



an initiative of



مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية
Abu Dhabi Global Environmental Data Initiative

التقييم المنهجي لآثار المناخ: محلي، إتحادي، وإقليمي

النمذجة الإقليمية للغلاف الجوي

ملخص فني



NCAR
NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH



Climate
Change
Research
Group

مؤلفو هذا التقرير هم جوزيه إدسون وإيلانا واينر وبرونو فيريرو من معهد علوم المحيطات بجامعة ساو باولو في البرازيل

التقييم المنهجي لآثار المناخ: محلي، إتحادي، وإقليمي 2013-2016

الموارد المائية 2015 2016	المناطق الساحلية 2015 2016	البيئة 2015	تغير المناخ الإقليمي 2013 2014	النظم الإجماعي و الإقتصادي 2014 2015
موارد المياه بمدينة العين	مؤشر التأثيرات الساحلي	التنوع البيولوجي البري	نمذجة الغلاف الجوي	فوائد تقليل غازات الدفيئة على الصحة العامة
إدارة الموارد المائية	إرتفاع مستوى سطح البحر	التنوع البيولوجي البحري	نمذجة منطقة الخليج العربي	الأمن الغذائي
المياه الجوفية عبر الحدود				إمدادات المياه المحلاة

محلي-أبوظبيي إتحادي- دولة الإمارات إقليمي-الخليج العربي
5 مجالات أساسية 3 مستويات مكانية 12مشروع فرعية

12مشروع فرعية
تقييم التأثيرات وسرعة التأثر والتكيف مع تغير
المناخ في شبه الجزيرة العربية

تعمل هيئة البيئة
- أبوظبي مع مبادرة
أبوظبي العالمية للبيانات
البيئية (أبيدي) على الترويج
لأفضل الممارسات العالمية في
مجال البيئة، والتي يتم تطبيقها أيضا
في نشاطات الهيئة والمبادرة. تم طباعة
هذا الإصدار على ورق قابل للتحلل الحيوي، إذ
تهدف سياساتنا الخاصة بالتوزيع إلى تقليل
بصمتنا البيئية.

تم إعداد هذا التقرير لعرض العمل الذي ترعاه مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية. ولا تقدم مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية أي ضمان، سواء كان صريحا أو ضمنيا، أو تتحمل أي التزام قانوني أو مسؤولية فيما يتعلق بدقة المعلومات المنصوص عليها في هذا التقرير أو اكتمالها أو جدواها. ولا تعبر وجهات نظر المؤلفين أو آرائهم الواردة في هذا التقرير بالضرورة عن تلكم الآراء ووجهات النظر التي تبناها هيئة البيئة أو مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية.

كافة الصور المستخدمة في هذا الإصدار تظل مملوكة لحامل حقوق الملكية الأصلي، مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية.

الناشر: مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية 2016.

الاستشهاد الموصى به: مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية 2016. الملخص الفني بشأن النمذجة الإقليمية للغلاف الجوي. البرنامج المحلي والوطني والإقليمي في مجال تغير المناخ (LNRCCP). المجموعة البحثية المعنية بتغير المناخ / المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي

يمكن استخدام البيانات المناخية والخاصة بالأرصاد الجوية الهيدرولوجية الواردة في هذه الدراسة لاستكشاف التساؤلات المحيطة بتغذية المياه الجوفية واستفسارات الطلب على المياه؛ واستكشاف آفاق الطاقة المتجددة وعلى وجه التحديد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح؛ نظراً لكون التغيرات التي تحدث في أنماط الرياح والغيوم ومدى التغيرات التي تحدث في تراكيزات الغلاف الجوي بسبب النشاط الصناعي أو الغبار القادم من الصحراء العربية الشاسعة قد تؤثر على هذه الموارد؛ واستيعاب

مدى الأثار المحتملة لتغير المناخ وقابلية التعرض للنظم البيئية البرية (النشاط رقم 13، "الأنواع والنظم البيئية البرية الرئيسية") وأثار المناخ المتعلقة بصحة الإنسان (النشاط رقم 6، "الصحة العامة وغازات الدفيئة"). وستعمل التوقعات الخاصة بتغير المناخ في المستقبل والنتيجة عن هذا المشروع الفرعي على تقديم رؤى حول قابلية تأثر هذه القطاعات وخيارات التكيف المحتملة.

تُحدر الإشارة إلى أن أرشيف البيانات الخاص بتجربة النمذجة الإقليمية للمناخ هذه يُعد كبيراً للغاية، إذ تُقدر بأن مساحة أرشيف البيانات تقرب من 110 تيرابايت. ونظراً لهذا الحجم الكبير، نعتقد أنه من المنطقي عرض مجموعات البيانات التي يمكن تطويرها، ثم العمل بعد ذلك مع الشركاء لاستخلاص مجموعات البيانات المحددة التي قد يحتاجونها لإجراء دراساتهم. وبهذه الطريقة، نأمل أن يتمكن الباحثون الآخرون من تحديد المنتجات المستمدة المعينة والتي قد يرون أنها مفيدة بالنسبة لهم، وأن توفر هذه العملية فرصة للتأثير و/أو أن تؤثر بشكل مباشر على الأنشطة البحثية اللاحقة.

تمهيد

كان الهدف من هذا النشاط المعني بالنمذجة الإقليمية للمناخ يتمثل في وضع توقعات للمناخ الإقليمي في منطقة شبه الجزيرة العربية وذلك على نطاق مكاني وزماني مناسب، بحيث لا يعكس السمات واسعة النطاق والاتجاهات الزمنية من عمليات المحاكاة (AR5) لنموذج المناخ العالمي (GCM) فحسب، ولكن أيضاً الأنماط التاريخية للتغيرات المناخية على المستويين الإقليمي والمحلي (فولر وآخرون، 2007؛ وود وآخرون، 2004). ومن أجل تحقيق ذلك، تم نشر نموذج مناخ إقليمي (RCM) والذي عمل بشكل ديناميكي على تقليص نطاق المحاكاة المناخية لشبه الجزيرة العربية باستخدام بيانات GCM فيما يتعلق بالظروف الحدودية الجانبية.

يعكس التمثيل الطبوغرافي المُحسَّن عبر النطاق السمات الطبوغرافية الممتدة في المنطقة، والتي من المحتمل أن تؤدي إلى زيادة وإعادة توزيع هطول الأمطار بسبب الارتفاعات المعرزة. وتعمل الطبوغرافيا الممتدة أيضاً على توفير بيئة أكثر برودة لهطول الأمطار على مناطق مثل جبال عمان بالمقارنة مع الطبوغرافيا الممهدة، والتي لن تعمل على حل الحمل الحراري خلال الفصل الدافئ. ويمكن استخدام البيانات في دعم عمليات التقييم الأخرى لآثار التغير المناخي وقابلية التأثر به والتكيف معه.



قدّم العديد من الأفراد الدعم والتوجيه والمساهمة فائقة القيمة في مشروع النمذجة.

ويرغب المؤلفون في التعبير عن بالغ شكرهم وعميق امتنانهم فيما يتعلق بالمراجعة التي أجروها وذلك من خلال تقديم التعليقات والتعقيبات والبيانات، وكذلك الفرص بغرض عرض العديد من المُسلّمات ضمن عملية المشروع. ويتضمن هؤلاء الأفراد، على سبيل المثال لا الحصر، القائمة التالية:

دكتور/ عبدالله المندوس، المركز الوطني للأرصاد الجوية والزلازل

دكتور/ عمر عبدالله، المركز الوطني للأرصاد الجوية والزلازل

دكتور/ فريدريك لوناوي وفريق هيئة البيئة – أبوظبي

دكتور/ هولغر هوف، معهد ستوكهولم للبيئة

دكتور/ منصور المزروعى، مركز التميز لأبحاث التغير المناخي (CECCR)

السيد / مفلح العلويين، المكتب الإقليمي لغرب آسيا التابع للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة

السيدة/ ناوكو كوبو، وزارة التغير المناخي والبيئة الإماراتية (MOCCA) والفريق

دكتور/ باولا فيريرا وجمعية الإمارات للحياة الفطرية (EWS) – فريق الصندوق العالمي لصون الطبيعة

دكتور/ راشيل ماكدونيل، المركز الدولي للزراعة المحلية (ICBA)

دكتور/ روبرت بالدوين ودكتور/ سيمون ويلسون، المحيطات الخمسة

دكتور/ سعيد الصارمي، مركز الأبحاث من الهيئة العامة للطيران المدني (PACA)

دكتور/ سلطان اليحيائي، جامعة السلطان قابوس

دكتور/ طارق صادق، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا

نتوجه بشكر خاص لفرق البحوث العلمية والأكاديمية في جامعة خليفة (KU) ومعهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا (MIST) وجامعة نيويورك (NYU) على ما قدموه من خبرة في مجال البيانات إلى جانب التعقيبات والدعم والفرص العلمية لإجراء مزيد من الأبحاث.

ونعرب أيضاً عن امتناننا الجزيل للعديد من الشركاء في جميع أنحاء المنطقة للمساهمة والوقت الذي قدموه والجهد الذي بذلوه خلال مشاركتهم في العديد من الاجتماعات والحوارات.

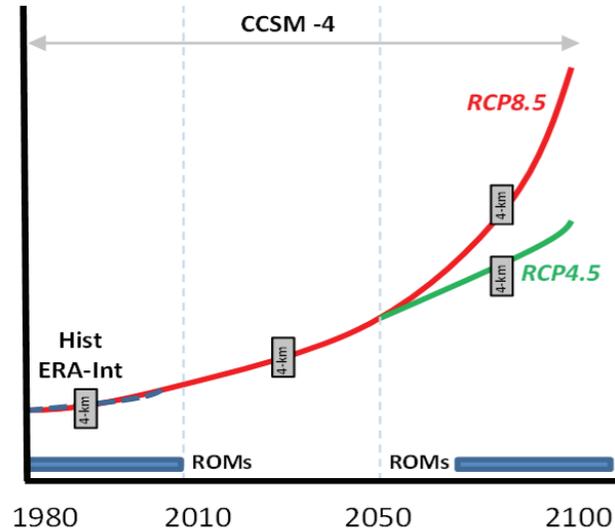


لتحديد حجم تغير المناخ خلال القرن الحادي والعشرين على الإمارات العربية المتحدة ومنطقة الخليج العربي، أجرينا عمليات محاكاة باستخدام الإصدار 3.5.1 من نموذج البحث والتنبؤ الطقسى (WRF، سكاماروك وآخرون 2008). ويعتبر WRF نموذج للغلاف الجوي غير هيدروستاتيكي ذو شكل تحفظي قابل للانضغاط بشكل كامل ولديه قدرة واضحة على معالجة الظواهر والسحب ذات النطاق الصغير (سكاماروك وكلمب 2008). وفي هذه الدراسة، يتم استخدام نموذج WRF من أجل تقليص نطاق الحقول المناخية بشكل ديناميكي من نموذج المناخ العالمي (GCM) الشبكي ذو النطاق الكبير نسبياً الخاص بالمركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي، الإصدار الرابع من نموذج نظام المناخ المجتمعي (CCSM4) الذي يغطي النطاق العالمي. تعتبر عمليات المحاكاة الخاصة بنموذج WRF دقيقة النطاق بشكل نسبي، مما ينتج عنه تغطية النطاق الإقليمي لشبه الجزيرة العربية، وهو يُعد ذو صلة بتقييم آثار تغير المناخ على المستويين الإقليمي والمحلي.

يُخص الشكل 1 طبيعة التجارب الخاصة بنموذج المناخ الإقليمي التي تم إجراؤها، حيث أجريت عمليات المحاكاة المعيارية لنموذج WRF على مدى فترة ماضية لتقدير الوضع الفعلي وديناميات الغلاف الجوي بشكل أفضل. وتستمد عمليات المحاكاة المعيارية في هذه الدراسة الظروف الأولية والحدودية الخاصة بها من مشروع إعادة التحليل المؤقت التابع للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF) (مشروع ERA-Interim؛ دي وآخرون 2011) ويُعد ERA-Interim عملية إعادة تحليل الغلاف الجوي الأكثر دقة والمتاحة في الوقت الحاضر (على سبيل المثال، لورينز وكونستمان 2010).

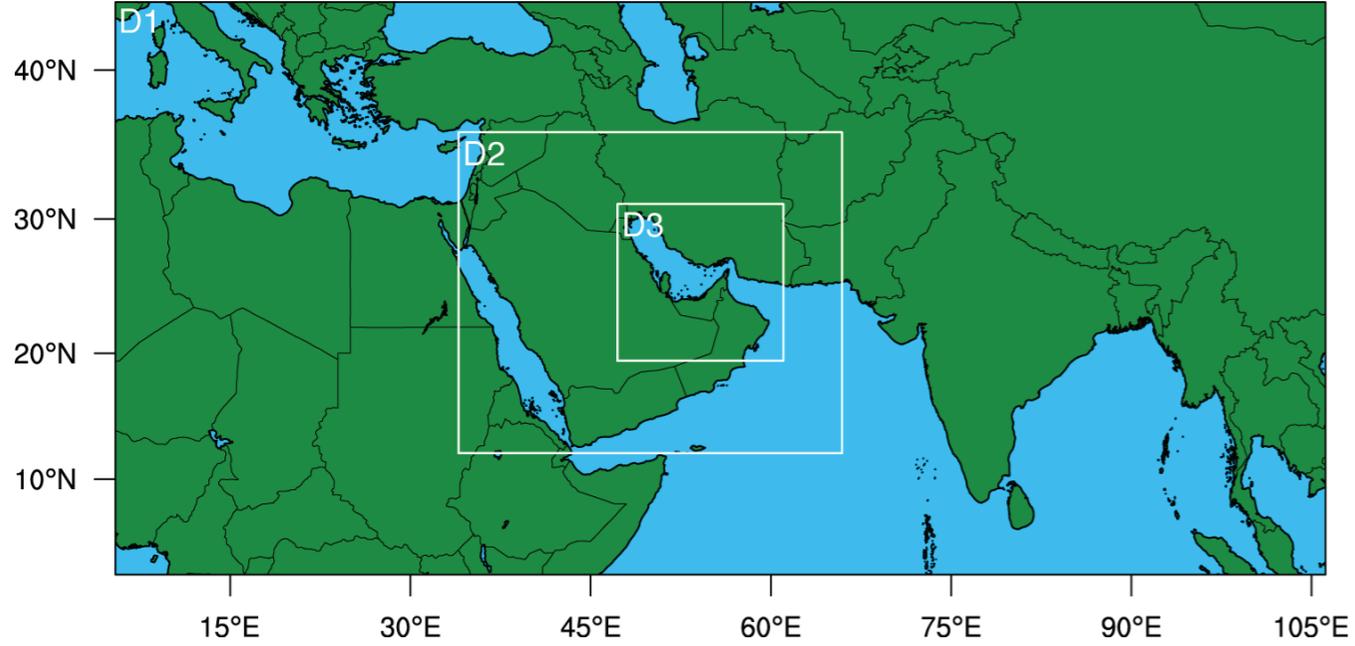
عملنا بعد ذلك على استخدام بيانات من خلال مخرجات CCSM4 مصحح التحيز، خلال الفترة المعاصرة (20 عامًا عند 12 و36 كم) والفترة المستقبلية لمسار التركيز التمثيلي (RCP8.5) (20 عامًا عند 12 و36 كم)؛ وفترتين مدة كل منها 10 سنوات عند استبانة بمسافة 4 كم.

الشكل 1: التصميم التجريبي. كان نموذج WRF يعمل لمدة 20 عاماً و10 أعوام بالنسبة للفترة المعاصرة والفترة المستقبلية عند مسافة 12 و36 كم؛ و4 كم، على التوالي.





الشكل 2: النطاقات المستخدمة في عمليات المحاكاة الخاصة بنموذج WRF.



التكوين وتجربة التغير المناخي

يعرض الشكل 2 النطاقات الحاسوبية لنموذج WRF. ويغطي النطاق الخارجي الذي يحتوي على توزيع شبكي لاستبانة تبلغ مسافته 36 كم ("نطاق 1") جزءًا كبيرًا من نصف الكرة الشرقي. ويتداخل النطاق الذي يبلغ 12 كم ضمن النطاق الذي تبلغ مسافته 36 كم ("نطاق 2") وهو يغطي منطقة الخليج العربي. ويغطي النطاق المتداخل الأعمق الذي تبلغ مسافته 4 كم ("نطاق 3") دولة الإمارات العربية المتحدة والمنطقة المجاورة لها.

وباختصار، فيما يتعلق بهذه الدراسة، تم إجراء عمليات محاكاة لتقليص النطاق الديناميكي من خلال نموذج WRF على النحو الوارد تلخيصه في الشكل 1:

1. محاكاة معيارية لنموذج WRF مدفوعة بمشروع ERA-Interim لمدة 30 عامًا، وذلك على مدى الفترة التاريخية التي تمتد من 1981 إلى 2010 (عند النطاقين 36 و12 كم)
2. محاكاة مناخية لنموذج WRF مدفوعة بنموذج CCSM4 مصحح التحيز لمدة 20 عامًا، وذلك على مدى الفترة التاريخية الممتدة من 1986 إلى 2005 (عند النطاقين 36 و12 كم، يُشار إليها باسم عمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين). كان يتم تشغيل النطاق الذي تبلغ مسافته 4 كم خلال الفترة الفرعية من 1990 إلى 1999.
3. محاكاة مناخية لنموذج WRF مدفوعة بنموذج CCSM4 مصحح التحيز لمدة 20 عامًا، وذلك على مدى فترة RCP4.5 الممتدة من 2060 إلى 2079 (عند النطاقين 36 و12 كم)
4. محاكاة مناخية لنموذج WRF مدفوعة بنموذج CCSM4 مصحح التحيز لمدة 20 عامًا، وذلك على مدى فترة RCP8.5 الممتدة من 2060 إلى 2079 (عند النطاقين 36 و12 كم) كان يتم تشغيل النطاق الذي تبلغ مسافته 4 كم خلال الفترة الفرعية من 2065 إلى 2074.





عمليات المحاكاة بواسطة نموذج WRF المدفوع ببيانات إعادة التحليل الخاصة بمشروع ERA-Interim. وتُمثل عمليات المحاكاة هذه الأحداث الفعلية المتعلقة بالأرصاد الجوية في فصلي الصيف والشتاء من عام 1995، بشكل نسبي؛ حيث يتم مقارنة عملية هطول الأمطار المحاكاة بعملية هطول الأمطار المُقاسة في جميع أنحاء دولة الإمارات العربية المتحدة. وفي ديسمبر، تحيط تحيزات إيجابية بالمناطق الساحلية، بينما تتجمع أكبر التحيزات السلبية مجددًا على طول منحدرات هطول الأمطار الكبيرة فوق المناطق شديدة الانحدار.

عمليات المحاكاة المعيارية لنموذج WRF من خلال ERA-Interim

تحتوي نطاقات ERA-Interim المستخدمة في هذه الدراسة فيما يتعلق بعمليات المحاكاة المعيارية على توزيع شبكي ~0.7 درجة على 38 مستوى رأسي. ويتم الحصول على بيانات درجة حرارة سطح البحر (SST) عند حدود المحيطات الأدنى لعمليات المحاكاة المعيارية هذه من الإصدار 2 من المنتج ذي 0.25 درجة الخاص بالاستيفاء الأمثل (OISST) التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) (رينولدز وآخرون 2007). يوضح الشكل 2 والشكل 3

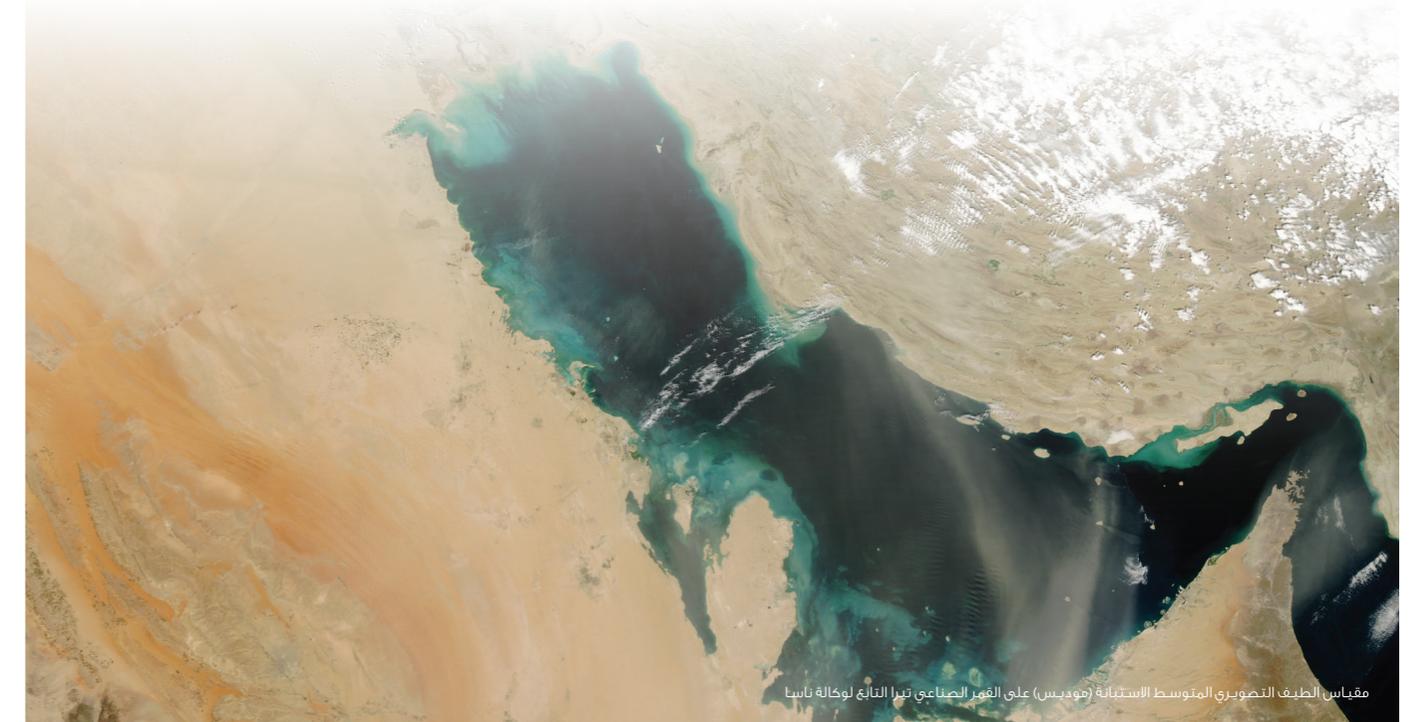


© تياس ناصر الدين



ومخطط إشعاع الموجات الطولية لنموذج RRTM ومخطط الموجات القصيرة لدودهايا ومخطط الطبقة السطحية لنموذج MM5 ومخطط سطح أرض لنوح ومخطط YSU PBL ومخطط الحمل الحراري لجريل ديفيني (النطاقات الممتدة لمسافة 36 كم و12 كم فقط). ويتم اختيار هذه العمليات الخاصة بتعيين المعلمات لأنها أسفرت عن أداء أمثل لنموذج WRF عبر دولة الإمارات العربية المتحدة عند مقارنتها بالمناطق المكانية لهطول الأمطار ودرجة الحرارة بالنسبة للفترات الخاصة بدراسات الحالة التي أجريت في شهري يوليو وديسمبر من عام 1995. وتأتي النطاقات العالمية التي توفر الظروف الحدودية الأولية والجانبية لعمليات محاكاة نموذج WRF لتقليص النطاق الديناميكي من مصدرين وذلك بناءً على ما إذا كانت عمليات المحاكاة "معيارية" أم "مناخية"، والتي يرد وصفها فيما يلي.

تميز عمليات المحاكاة الخاصة بنموذج WRF بتوفير 40 مستوى رأسي من السطح وحتى 10 هيكوتوباسكال (حوالي 30 كم فوق سطح الأرض). ويتم إعادة تهيئة عمليات المحاكاة الخاصة بنموذج WRF كل ثمانية أيام، وتسبق كل فترة من فترات الثمانية أيام بفترة مدتها 12 ساعة تسمح للحقول الهيدرولوجية لنموذج WRF بالدوران المغزلي، والتي يتم استبعادها في وقت لاحق. على مدى عمليات المحاكاة، يتم استخدام التمثيل رباعي الأبعاد للبيانات (FDDA، ستوفر وسيمان 1994) -- أي "الدفع الشبكي" -- في النطاق الممتد لمسافة 36 كم من أجل منع حل النموذج من الانحراف عن الظروف الحدودية العالمية واسعة النطاق، والتي يتم تناولها بالتفصيل أدناه. تتضمن مخططات تعيين المعلمات الفيزيائية، التي تُحاكي العمليات ذات النطاق الشبكي الفرعي في نموذج WRF بشكل تجريبي، مخطط لين للفيزياء المكروية



مقياس الطيف التصويري المتوسط الاستيعابية (موديس) على القمر الصناعي تيرا التابع لوكالة ناسا

تتضمن سيناريوهات النماذج لمشروع CMIP5 المستخدمة في هذه الدراسة محاكاة تاريخية وتوقعين مستقبليين. وتم التأثير على المحاكاة التاريخية بفعل التغيرات الطبيعية والبشرية المرصودة في تكوين الغلاف الجوي والتي امتدت من 1861 إلى 2005. والتوقعان المستقبليان هما السيناريوهين الخاصين بمساري التركيز التمثيليين (RCP: موس وآخرون 2010) 4.5 و 8.5، واللذين يمتدان من 2006 إلى 2100. ويعتبر RCP4.5 سيناريو الانبعاثات المنخفضة إلى المعتدلة ذي تأثير إشعاعي لغاز الدفيئة يصل إلى 4.5 وات/م² قرابة عام 2100.



يكمن الغرض من إجراء عمليات المحاكاة المناخية لنموذج WRF المدفوعة بواسطة AOGCM بالنسبة للفترة المستقبلية في تقديم توقع فيما يتعلق بالحالة المستقبلية للغلاف الجوي في بعض الأجزاء الأخيرة من القرن الحادي والعشرين. وتستمد عمليات المحاكاة المناخية لنموذج WRF التي تُجرى في هذه الدراسة ظروفها الأولية والحدودية من الإصدار 4 من نموذج نظام المناخ المجتمعي (CCSM4؛ جنت وآخرون 2009)، الذي يرد وصفه في الفقرة التالية. ويُقارن الشكل 5 المناطق من CCSM4AOGCM بالمناطق من نطاق نموذج WRF الذي تبلغ مسافته 4 كم. ومن الواضح أن نموذج CCSM4، الذي يتمتع باستبانة مكانية ذات خط عرض 0.9 درجة × خط طول 1.25 درجة (ما يقرب من 100 كم)، لا يمكنه حل طبوغرافيا الجبال العمانية وغيرها من الأوروغرافيا المهمة الموجودة في المنطقة على نحوٍ كافٍ مقارنةً بنموذج WRF، مما يدل على ضرورة إجراء

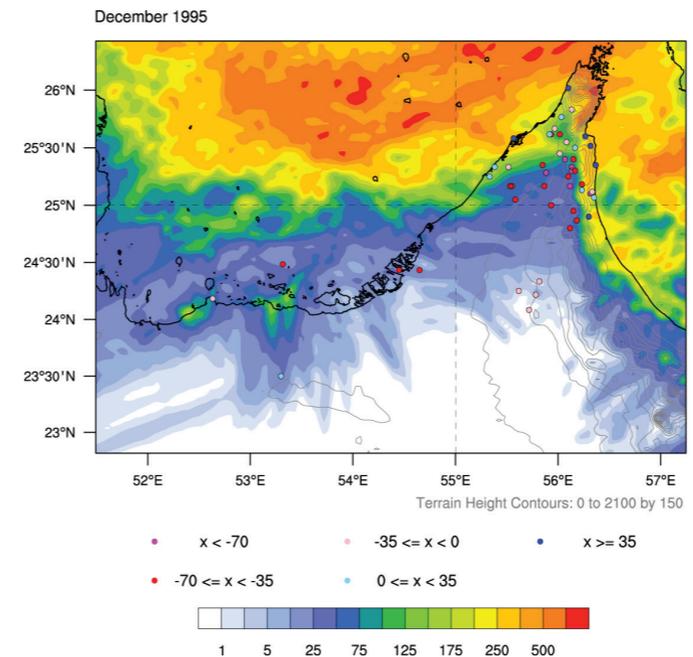
عمليات محاكاة WRF لتقليص النطاق الديناميكي من أجل توفير مجموعة بيانات مناسبة لتقييم ظاهرة تغير المناخ في المنطقة.

تم إجراء عمليات المحاكاة الخاصة بنموذج CCSM4 والتي توفر الظروف الأولية والحدودية لعمليات المحاكاة المناخية لنموذج WRF من أجل دعم المرحلة 5 من مشروع مقارنة النماذج المرتبطة (CMIP5؛ تايلور وآخرون، 2012) وتقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC 2013).

يُصنّف نموذج CCSM4 في طليعة نماذج AOGCM CMIP5 من حيث قدرته على محاكاة درجات الحرارة وهطول الأمطار الملحوظ على مستوى العالم (كنوتي وآخرون 2013). وتم الحصول على حقول النموذج من المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي ويمكن الحصول عليها أيضاً من بوابة شبكة نظام الأرض - برنامج تشخيص نماذج المناخ ومقارنتها (ESG-PCMDI) في مختبر لورانس ليفرمور الوطني، <http://pcmdi3.llnl.gov/esgset/home.htm>.

1. إنشاء مجموعة بيانات يمكن استخدامها للتحقق من عمليات محاكاة نموذج WRF المدفوعة بواسطة AOGCM في مقابل عمليات المحاكاة المعيارية لنموذج WRF المدفوعة بعملية إعادة التحليل والموضحة أعلاه وذلك بالنسبة لجزء من الفترة التاريخية المشتركة
2. تقديم مجموعة بيانات أساسية والتي يتم على أساسها تقييم عمليات المحاكاة المناخية لنموذج WRF المدفوعة بواسطة AOGCM

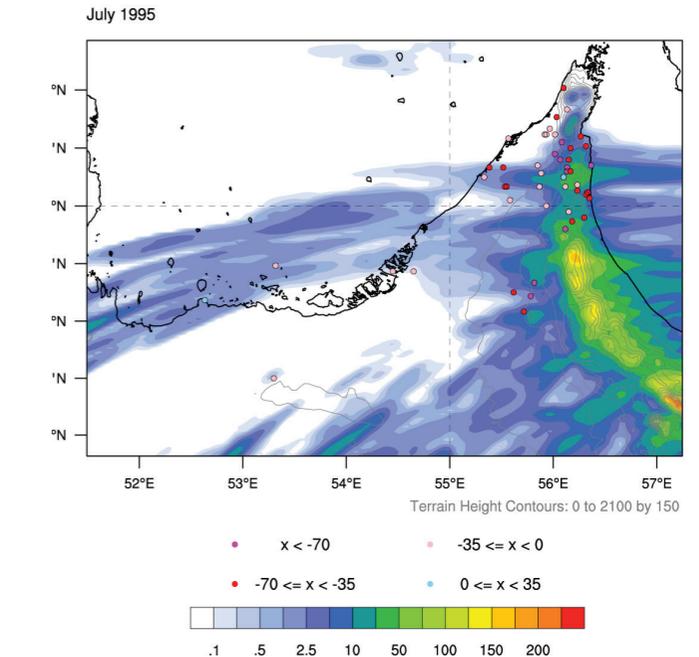
الشكل 3: مماثل تماماً كما في (أ) باستثناء فيما يتعلق بشهر ديسمبر من عام 1995.



عمليات المحاكاة المناخية لنموذج WRF من خلال CCSM4
أجريت عمليات المحاكاة المناخية لنموذج WRF على مدى الفترتين التاريخية والمستقبلية على حدٍ سواء، وهي تستمد الظروف الأولية والحدودية الخاصة بها من إحدى نماذج المناخ العالمية للغلاف الجوي والمحيطات (AOGCM). ويتمثل الغرض من إجراء عمليات المحاكاة المناخية لنموذج WRF المدفوعة بواسطة AOGCM بالنسبة للفترة التاريخية فيما يلي:

الشكل 2: تحيزات هطول الأمطار لنموذج WRF (النقاط المرمزة بألوان) وهطول الأمطار الخاص بنموذج WRF (مم، التظليل الملون) وارتفاع المناطق بنموذج WRF (خطوط كنتورية رمادية) في يوليو من عام 1995 للمجموعة الفرعية من النطاق الموجود في الشكل 1

نتائج نموذج WRF - هطول الأمطار





من أجل تطبيق عمليات المحاكاة المناخية وفق نموذج CCSM4 على شبه الجزيرة العربية في إطار مجموعة أكبر من نماذج GCM التي يتم تشغيلها لتقييم IPCC AR5، نعرض بشكل غير نظامي ظاهرة هطول الأمطار على المنطقة فيما يتعلق بمتوسط المجموعة وذلك من أكثر من 15 نموذجاً من نماذج GCM، مع وجود العديد من هذه النماذج تتضمن أعضاء المجموعة المتعددة، والنتيجة "المستخلصة" من الشكل 6 هي أن المجموعة الخاصة بجميع النماذج المناخية تُشير عموماً إلى وجود زيادة في هطول الأمطار بالمنطقة، باتجاه سعودي بداية من عام 2000 تقريباً (الشكل 6). وبطريقة مماثلة، توضح عمليات المحاكاة الخاصة بنموذج CCSM4 AR5 بشكل عام مزيداً من هطول الأمطار بالمنطقة، باتجاه سعودي عموماً (الشكل 7).

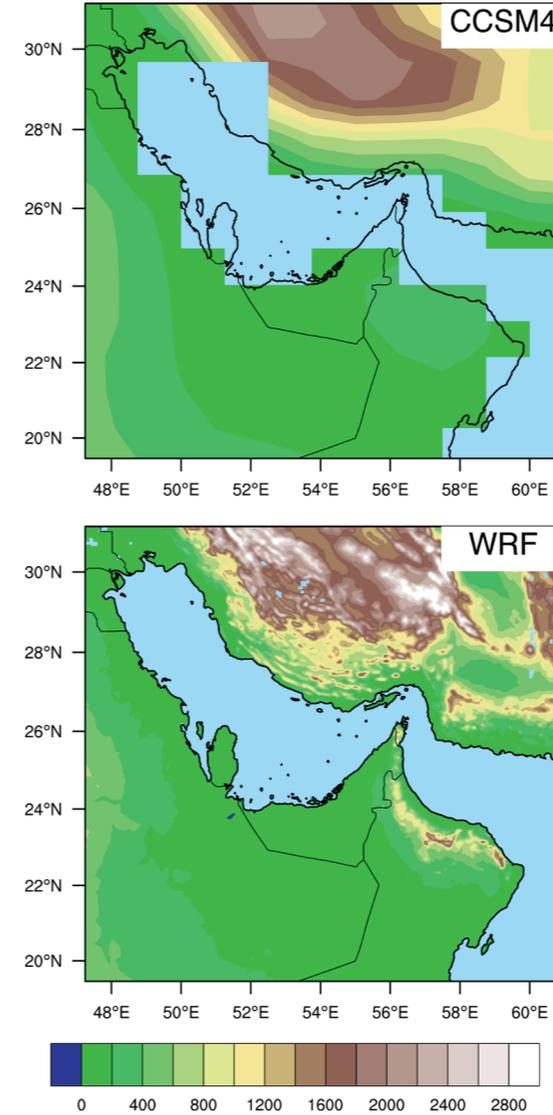


© سلحوق جوليينار (ملطية)

مثل جميع نماذج AOGCM، يحتوي نموذج CCSM4 على تحيزات ذات نطاق إقليمي نظراً لامتلاكه استبانة مكانية تقريبية وتمثيل محدود لبعض العمليات المادية، ويمكن أن تؤثر هذه التحيزات بشكل سلبي على عملية تقليص النطاق الديناميكي وأن تساهم في عدم التيقن. ولمعالجة هذه التحيزات، عادة ما يتم إجراء تحيز صحيح لمخرجات نموذج المناخ قبل استخدامها لدفع النماذج ذات النطاق الإقليمي مثل نموذج WRF (على سبيل المثال، راسموسن وآخرون 2011).

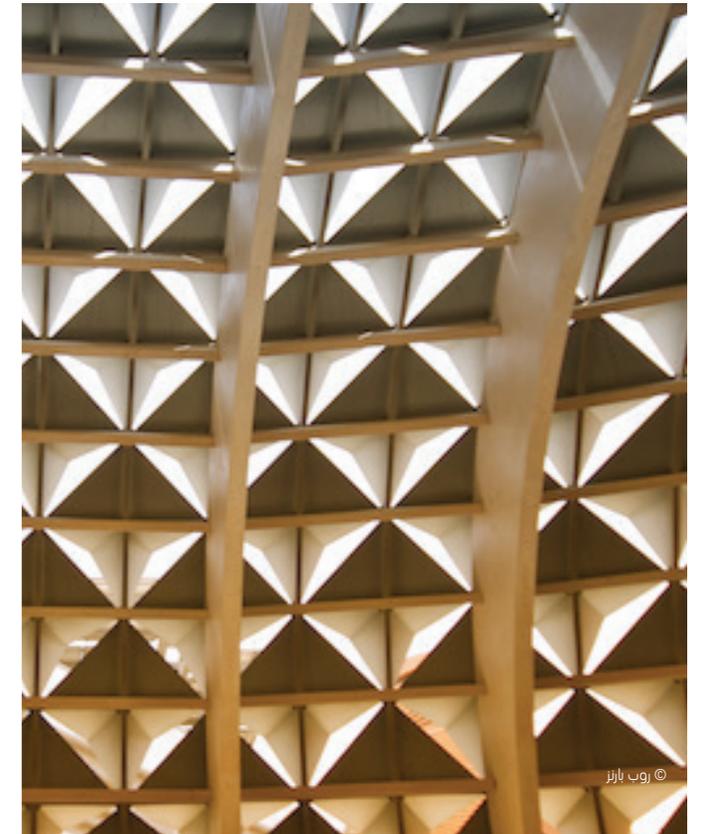
في هذه الدراسة، تم تطبيق إحدى طرق تصحيح التحيز الموضوعية مؤخراً، والتي تعمل على تصحيح التحيز المتوسط الموجود في درجات الحرارة ثلاثية الأبعاد وارتفاع الجهد الأرضي الكامن والرياح والرطوبة بنموذج CCSM4، إضافة إلى درجة حرارة سطح البحر ودرجة حرارة الجلد ودرجة حرارة التربة ومجالات الرطوبة. ورغم تصحيح التحيز في الحالة المتوسطة، لا تزال هذه المنهجية تسمح بقابلية تعرض النطاق الإجمالي والنطاق المناخي للتغير في المستقبل على النحو الذي تمت محاكاته من خلال CCSM4 (شو ويانغ 2012؛ دوني وآخرون 2013؛ برويار وآخرون 2013). ويتم الحصول على مخرجات CCSM4 مُصحح التحيز من خلال جمع متوسط الدورة السنوية كل 6 ساعات (متوسط المدة وفق رينولدز من 1981-2005) ERA-Interim ومدة اضطرابات كل 6 ساعات (متوسط مدة الدوامة وفق رينولدز) من نموذج CCSM4.

$$\begin{aligned} CCSM &= \overline{CCSM} + CCSM' \\ ERAINT &= \overline{ERAINT} + ERAINT' \\ CCSM_R &= \overline{ERAINT} + CCSM' \end{aligned}$$

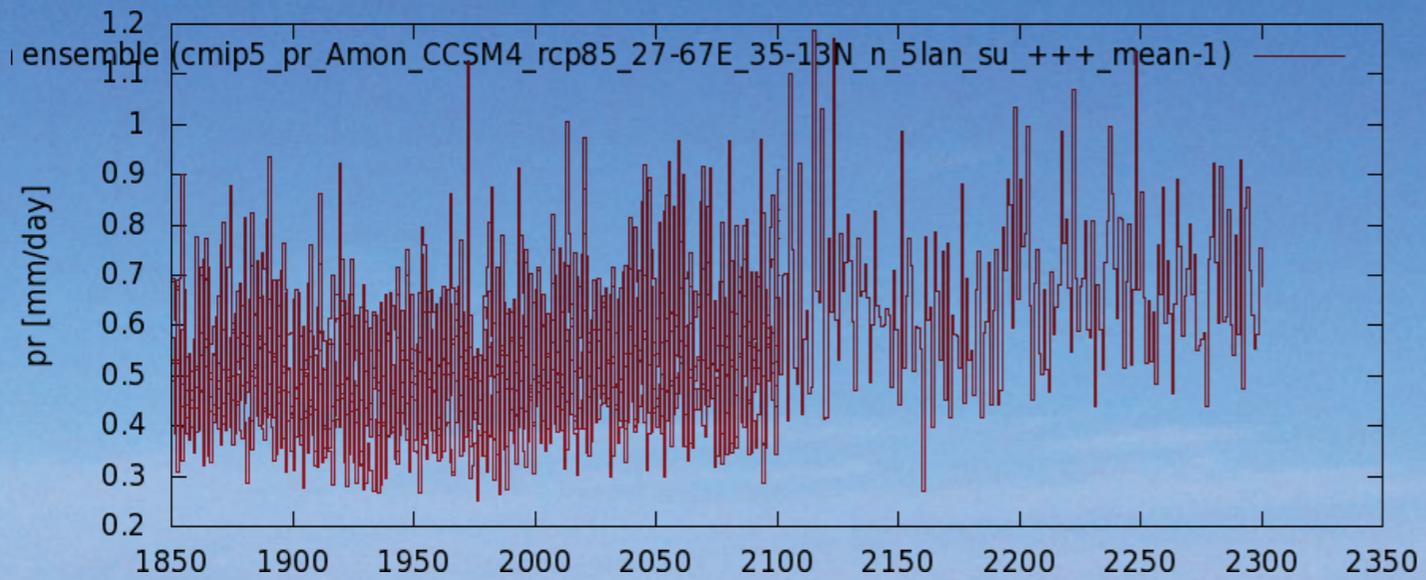


الشكل 5: ارتفاع المناطق (بالمتر، مدرج الألوان عند الجزء السفلي) وغطاء الأرض/البحر لنموذج CCSM4 (الجزء العلوي) ونموذج WRF الممتد لمسافة 4 كم (الجزء السفلي). تظهر الخطوط الساحلية والحدود السياسية الفعلية باللون الأسود

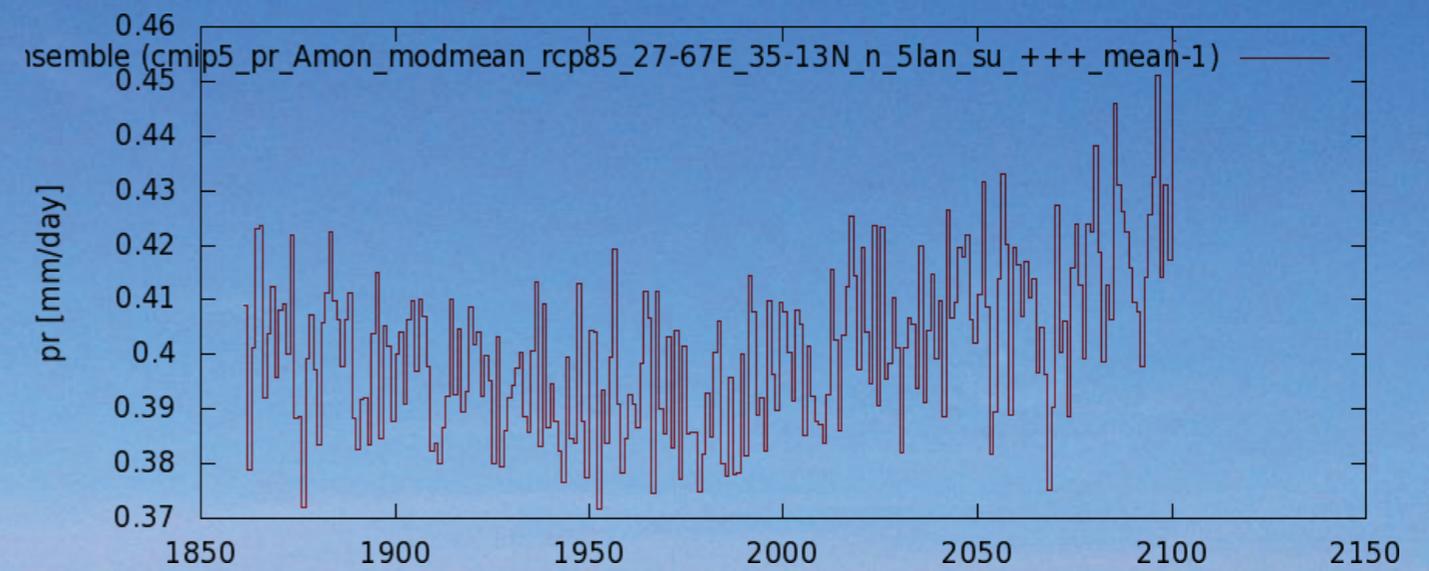
وهو يُمثل المسار الذي قد يكون معقولاً (ومرغوباً) إذا تم، على سبيل المثال، تحديد أسعار غاز الدفيئة من أجل الحد من التأثير الإشعاعي (تومبسون وآخرون 2011). بينما يعتبر RCP8.5 سيناريو الانبعاثات العالية ذي تأثير إشعاعي لغاز الدفيئة يصل إلى 8.5 وات/م² قرابة عام 2100. وهو يُمثل مساراً معقولاً إذا لم يُفعل إلا القليل لكبح انبعاثات غازات الدفيئة (رياحي وآخرون 2011). وتم استخدام عضو المجموعة رقم 6 من عمليات محاكاة CCSM التاريخية والخاصة بالمسارين RCP4.5 و RCP8.5، حيث يعتبر العضو الوحيد المتاح له، على فواصل زمنية كل 6 ساعات، الحقل ثلاثية الأبعاد الكاملة التي تعتبر مطلوبة لإنفاذ نموذج WRF.



© روت بارنز



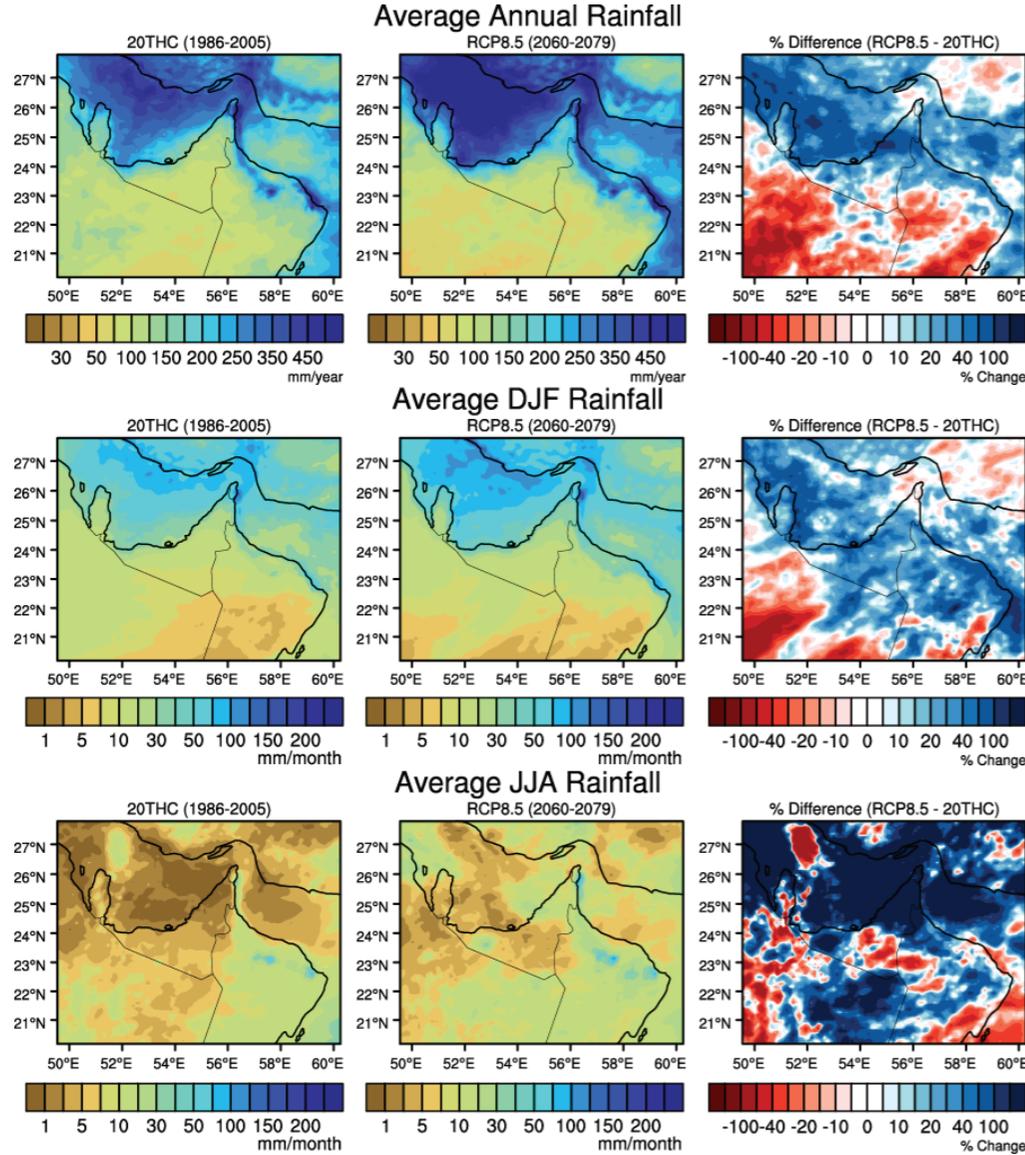
الشكل 7: التغيير المتوقع في عدم انتظام هطول الأمطار بالنسبة لنموذج CCSM، والذي يتضمن أعضاء مجموعة متعددة. وقام بعض أعضاء المجموعة بتضمين عمليات تشغيل بعد 2100 ولهذا تمتد الرسوم البيانية حتى 2300. مع قيام بعض أعضاء المجموعة بعملية التشغيل إلى أبعد من ذلك بكثير.



الشكل 6: متوسط هطول الأمطار بشكل غير نظامي من المجموعة الكاملة لنماذج GCM من IPCC AR5 بالنسبة لمنطقة شبه الجزيرة العربية.



على الصعيد الإقليمي، قد يبدو أن نموذج CCSM4 "رطباً" بشكل نسبي بالمقارنة مع متوسط المجموعة لجميع النماذج المناخية لتقرير AR5. بمتوسط يومي لهطول الأمطار بالمنطقة في الفترة المعاصرة يبلغ حوالي 5 مم/اليوم؛ بينما يكون متوسط المجموعة أقل قليلاً من 4 مم/يوم.



الشكل 8: تقديرات هطول الأمطار لنموذج WRF فيما يتعلق بعمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين (العمود الأيسر) وعمليات محاكاة RCP8.5 (العمود الأوسط) والاختلاف (تغير النسبة المئوية لمسار RCP8.5 مطروحاً منه عمليات محاكاة المناخ في القرن العشرين؛ العمود الأيمن) والمتوسط السنوي (الصف العلوي) وفصل الشتاء (الصف الأوسط) وفصل الصيف (الصف السفلي).



تحدث الزيادات في هطول الأمطار على جبال الحجر وشرق دولة الإمارات بشكل أساسي خلال فصل الصيف أيضاً. وتحدث الانخفاضات السنوية على أجزاء كثيرة من عمان وشرق المملكة العربية السعودية خلال فصلي الشتاء والربيع (مارس- أبريل - مايو، لا تظهر).

رغم الزيادات المتوقعة في هطول الأمطار على أجزاء كبيرة من الإمارات العربية المتحدة، يُتوقع انخفاض عدد الأيام الرطبة بشكل فعلي في السيناريو المستقبلي للمناخ. ويوضح الشكل 9 مؤشر الأيام الرطبة لكل سيناريو والاختلافات. ومؤشر الأيام الرطبة ببساطة هو عدد الأيام (في السنة، وفق المتوسط المحسوب على مدى فترات زمنية ذات صلة تبلغ مدتها 20 عاماً) التي يكون فيها هطول الأمطار أكبر من 1 مم. ولا يُتوقع حدوث زيادات في مؤشر الأيام الرطبة إلا على الساحل الشمالي من عمان.

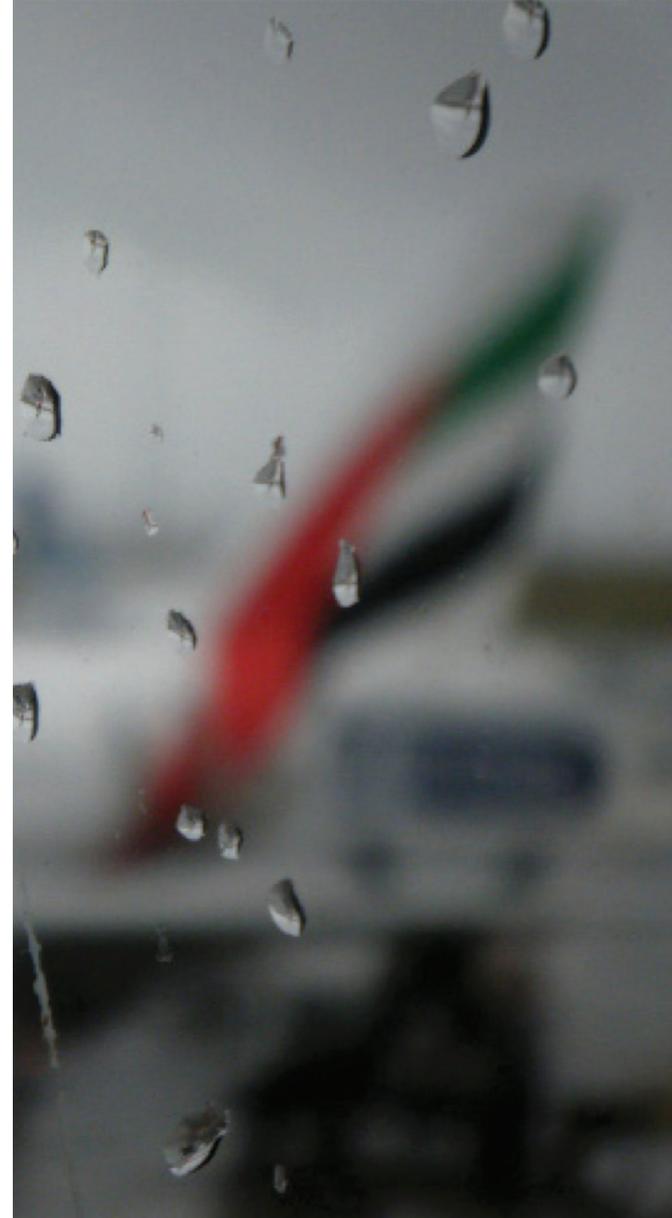
مع توقع حدوث زيادات في هطول الأمطار على الأجزاء الرطبة نسبياً من المنطقة المرسومة والانخفاض المتوقع في مؤشر الأيام الرطبة والزيادات الكبيرة في هطول الأمطار أثناء فصل الصيف والزيادات المتوقعة في درجات الحرارة (راجع القسم التالي)، يُقترح عرض شرجاً ديناميكياً حرارياً بشأن الزيادات الحاصلة في ظاهرة هطول الأمطار. وهذا يتضمن ببساطة زيادة في ضغط البخار المشبع مع تزايد درجة الحرارة (معادلة كلابريوس- كلابيريون). وقد يحدث هطول لكميات أكبر من الأمطار أثناء حالات الهطول الأقل نسبياً من الكميات التي يتم رصدها حالياً.

لتقدير التغيرات المتوقعة في عملية هطول الأمطار على الإمارات العربية المتحدة وشبه الجزيرة العربية، تم تشغيل عمليات المحاكاة الخاصة بنموذج WRF (باستخدام متغيرات نموذج CCSM4 مصحح التحيز باعتبارها مخرجات) لفترتين زمنيتين: الظروف الحالية (1986-2005)، المُشار إليها باسم "عمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين"، وسيناريو RCP8.5 (2060 - 2079)، المُشار إليه باسم "RCP8.5".

هطول الأمطار

يوضح الشكل 8 كميات سقوط الأمطار المتوقعة بالنسبة لعمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين (العمود الأيسر)، وRCP8.5 (العمود الأوسط) واختلاف النسبة المئوية (العمود الأيمن)، المتوسط السنوي (الصف العلوي)، وخلال فصل الشتاء (ديسمبر - يناير - فبراير، الصف الأوسط)، وخلال فصل الصيف (يونيو - يوليو - أغسطس، الصف السفلي)، وإجمالاً (الصف العلوي)، من المتوقع أن تزيد عملية هطول الأمطار أكثر من ذلك بالنسبة لدولة الإمارات العربية المتحدة وجبال الحجر ودولة قطر. ويُتوقع حدوث زيادات من 50-100٪ من الكميات الحالية على أجزاء من إمارة دبي والشارقة وشمال إمارة أبوظبي، بمتوسط زيادات تُقدر بحوالي 25٪ فوق المناطق المحيطة. ومن المتوقع أيضاً حدوث زيادات على الخليج العربي وخليج عمان.

يُتوقع حدوث انخفاض في معدل هطول الأمطار في معظم أنحاء عمان وشرق المملكة العربية السعودية. ويعتبر فصل الشتاء (ديسمبر- يناير-فبراير) أكثر المواسم هطولاً للأمطار في جميع أنحاء المنطقة (الصف الأوسط)، وتحدث الزيادات المتوقعة لهطول الأمطار على الخليج العربي وشمال جبال الحجر في المقام الأول خلال هذا الموسم. ومن المثير للاهتمام، خلال موسم الصيف الجاف، أن الزيادات في هطول الأمطار في معظم أنحاء الإمارات العربية المتحدة تكون أكبر مما كانت عليه خلال فصل الشتاء الأكثر رطوبة، من حيث القيمة المطلقة وتغير النسب المئوية على حدٍ سواء.

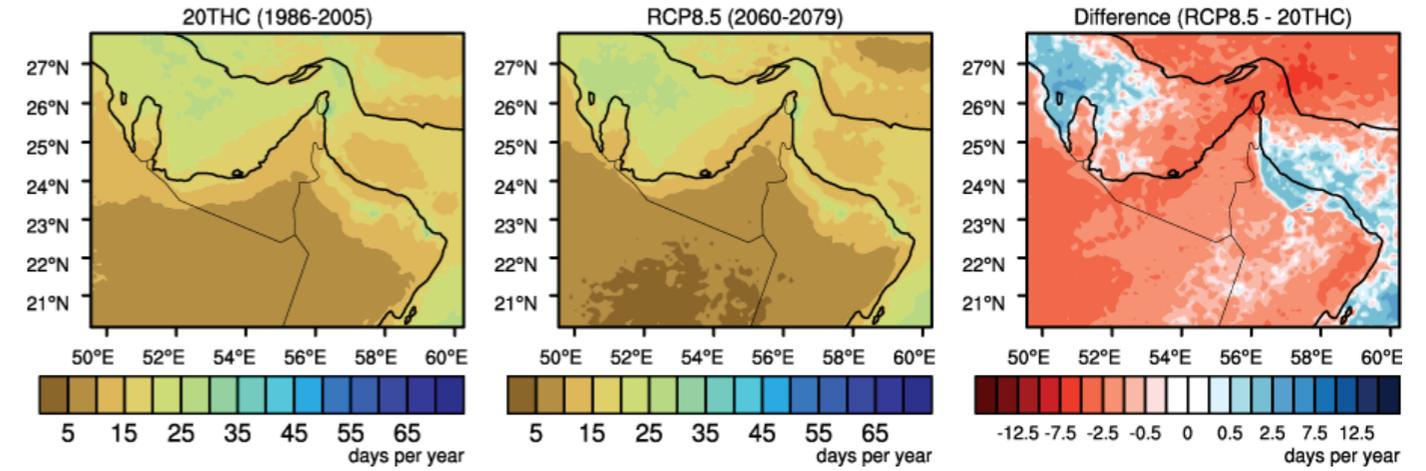


يُعبّر عن التغيرات المتوقعة مستقبلاً في درجات الحرارة بمؤشر مدة موجة الحر (HWDI) في الشكل 11. ويُحدّد هذا المقياس حسب عدد الأيام، بفواصل زمنية مدتها 6 أيام، التي تزيد فيها درجة الحرارة القصوى اليومية عن القيمة المرجعية بمعدل 5 درجات مئوية. وفي هذه الحالة، تكون القيمة المرجعية هي المتوسط النسبي لدرجة الحرارة القصوى اليومية على مدى 20 عامًا لكل يوم تقويمي.

تعتبر قيم HWDI صغيرة بالنسبة لمناخ القرن العشرين، مما يعكس على الأرجح تباينًا سنويًا صغيرًا بشكل نسبي في درجة الحرارة في جميع أنحاء المنطقة، إذ أن التباين اليومي في درجة الحرارة في المنطقة يُعد منخفضًا نسبيًا (على سبيل المثال، تكون درجة الحرارة خلال فصل الصيف دافئة للغاية بشكل دائم تقريبًا). وعندما يتم حساب HWDI لسيناريو المناخ في المستقبل RCP 8.5، من خلال استخدام متوسطات RCP المقابلة باعتبارها مرجع 8.5، ينشأ انخفاض ملحوظ في HWDI في معظم دولة الإمارات العربية المتحدة وسلسلة جبال الحجر، وأجزاء من شرق المملكة العربية السعودية. وتقتصر الزيادات في HWDI على عدد قليل من المناطق الساحلية الموجودة حول النطاق المرسوم. ويُمكن أن يُعزى الانخفاض في HWDI إلى الزيادة المتوقعة في متوسط درجة الحرارة (الشكل 10) مما يؤدي إلى تقييد عدد الأيام الحارة نسبيًا في سيناريو المناخ المستقبلي. وهذه هي المؤشرات التي نود أن نناقشها مع الشركاء لتحديد احتياجاتهم ومصالحهم.



Wet Days Index



الشكل 9: القيم الخاصة بمؤشر الأيام الرطبة (عدد الأيام التي يكون فيها هطول الأمطار أكبر من 1 مم، المجمعة على مدار الفترات الزمنية التي تبلغ مدتها 20 عامًا)، بالنسبة لعمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين (الأيسر) و RCP8.5 (الأوسط) والاختلاف (RCP8.5 مطروحاً منه عمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين؛ الأيمن).

درجة الحرارة والرطوبة

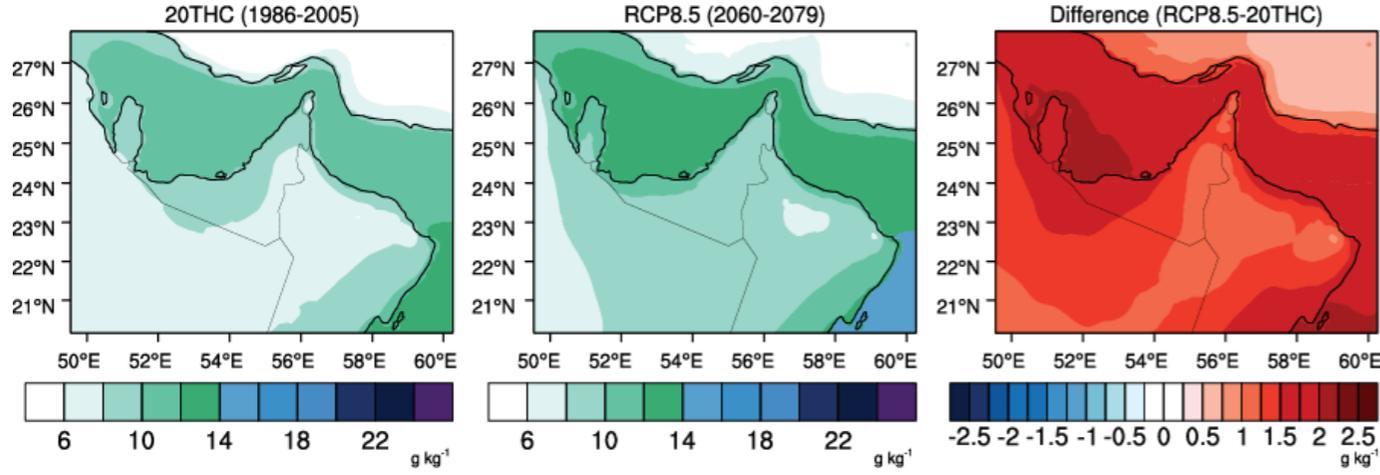
وتكون التغيرات في الرطوبة أكبر خلال أشهر الصيف، وهي ترتبط بالقدرة العالية للغلاف الجوي، الأكثر دفئًا، على الاحتفاظ بالمياه وتزيد حوالي 10% في منطقة الخليج العربي، مع ارتفاع نسبة الرطوبة في معظم أنحاء دولة الإمارات العربية المتحدة وزيادتها بشكل نسبي في الناحية الشمالية الشرقية من البلاد وهو ما يرتبط بارتفاع معدل الرطوبة على مدى بحر العرب.

تظهر التغيرات اليومية المتوقعة لمتوسط درجة حرارة الهواء عند 2 مم فوق مستوى سطح الأرض والرطوبة النوعية عند 10م فوق مستوى سطح الأرض في الشكل 10 وذلك خلال فصل الشتاء (ديسمبر ويناير وفبراير) وفصل الصيف (يونيو ويوليو وأغسطس). وتعتبر الزيادات في متوسط درجة الحرارة المستقبلية جماعية عبر النطاق المرسوم، بمعدل يتراوح تقريبًا من 2 إلى 3 درجة مئوية على اليابسة (الصف العلوي). وتقل الزيادات قليلاً في العديد من المناطق الساحلية.

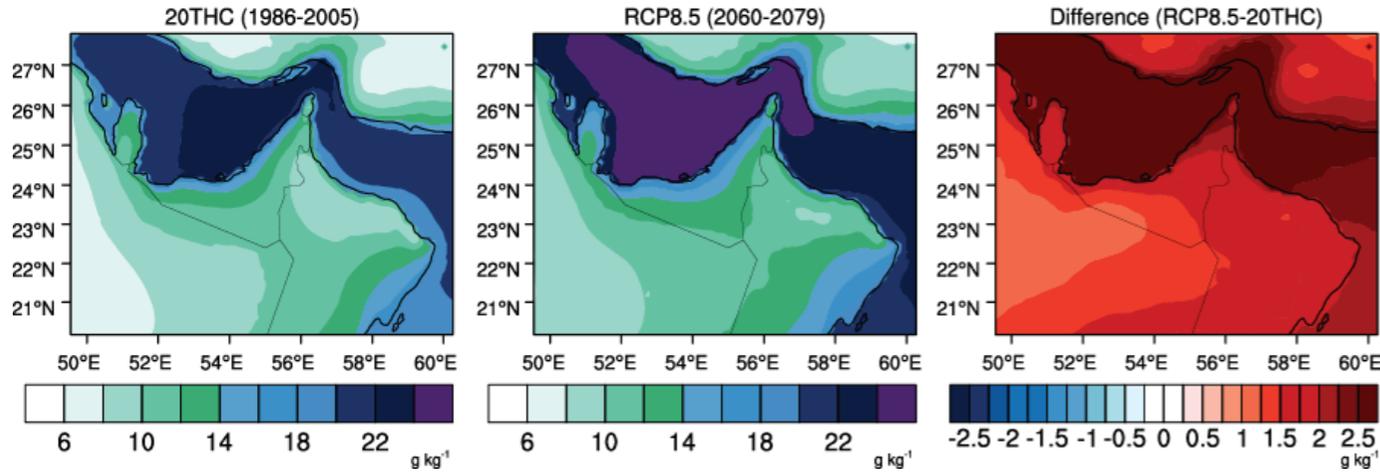
وتعتبر هذه التغيرات متسقة خلال فصلي الشتاء والصيف.



متوسط الرطوبة النوعية عند 10 مم فوق مستوى سطح الأرض خلال أشهر ديسمبر- يناير- فبراير



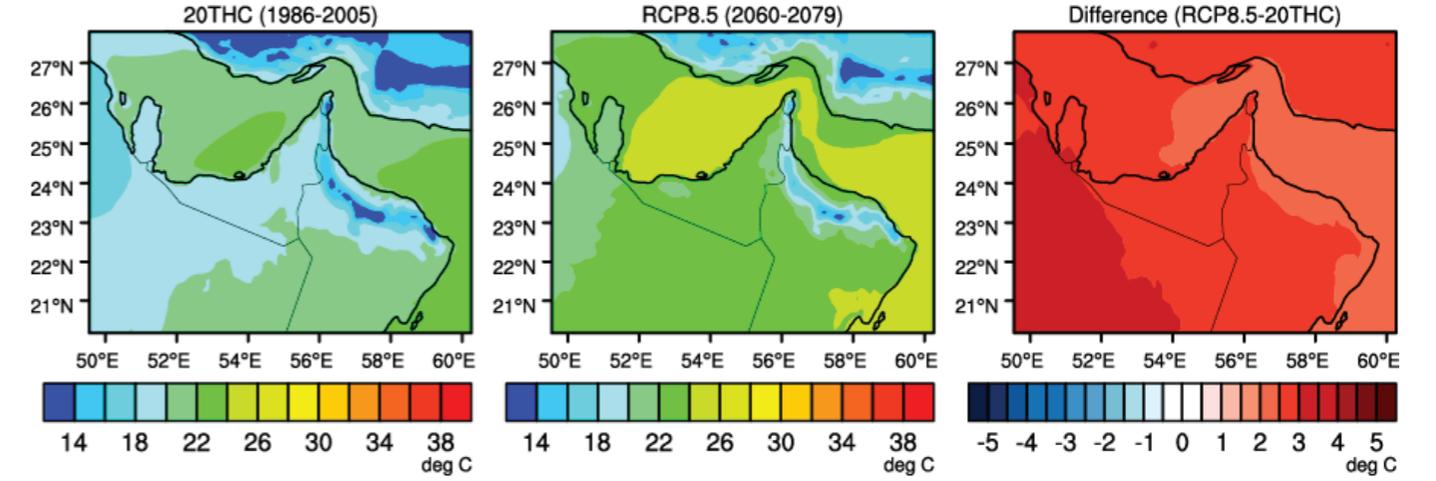
متوسط الرطوبة النوعية عند 10 مم فوق مستوى سطح الأرض خلال أشهر يونيو- يوليو- أغسطس



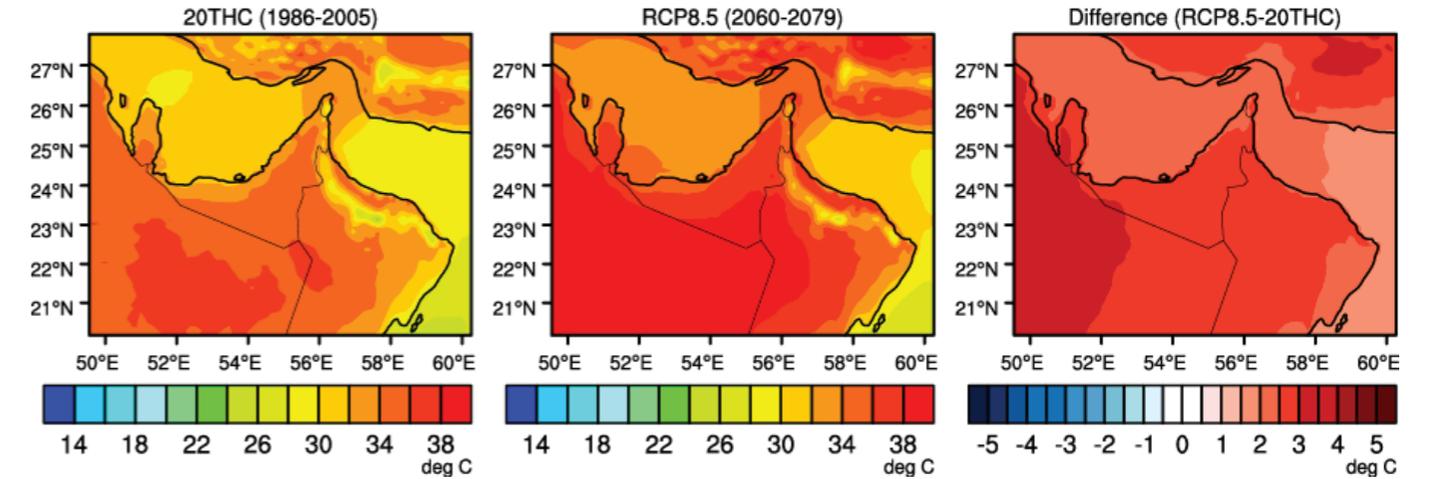
الشكل 10(ب): التغيرات الموسمية في درجة حرارة الهواء عند 2 مم فوق مستوى سطح الأرض (درجة مئوية) والرطوبة النوعية عند 10 مم فوق مستوى سطح الأرض (جم/كجم)



متوسط درجة حرارة الهواء عند 2 مم فوق مستوى سطح الأرض خلال أشهر ديسمبر- يناير- فبراير



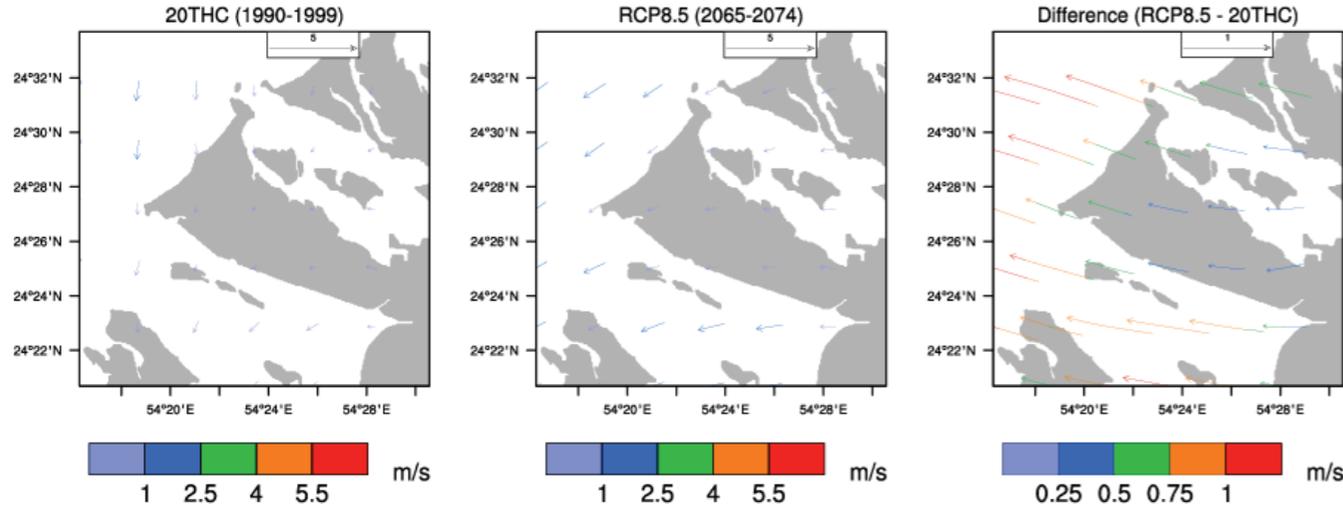
متوسط درجة حرارة الهواء عند 2 مم فوق مستوى سطح الأرض خلال أشهر يونيو- يوليو- أغسطس



الشكل 10(أ): التغيرات الموسمية في درجة حرارة الهواء عند 2 مم فوق مستوى سطح الأرض (درجة مئوية) والرطوبة النوعية عند 10 مم فوق مستوى سطح الأرض (جم/كجم)

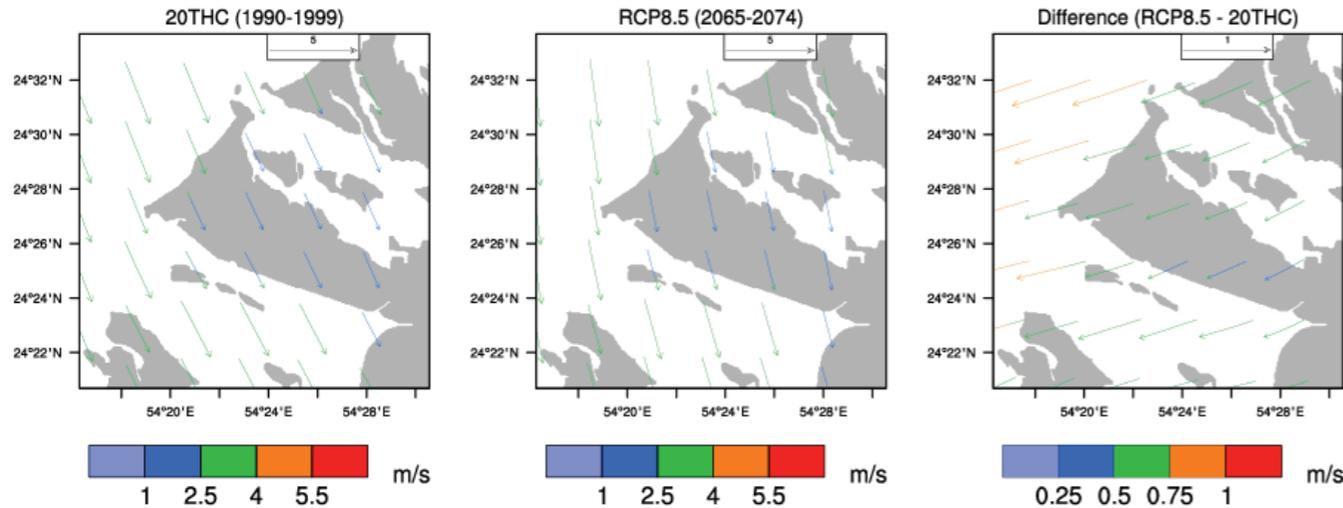


Abu Dhabi 10-m Winds DJF 0600



الشكل 12(أ): متوسط الرياح عند 10م فوق مستوى سطح الأرض حول جزيرة أبوظبي خلال أشهر ديسمبر-يناير-فبراير، في الصباح الباكر بالتوقيت المحلي (0600).

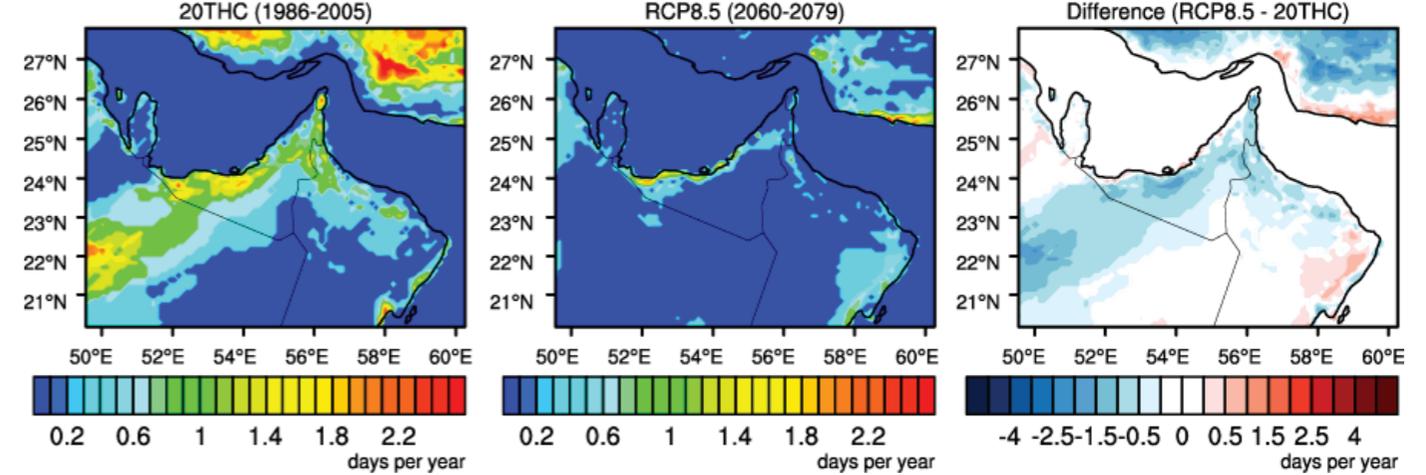
Abu Dhabi 10-m Winds DJF 1800



الشكل 12(ب): مماثل للشكل 12(أ)، باستثناء ما هو متعلق بالمساء الباكر (1800 محلي)



Heat Wave Duration Index



الشكل 12: القيم الخاصة بمؤشر مدة موجة الحر (عدد الأيام، بفواصل زمنية مدتها 6 أيام، التي تزيد فيها درجة الحرارة القصوى اليومية عن القيمة المرجعية بمعدل 5 درجات مئوية)، بالنسبة لعمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين (الأيسر)، و RCP 8.5 (الأوسط)، والاختلاف (RCP 8.5 مطروحاً منه عمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين؛ الأيمن).

التغيرات في الرياح حول جزيرة أبوظبي

قد يكون هذا ناجماً عن سطح الأرض الداخلي الأكثر دفئاً باستمرار والذي يؤدي إلى وجود المزيد من الرياح الشمالية الغربية بالقرب من سطح الأرض (بحاجة إلى تأكيد). وتعتبر حقول الرياح في المساء (1800) قوية على نحو مماثل في ظل كل من الظروف المناخية الحالية والمستقبلية، مع تغير التدفق ناحية الجنوب الغربي بشكل عام.

يوضح الشكل 12(أ)، (ب) متوسط الرياح عند 10م فوق مستوى سطح الأرض في الصباح (0600 محلي) والمساء الباكر (1800 محلي) خلال أشهر ديسمبر-يناير-فبراير (DJF) بالنسبة لعمليات محاكاة المناخ في القرن العشرين الحالية والمناخ المستقبلي بالنسبة لتوقع RCP8.5 CCSM من عمليات المحاكاة عند 4 كم على مدى 10 سنوات.

توضح اللوحة أقصى اليمين في كل من الشكلين الفرق بينهما. ويلاحظ أنه في الصباح الباكر، خلال أشهر ديسمبر-يناير-فبراير، تأتي الرياح من الجهة الشمالية الشرقية قبالة ساحل الخليج العربي، وفي ظل الظروف المناخية الحالية (مناخ القرن العشرين)، تعتبر الرياح القادمة من داخل دولة الإمارات العربية المتحدة أضعف بكثير منها في المناخ المستقبلي؛ مما يؤدي إلى حدوث تغير صافٍ في رياح الصباح الباكر القادمة من شرق منطقة الخليج العربي إلى غربها أو من خارجها إلى داخلها.



Abu Dhabi 10-m Winds JJA 1800

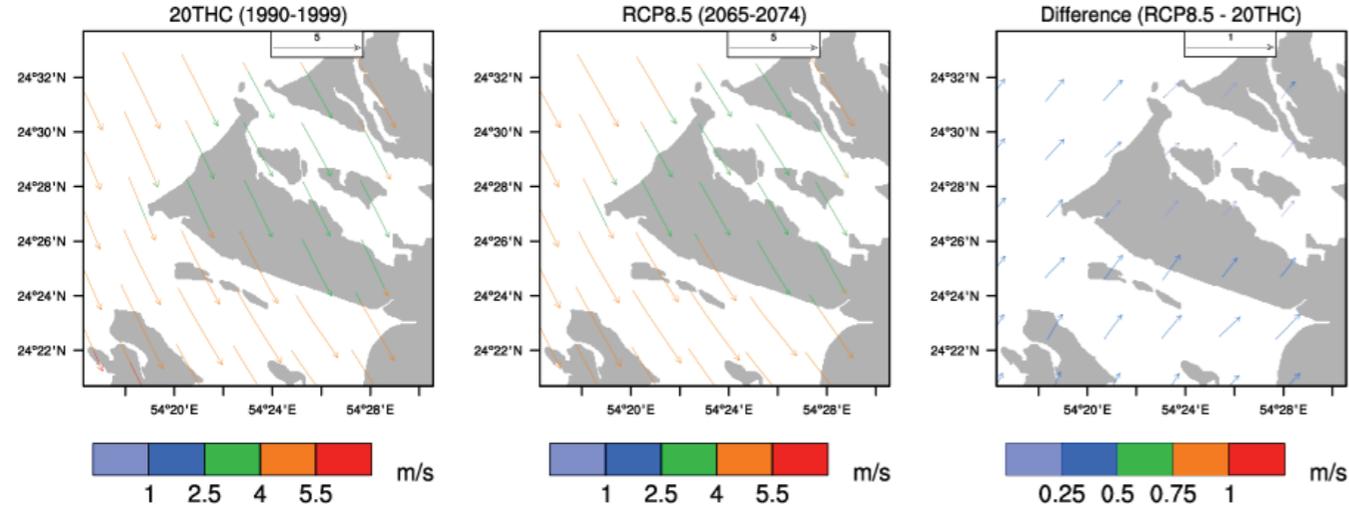


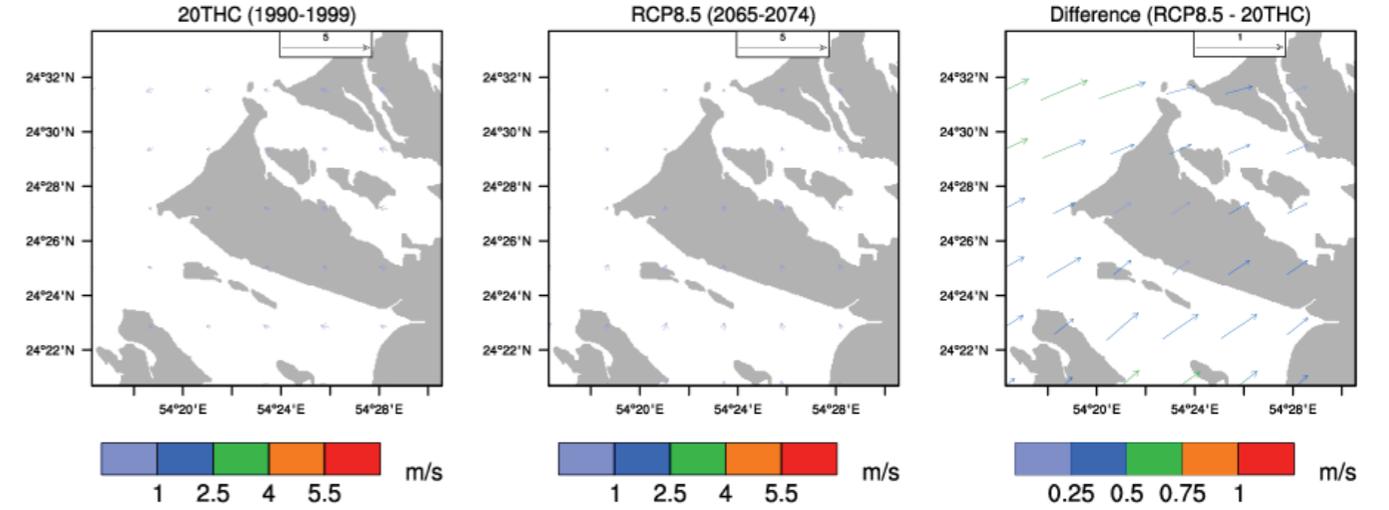
Figure 13b. Same as Figure 13a, except for the early evening (1800 local)



© 2013 بينو سارادريك



Abu Dhabi 10-m Winds JJA 0600



الشكل 13(أ): متوسط الرياح عند 10م فوق مستوى سطح الأرض حول جزيرة أبوظبي خلال أشهر يونيو-يوليو-أغسطس، في الصباح الباكر بالتوقيت المحلي (0600).

عمليات المحاكاة المناخية الحالية والمستقبلية على حد سواء، مع وجود تغير صافي في التدفق تجاه الشمال الشرقي. وينشأ نسيم بحر، قوي نسبياً، على الشاطئ خلال ساعات المساء، مع وجود تغير صافي في الرياح مماثلاً للتغير الحادث خلال ساعات النهار، إلى جانب تغير طفيف في مقدار الرياح ناحية الشمال الشرقي.

لشكل 13(أ)، (ب) مماثل للشكل 12(أ)، (ب)، باستثناء أنه يتم تقدير حمل الرياح لأشهر يونيو ويوليو وأغسطس (JJA)، ويعتبر الشكل 13(أ) هو المعنى بساعات الصباح (0600)، الرياح عند 10م فوق مستوى سطح الأرض، بينما يختص الشكل 13(ب) بساعات المساء (1200). وخلال الصيف، تعتبر رياح الصباح ضعيفة في

تشير النتائج إلى العديد من مجالات البحوث المستقبلية الواعدة والتي يمكن الاستفادة منها بعيدًا عن مجموعات البيانات الناتجة عن الدراسة، وتتضمن هذه المجالات ما يلي:

- معالجة عدم التيقن. يتم تشغيل نموذج WRF إضافي باستخدام نماذج الدوران العالمية للغلاف الجوي والمحيطات المقترنة لتوليد عدد كبير من التوقعات المستقبلية
 - توقع تكرار العاصفة الاستوائية. يتم تشغيل نموذج WRF إضافي باستخدام خاصية تمثيل "المحيط البسيط" الخاصة به من أجل محاكاة العواصف الاستوائية، بما في ذلك تركيبات التدفقات/المقاومات السطحية للرياح العالية، نهج لتسجيل آثار درجات حرارة سطح البحر على الأعاصير.
 - اقتران الغلاف الجوي والمحيطات. قد يسمح إجراء التجارب في شكل مقترن بفهم أكثر اكتمالاً لكيفية عمل ديناميات الغلاف الجوي والخليج سويًا. وكلما يتم إحداث نمذجة للمحيطات، يكون كل من الدوران والملوحة حساسين للغاية لحالة الغلاف الجوي.
- توقع الأحوال الجوية الشديدة. ثمة بعض أحداث الأعاصير الاستثنائية الواردة في بيانات GCM CCSM4 ستحدث بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. وسيكون استكشاف ما إذا كانت نماذج GCM الأخرى تستنتج نفس الأنواع من الأحداث استكشافًا ذا قيمة.
- تحسين تكوينات النمذجة. نظرًا لامتلاك نموذج WRF تكوينات متعددة، سيكون من المفيد إجراء مزيد من التجارب لضمان تحقيق التكوين الأمثل للعديد من الأحداث الجوية.
- نمذجة العواصف الرملية/الغبار. نظرًا لأهمية الغبار، سيكون من المفيد للغاية استكشاف كيف يمكن لتغير المناخ التأثير على تكوين الغبار ونقله وترسبه في المنطقة.

مع وجود تشابه بين الاتجاهات المتوقعة لنموذج CCSM4 مع متوسط المجموع التعدادي لجميع نماذج GCM في التجارب الواردة في IPCC AR5 (مثل الدفق والرطوبة). وترتبط معظم الأمطار المتزايدة بالظروف الأكثر رطوبة على شبه الجزيرة العربية التي تمتد عبر جزء كبير من دولة الإمارات العربية المتحدة. وعرضنا بعض المؤشرات المناخية المصممة خصيصًا التي يمكن وضعها من مجموعة البيانات الخاصة بنموذج WRF (مؤشرات الطوبية والجفاف)، كما أظهرنا التغيرات المحتملة حدوثها في حقول الرياح الموجودة حول جزيرة أبوظبي وبالقرب منها.



© سلحوق حولينار (ملطية)

يوضح هذا المشروع الفرعي الخاص بنمذجة الغلاف الجوي الإقليمية عملية إنشاء مجموعة بيانات لنموذج المناخ العالمي الجديدة مصحح التحيز، استنادًا إلى نموذج نظام المناخ في المجتمع (CCSM4). الخاص بمركز NCAR. وكان CCSM4 واحدًا من نماذج المناخ العالمية الواردة في IPCC AR5، والذي تم تصحيح تحيزه بحيث يكون مماثلًا من الناحية الإحصائية لمجموعة البيانات الخاصة بمشروع إعادة التحليل المؤقت (ERA-Interim); دي وآخرون (2011) التابع للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF). ويُعد ERA-Interim عملية إعادة تحليل الغلاف الجوي الأكثر دقة والمتاحة في الوقت الحاضر (على سبيل المثال، لورينز وكونستمان 2010).

وتم بعد ذلك استخدام مجموعة البيانات الخاصة بنموذج CCSM4 مصحح التحيز باعتبارها الظروف الحدودية والأولية، بغرض محاكاة نموذج التنبؤ البحثي بالطقس (WRF) الخاص بمركز NCAR وذلك من أجل تقليص نطاق المحاكاة المناخية للقرن العشرين والمناخ المستقبلي بشكل ديناميكي استنادًا إلى مسار انبعاث RCP8.5. وكان يتم تشغيل نموذج WRF عند استبيانات مكانية من على مسافة 36 و12 و4 كم والتي تضمنت جزء كبير من شبه الجزيرة العربية. وكان يتم تشغيل النطاقين اللذين تبلغ مسافاتهما 12 و36 كم لمدة أطول، من 2006 إلى 2100، في حين تم تشغيل النطاق الذي تبلغ مسافته 4 كم (د3) لفترتين أقصر مدة كل منها 10 سنوات. وتم استخدام ما يقرب من 500,000 "ساعة نواة" على الحاسوب الفائق الخاص بمركز NCAR لإجراء هذا التحليل. وساعة النواة في الأساس عبارة عن عدد نوى المعالج المستخدمة مضروبة في مدة العمل، ولذلك إذا كان يتم استخدام حاسوب شخصي رباعي النوى، ستستغرق عمليات التشغيل أكثر من 14 عامًا للانتهاء.

تظهر النتائج أن عمليات المحاكاة الخاصة بنموذج WRF قد سجلت بشكل كافٍ المناخ الإقليمي لشبه الجزيرة العربية على مدى فترة القرن العشرين، سيتم عرض مزيد من التحقق بشأن ذلك في التقرير النهائي الكامل. ويشير التوقع الخاص بنموذج CCSM4 بشأن المناخ في المستقبل إلى الظروف الأكثر رطوبة والأكثر دفئًا في المنطقة بشكل عام.



AOGCM	نموذج الدوران العام للغلاف الجوي والمحيطات المقترنة AR5 تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
CCSM4	الإصدار 4 من نموذج نظام الأرض المجتمعي الخاص بالمركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي
CMIP ^o	الإصدار 5 من مقارنة النماذج المناخية
EAD	هيئة البيئة - أبوظبي
ECMWF	المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى
FAR	قرير التقييم الرابع (IPCC)
GCM	نموذج المناخ العالمي
GHG	غاز الدفيئة
GIS	نظام المعلومات الجغرافية
GoAD	حكومة أبوظبي
HWDI	مؤشر مدة موجة الحر
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
LNRC	تغير المناخ على المستوى المحلي والوطني والإقليمي
NCAR	المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي
NWSC	الحاسوب الفائق وايومنغ
NCAR	أو "يلوستون"
PI	الباحث الرئيسي
RCM	نموذج المناخ الإقليمي
RCP	مسار التركيز التمثيلي
RT	فريق الأبحاث
SST	درجات حرارة سطح البحر
TAR	تقرير التقييم الثالث (IPCC)
UAE	دولة الإمارات العربية المتحدة
WRF	نموذج البحث والتنبؤ الطقس
20THC	عمليات المحاكاة للمناخ في القرن العشرين



مسرد المصطلحات الرئيسية

شبه الجزيرة العربية: تتألف شبه الجزيرة العربية من دول اليمن وعمان وقطر والبحرين والكويت والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة وكذلك أجزاء من جنوب العراق والأردن.

تطبيق مراقبة المناخ Climate Inspector: أداة تصور وتستخرج بيانات لمراجعة المخرجات الخاصة بدراسة نمذجة الغلاف الجوي الإقليمية.

إعادة التحليل المؤقت (ERA-Interim) التابع للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى: يعتبر ERA-Interim مشروع لتجميع البيانات والذي يتضمن بيانات تماثلية مرصودة عن الأرصاد الجوية خلال الفترة ما بين 1981-2010 باستخدام مخطط تمثيل (أو "تحليل") متسق واحد. وتأتي البيانات المرصودة من مصادر مثل الأقمار الصناعية وبالونات الطقس. ويعتبر ERA-Interim واحدًا من عمليات إعادة تحليل الغلاف الجوي الأكثر دقة المتاحة حاليًا ويتم استخدامه بشكل كبير في نمذجة المناخ الإقليمية

نموذج الغلاف الجوي غير الهيدروستاتيكي ذو الشكل التحفظي القابل للانضغاط بشكل كامل: يشير هذا المصطلح إلى طبيعة نموذج البحث والتنبؤ الطقس (WRF). وهو عبارة عن نظام عددي للتنبؤ بالأحوال الجوية ومصمم لأبحاث الغلاف الجوي والتنبؤ التشغيلي على حد سواء.

عمليات المحاكاة التاريخية للمناخ: هذه العملية خاصة باستخدام نموذج المناخ الإقليمي لمحاكاة السجل المناخي المرصود عن طريق استخدام بيانات ERA-Interim مثل الظروف الحدودية.

تحليل الحساسية التكراري: أسلوب لاستكشاف أثر المتغيرات المحددة بطريقة تدريجية.

الظروف الحدودية الجانبية: يشير هذا المصطلح إلى ظروف المناخ الجوي المادية (مثل درجة الحرارة والرطوبة والضغط) التي توجد على جانب، أو طرف، خلية شبكية ثلاثية الأبعاد

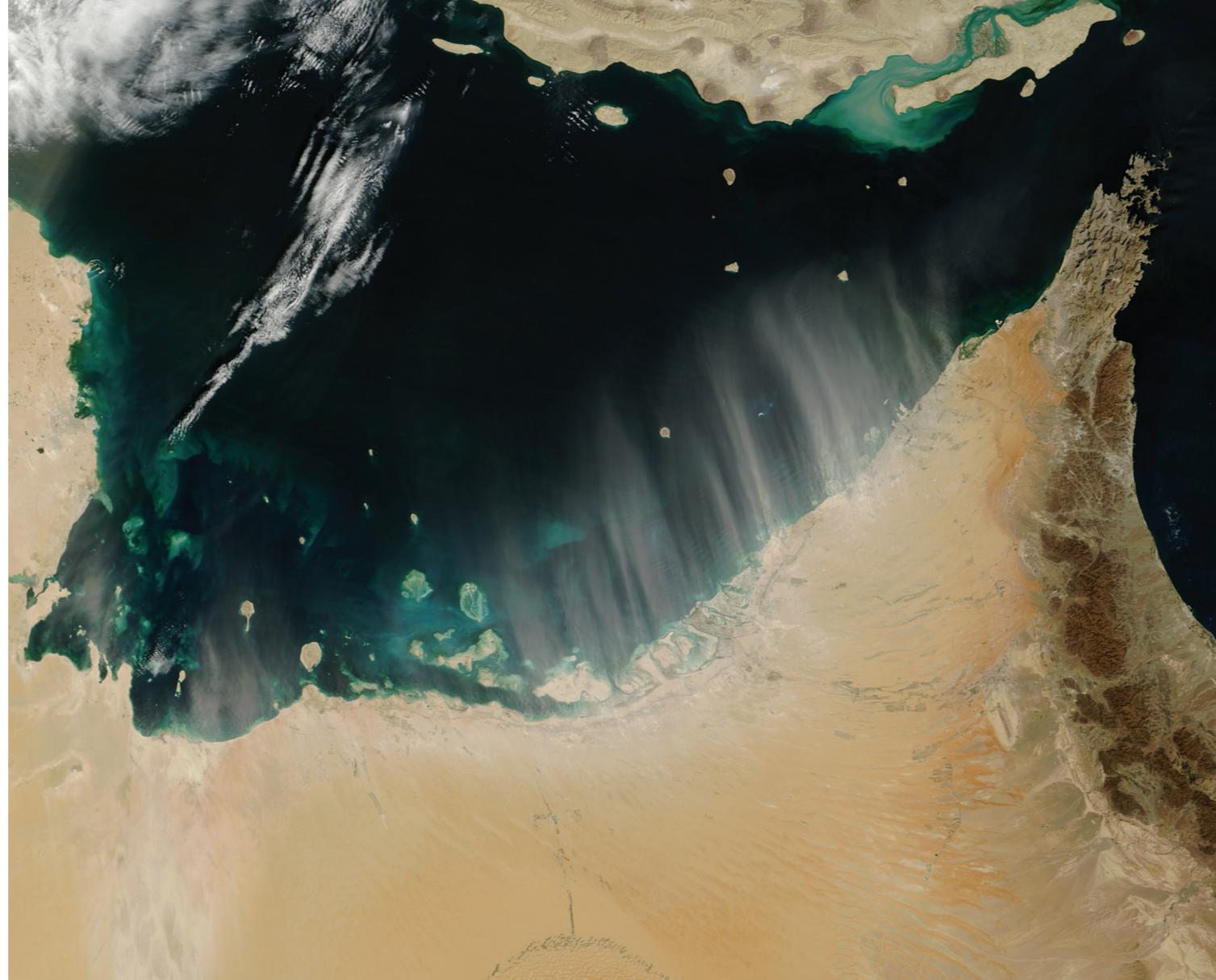
مخرجات تأثير الأرصاد الجوية: تتألف مخرجات تأثير الأرصاد الجوية من مجموعة من المتغيرات مثل درجة الحرارة والهطول والرياح وضغط البخار وإشعاع الموجات الطويلة والقصيرة الهابطة إضافة إلى متغيرات أخرى.



مسارات التركيز التمثيلية (RCP): مسارات التركيز التمثيلية (RCPs) عبارة عن أربعة مسارات لتركيز- بدلاً من انبعاث - غاز الدفيئة والتي استخدمتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في تقرير التقييم الخامس. وتحل مسارات التركيز التمثيلية محل خطوط غاز الدفيئة (مثل A1 و B1). ويمكن اعتبار RCP8.5 مطابقاً لسيناريو بقاء الأمور على حالها. يفترض RCP4.5 حدوث استقرار لتركيز انبعاثات غاز الدفيئة في الغلاف الجوي بحلول 2100. وتقدم مسارات التركيز التمثيلية توقعات قائمة على التوقيت بشأن تركيزات غاز الدفيئة (GHG) في الغلاف الجوي، ويُعبر مصطلح "مسار" عن المسار الذي تسير فيه بمرور الوقت للوصول إلى هذه النتيجة. وتعتبر هذه المسارات تمثيلية إذ أنها واحدة من السيناريوهات المختلفة المتعددة التي تمتلك خصائص مماثلة من حيث التأثير الإشعاعي والانبعاثات.

النطاق المكاني: يشير إلى مدى أو حجم أي طول أو بُعد أو مساحة تم دراستها أو وصفها.

النطاق الزمني: يشير إلى مدى الفترة الزمنية قيد الدراسة، سواءً في الماضي أو المستقبل.



المخططات الخاصة بتحديد معلمات الفيزياء المكروية: يشير مصطلح تحديد معلمات الفيزياء المكروية إلى تمثيل العملية فيزيائية، وذلك من خلال تحديد المعلمات اللازمة الخاصة بالموصفات ذات الصلة للعوامل التي تتحكم في تشكيل، على سبيل المثال، قطيرات السحب وبلورات الثلج ونموها وتساقطها مثل هطول الأمطار.

الحاسوب الفائق وايومنغ-NCAR أو "يلوستون": هو عبارة عن حاسوب فائق من آي بي إم بسرعة 1.5 بيتا فلوب. ويعتبر واحد من أقوى الحواسيب الفائقة في العالم المصممة خصيصاً للعلوم الجيولوجية.

التساقط التضاريسي: يشمل المطر أو غيره من أشكال التساقط الناجمة عندما يرفع الهواء الرطب ويتحرك فوق سلسلة جبلية. وكلما ارتفع الهواء وبرد، تُشكّل الغيوم على الجبال وتكون بمثابة مصدر لهطول الأمطار، ويكون معظمها عكس اتجاه الرياح من السلسلة الجبلية.

التأثير الإشعاعي (RF): عبارة عن قياس قدرة الغازات أو غيرها من العوامل المؤثرة على التأثير في توازن الطاقة، مما يسهم بدوره في تغير المناخ. ويعبر التأثير الإشعاعي عن تغير الطاقة الموجودة في الغلاف الجوي نتيجة لانبعاثات غاز الدفيئة.

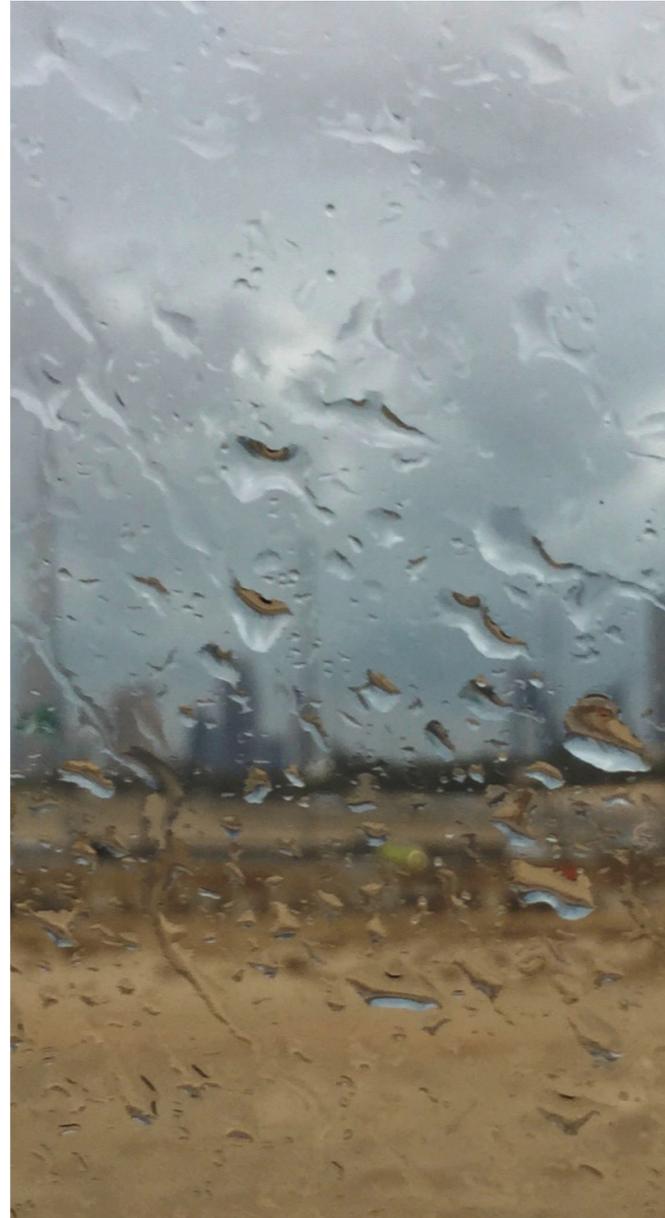


Stauffer DR, Seaman NL. 1994. Multiscale four-dimensional data assimilation. *J. Appl. Meteorol.* 33: 416-434.

Taylor K.E., R.J. Stouffer, and G.A. Meehl, 2012: An Overview of CMIP5 and the Experiment Design *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 93: 485-498 doi:10.1175/BAMS-D-11-00094.1.

Thomson, A. M., K. V. Calvin, S. J. Smith, G. P. Kyle, A. Volke, P. Patel, S. Delgado-Arias, B. Bond-Lamberty, M. A. Wise, L. E. Clarke, and J. A. Edmonds, 2011: RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*, 109, 77-94.

Xu Z, Yang Z-L. 2012. An improved dynamical downscaling method with GCM bias corrections and its validation with 30 years of climate simulations. *J. Climate* 25: 6271-6286, doi:10.1175/JCLI-D-12-00005.1.



Lorenz C., and H. Kunstmann, 2012: The Hydrological Cycle in Three State-of-the-Art Reanalyses: Intercomparison and Performance Analysis. *J. Hydrometeorol*, 13, 1397-1420.

Moss, R.H., and co-authors. 2010: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747-756 doi:10.1038/nature08823.

Rasmussen R, and Coauthors. 2011. High-Resolution Coupled Climate Runoff Simulations of Seasonal Snowfall over Colorado: A Process Study of Current and Warmer Climate. *J. Climate*, 24, 3015-3048.

Reynolds RW, Smith TM, Liu C, Chelton DB, Casey KS, and Schlax MG. 2007. Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. *J. Climate*, 20: 5473-5496.

Riahi, K., S. Rao, V. Krey, C. Cho, V. Chirkov, G. Fischer,

G. Kindermann, and N. Nakicenovic, 2011: RCP 8.5 – A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*, 109, 33-57.

Skamarock WC, Klemp JB. 2008 A time-split non-hydrostatic atmospheric model for weather research and forecasting applications. *J Comput Phys*, 227: 3465-3485

Skamarock WC, Klemp JB, Dudhia J, Gill DO, Barker DM, Duda M, Huang XY, Wang W, Powers JG. 2008. 'A description of the Advanced Research WRF Version 3'. NCAR Tech Notes-475+ STR.

Bruyère CL, Done JM, Holland GJ, Fredrick S. 2013. Bias corrections of global models for regional climate simulations of high-impact weather. *Clim. Dyn.*, doi:10.1007/s00382-013-2011-6.

Dee DP, and Coauthors, 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 137: 553-597.

Done JM, Holland GJ, Bruyère CL, Leung LR, Suzuki-Parker A. 2013. Modelling high-impact weather and climate: lessons from a tropical cyclone perspective. *Climatic Change*, doi:10.1007/s10584-013-0954-6.

Gent PR, Danabasoglu G, Donner LJ, Holland MM, Hunke EC, Jayne SR, Lawrence DM, Neale RB, Rasch PJ, Vertenstein M, Worley PH, Yang Z-L, Zhang M. 2011. The Community Climate System Model version 4. *J. Climate*, 24: 4973-4991, doi: 10.1175/2011JCLI4083.1.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 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 TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM, eds). Cambridge, UK and New York, NY: Cambridge University Press.

Knutti, R., D. Masson, and A. Gettelman, 2013: Climate model genealogy: Generation CMIP5 and how we got there. *Geophys. Res. Lett.*, 40, 1194-1199, doi:10.1002/grl.50256.



المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي

يعتبر المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي (NCAR) أحد مراكز البحوث والتنمية الممولة فيدرالياً، ويكرس جهوده لخدمة علوم الغلاف الجوي وغيرها من العلوم ذات الصلة وإجراء أبحاث عنها والتوعية بشأنها. وتتمثل مهمة المركز في استيعاب سلوك الغلاف الجوي وأنظمة الأرض والغذاء الأرضي ذات الصلة؛ ودعم وتعزيز وتوسيع قدرات المجتمع الجامعي والمجتمع العلمي الأوسع نطاقاً، على الصعيدين الوطني والدولي؛ وتعزيز نقل المعرفة والتكنولوجيا من أجل تحسين الحياة على سطح الأرض. ويدير المركز برعاية من المؤسسة الوطنية للعلوم، إلى جانب الدعم الإضافي الكبير الذي تقدمه وكالات أخرى تابعة للحكومة الأمريكية والحكومات الوطنية الأخرى والقطاع الخاص.

لمزيد من المعلومات، يُرجى زيارة www.ncar.ucar.edu



المجموعة البحثية المعنية بتغير المناخ (CCRG)

تُعتبر المجموعة البحثية المعنية بتغير المناخ (مجموعة CCR) شركة متخصصة في الأبحاث والاستشارات في مجال التنمية المستدامة والتي تركز جهودها على تداخل الطاقة والمناخ والتنمية. وتعمل شبكة الخبراء لدينا مع منظمات التنمية العالمية والحكومات الوطنية والمحلية وكذلك المؤسسات غير الحكومية لصياغة أطر السياسات والتقييمات الفنية وبرامج بناء القدرات. منذ تأسيس المجموعة في 2009، أصبح لدينا مشاريع رائدة في جميع أنحاء أفريقيا والشرق الأوسط وأوروبا الشرقية وآسيا والأمريكيتين. ونظرًا لكون كل عميل يواجه مجموعة فريدة من التحديات استنادًا إلى السياق المحلي، فإننا نتمتع بخبرة واسعة في وضع الاستراتيجيات للعديد من المجالات الموضوعية في إطار التنمية المستدامة. وتشمل المجالات والخدمات الموضوعية للمجموعة ما يلي: استراتيجيات التكيف مع تغير المناخ؛ وتحليل تخفيف ظاهرة الاحتباس الحراري؛ وتغير تغير المناخ وإدارة مخاطر الكوارث؛ وتغير المناخ والزراعة والأمن الغذائي؛ وتغير المناخ والأمن المائي؛ وتغير المناخ والصحة العامة؛ ونمذجة إمدادات الطاقة والتكامل المتجدد؛ ونمذجة ملوثات الهواء وسيناريوهات انبعاثات الغازات الدفيئة؛ وبرامج تعزيز القدرات.

لمزيد من المعلومات، يُرجى زيارة www.ccr-group.org



هيئة البيئة - أبوظبي (EAD)

تم تأسيس هيئة البيئة - أبوظبي في عام 1996 للحفاظ على التراث الطبيعي في أبوظبي وحماية مستقبلنا ورفع الوعي بشأن القضايا البيئية. وتعتبر هيئة البيئة-أبوظبي إحدى الجهات التنظيمية البيئية الكائنة في أبوظبي والتي تعمل على تقديم المشورة للحكومة فيما يتعلق بالسياسة البيئية. وهي تعمل على إنشاء مجتمعات مستدامة، وحماية الحياة الفطرية والموارد الطبيعية والمحافظ عليها. وتعمل الهيئة أيضًا على ضمان الإدارة المتكاملة والمستدامة للموارد المائية من أجل ضمان هواء نظيف والتقليل من تغير المناخ وما ينجم عنه من آثار.

لمزيد من المعلومات، يُرجى زيارة www.ead.ae



مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية (AGEDI)

تحت توجيه ورعاية سمو الشيخ خليفة بن زايد آل نهيان، رئيس دولة الإمارات العربية المتحدة، تشكلت مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية في عام 2002 لمعالجة عمليات الاستجابة للحاجة الملحة للبيانات والمعلومات البيئية الدقيقة سهلة الوصول لجميع من هم في حاجة إليها.

باعتبار المنطقة العربية منطقة تركيز ذات أولوية، تعمل مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية على تسهيل الوصول إلى البيانات البيئية الجيدة التي تزود صانعي السياسات بالمعلومات الكافية للتنفيذ في الوقت المناسب لإبلاغ وتوجيه القرارات الحاسمة. ويتم دعم مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية بواسطة هيئة البيئة-أبوظبي (EAD) على الصعيد المحلي، وبواسطة برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) على الصعيدين الإقليمي والدولي.

لمزيد من المعلومات، يُرجى زيارة www.agedi.org

كافة التقارير والمصادر متوفرة للتحميل على موقعنا الإلكتروني، وعلى البوابة الإلكترونية لمفتشي التغير المناخي <https://agedi.org/agedi-climate-inspectors/>



هيئة البيئة - أبوظبي
Environment Agency - Abu Dhabi

an initiative of



UNEP



AGEDI
مبادرة أبوظبي العالمية للبيانات البيئية
Abu Dhabi Global Environmental Data Initiative

Abu Dhabi Global Environmental Data Initiative (AGEDI)

P.O Box: 45553

Al Mamoura Building A, Murour Road

Abu Dhabi, United Arab Emirates

Phone: +971 (2) 6934 444

Email : info@AGEDI.ae

AGEDI.org

LNRClimateChange@ead.ae