيمتين قريبتين من الصفر وقيمتين قريبتين من الواحد لاستيعاب درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة بشكل استثنائي لأقصى وأدنى درجات الحرارة على التوالي، أي P2 = 0.01، P3 = 0.02، Pn−1 = 0.99، و Pn−2 = 0.98. نظرًا للقيود الفيزيائية، تتمتع جميع قيم Pi (0 < i < n) للإشعاع بتوزيع متساوٍ بين القيم الدنيا والقصوى. في هذه الدراسة، تم استخدام الإصدار الأحدث، LARS-WG الإصدار 6.0، لمحاكاة التغيرات المناخية المستقبلية لثلاث فترات؛ 2021–2040، 2051–2070، و2081–2100) للفترة الأساسية

2.3نماذج المناخ العالمية (GCMs)

تُستخدم نماذج المناخ العالمية (GCMs) عمومًا لمحاكاة المناخ الحالي وتوقع المناخ المستقبلي.

هناك تسعة عشر نموذجًا من نماذج المناخ العالمية (GCMs) مدرجة في LARS-WG الإصدار 6، الذي يدمج توقعات المناخ من CMIP5 المستخدمة في تقرير التقييم الخامس للجنة الحكومية بشأن تغير المناخ (AR5) .

من خلال اختيار العدد المناسب من النماذج الملائمة وفقًا لمنطقة الدراسة، من المهم أن نأخذ في الحسبان أن جميع تركيبات GCM و RCP يجب أن تُعد متساوية الاحتمال مع تقييم الغموض في التنبؤات المستقبلية للنماذج من خلال التحقق والمقارنة

مع البيانات الأساسية للمواقع المحددة. استنادًا إلى الأبحاث السابقة التي أُجريت في العراق لتقييم النماذج الأكثر ملاءمة لتطبيقها في توقعات تغير المناخ المستقبلي. تم اختيار خمسة نماذج ومسارين ممثلين لتركيز الغازات الدفيئة (RCP)، وهما مسار الاستقرار المتوسط RCP4.5 ومسار الانبعاثات العالية RCP8.5 لتوقع التغيرات في درجات الحرارة القصوى والدنيا والهطول في البحث الحالي.[5] .

2.4 البيانات المتاحة ومخطط إجراءات النمذجة مع LARS-WG

تتطلب عملية تصميم مولِّدات الطقس لإنتاج بيانات جوّية صناعية وجود مجموعتين من البيانات الملاحظة للطقس لكل موقع. تتألف المجموعة الأولى من القيم اليومية لأدنى وأقصى درجة حرارة، وكميات الهطول المطري، والإشعاع أو ساعات الشمس على مدار فترات طويلة تتراوح بين 20 و 30 عامًا ويُفضل ذلك. أما المجموعة الثانية فتتضمن ملفًا (*.st) يحتوي على تفاصيل حول الموقع؛ مثل اسم المحطة وخط الطول وخط العرض والارتفاع ومستوى ثاني أكسيد الكربون. بعد إعداد الملفين، يمكن البدء في خطوات إجراءات عملية النمذجة باستخدام LARS-WG.

1. تتم عملية تحليل الطقس اليومي الملاحظ في موقع معين (عملية المعايرة) لحساب المعلمات الخاصة بالموقع. يتم حفظ البيانات في ثلاث ملفات: ملف (*.wgx) يحتوي على المعلمات الخاصة بالموقع، وملف (*.stx) يحتوي على بعض الإحصائيات الإضافية، وملف (*.tst) يحتوي على نتائج الاختبارات الإحصائية لـ LARS-WG.

2.المُولِّد: لتوليد طقس يومي صناعي (سيناريو أساسي) الذي يكون مقارنًا إحصائيًا (تحقق النموذج) مع الطقس الملاحظ في موقع معين، يتم استخدام ملف المعلمات الخاص بالموقع (*.wgx)، وبعد ذلك يمكن إنشاء سيناريو مستقبلي على مقياس محلي يتطابق مع المناخ المتوقع في المستقبل من خلال تطبيق الخصائص الأساسية للموقع لتغيرات المناخ المتولدة من نموذج مناخ عالمي أو محلي.[6]

3.النتائج

3.1 عملية المعايرة والتحقق من نموذج LARS-WG

تمت معايرة وتحقق النتائج لنموذج LARS-WG الموضح في الجدول 3 (البيانات المراقبة الموسمية) والجدول 4 (الهطول اليومي المحاكي لكل شهر). يُشار إلى عدد الاختبارات التي تم إجراؤها في كلا الجدولين بالحرف .N ومن خلال النتائج الموجودة في الجداول 3 و 4، يمكن استنتاج أن نموذج LARS-WG للمحطات الأربعة قادر بشكل جيد على محاكاة الطقس لجميع المحطات في توزيعات السلاسل الرطبة والجافة. خلال فصل الشتاء (ديسمبر – يناير – فبراير) والخريف (سبتمبر – أكتوبر – نوفمبر)، أظهرت النتائج توافقًا مثالي. في الصيف (يونيو – يوليو – أغسطس)، أعطى النموذج توافقًا جيدًا جدًا إلى مثاليً باستثناء السلسلة الرطبة لمحطة رطبا التي كانت ضعيفة، وتقييم موسم الربيع (مارس – أبريل – مايو) أظهر توافقًا جيدًا جدًا إلى مثالي. تُظهر نتائج التقييمات في الجدول 4 أن أداء LARS-WG عند محاكاة توزيعات الهطول اليومي تباين بين توافق جيد جدًا وتوافق مثالي في جميع الشهور باستثناء شهور الصيف التي أظهرت توافقًا ضعيفًا، لعدم وجود هطول مطري خلال تلك الأشهر، فإن محاكاة أنماط الهطول تعمل بشكل سيء. بشكل عام، يمكن استنتاج أن محاكاة النموذج للهطول اليومي تظهر مطابقة جيدة.

تمت مقارنة الإحصائيات التي تم إنشاؤها من البيانات المحاكاة والمتوافقة مع البيانات المراقبة من أجل زيادة الثقة في قدرة LARS-WGعلى توليد درجات الحرارة القصوى والدنيا والهطول في المستقبل. تُظهر الرسوم البيانية للمتوسط الشهري والانحراف المعياري للبيانات المحاكاة والتاريخية في منطقة الدراسة في الشكل رقم2. يوضح الشكل رقم 2 المتوسط الشهري والانحراف المعياري، التي تم تحميلها بواسطة LARS-WG للهطول ودرجات الحرارة الدنيا والقصوى.

ومع الأخذ في الحسبان أن الأبحاث السابقة أشارت إلى أن الحصول على درجة عالية من التوافق بين القيم المراقبة والمحسوبة للهطول أكثر تعقيدًا وتحديًا من درجات الحرارة بسبب العمليات الوسيطة بما في ذلك الرطوبة وغطاء السحب. الجدول 5

والشكل رقم 3 يوضحان قيم خطأ الجذر التربيعي المتوسط (RMSE) وخطأ المعدل الوسيط (MBE) ومعامل التحديد (R2) بين البيانات المراقبة والبيانات المحاكاة للقيم الشهرية المتوسطة لدرجات الحرارة والهطول للمحطات Babylon يمكن ملاحظة من الشكل رقم 3 أن معامل التحديد (R2) لمتوسط درجة الحرارة القصوى الشهرية، ومتوسط درجة الحرارة الدنيا الشهرية وكمية الهطول، كانت تظهر علاقة قوية بين البيانات المراقبة والمحاكاة، تتراوح بين (0.894–0.998) لجميع المتغيرات المناخية الثلاث. تتراوح قيم خطأ الجذر التربيعي المتوسط (RMSE) وخطأ المعدل الوسيط (MBE) بين (0.1270–1.9274) و (0.6158 إلى 0.0008) على التوالي، للمتغيرات المناخية. بشكل عام، يمكن عد أداء النموذج جيدًا بشكل معقول عند إنتاج درجات الحرارة والهطول، مما يتيح استخدامه لتوقع الطقس في المستقبل.[7]

Season	Wet/dry	N	K–S	*P* value	Assessment
Kerbala station					
DJF	Wet	12	0.03	1	Perfect
DJF	Dry	12	0.038	1	Perfect
MAM	Wet	12	0.069	1	Perfect
Babylon M	Dry	12	0.112	0.997	Very good
JJA	Wet	12	0.044	1	Perfect
JJA	Dry	12	0.131	0.982	Very good
SON	Wet	12	0.069	1	Perfect
SON	Dry	12	0.084	1	Perfect

الجدول3 اختبار K–S لتوزيعات السلاسل الرطبة والجافة الفصلية

Month	N	K–S	*P* value	Assessment
Kerbala station				
J	12	0.047	1	Perfect
F	12	0.062	1	Perfect
M	12	0.072	1	Perfect
A	12	0.096	1	Perfect
M	12	0.076	1	Perfect
J	12	0.479	0.006	Poor
J	12	0.522	0.002	Poor
A	No precipitation			
S	12	0.261	0.359	Poor
O	12	0.079	1	Perfect
N	12	0.059	1	Perfect
D	12	0.062	1	Perfect

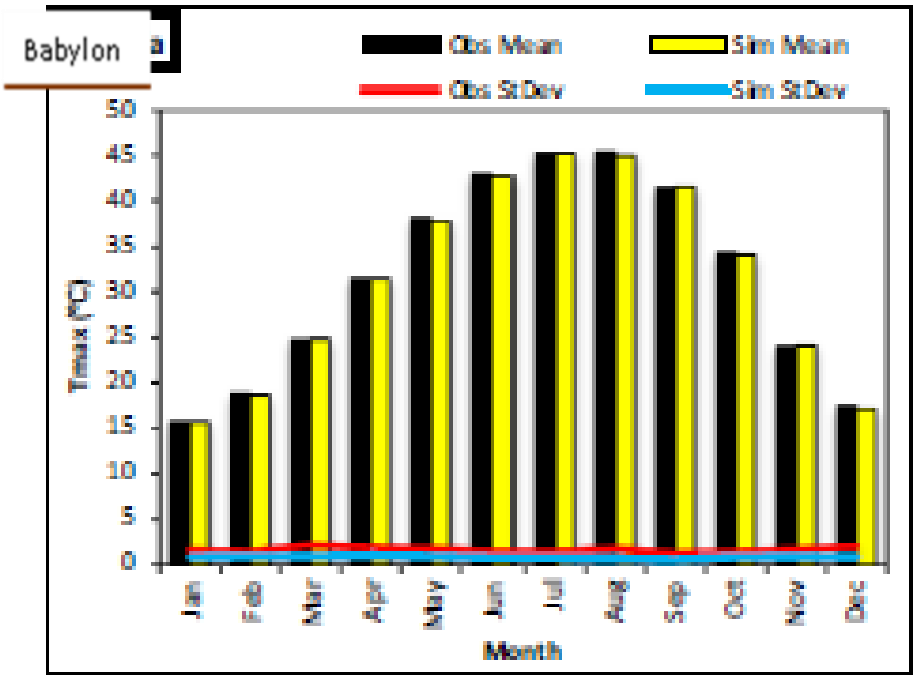
جدول4: اختبار K–S لتوزيعات الأمطار اليومية

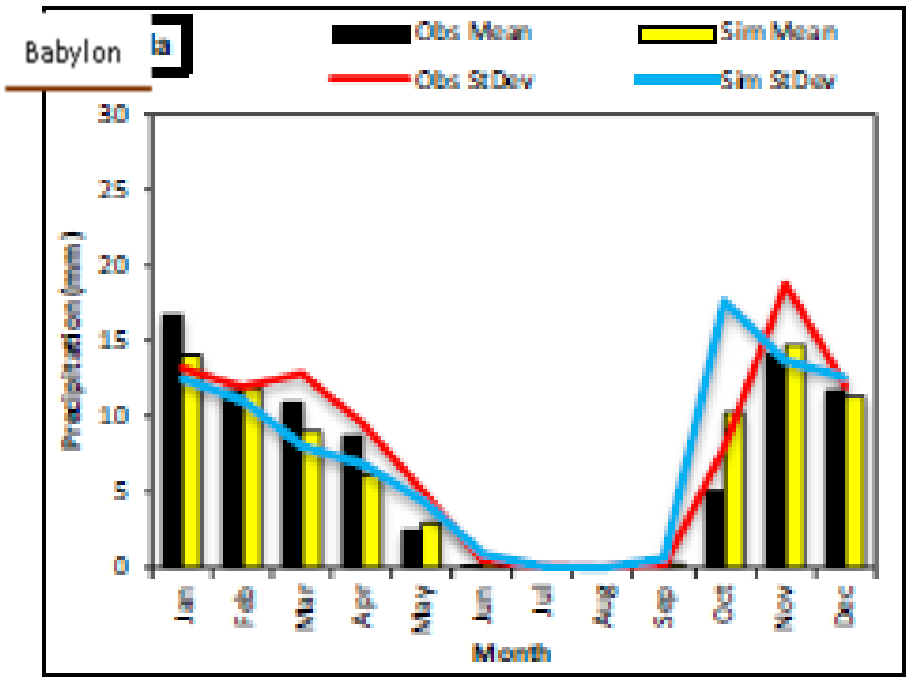
3.2 توقعات درجات الحرارة المستقبلية

بعد المعايرة والتحقق من نموذج LARS–WG، تم استخدام نموذج مولد الطقس المطور لكل محطة مختارة (بابل) في منطقة الدراسة في العراق لتوقع الطقس في المستقبل بالنسبة للهطول اليومي ودرجات الحرارة القصوى والدنيا للفترة من 2021 إلى

2100 (نهاية القرن الواحد والعشرين). في هذه الدراسة، تم تقسيم الفترة المستقبلية على ثلاث فترات: 2021–2040 (المستقبل القريب)، 2051–2070 (المستقبل المتوسط)، و 2081–2100 (المستقبل البعيد). استخدمت خمسة نماذج لنماذج النمو العالمي (GCMs).[8]

Research SN Applied Sciences (2023) 5:312 | https://doi.org/10.1007/s42452-023-05544-z





الشكل2 مقارنة بين المتوسط الشهري المراقب والمحاكي والانحراف المعياري لدرجات الحرارة القصوى والدنيا وكميات الهطول.

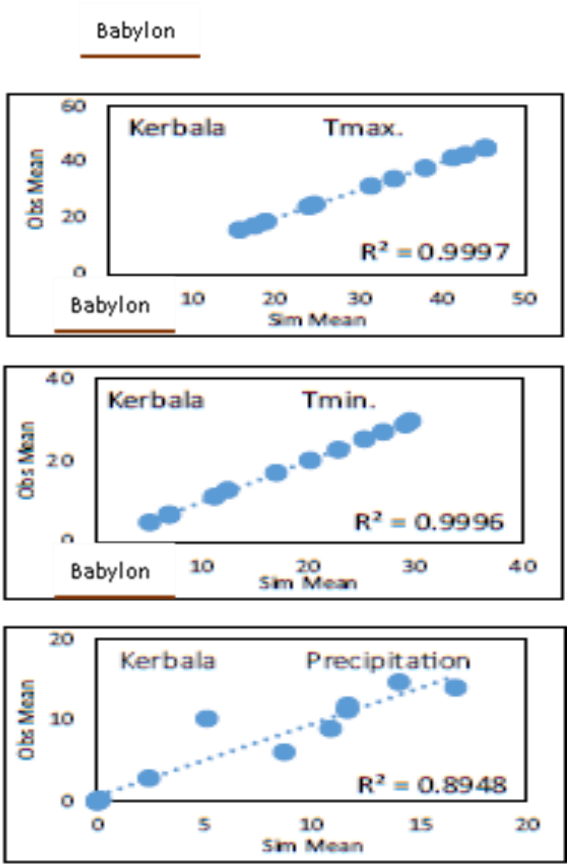
تم استخدام خمسة نماذج للطقس العالمي (NorESM1-M، CanESM2، CSIRO-MK3.6.0، HadGEM2-ES، و MIROC5) مع سيناريوهات RCP4.5 و RCP8.5. يمكن رؤية نتائج درجات الحرارة المستقبلية في الشكلين 4 و 5. يوضح الشكل 4 المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة المراقبة (من 1990 إلى 2020) والقيم المتوقعة لخمس نماذج للطقس العالمي لثلاثة فترات (2021-2040، 2051-2070، و2081-2100) تحت السيناريوهات RCP4.5 و RCP8.5. تظهر الرسوم البيانية نموًا ثابتًا في Tmax وTmin مع مرور الوقت لجميع المحطات تحت كل سيناريو، إذ تُسجل أقل قيم لـ Tmax وTmin في الفترة (1990-2020) وأعلى قيم في الفترة (2081-2100). يُعتقد أن يناير يحتوي على أدنى متوسطات لدرجات الحرارة، بينما تحتوي يوليو وأغسطس على أعلى متوسط لدرجات الحرارة في جميع المحطات الأربعة. من المتوقع أن تسجل بابل أعلى قيمة لدرجات الحرارة القصوى المتوقعة في المستقبل البعيد.

3.3 توقع هطول الأمطار في المستقبل

تظهر النتائج تباينًا زمنيًا ومكانيًا واضحًا في كميات الهطول، وشدته، واتجاهاته، وتوقيته في منطقة الدراسة. يعود ذلك إلى عدم استمرارية الهطول خلال العام وندرته في أشهر الصيف، مما يجعل من الصعب الحصول على اتجاه مستقر للهطول في منطقة الدراسة. بشكل عام، يظهر الخصائص الأكثر شيوعًا هو أن معظم الأمطار تتجه نحو زيادة تذبذب كمياتها سنويًا وشهريًا خلال الأشهر الممطرة (من أكتوبر إلى مايو)، باستثناء بعض الشهور التي ستشهد انخفاضًا من الكميات المراقبة، مثل شهر ديسمبر في بابل.

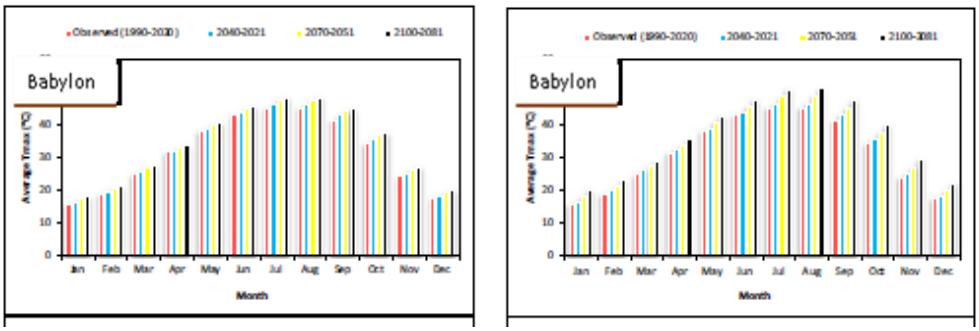
4 المناقشة:

تبيّن من نتائج المؤشرات الإحصائية المستخدمة أنّ نموذج LARS-WG يُعد مقبولًا بشكل معقول في توقع درجات الحرارة والهطول في منطقة الدراسة (بابل)، مما يسمح باستخدامه لتوقع الطقس في المستقبل. بالنسبة لدرجات الحرارة، تشير النتائج إلى زيادة متوقعة لجميع محطات الحقول الأربع المختارة بمتوسط يتراوح بين 0.94 و 4.98 درجة مئوية للفترة المستقبلية من القرن الواحد والعشرين. تعود هذه التقلبات الكبيرة في الزيادة المتوقعة إلى السيناريوهات المختلفة للانبعاثات المستخدمة في الدراسة. من جانب آخر، يمكن أن يكون عدم اليقين في عملية التصغير مباشرة تأثيرًا للنتائج المتوقعة. بشكل عام، تتفق النتائج مع الدراسات السابقة المتعددة التي أجراها الباحثون في العراق، علاوة على ذلك، تظهر نتائج هذه الدراسات والدراسة الحالية أن الاتجاه العام لزيادة درجات الحرارة المتوقعة في بابل يتجه نحو زيادة بالمعدلات التي تختلف حسب الموقع. إذ تكون الزيادة بدرجة أقل في المناطق الشمالية، وتزداد نحو المناطق الوسطى والغربية وتصل إلى ذروتها في المناطق الجنوبية من بابل.



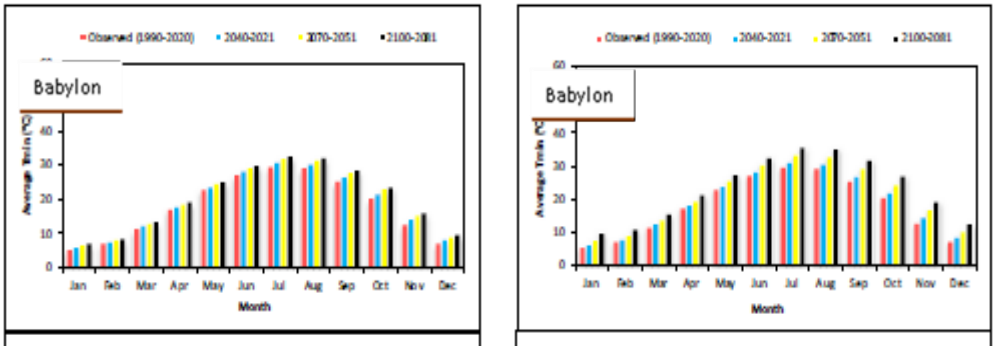
الشكل 3 يوضح نماذج التحقق ومعامل التحديد (R2) لدرجات الحرارة القصوى (Tmax) والحد الأدنى لدرجات الحرارة (Tmin) والهطول لجميع المحطات المختارة.

Research SN Applied Sciences (2023) 5:312 | https://doi.org/10.1007/s42452-023-05544-z



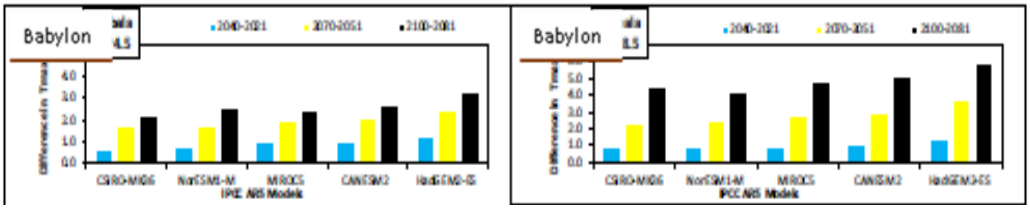
تحليل تأثير التغيرات المناخية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ودراسة الحالة في محافظة بابل

م.م. حسن عودة كاظم السلطاني



الشكل 4 يقارن متوسط درجات الحرارة الشهرية المرصودة (1990–2020) مع القيم المتوقعة باستخدام خمسة نماذج لنظم النمذجة العالمية (GCMs) تحت سيناريوهات RCP4.5 و RCP8.5 لثلاث فترات (2021–2040، 2051–2070، 2081–2100).

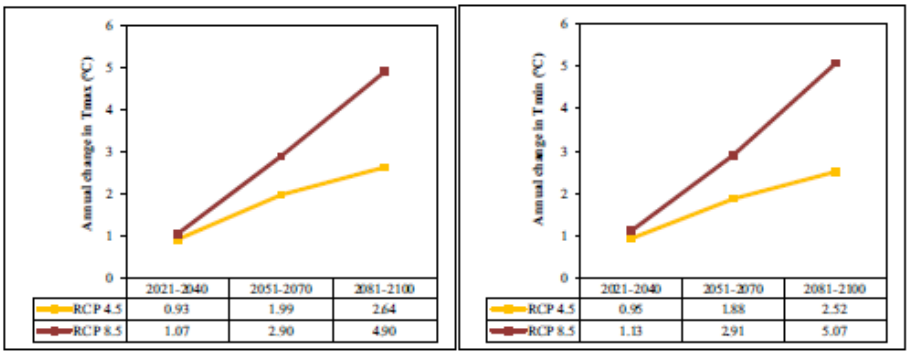
Research SN Applied Sciences (2023) 5:312 | https://doi.org/10.1007/s42452-023-05544-z



الشكل 5 يُظهر الفروق في درجات الحرارة السنوية بين ثلاث فترات (2021–2040، 2051–2070، 2081–2100) والفترة المرصودة (1990–2020).

الظاهرة المتعلقة بتغير المناخ هي عملية فيزيائية مرتبطة بتغيرات في المتغيرات المناخية، ولكنها أيضًا متأثرة بالعمليات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية المشتركة في كيفية تطور الحضارة مع مرور الوقت. تعتمد التخفيف من والتكيف مع آثار تغير المناخ على الخطوات الاحترازية التي يتخذها الفئات الاجتماعية والاقتصادية في منطقة الدراسة. تشمل تقنيات التكيف والتخفيف من تأثيرات تغير المناخ مجموعة متنوعة من المجالات، مثل استراتيجيات إدارة المياه، بما في ذلك إدارة الموارد المائية الوطنية المتكاملة على المدى الطويل.

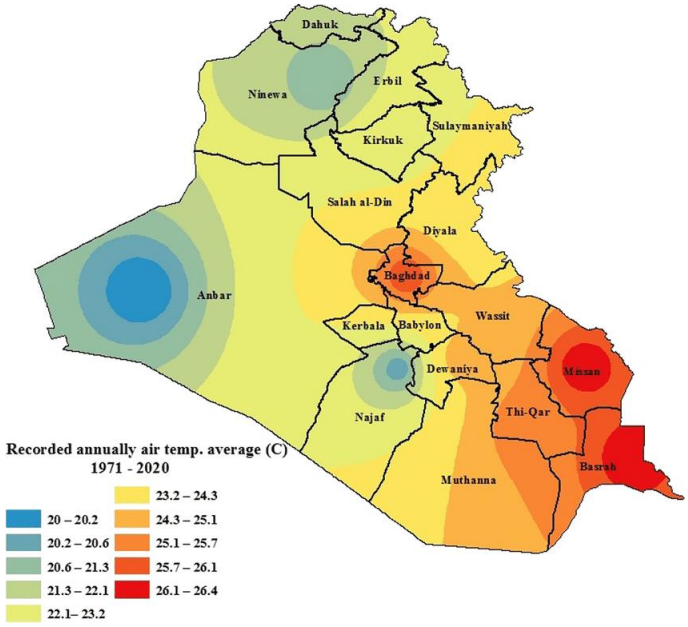
SN Applied Sciences (2023) 5:312 | https://doi.org/10.1007/s42452-023-05544-z Research



	2021-2040	2051-2070	2081-2100
RCP 4.5	0.93	1.99	2.64
RCP 8.5	1.07	2.90	4.90

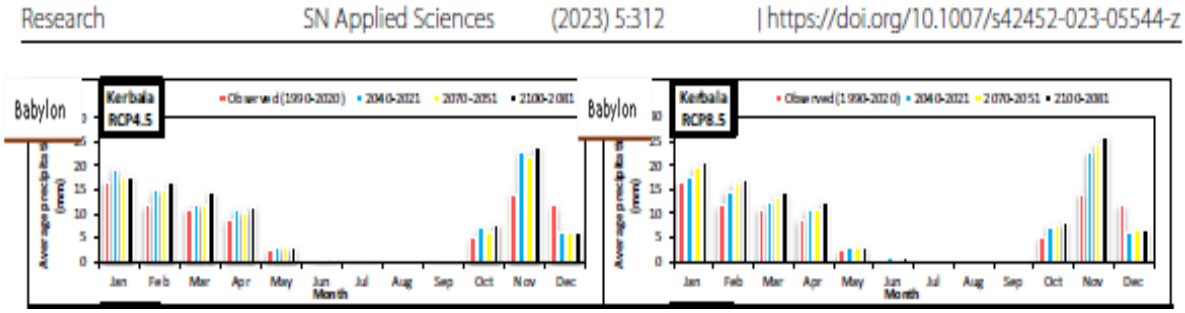
	2021-2040	2051-2070	2081-2100
RCP 4.5	0.95	1.88	2.52
RCP 8.5	1.13	2.91	5.07

الشكل 6 التغيرات في درجات الحرارة القصوى والدنيا المتوقعة سنويًا في المستقبل لمتوسط الأربع محطات المختارة



الشكل 7 التوزيع المكاني للتغيرات المتوقعة في متوسط درجات الحرارة (درجة مئوية) استنادًا إلى البيانات التاريخية الأساسية (1990–2020)، المتوقع لمتوسط درجات الحرارة تحت سيناريوهات RCP 4.5 و RCP 8.5 للفترات المستقبلية (2021–2100)

الإدارة والتخطيط، إعادة تأهيل بنية تحتية لمحطات معالجة المياه، واستخدام مصادر المياه البديلة مثل مياه الصرف الصحي المعاد تدويرها من خلال إنشاء محطات لإعادة تدوير المياه، بالإضافة إلى جمع المياه النقية. الفرص الاستثمارية في الطاقة المتجددة واستراتيجيات البنية التحتية الخضراء، بما في ذلك الطاقة الشمسية والرياح بدلاً من الوقود الأحفوري، ضرورية لتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتحسين البيئة.



الشكل 8 مقارنة متوسط الهطول الشهري المرصود (1990–2020) مع القيم المتوقعة باستخدام نماذج GCMs الخمسة تحت السيناريوهات RCP4.5 و RCP8.5 لثلاث فترات (2021–2040، 2051–2070، 2981–2100).

5 الاستنتاجات:

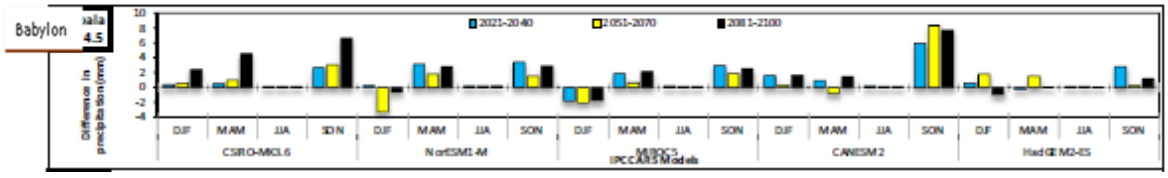
تغير المناخ، خاصة ارتفاع درجات الحرارة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، هو واحد من أكثر التحديات البيئية الحرجة في المجتمع البشري، مع دراسات مكرسة متعددة له في السنوات الأخيرة. تعد هذه الدراسة أساسية للاعتراف بتقييم تأثيرات التغيرات المناخية على درجات الحرارة القصوى اليومية، والدرجات الحرارية الدنيا، والهطول لمناطق الوسط والغرب من العراق خلال القرن الواحد والعشرين، مقسمة على ثلاث فترات مستقبلية: المستقبل القريب (2021–2040)، والمستقبل المتوسط (2051–2070)، والمستقبل البعيد (2081–2100). تم تحجيم خمسة نماذج للنموذج العام للغلاف الجوي (HadGEM2-ES، NorESM1-M، CanESM2، CSIRO-MK3.6.0، و MIROC5) تحت سيناريوهات لجنة الأمم المتحدة الحكومية

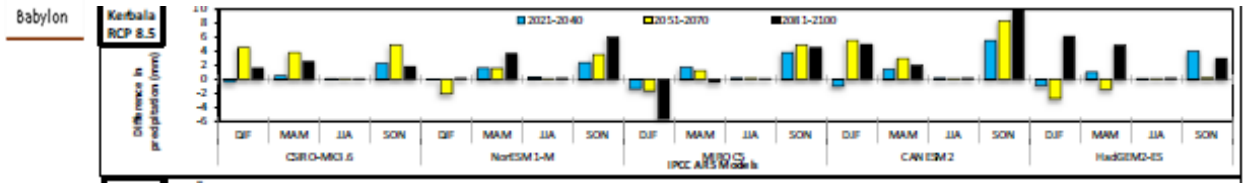
تحليل تأثير التغيرات المناخية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ودراسة الحالة في محافظة بابل

م.م. حسن عودة كاظم السلطاني

حول تغير المناخ (AR5) (RCP4.5 و RCP8.5) باستخدام نموذج LARS-WG، الذي تم استخدامه لهذا الغرض. استنادًا إلى البيانات الأساسية لمدة 30 عامًا من عام 1990 إلى 2020، تم استخدامها لأغراض المعايرة والتحقق من قدرة النموذج على تحجيم وتوليد تغيرات المناخ في المستقبل لأربع محطات محددة (كربلاء، النجف، الحديثة، والرطبة) التي تمثل منطقة الدراسة في الغرب والوسط من العراق. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن نموذج LARSWG أدى بشكل جيد لتحجيم الحرارة اليومية والهطول. أظهرت نتائج عملية المعايرة أن النموذج كان كافيًا لمحاكاة بيانات المناخ المستقبلية. وأظهرت المؤشرات الإحصائية R2 و RMSE و MBE ترابطًا جيدًا بين البيانات المرصودة والمولدة. بالتالي، زادت الثقة في نتائج البحث الحالي واحتمال استخدام النموذج في التطبيقات المستقبلية. مقارنة بالفترة الأساسية، توقع نموذج LARS-WG زيادة مستمرة في درجة الحرارة خلال القرن الحالي ووصل إلى ذروته في المستقبل البعيد (2081-2100). بموجب كل من السيناريوهين RCP4.5 و RCP8.5، من المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة السنوية الدنيا والقصوى في جميع المحطات المحددة عبر الفترات المستقبلية. تظهر التنبؤات المستقبلية التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة مناخًا أكثر تطرفًا. حيث يظهر مناخًا جافًا ودرجات حرارة مرتفعة ومتزايدة حتى نهاية القرن الحادي والعشرين. ونتيجة لذلك، قد يسبب ذلك مخاطر مثل الضرر بإنتاج المحاصيل الزراعية، وزيادة العواصف الرملية في شهور الصيف، والجفاف. يجب أن نضع في الحسبان أن نسبة كبيرة من منطقة الدراسة هي صحراء. وتظهر الدراسة أن كمية الأمطار خلال أشهر الهطول في منطقة الدراسة ستزيد وتختلف وفقًا لكل من النماذج الخمسة المختارة.

SN Applied Sciences (2023) 5:312 | https://doi.org/10.1007/s42452-023-05544-z Research





6-References

[1] C. V. B. D. D. K. M. M. M. T. B. M. C. K. E. Y. E. R. G. B. G. E. K. A. L. S. M. P. M. a. L. W. (. Field, IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and

Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects..

[2] M. &. S. P. Semenov, Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts.

[3] T. Q. D. P. G.-K. T. M. A. S. B. J. M. P. (. Stocker, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[4] M. &. B. E. Semenov, A stochastic weather generator for use in climate impact studies..

[5] N. A. N. &. K. S. Al-Ansari, Assessment of Climate Change Impact on Precipitation in Iraq using Statistical Downscaling Techniques. Engineering, 11(10), 1051-1066. doi:10.4236/eng.2019.1110058.

[6] A. &. P. C. A. L. Semedo, Comparison of LARS-WG and SDSM software packages for simulation of extreme precipitation and temperature events: A case study for Portugal. Advances in Meteorology.

[7] I. G. S. &. K. N. Moradi, Assessment of the Performance of LARS-WG Model for Climate Change Impact Study in Eastern Black Sea Basin. Journal of Environmental Studies.

[8] N. A. I. R. &. H. H. M. Al-Ansari, Climate Change Impact on the Hydrological Cycle in Iraq. In The Climate of Iraq (pp. 399-429). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-69743-2_16.