ريـكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

دليل التدريب حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحليل بيانات تغيُّر المناخ

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

جامعة الدول العربية
المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة
ACSAD
1968

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

ريـكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

دليل التدريب حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحليل بيانات تغيُّر المناخ

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)

حقوق النشر محفوظة © 2019

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد).
جميع الحقوق محفوظة بموجب الاتفاقيات ذات الصلة. لا يوجز استنساخ أي جزء من هذه الوثيقة أو نقله في أي شكل وبأي وسيلة، سواء بطريقة إلكترونية أو آلية، بما في ذلك الاستنساخ الفوتوغرافي، أو التسجيل أو استخدام أي نظام من نظم تخزين المعلومات واسترجاعها، دون الحصول على إذن خطي مسبق من الناشر. وترسل الاستفسارات إلى شعبة سياسات التنمية المستدامة في لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، صندوق بريد: 8575-11، بيروت، لبنان.

البريد الإلكتروني:publications-escwa@un.org

الموقع الإلكتروني:www.unescwa.org; www.riccar.org

متوفر عبر:
United Nations Publication
E/ESCWA/SDPD/2019/RICCAR/Manual.2

يشار إليه كمرجع بما يلي:
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد). 2019. دليل التدريب حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحليل بيانات تغيُّر المناخ. دليل تدريبي، ريكار، Beirut, E/ESCWA/SDPD/2019/RICCAR/Manual.2.

المؤلفون:
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)
المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) التابع لجامعة الدول العربية

إخلاء المسؤولية:
ليس في التسميات المستخدمة في هذا المنشور، ولا في طريقة عرض مادته، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان للأمانة العامة للأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد، أو إقليم، أو مدينة، أو منطقة، أو بشأن سلطات أي منها، أو بشأن تعيين تخومها أو حدودها.

إن الآراء الواردة في هذه المادة الفنية هي آراء المؤلفين، وليست بالضرورة آراء الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، أو الحكومة السويدية، أو حكومة جمهورية ألمانيا الاتحادية، أو جامعة الدول العربية أو الأمانة العامة للأمم المتحدة.

توطئة

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثُّر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) هي مبادرة مشتركة بين الأمم المتحدة وجامعة الدول العربية، وقد أطلقت في عام 2010.

تنفَّذ مبادرة ريكار عبر شراكة قائمة على التعاون بين 11 منظمة إقليمية ومتخصصة، وهي: لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (فاو)، والوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية، وجامعة الدول العربية، والمعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومكتب منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) في القاهرة، ومكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث، ومعهد جامعة الأمم المتحدة للمياه والبيئة والصحة، والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية. وتتولى الإسكوا تنسيق المبادرة الإقليمية. وقدمت تمويلَها الحكومة السويدية وحكومة جمهورية ألمانيا الاتحادية.

وتنفَّذ ريكار برعاية المجلس الوزاري العربي للمياه، وتستمد أهدافها من القرارات التي اعتمدها هذا المجلس، كما من مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، واللجنة العربية الدائمة للأرصاد الجوية، والدورة الوزارية الخامسة والعشرين للإسكوا.

وغطت الحكومة السويدية تكاليف إعداد هذا التقرير عن طريق الوكالة السويدية للتعاون الدولي في مجال التنمية.

المحتويات

توطئة		iii
الرموز والمختصرات		vii
1	**مقدمة**	1
2	**ملخص عن بيانات التغيُّر المناخي الناتجة عن ريكار**	1
3	**أداة Multidimension Tool (الأداة المتعددة الأبعاد) في برنامج ArcMap**	5
1.3	مقدمة إلى صيغة NetCDF	5
2.3	تحويل بيانات NetCDF إلى بيانات نقطية (Raster)	6
3.3	استخلاص جداول من ملفات NetCDF	16
4	**إنشاء مجموعاتٍ تحليلية باستخدام أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools**	25
1.4	حساب الإسقاطات السنوية والموسمية	25
2.4	مقارنة الإسقاطات باستخدام اداة حاسبة البيانات النقطية raster calculator	26
5	**استيفاء Interpolation البيانات المناخية**	26
1.5	إعادة توزيع واستيفاء البيانات	26
2.5	الفرق بين الاستيفاء وتقليص النطاق	30
الحواشي		31
المراجع		31

الأشكال

الشكل 1
النطاق العربي (نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا) 1

الشكل 2
المصفوفة البعدية لملفات NetCDF 5

الشكل 3
قائمة Multidimension Tools (الأدوات المتعددة الأبعاد) في ArcMap 6

الشكل 4
أداة Make NetCDF Raster Layer (إنشاء طبقة بيانات نقطية NetCDF) 7

الشكل 5
طبقة بيانات نقطية من ملف NetCDF 7

الشكل 6
خصائص طبقة بيانات نقطية NetCDF 8

الشكل 7
لقطة مكبرة على طبقة نقطية NetCDF تبين المناطق الساحلية بدون بيانات 8

الشكل 8
أداة NetCDF time slice export (تصدير الشريحة الزمنية NetCDF) خلال العملية 9

الشكل 9
Model Builder: إضافة Make NetCDF Raster Layer 10

الشكل 10
Model Builder: أداة Iterate Files 10

الشكل 11
Model Builder: Create variable as folder (إنشاء متغير كمجلد) 10

الشكل 12
إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Make NetCDF Raster Layer 11

الشكل 13
Model Builder: تكرار العملية على جميع ملفات NetCDF في مجلد واحد 12

الشكل 14
Model Builder: إضافة متغير كمساحة عمل وإنشاء قاعدة بيانات جغرافية 12

الشكل 15
Model Builder: قص البيانات النقطية NetCDF إلى منطقة الاهتمام المحددة 13

الشكل 16
Model Builder: اقتطاع الصور باستخدام الأداة Clip Raster 13

الشكل 17
إضافة الصور المُقتطعة إلى العرض 14

الشكل 18
Model Builder: ناتج اقتطاع البيانات النقطية NetCDF إلى منطقة الاهتمام 14

الشكل 19
خصائص طبقة الملف النقطي المتعددة النطاقات 15

الشكل 20
استعراض الملفات النقطية المتعددة النطاقات في برنامج ArcCatalog 15

الشكل 21
نظام شبكي لإحداثيات nlat وnlon 16

الشكل 22
أداة Make NetCDF Table View 17

الشكل 23
نتيجة أداة Make NetCDF Table View 18

الشكل 24 Model Builder: الخطوات الأولية لأداة Make NetCDF Table View	18
الشكل 25 Model Builder: إدخال المعلومات اللازمة في نافذة الأداة Make NetCDF Table View	19
الشكل 26 Model Builder: إدخال Table to Table ضمن Make NetCDF Table View	20
الشكل 27 Model Builder: إدخال المعلومات في أداة Table to Table	20
الشكل 28 Model Builder: إستعراض المخرجات في مجلد الإستخراج ونسخ الجدول الأول	21
الشكل 29 Model Builder: دمج الإخراج في جدول واحد	22
الشكل 30 Model Builder: إدخال المعلومات اللازمة ضمن أداة Append	22
الشكل 31 Model Builder: أداة Table to Excel	23
الشكل 32 إدخال المعلومات اللازمة ضمن أداة Table to Excel	23
الشكل 33 Model Builder: إستعراض ملف اكسل الناتج عنMake NetCDF Table View	24
الشكل 34 أداة Cell statistics	25
الشكل 35 أداة Raster Calculator	26
الشكل 36 أداة Resample	26
الشكل 37 خيار لتفعيل الامتدادات في ArcMap	27
الشكل 38 أداة Geostatistical Wizard	28
الشكل 39 مثال عن مُخرج عملية Interpolation باستخدام طريقة IDW	28
الشكل 40 أداة GA Layer to Grid	29
الشكل 41 أداة Extract by Mask	29

الجداول

الجدول 1 مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من تساقطات وحرارة	2
الجدول 2 مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من الظواهر المناخية المتطرفة للحرارة	3
الجدول 3 مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من الظواهر المناخية المتطرفة للتساقطات	4

الرموز والمختصرات

ACSAD	المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)
ARCGIS	نظام المعلومات الجغرافية
CNRM-CM5	المركز الوطني لأبحاث الأرصاد الجوية – النموذج المناخي 5
CORDEX	التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي
DJF	كانون الأول/ديسمبر – كانون الثاني/يناير – شباط/فبراير
EC-EARTH	نموذج نظام الأرض القائم على أنظمة نماذج المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى
ESGF	إتحاد شبكات النظم الأرضية
ESCWA	لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)
GCM	نموذج مناخي عالمي أو نموذج دوران عالمي
GFDL-ESM2M	نموذج نظام الأرض 2 الذي وضعه مختبر ديناميكيات السوائل الجيوفيزيائية
JJA	حزيران/يونيو – تموز/يوليو – آب/أغسطس
lat	خط العرض
lon	خط الطول
MAM	آذار/مارس – نيسان/أبريل – أيار/مايو
MENA	الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
MNA-22	استبانة 25 كلم (0.22 درجة في نطاق MENA)
MNA-44	استبانة 50 كلم (0.44 درجة في نطاق MENA)
NetCDF	نموذج شبكة البيانات المشتركة
Pr	التساقطات
RCA4	نموذج مركز روسبي الإقليمي للغلاف الجوي
RCM	النماذج/النمذجة المناخية الإقليمية
RCP	مسار التركيز النموذجي
RICCAR	المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الإجتماعية والإقتصادية في المنطقة العربية (ريكار)
RKH	المركز الإقليمي للمعرفة
SMHI	المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية
SON	أيلول/سبتمبر – تشرين الأول/أكتوبر – تشرين الثاني/نوفمبر

1 مقدمة

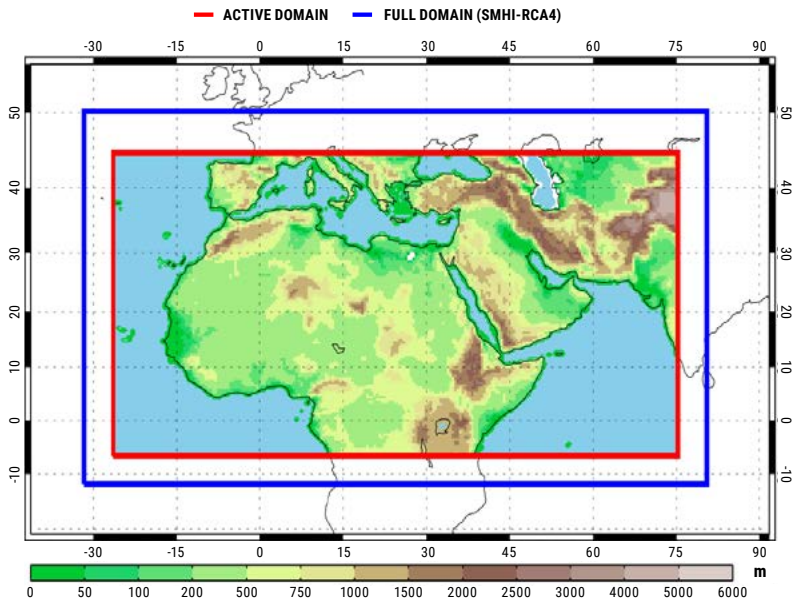
يقدم دليل التدريب هذا إرشادات للمستخدمين حول كيفية تنزيل واستخدام البيانات المناخية التي نتجت عن المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار). ومع أن البيانات المناخية يمكن استخدامها في منصات مختلفة للتحليل، استخدم، في إطار هذا الدليل، فقط التقييم من خلال أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في برنامج ArcMap الصادر عن شركة ESRI.

2 ملخص عن بيانات التغيُّر المناخي الناتجة عن ريكار

يتضمن التقرير العربي حول تقييم تغيُّر المناخ – التقرير الرئيسي وصفاً لمخرجات البيانات المناخية داخل النطاق العربي (الشكل 1). وتشتمل هذه المخرجات على بيانات بشأن درجات الحرارة، والتساقطات، والظواهر المناخية المتطرفة، على شكل مجموعات لثلاث فترات زمنية (الفترة المرجعية، ومنتصف القرن، ونهاية القرن) ووفقاً لسيناريوهين مناخيين (RCP4.5 وRCP8.5). اشتقت هذه المجموعات من مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية (RCM) المصححة الانحياز، المقتبسة من التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي (CORDEX). تشتمل هذه المخرجات على بيانات نمذجة لدرجات الحرارة والتساقطات من عام 1951 إلى عام 2100 وفقاً لمعدلات التواتر اليومية (الجدول 1) ومخرجات الظواهر المناخية المتطرفة بين عامي 1951 و2100 بحسب معدلات التواتر السنوية والموسمية (الجدولان 2 و3) لكل من النماذج المناخية العالمية (GCMs) التالية: المركز الوطني لأبحاث الأرصاد الجوية – النموذج المناخي 5 (CNRM-CM5) ونموذج نظام الأرض القائم على أنظمة نماذج المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (EC-EARTH)، ونموذج نظام الأرض 2 الذي وضعه مختبر ديناميكيات السوائل الجيوفيزيائية (GFDL-ESM2M). وقد أتيحت نتائج لسيناريوهات مناخية مختلفة واستبانات (أي دقة) مكانية مختلفة. ويمكن الاطلاع على مزيد من التفاصيل المتعلقة بمنهجية النمذجة في المذكرة التقنية حول تطبيقات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية في المنطقة العربية.[1]

ومخرجات النمذجة المناخية متاحة على الإنترنت. ويمكن للمستخدمين تنزيل مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية المصححة الانحياز عبر بوابة بيانات المركز الإقليمي للمعرفة[2] (RKH). كما يمكن الحصول على مخرجات النمذجة المناخية الاقليمية الأولية (غير المصححة الانحياز) والمكيفة من أجل مبادرة ريكار، وعلى المتغيّرات المناخية الأخرى، ومخرجات النطاقات الأخرى عبر بيانات CORDEX المتاحة على بوابة بيانات اتحاد شبكات النظم الأرضية[3] (ESGF). ويرد المزيد من المعلومات حول CORDEX وESGF في المذكرة التقنية حول المبادئ التوجيهية للحصول على اسقاطات CORDEX المناخية الإقليمية.[4] ويمكن للمستخدمين الحصول على مجموعات البيانات هذه واستخدامها في دراسات الحالة المؤسسية والبحوث. يوصى بتجنب خلط مخرجات النمذجة المناخية الاقليمية المصححة الانحياز والأولية، أي غير المصححة الانحياز.

الشكل 1: النطاق العربي (نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا)



المصدر: ESCWA and others, 2017.

الجدول 1: مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من تساقطات وحرارة

المتغيّر المناخي	الرمز المختصر	السيناريو المناخي	النموذج المناخي العالمي المحرّك (GCM)	الفترة الزمنية	الدقة المكانية
التساقطات	Pr	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
التساقطات	Pr	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
التساقطات	Pr	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
التساقطات	Pr	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
التساقطات	Pr	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	25x25 كلم
التساقطات	Pr	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	25x25 كلم
التساقطات	Pr	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
التساقطات	Pr	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
التساقطات	Pr	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة	Tas	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة	Tas	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة	Tas	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة	Tas	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة	Tas	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	25x25 كلم
الحرارة	Tas	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	25x25 كلم
الحرارة	Tas	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة	Tas	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة	Tas	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	25x25 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	25x25 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة القصوى	tasmax	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	25x25 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	25x25 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
الحرارة الدنيا	tasmin	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم

الجدول 2: مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من الظواهر المناخية المتطرفة للحرارة

المؤشر	الإسم الكامل	السيناريو المناخي	النموذج المناخي العالمي المَحرِّك (GCM)	الفترة الزمنية	الدقة المكانية
SU	عدد أيام الصيف	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
SU	عدد أيام الصيف	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SU	عدد أيام الصيف	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
SU	عدد أيام الصيف	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
SU	عدد أيام الصيف	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SU	عدد أيام الصيف	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
SU35	عدد الأيام الحارة	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SU35	عدد الأيام الحارة	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
SU35	عدد الأيام الحارة	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SU35	عدد الأيام الحارة	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
SU35	عدد الأيام الحارة	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
SU35	عدد الأيام الحارة	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SU35	عدد الأيام الحارة	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
SU40	عدد الأيام الحارة جداً	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SU40	عدد الأيام الحارة جداً	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
SU40	عدد الأيام الحارة جداً	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SU40	عدد الأيام الحارة جداً	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
SU40	عدد الأيام الحارة جداً	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
SU40	عدد الأيام الحارة جداً	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SU40	عدد الأيام الحارة جداً	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
TR	عدد الليالي الاستوائية	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
TR	عدد الليالي الاستوائية	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
TR	عدد الليالي الاستوائية	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
TR	عدد الليالي الاستوائية	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
TR	عدد الليالي الاستوائية	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
TR	عدد الليالي الاستوائية	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
TR	عدد الليالي الاستوائية	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم

الجدول 3: مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من الظواهر المناخية المتطرفة للتساقطات

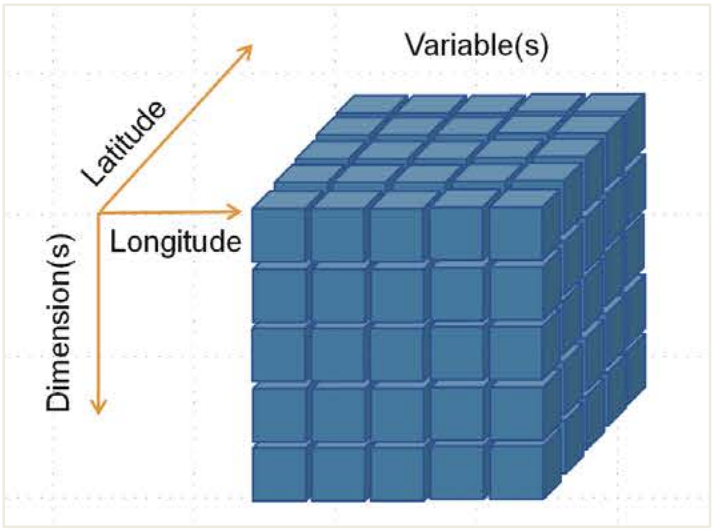
المؤشر	الإسم الكامل	السيناريو المناخي	النموذج المناخي العالمي (GCM) المَحرّك	الفترة الزمنية	الدقة المكانية
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
R10	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
R10	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
R10	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
R10	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
R10	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
R10	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
R10	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 10 ملم	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
R20	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
R20	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
R20	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
R20	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
R20	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
R20	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
R20	العدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
SDII	مؤشر شدة التساقطات البسيط	RCP2.6	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SDII	مؤشر شدة التساقطات البسيط	RCP4.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
SDII	مؤشر شدة التساقطات البسيط	RCP4.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SDII	مؤشر شدة التساقطات البسيط	RCP4.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم
SDII	مؤشر شدة التساقطات البسيط	RCP8.5	CNRM-CM5	2100-1951	50x50 كلم
SDII	مؤشر شدة التساقطات البسيط	RCP8.5	EC-EARTH	2100-1951	50x50 كلم
SDII	مؤشر شدة التساقطات البسيط	RCP8.5	GFDL-ESM2M	2100-1951	50x50 كلم

3 أداة Multidimension Tool (الأداة المتعددة الأبعاد) في برنامج ArcMap

1.3 مقدمة إلى صيغة NetCDF

تتوفر مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية بصيغة نموذج شبكة البيانات المشتركة NetCDF (التي تنتهي بلاحقة nc.). وتتيح ملفات NetCDF حفظ قواعد البيانات المتعددة الأبعاد (الشكل 2) مع تمثيل كل متغير ببعد معين، كالزمن. ويمكن التعامل مع ملفات NetCDF من منصات برمجية أخرى مثل لغات MATLAB وPYTHON وR. إلا أن هذا الدليل التدريبي لا يناقش إلا أدوات نظم المعلومات الجغرافية في برنامج ArcMap.

الشكل 2: المصفوفة البعدية لملفات NetCDF



نظام تسمية ملفات البيانات المناخية داخل النطاق العربي في إطار مبادرة ريكار تماثل التالي:

pr_MNA-44_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_historicalandrcp45_r1i1p1_SMHI-RCA4_v1-bc-dbs-wfdei_day_19510101-21001231_2046_2046.nc

حيث:

- **pr** يمثل المتغيّر المناخي
- **MNA-44** يمثل النطاق لدى CORDEX والاستبانة المكانية
- **CNRM-CERFACS-CNRM-CM5** يمثل النموذج المناخي العالمي
- **historicalandrcp45** يمثل السيناريو المناخي
- **r1i1p1** يمثل طريقة حساب متوسط المجموعة التجريبي
- **SMHI-RCA4** يمثل النموذج المناخي الإقليمي
- **v1-bc-dbs-wfdei** يمثل طريقة تصحيح الانحياز المعتمدة
- **day** يمثل الاستبانة الزمنية (هنا يومية)
- **19510101-21001231** يمثل الفترة الزمنية لكافة مجموعة البيانات
- **2046_2046** يمثل الفترة الزمنية لهذا الملف بالتحديد

كما تجدر الإشارة إلى أن كل ملف NetCDF يحتوي على 365 شريحة تمثل كل يوم من أيام السنة (366 شريحة للسنة الكبيسة).

وبالنسبة إلى مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة، تتوفر ملفات للبيانات السنوية، يشار إليها بالرمز "ANN"، وكذلك للبيانات الموسمية، والتي يصنف في إطارها كل ثلاثة أشهر كموسم، وذلك على النحو التالي: DJF: كانون الأول/ديسمبر وكانون الثاني/يناير وشباط/فبراير؛ MAM: آذار/مارس ونيسان/أبريل وأيار/مايو؛ JJA: حزيران/يونيو وتموز/يوليو وآب/أغسطس؛ SON: أيلول/سبتمبر وتشرين الأول/أكتوبر وتشرين الثاني/نوفمبر. ويحتوي كل ملف على 150 بعداً، يمثل كل واحد سنة من 150 سنة تتضمنها مجموعة البيانات. أما نظام تسمية الملفات هذه، فيبينه المثال التالي:

su35_MNA-44_ICHEC-EC-EARTH_rcp45_r12i1p1_SMHI-RCA4-DBS43-WFDEI-1980-2009_v1_day_1951-2100_SON.nc

حيث:

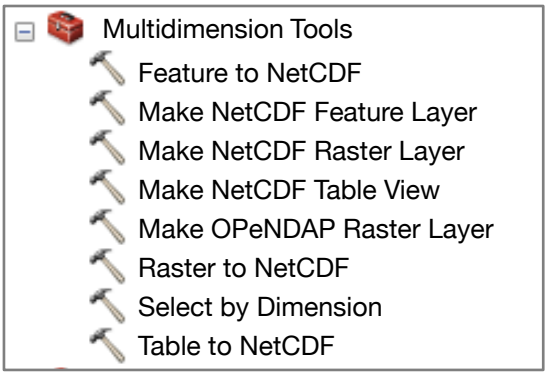
- **su35** يمثل المتغيّر المناخي
- **MNA-44** يمثل النطاق لدى CORDEX والاستبانة المكانية
- **ICHEC-EC-EARTH** يمثل النموذج المناخي العالمي
- **rcp45** يمثل السيناريو المناخي
- **r12i1p1** يمثل طريقة حساب متوسط المجموعة التجريبي
- **SMHI-RCA4** يمثل النموذج المناخي الإقليمي
- **DBS43-WFDEI-1980-2009_v1_day** يمثل طريقة تصحيح الانحياز المعتمدة
- **1951-2100** يمثل الفترة الزمنية لكافة مجموعة البيانات
- **SON** يمثل الموسم (هنا الموسم الذي يتألف من الأشهر: أيلول/سبتمبر وتشرين الأول/أكتوبر وتشرين الثاني/نوفمبر)

2.3 تحويل بيانات NetCDF إلى بيانات نقطية (Raster)

1.2.3 إنشاء ملفات طبقة البيانات النقطية

لا يمكن استدعاء الملفات بصيغة NetCDF وإظهارها مباشرة في واجهة ArcMap باستخدام أداة *Add Data* (). بدلاً من ذلك، يجب على المستخدمين استخدام مجموعة من الوظائف يشار إليها باسم Multidimension Tools (الأدوات المتعددة الأبعاد) كما يظهر في الشكل *3*.

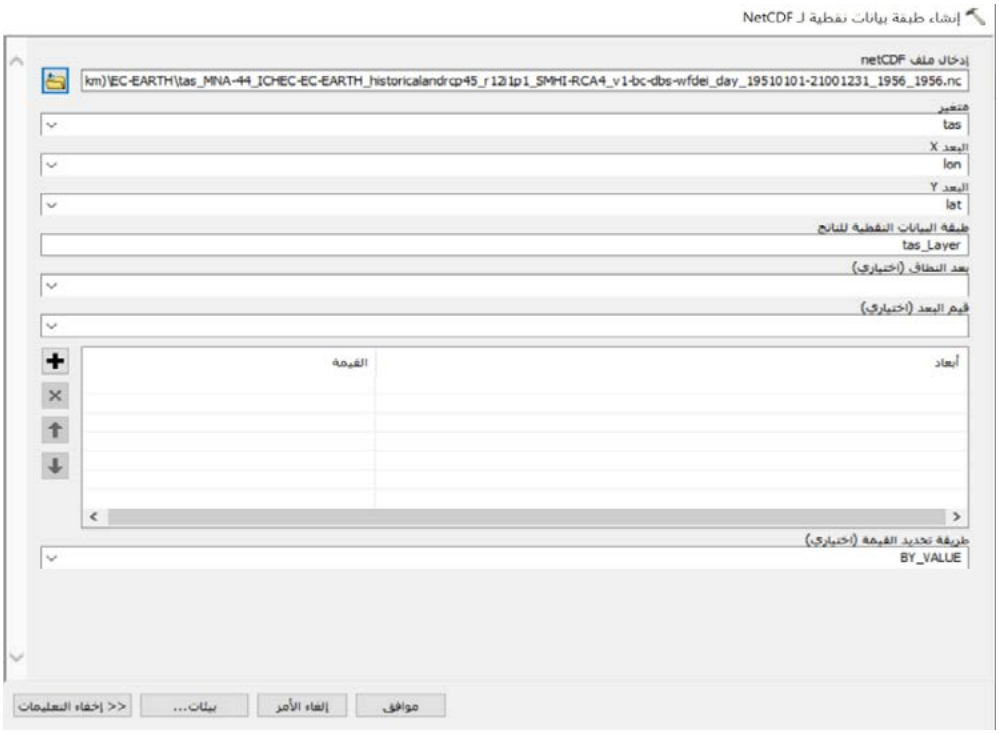
الشكل 3: قائمة Multidimension Tools (الأدوات المتعددة الأبعاد) في ArcMap



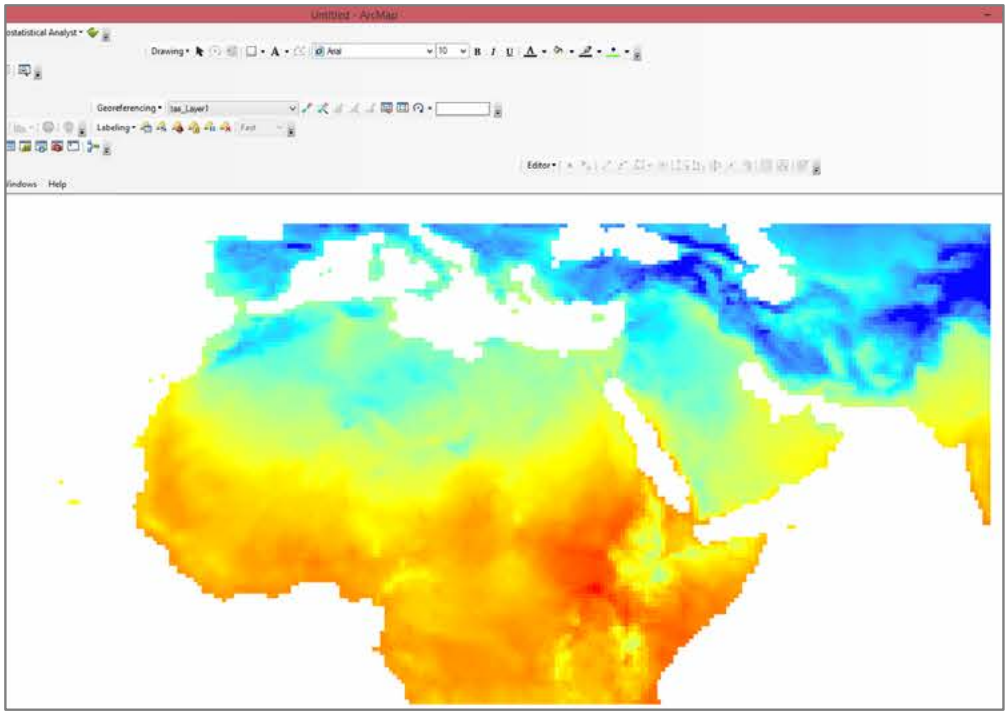
ومن أجل التمثيل المرئي لملفات NetCDF في ArcMap، ينبغي اختيار *Make NetCDF Raster Layer* (إنشاء طبقة بيانات نقطية NetCDF) (الشكل 4). اختر ملف NetCDF واستخدم مربعات القائمة المنسدلة لاختيار متغيّر المناخ، والبعد X، والبعد Y. يجب أن يكون البعدان X وY lon وlat، على التوالي، للإشارة إلى خط الطول وخط العرض. سيؤدي هذا إلى توجيه طبقة البيانات النقطية لتُعرض في نظام إحداثيات قياسي، مما يسهل التوافق مع البيانات المكانية المفيدة بصيغة shapefiles مثل المدن وحدود البلدان والمعالم. بالنسبة إلى*Output Raster Layer* (طبقة البيانات النقطية للنتائج)، يمكن للمستخدمين ترك الاسم الافتراضي أو تعيين اسم ملف آخر.

ستمثل طبقة البيانات النقطية الناتجة في ArcMap (الشكل 5) النطاق الزمني الأول في ملف NetCDF، والذي سيكون 1 كانون الثاني/يناير لملفات درجة الحرارة والتساقطات، أو السنة الأولى لكل من مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة.

الشكل 4: أداة Make NetCDF Raster Layer (إنشاء طبقة بيانات نقطية) NetCDF



الشكل 5: طبقة بيانات نقطية من ملف NetCDF

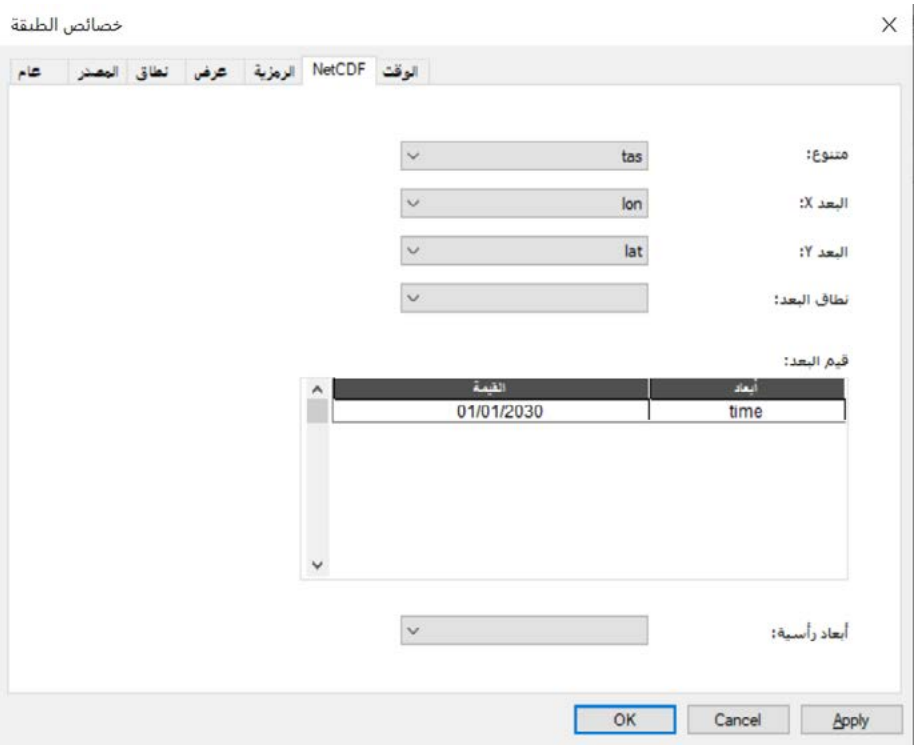


ومن أجل التمثيل المرئي لنطاقات زمنية أخرى، اختر *Layer Properties* (خصائص الطبقة) من ملف طبقة البيانات النقطية في جدول المحتويات. حدد علامة التبويب المشار إليها باسم NetCDF. هناك، يمكن للمستخدمين رؤية النطاقات الزمنية المختلفة المتاحة في الملف ويمكنهم اختيار واحد منها (الشكل 6).

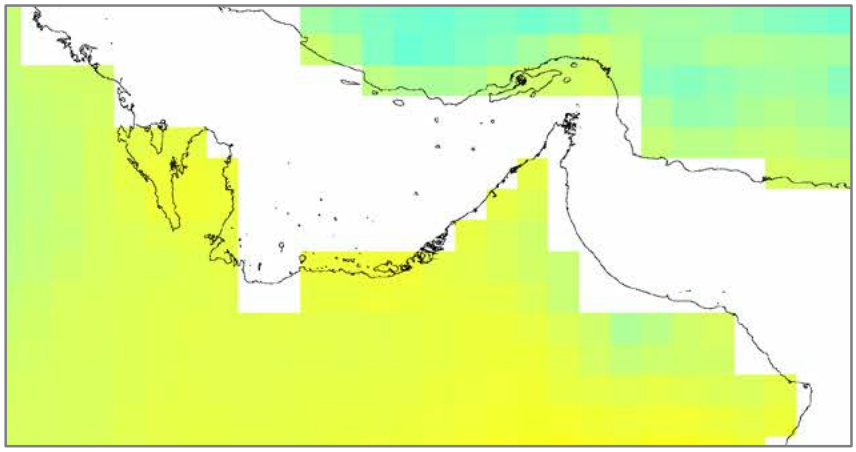
تجدر الإشارة إلى أن طبقة البيانات النقطية تخزن بشكل مؤقت فقط في ذاكرة الكمبيوتر. يمكن للمستخدمين إما حفظ طبقة البيانات النقطية أو تصدير النطاق الزمني المعروض إلى ملف نقطي عن طريق النقر بزر الماوس الأيمن على الملف في جدول المحتويات، وتحديد Data>Export Data (البيانات>تصدير البيانات).

كما يمكن ملاحظة خلو المناطق المتاخمة لخطوط السواحل من البيانات أحياناً (الشكل 7)، والسبب أنه خلال إجراء عملية تصحيح الانحياز (Bias Correction) تم استبعاد كل الخلايا التي تغطيها المياه بنسبة تزيد على 50 في المائة. من أجل الحصول على البيانات المناخية الإقليمية لمثل هذه المناطق ينصح باختيار أقرب خلية إلى الموقع او إجراء توسيط لقيم الخلايا المحيطة بالموقع (القسم 5 من هذا الدليل).

الشكل 6: خصائص طبقة بيانات نقطية NetCDF



الشكل 7: لقطة مكبرة على طبقة نقطية NetCDF تبين المناطق الساحلية بدون بيانات

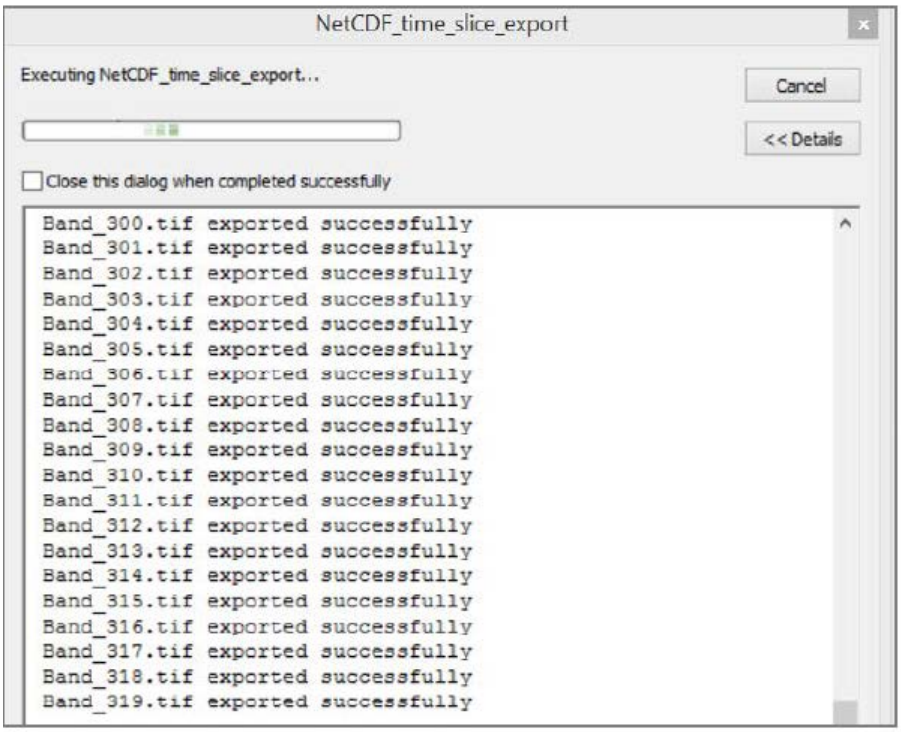


2.2.3 استخراج شرائح زمنية متعددة من ملفات طبقة البيانات النقطية

بدلاً من تصدير كل شريحة زمنية بمفردها من طبقات البيانات النقطية لملف NetCDF، تتوفر أداة مخصصة تعمل على أتمتة العملية، وهي متاحة للتنزيل[5] من ESRI. وتصدير ملفات NetCDF متعددة إلى البيانات النقطية سيساعد المستخدمين على تطوير المجموعات (القسم 5 من هذا الدليل).

عند استخدام أداة تصدير الشريحة الزمنية لملفNetCDF (NetCDF time slice export) ، يوصى باستخدام مجلد فريد لكل ملف NetCDF. تسمى، تلقائياً، البيانات النقطية لنطاق زمني فردي: Band_n، حيث تختلف قيمة n من نطاق إلى آخر (الشكل 8). بالنسبة إلى ملفات NetCDF لدرجات الحرارة والتساقطات، تتوافق الأرقام مع يوم السنة وفقاً لتقويم ميلادي الغريغوري. على سبيل المثال، يمثل Band_1 يوم 1 كانون الثاني/يناير، وBand_2 يوم 2 كانون الثاني/يناير، كما يمثل Band_365 يوم 31 كانون الأول/ديسمبر. تأخذ ملفات NetCDF الصادرة في إطار مبادرة ريكار السنوات الكبيسة في الحسبان، حيث يضاف يوم تقويمي كل أربع سنوات. في مثل هذه الحالات، يمثل Band_366 يوم 31 كانون الأول/ديسمبر. وبالنسبة إلى مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة، يمثل كل نطاق زمني عاماً واحداً، فيمثل Band_1 عام 1951 ويمثل Band_150 عام 2100.

الشكل 8: أداة NetCDF time slice export (تصدير الشريحة الزمنية NetCDF) خلال العملية

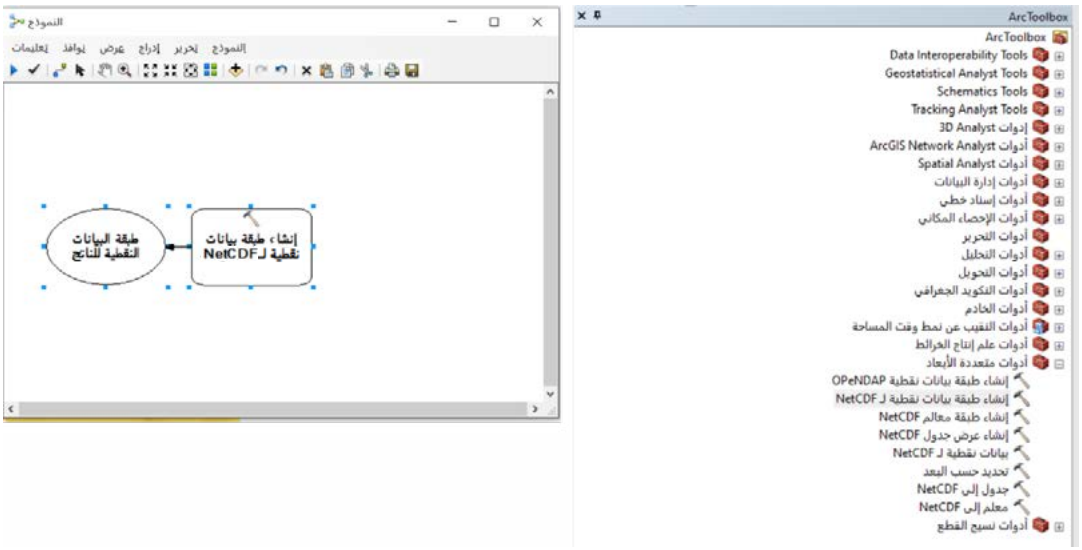


3.2.3 استخدام Model Builder (منشئ النموذج) لاستخلاص البيانات النقطية لمناطق فرعية ذات الاهتمام

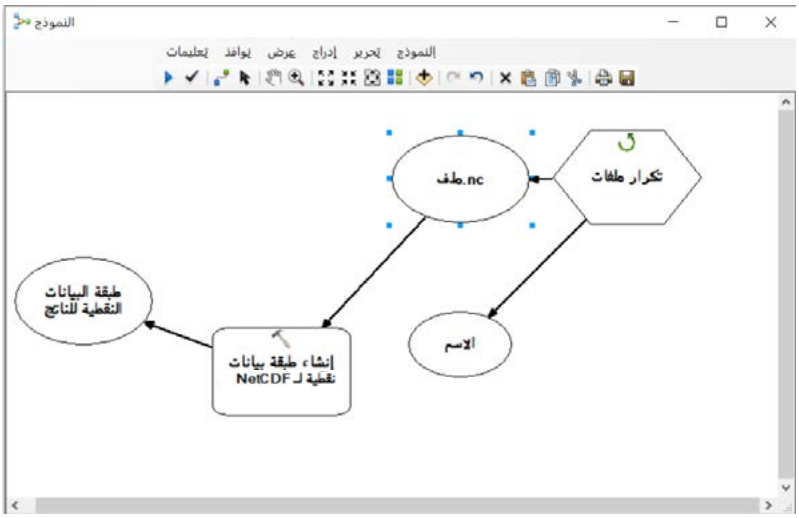
يمكن أن يساعد منشئ النموذج على الإسراع بتوليد طبقات البيانات النقطية من ملفات NetCDF متعددة، والتي يمكن اقتطاعها بحيث تغطي منطقة اهتمام محددة. ويجب تحديد منطقة الاهتمام بملف بصيغة shapefile.

ابدأ بسحب أداة Make NetCDF Raster Layer (إنشاء طبقة بيانات نقطية) إلى واجهة منشئ النموذج (الشكل 9). ينفذ منشئ النموذج الإجراء نفسه عدة مرات عن طريق التكرار. وحتى يفعل ذلك، حدد Insert>Iterators>Files. لتوجيه النموذج إلى استخدام الملف كمدخل، قم بتوصيل File مع Make NetCDF Raster Layer. ثم انقر بزر الماوس الأيمن على أيقونة File وحدد Rename (إعادة تسمية). أضف nc. إلى اسم الملف لتوجيه النموذج إلى تحديد ملفات NetCDF فقط (الشكل 10). يجب أن تكون جميع ملفات NetCDF في مجلد واحد (لاحظ أن اسم المجلد بالكامل، بما في ذلك المجلدات الأصلية، يجب أن يبقى عند الحد الأدنى. وإلا فقد تحدث مشاكل في تشغيل النموذج). وينبغي تفادي الخلط بين متغيّرات المناخ المختلفة، والنماذج المناخية العالمية، ومسارات التركيز النموذجية (RCP) للحد من الالتباس. حدد Insert>Create Variable>Folder وقم بتوصيل أيقونة Folder (مجلد) إلى Iterate Files (الشكل 11).

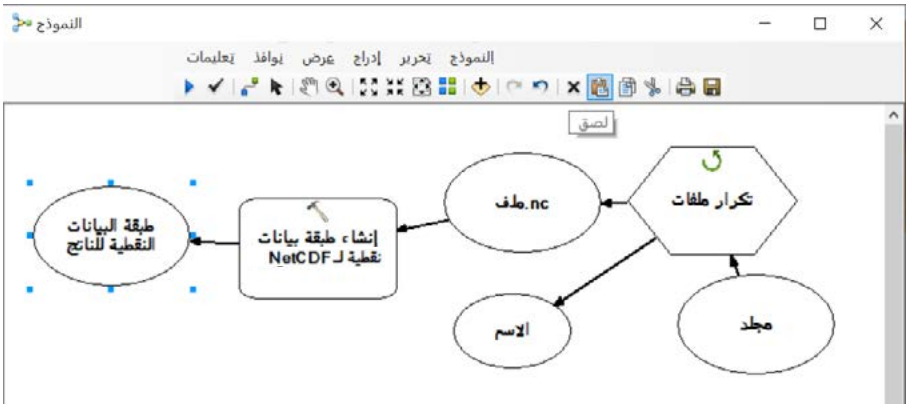
الشكل 9: Model Builder: إضافة Make NetCDF Raster Layer



الشكل 10: Model Builder: أداة Iterate Files



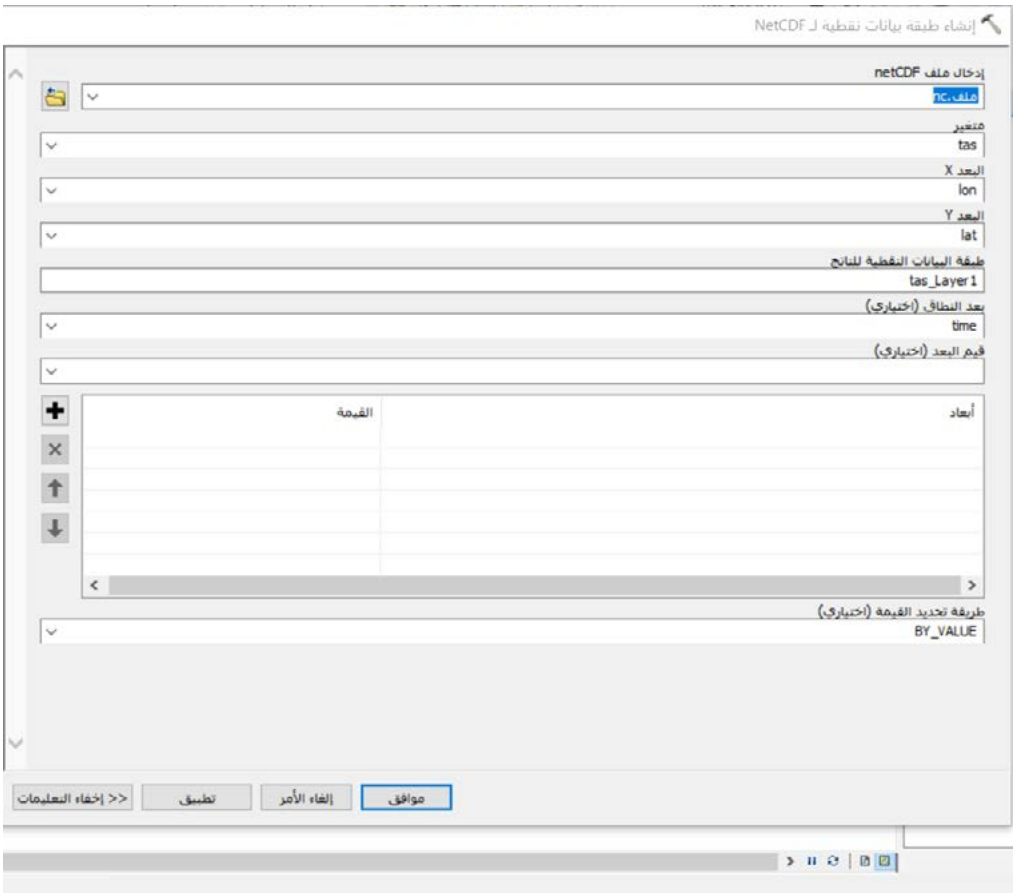
الشكل 11: Model Builder: Create variable as folder (إنشاء متغير كمجلد)



انقر نقراً مزدوجاً على أيقونة Folder واختر المجلد الخاص الذي حفظت داخله ملفات NetCDF. عندئذ ستتحول الأيقونات في واجهة model builder إلى ملونة ما يدل على أن خطوة بناء النموذج الحالية تمت بشكل صحيح. في حين تبقى أيقونة Make NetCDF Raster Layer وأيقونة Output Raster Layer بدون ألوان لأنهما لم تكتملا بعد.

انقر نقراً مزدوجاً على أيقونة Make NetCDF Raster Layer. سيظهر الإعداد التلقائي File.nc لملف Input NetCDF File وسيطلق اسم Name على المتغير الوحيد المتاح. لإعداد الأداة بشكل صحيح، حدد أول ملف NetCDF من المجلد الذي ستجرى نمذجته، بالإضافة إلى المتغيّرات، على النحو المتبع لإنشاء ملف نقطي واحد. يمكن ترك اسم Output Raster كالاسم التلقائي. تحت بعد النطاق، يجب تحديد الزمن لإرشاد النموذج لإنشاء طبقة البيانات النقطية متعددة النطاقات (الشكل 12).

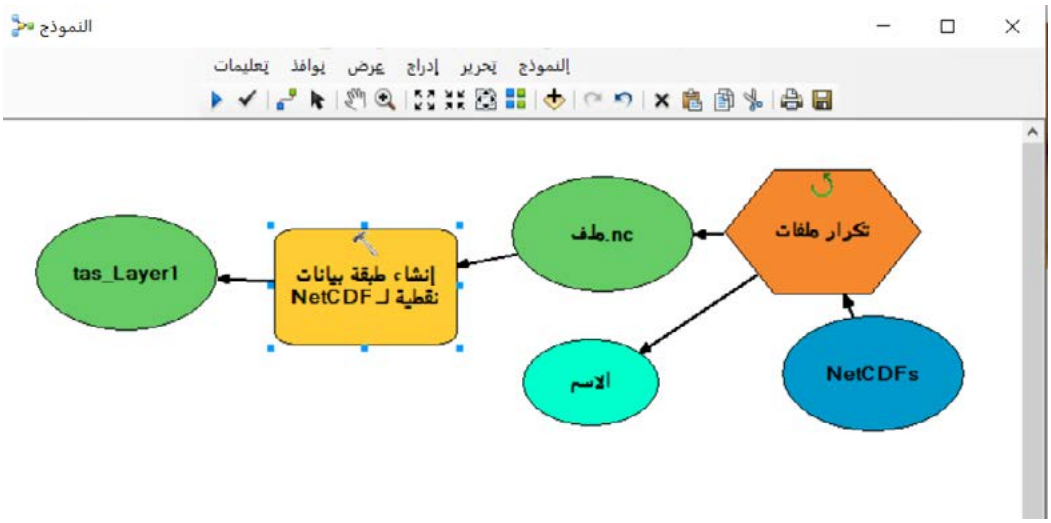
الشكل 12: إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Make NetCDF Raster Layer



يدل الشكل البيضاوي الأزرق على أن ملفات NetCDF سوف تتداخل مع تلك التي في الشكل البيضاوي الأخضر للملف File.nc. ، بكل الأحوال يمكن الاستغناء عن الملف البيضاوي الأزرق بإجراء Delete (مع الانتباه إلى أن كل من Make NetCDF Raster Layer وOutput Raster Layer سوف تتغير إلى اللون الأبيض). انقر نقراً مزدوجاً على أيقونة Make NetCDF Raster Layer وتأكد من صحة المتغير وبعدي x وy.

قم بتوصيل File.nc إلى Make NetCDF Raster Layer لتوجيه النموذج إلى أداء هذه الوظيفة على جميع ملفات NetCDF في المجلد المحدد (الشكل 13).

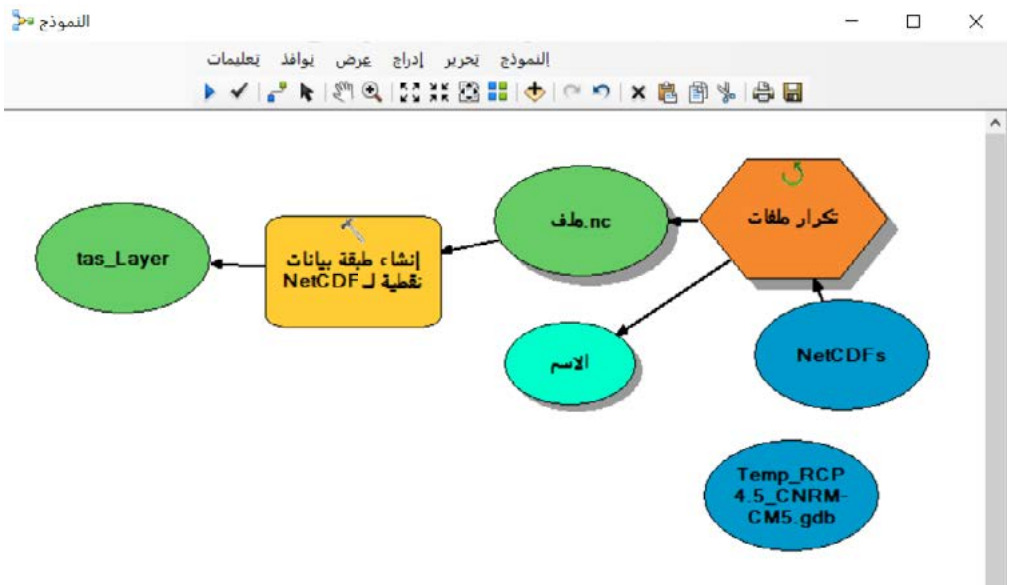
الشكل 13: Model Builder: تكرار العملية على جميع ملفات NetCDF في مجلد واحد



عند هذه النقطة، قم بتشغيل النموذج للتأكد من أنه يعمل بشكل صحيح.

حدد Insert>Create Variable>Workspace لاستعراض المخرجات. انقر نقراً مزدوجاً على Workspace (مساحة العمل) وقم بإنشاء قاعدة بيانات جغرافية جديدة (gdb.) في مجلد العمل. في هذا المثال، تسمى قاعدة البيانات الجغرافية Temp_RCP4.5_CNRM-CM5.gdb (الشكل 14).

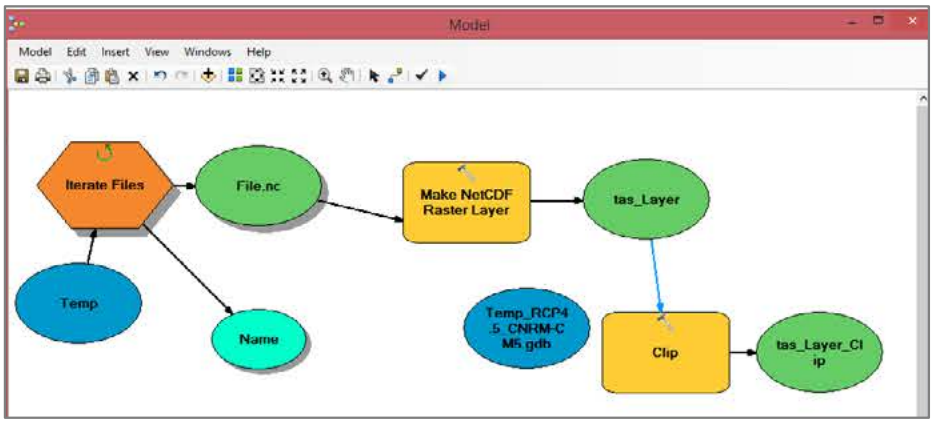
الشكل 14: Model Builder: إضافة متغير كمساحة عمل وإنشاء قاعدة بيانات جغرافية



ليس من الضروري في هذه المرحلة توصيل الشكل البيضاوي لقاعدة البيانات الجغرافية الزرقاء ببقية عناصر النموذج.

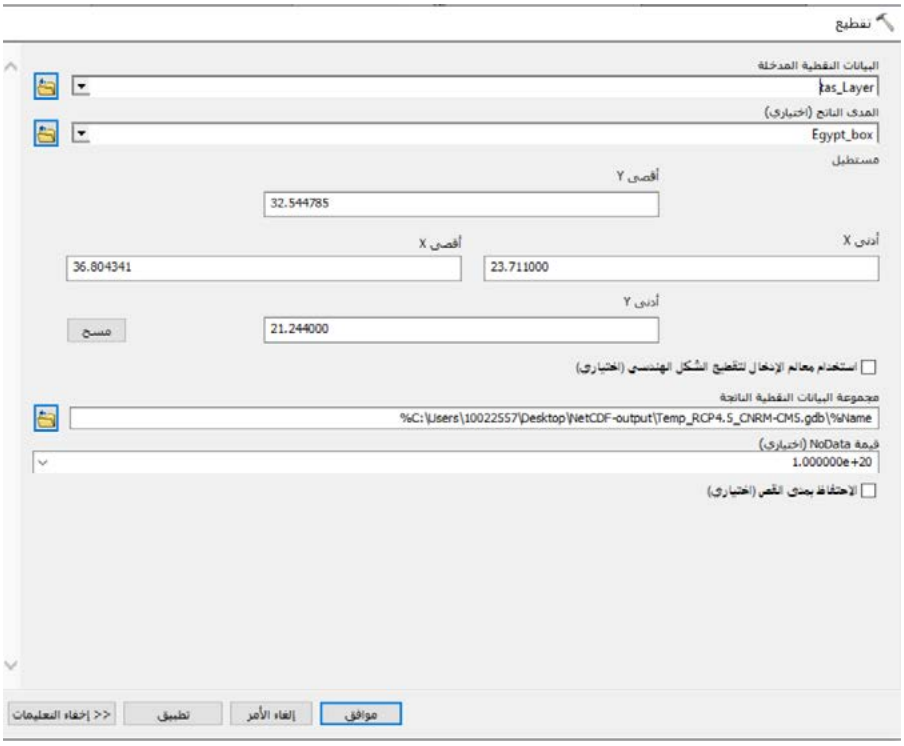
الخطوة الأخيرة هي قص الملفات النقطية NetCDF. أضف أداة Clip إلى النموذج الموجود أسفل Data Management Tools>Raster>Raster Processing وقم بتوصيلها بملف مخرجات طبقة البيانات النقطية (البيضاوي الأخضر) (الشكل 15).

الشكل 15: Model Builder: قص البيانات النقطية NetCDF إلى منطقة الاهتمام المحددة



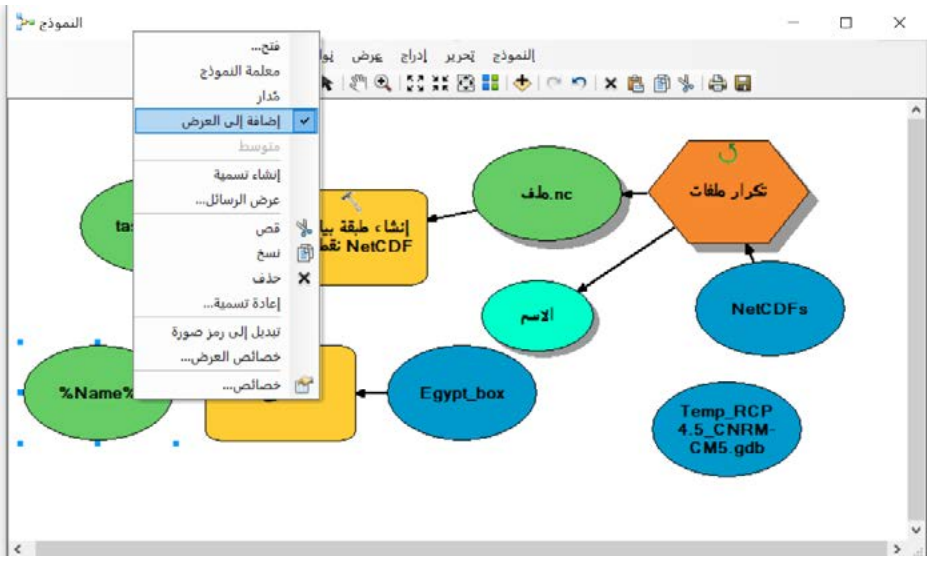
انقر نقراً مزدوجاً على أيقونة Clip وضمن Output Extent، حدد ملف الشكل الخاص بمنطقة الاهتمام. يجب تحديد المربع الخاص Use Input Features for Clipping Geometry. ضمن Output Raster Dataset، حدد قاعدة البيانات الجغرافية التي تم إنشاؤها (لهذا المثال، Temp_RCP4.5_CNRM-CM5.gdb) وحدد للملف الناتج اسماً (أي %Name). سيعمل نظام التسمية هذا على تسمية الملفات بنفس طريقة تسمية ملفات NetCDF الأصلية. لإجراء هذه الوظيفة، يجب أن تحتوي ملفات NetCDF الأصلية في المجلد على أسماء أقل من 13 حرفاً، مثل tas_2001، tas_2000، إلخ، والتي تمثل متغيّر المناخ والسنة (الشكل 16).

الشكل 16: Model Builder: اقتطاع الصور باستخدام الأداة Clip Raster



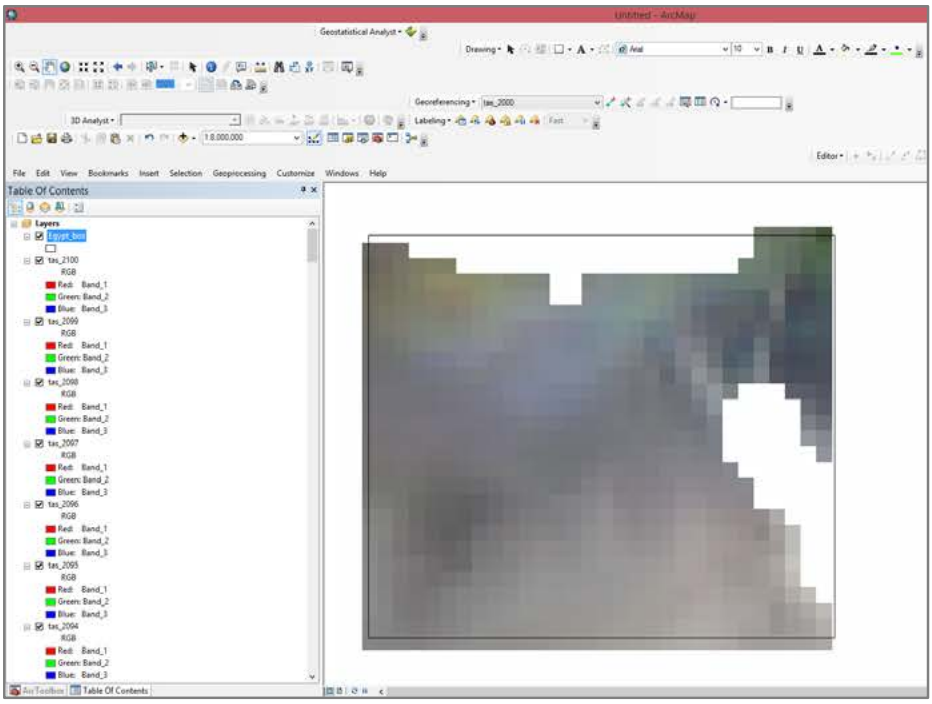
انقر بالزر اليمين على المُخرج output واختر Add to display لعرض البيانات النقطية في ArcMap (الشكل 17). قم بتشغيل النموذج.

الشكل 17: إضافة الصور المُقتطعة إلى العرض

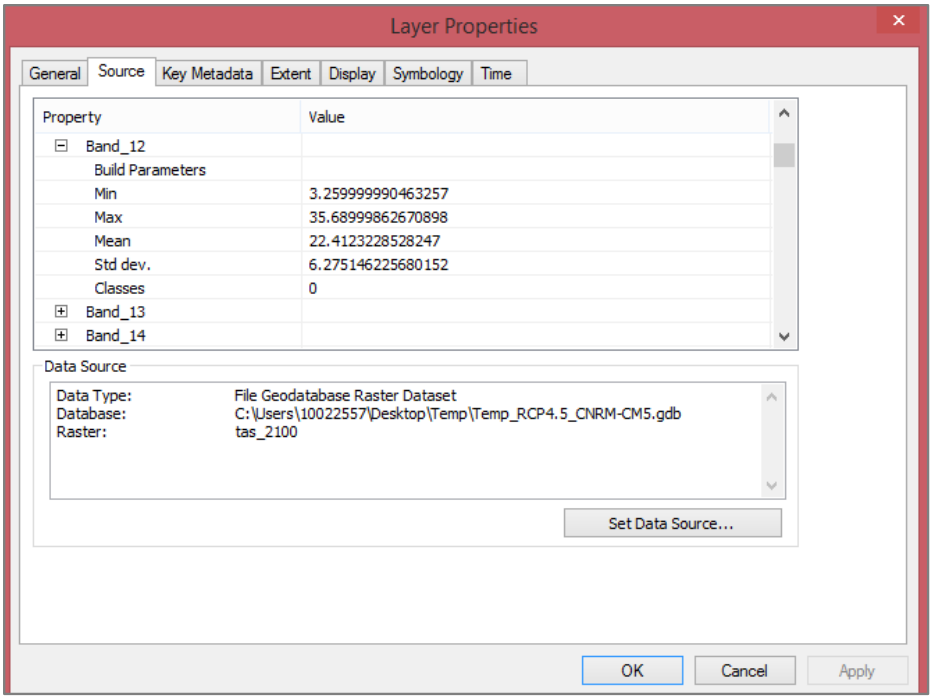


ستكون النتيجة ملفاً نقطياً واحداً متعدد النطاقات لكل ملف من ملفات NetCDF، وقد اقتطع إلى منطقة الاهتمام، وهو في هذا المثال مربع حول مصر (الشكل 18). تنقسم النطاقات الزمنية الثلاث الأولى، تلقائياً، إلى ثلاثة نطاقات ألوان. يمكن عرض خصائص كل نطاق زمني بالنقر بالزر الأيمن على ملف الطبقة في جدول المحتويات وتحديد Layer Properties أي خصائص الطبقة (الشكل 19). يمكن الحصول على تفاصيل كل نطاق زمني، بما في ذلك معاينة النطاق النقطي الفردي، من ArcCatalog (الشكل 20).

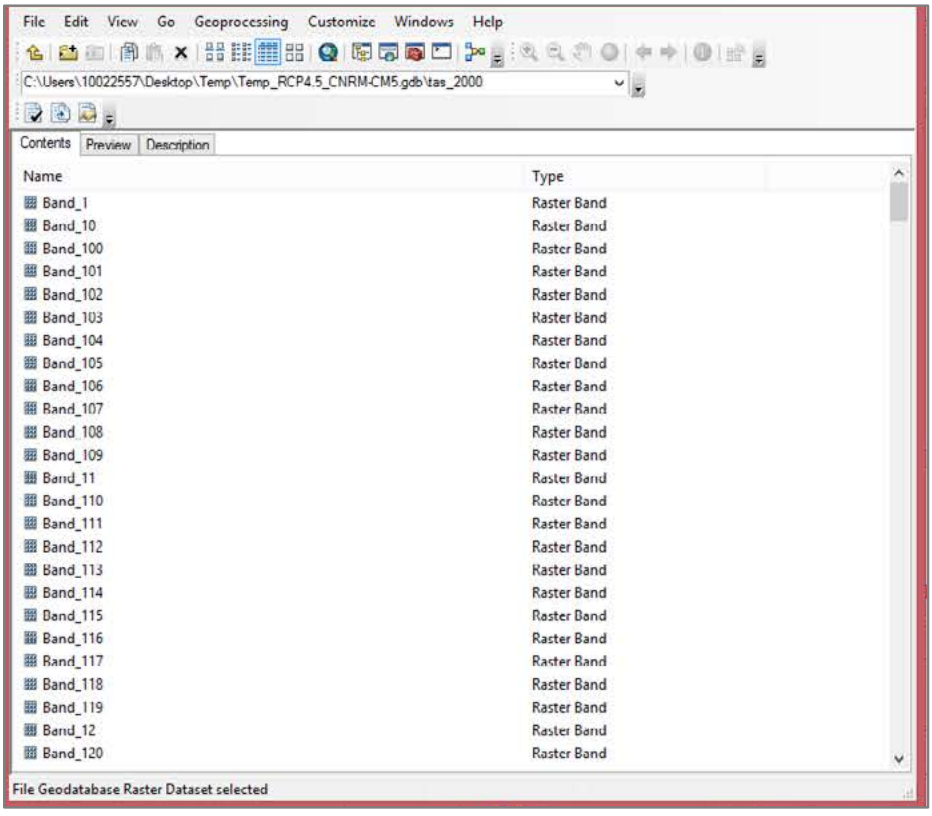
الشكل 18: Model Builder: ناتج اقتطاع البيانات النقطية NetCDF إلى منطقة الاهتمام



الشكل 19: خصائص طبقة الملف النقطي المتعددة النطاقات



الشكل 20: استعراض الملفات النقطية المتعددة النطاقات في برنامج ArcCatalog

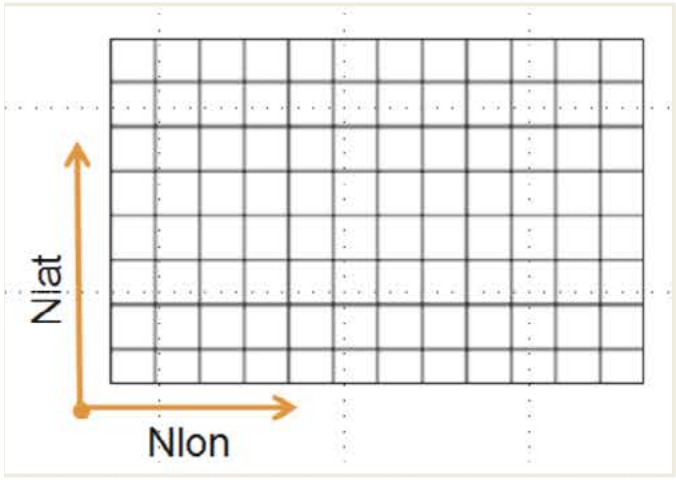


3.3 استخلاص جداول من ملفات NetCDF

1.3.3 مقدمة إلى إحداثيات nlatg nlon

لإنشاء ملفات بيانات نقطية انطلاقاً من ملفات NetCDF، يُستحسن العمل ضمن الإحداثيات الديكارتية القياسية، والتي يشار إليها بخطوط lon (لخط الطول) وlat (لخط العرض). لإنشاء بيانات جدولية من نطاق MNA-44 (50 x 50 كم)، يجب على المستخدمين العمل مع إحداثيات nlon وnlat. في حالة إحداثيات nlat وnlon، تحدد الإحداثيات من خلال عدد خلايا الشبكة في الاتجاهين الرأسي والأفقي، على الترتيب، وذلك انطلاقاً من الزاوية اليسرى السفلية (الشكل 21).

الشكل 21: نظام شبكي لإحداثيات nlong nlat



بالنسبة إلى نطاق MNA-44 (50 x 50 كم)، يوجد 232 خلية أفقية و118 خلية رأسية. وبالنسبة إلى نطاق MNA-22 (25 x 25 كم)، يتضاعف عدد الخلايا بسبب الدقة المكانية المضاعفة، مما يؤدي إلى 464 خلية أفقية و236 خلية رأسية. بالنسبة إلى النطاقات الأخرى، يعتمد عدد الخلايا على حجم النطاق والدقة المكانية.

يمكن للمستخدمين تحويل الإحداثيات من التقليدية إلى nlon وnlat باستخدام المعادلتين 1 و2 لـ MNA-44 والمعادلتين 3 و4 لـ MNA-22.

$$Nlat = \frac{lat - (-6.82)}{0.44} \quad (1)$$

$$Nlon = \frac{lon - (-26.62)}{0.44} \quad (2)$$

$$Nlat = \frac{lat - (-6.82)}{0.22} \quad (3)$$

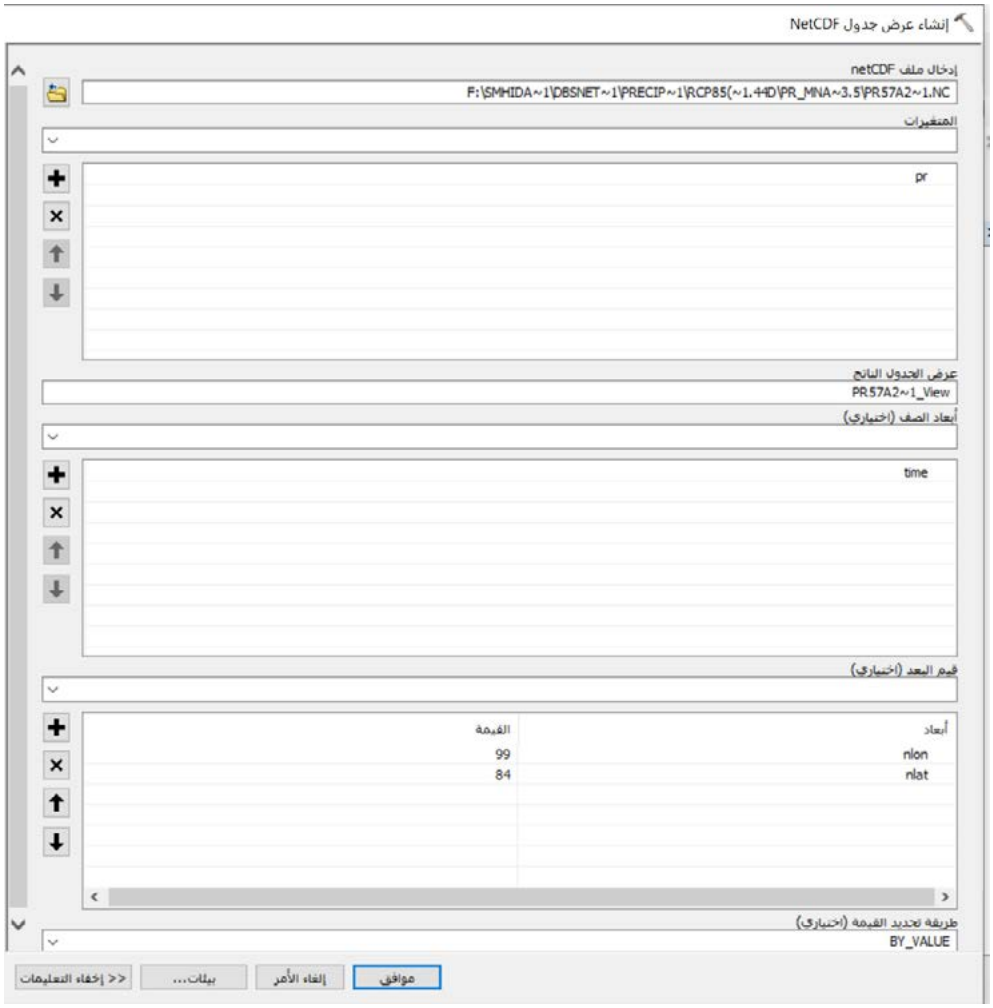
$$Nlon = \frac{lon - (-26.62)}{0.22} \quad (4)$$

قم بتقريب قيم nlon وnlat الناتجة إلى أقرب قيمة عدد صحيح بما أنّ قيم الخلية هي أعداد صحيحة أيضاً. من المحتمل أن تتطلب النطاقات الأصغر تعديلات على المعادلات.

2.3.3 استخلاص جدول للبيانات المناخية لموقع معين

يمكن لأداة *Make NetCD Table View* (إنشاء عرض جدول NetCDF) الموجودة تحت حزمة *Multidimension Tools* إنشاء جدول لجميع القيم من ملف NetCDF عند موقع معين. عند فتح الأداة، حدد ملف NetCDF المناسب، ثم حدد متغيّر المناخ المطلوب، واختر الوقت Time ضمن *row dimensions* (أبعاد الصف)، ثم اختر إحداثيات nlon وnlat المتعلقين بقيم البعد dimension values. ثم أدخل قيم إحداثيات nlon وnlat المناسبة للموقع المحدد (الشكل 22)، وقد حددت تونس في هذا المثال. يرجى ملاحظة أن بيانات MNA-22 (25 x 25 كم) لا تتضمن إحداثيات nlon وnlat؛ وبدلاً من ذلك، يختار المستخدمون إحداثيات خطوط الطول والعرض التقليدية استناداً إلى النقطة المركزية لبكسل الشبكة. تتوفر ملفات بصيغة Shapefiles لمساعدة المستخدمين على تحديد إحداثيات nlon وnlat (لـ MNA-44) وإحداثيات خط الطول وخط العرض المركزية (لـ MNA-22) عند الطلب.

الشكل 22: أداة Make NetCDF Table View



ستؤدي النتيجة إلى إنشاء جدول لقيم موقع محدد (الشكل 23). لاحظ الدقة الزمنية لملف NetCDF للحصول على وحدات القياس الصحيحة لمتغيّر المناخ. على سبيل المثال، بما أن التساقطات هي بيانات يومية، فإن قيم الجدول الناتجة هي ملم/يوم. وبالمثل، بالنسبة لمؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة الموسمية، فإن الوحدات هي أيام/موسم/سنة.

الشكل 23: نتيجة أداة Make NetCDF Table View

Table

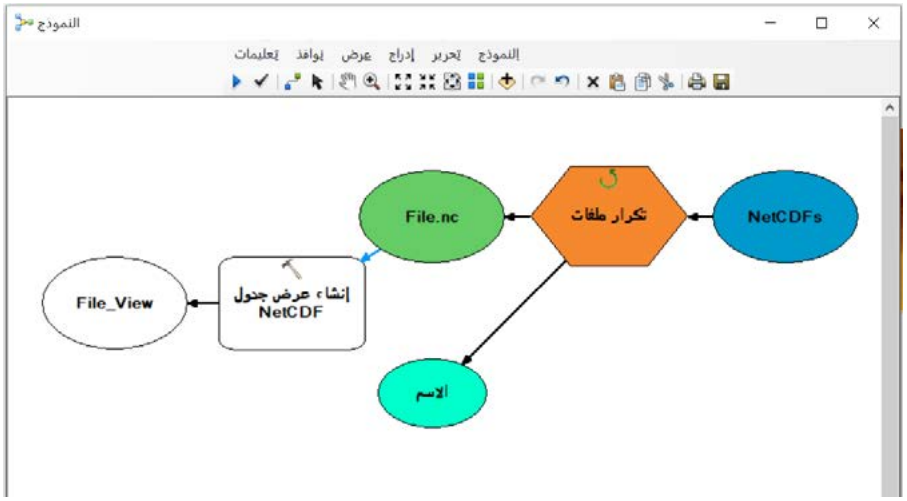
pr_MNA-44_NOAA-GFDL-GFDL-ESM

OID	time	pr
1	01/01/2080	0.79
2	02/01/2080	0
3	03/01/2080	0.79
4	04/01/2080	0.93
5	05/01/2080	0
6	06/01/2080	0
7	07/01/2080	0
8	08/01/2080	0.45
9	09/01/2080	0.93
10	10/01/2080	0
11	11/01/2080	2.08
12	12/01/2080	0.45
13	13/01/2080	0.93
14	14/01/2080	0
15	15/01/2080	0
16	16/01/2080	0
17	17/01/2080	0
18	18/01/2080	0
19	19/01/2080	0
20	20/01/2080	0
21	21/01/2080	0.45
22	22/01/2080	0.93
23	23/01/2080	0

3.3.3 استخدام Model Builder لاستخلاص جدول للبيانات المناخية لعدة سنوات

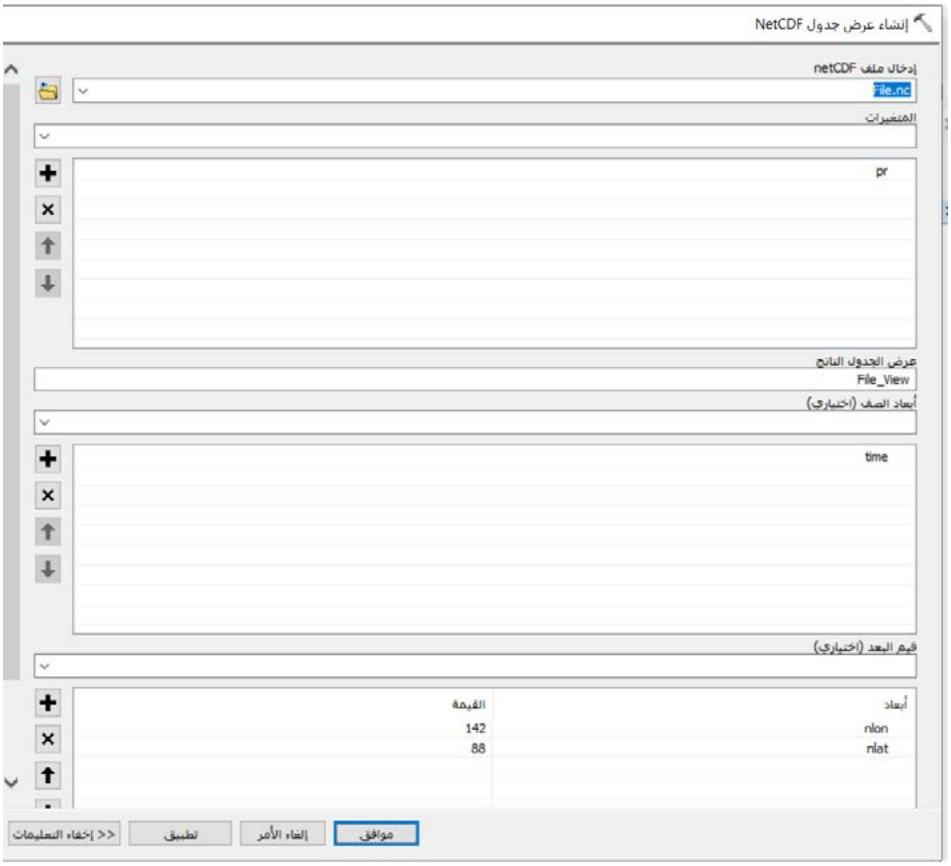
يمكن استخدام Model Builder لإنشاء جدول يحتوي على قيم لمتغير مناخي معين في نقطة واحدة على مدار عدة سنوات، مثلاً من عام 1981 وحتى 2100. تتطابق الخطوات الأولى مع خطوات اقتطاع طبقات بيانات نقطية متعددة، باستثناء الخطوة الأخيرة المتمثلة في استخدام أداة Make NetCDF Table View (الشكل 24).

الشكل 24: Model Builder : الخطوات الأولية لأداة Make NetCDF Table View



في هذا المثال، تستخرج بيانات التساقطات في عمّان. ينبغي تحويل إحداثيات الموقع إلى nlon وnlat. أدخل المعلومات في أداة Make NetCDF Table View من خلال أخذ المعلومات من أحد ملفات NetCDF في المجلد (الشكل 25). تذكر أن تحذف المُدخل البيضاوي الأزرق في model builder الممثل لملف NetCDF ثم صِل المُدخل البيضاوي الأخضر (File.nc) بالأداة. ثم قم بتشغيل النموذج.

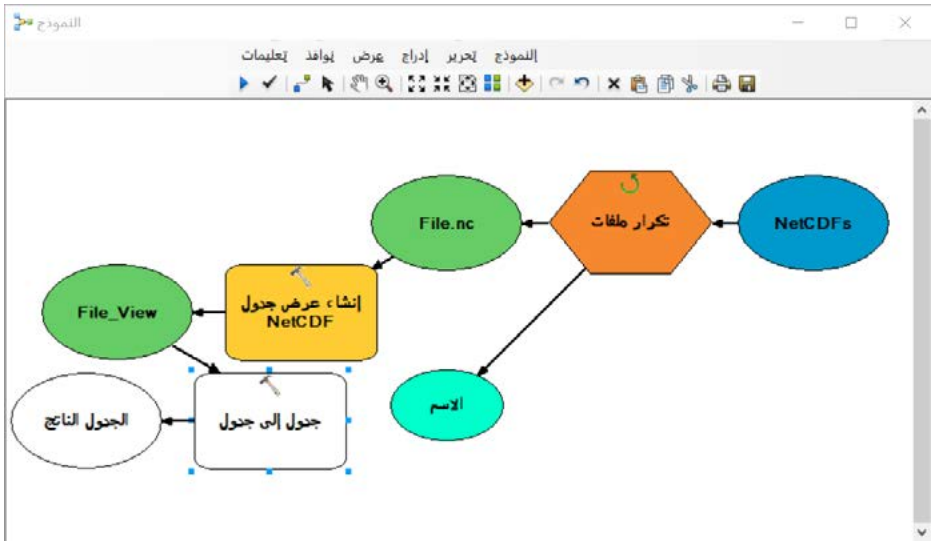
الشكل 25: Model Builder: إدخال المعلومات اللازمة في نافذة الأداة Make NetCDF Table View



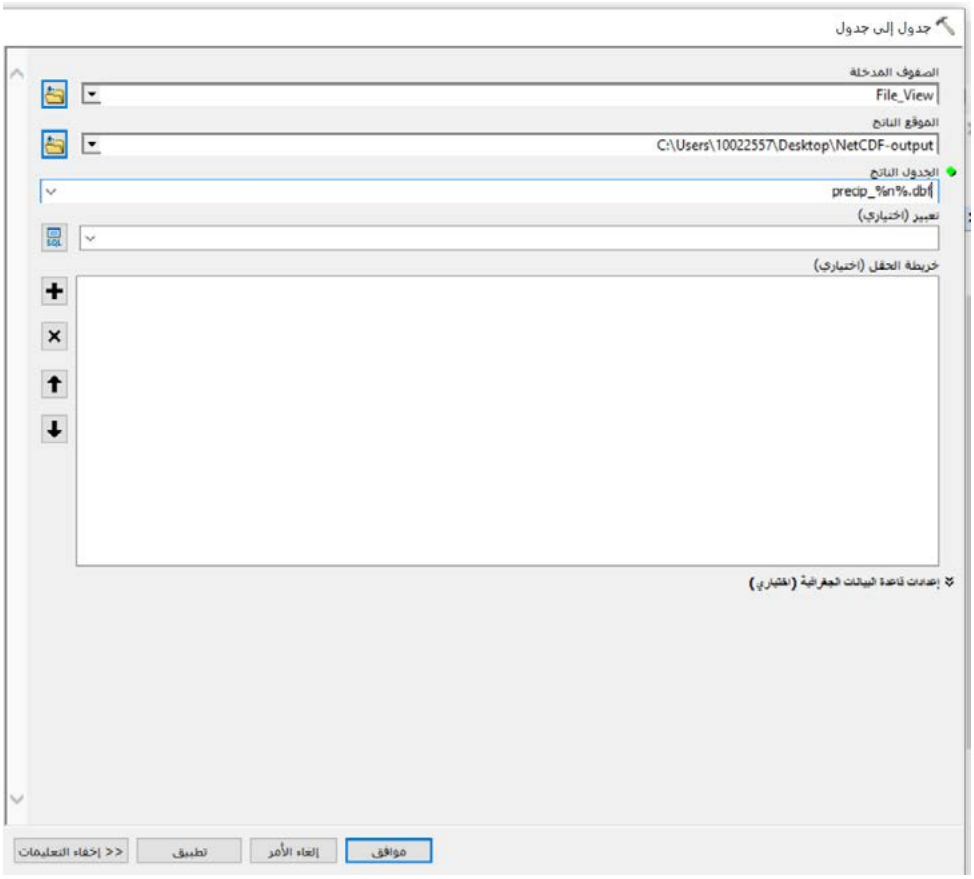
أضف أداة Table to Table (جدول إلى جدول) إلى Model Builder الموجود ضمن Conversion Tools>To Geodatabase (الشكل 27). سيؤدي ذلك إلى تحويل المُخرج الناتج عن Make NetCDF Table إلى قاعدة بيانات جغرافية (geodatabase).

أنقر نقراً مزدوجاً على أيقونة Table to Table لإدخال البيانات. يجب أن تكون صفوف الإدخال Input rows هي مخرج Make NetCDF Table View، والذي يُسمى File View في هذا المثال. سيكون موقع الإخراج Output Location مجلداً يحدده المستخدم. يجب تسمية جدول الإخراج Output Table من قبل المستخدم وتضمين %n% لإضافة رقم فريد إلى كل جدول، بدءاً من 0 (الشكل 27).

الشكل 26: Model Builder: إدخال Table to Table ضمن Make NetCDF Table View

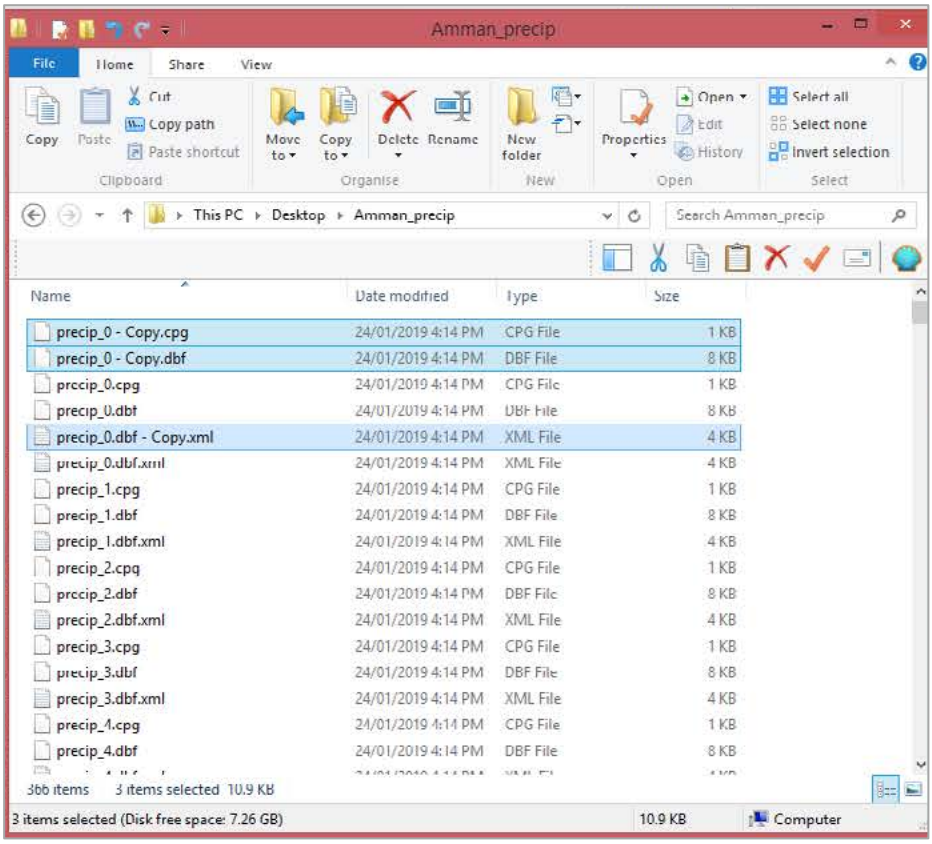


الشكل 27: Model Builder: إدخال المعلومات في أداة Table to Table



قم بتشغيل النموذج بأكمله. بعد الانتهاء، يمكن للمستخدم فتح المجلد الذي تم إنشاؤه. ثلاثة ملفات (cpg، وdbf.، وdbf.xml) تشتمل على جدول واحد. انسخ وألصق الجدول الأول (جميع الملفات الثلاثة)، وهو اسم جدول الإخراج متبوعاً بـ 0 (الشكل 28).

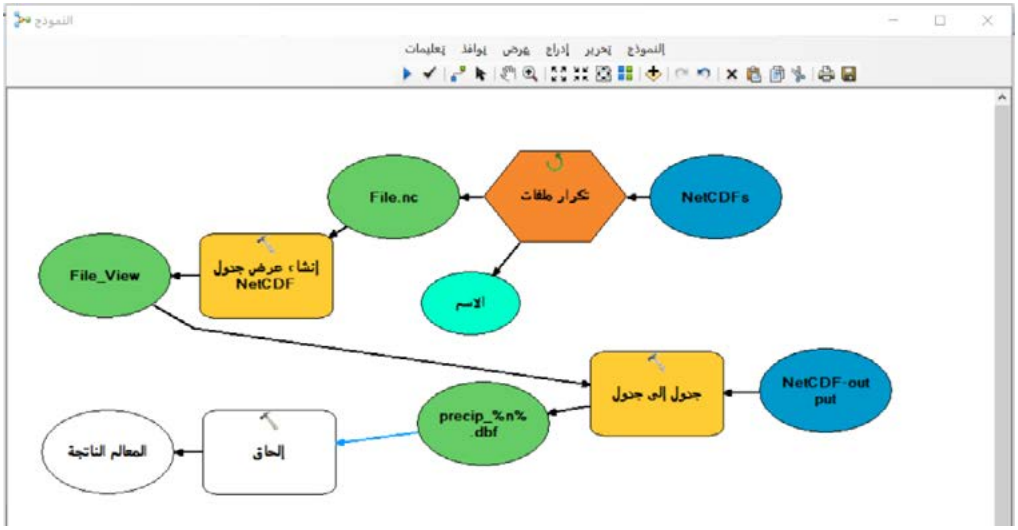
الشكل 28: Model Builder: إستعراض المخرجات في مجلد الإستخراج ونسخ الجدول الأول



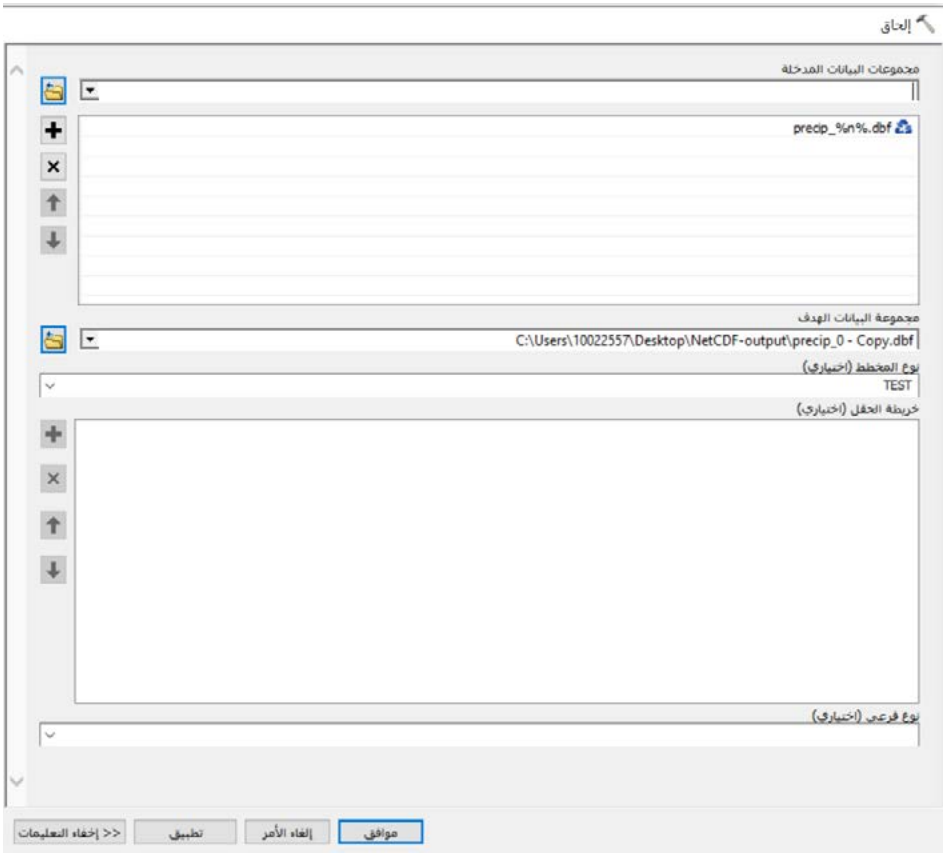
لدمج جميع النتائج في جدول واحد، يجب إضافة أداة إلحاق Append إلى Model Builder، والأداة موجودة ضمن Data Management Tools>General. قم بتوصيل Append إلى مخرج table to table (أي precip_%n%.dbf) (الشكل 29).

انقر نقراً مزدوجاً على أداة Append. ستدخل مجموعة بيانات المدخلات Input Dataset تلقائياً عن طريق الاتصال في Model Builder (أي precip_%n%.dbf). حدد ملف .dbf المنسوخ (أي precip_0-Copy.dbf) من مجلد الإخراج المحفوظ على الكمبيوتر وأضفه إلى مجموعة البيانات الهدف Target Dataset (الشكل 30).

الشكل 29: Model Builder: دمج الإخراج في جدول واحد

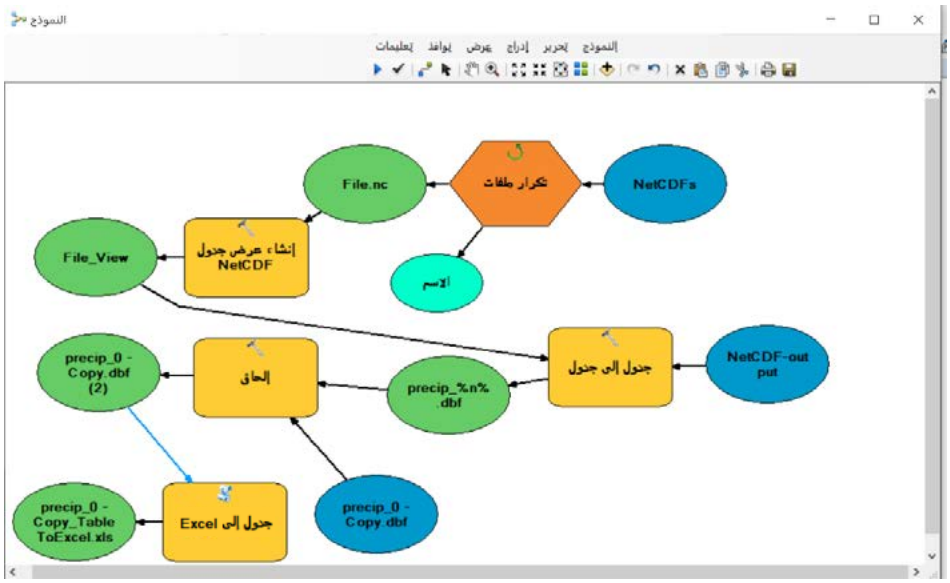


الشكل 30: Model Builder: إدخال المعلومات اللازمة ضمن أداة Append



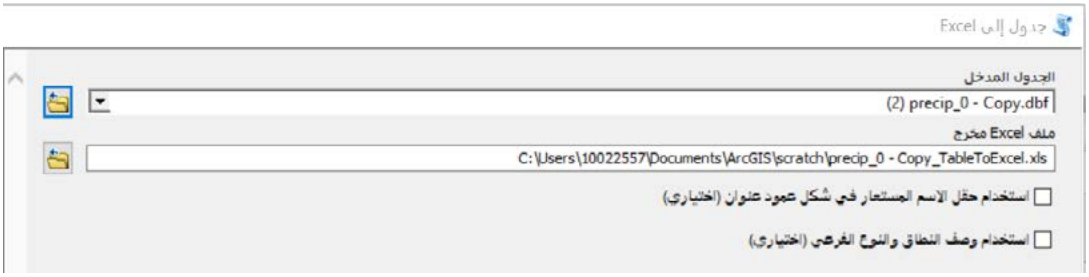
أضف أداة Table to Excel (الجدول إلى Excel) إلى Model Builder من المسار Conversion Tools>Excel، ثم قم بتوصيلها بالمخرج لتحويل جميع الملفات إلى صيغة ملفات Excel (الشكل 31).

الشكل 31: Model Builder: أداة Table to Excel



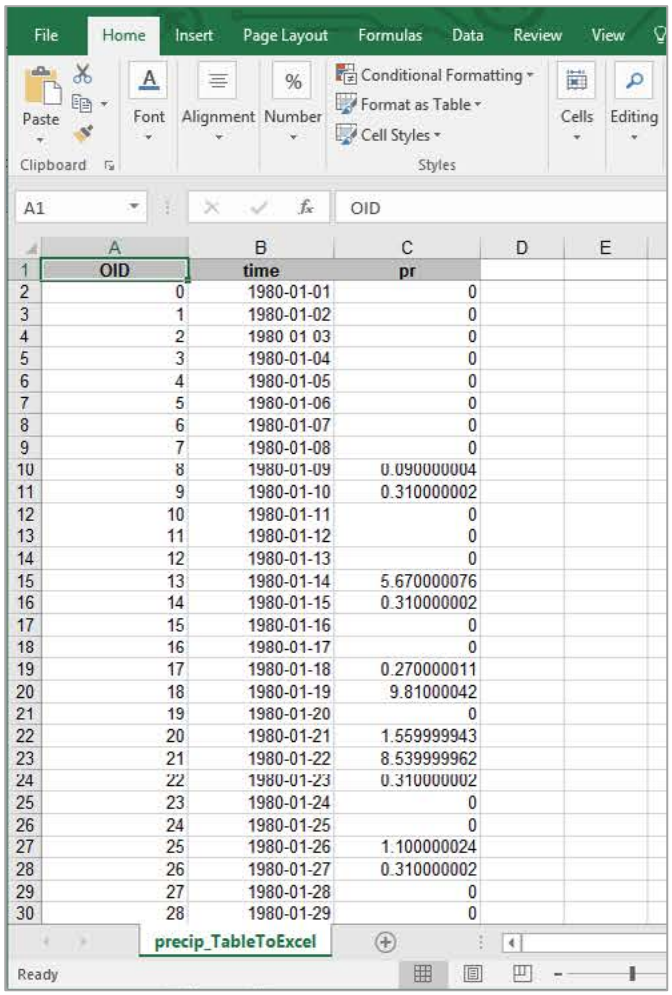
انقر نقراً مزدوجاً على أداة Table to Excel. سيكون الوصول إلى جدول الإدخال Input Table هو الخيار التلقائي من منشئ النموذج. سيحتاج المستخدمون إلى تحديد موقع الإخراج واسم الملف، مع الاحتفاظ بلاحقة xls. لملف Excel (الشكل 32).

الشكل 32: إدخال المعلومات اللازمة ضمن أداة Table to Excel



قم بحفظ وتشغيل النموذج بأكمله. ستكون النتيجة جدول بيانات Excel يحتوي على قيم التساقطات اليومية (ملم/يوم) لكل ملف NetCDF في الموقع المحدد (الشكل 33).

الشكل 33: Model Builder: إستعراض ملف اكسل الناتج عنMake NetCDF Table View



	A	B	C	D	E
1	OID	time	pr		
2	0	1980-01-01	0		
3	1	1980-01-02	0		
4	2	1980 01 03	0		
5	3	1980-01-04	0		
6	4	1980-01-05	0		
7	5	1980-01-06	0		
8	6	1980-01-07	0		
9	7	1980-01-08	0		
10	8	1980-01-09	0.090000004		
11	9	1980-01-10	0.310000002		
12	10	1980-01-11	0		
13	11	1980-01-12	0		
14	12	1980-01-13	0		
15	13	1980-01-14	5.670000076		
16	14	1980-01-15	0.310000002		
17	15	1980-01-16	0		
18	16	1980-01-17	0		
19	17	1980-01-18	0.270000011		
20	18	1980-01-19	9.81000042		
21	19	1980-01-20	0		
22	20	1980-01-21	1.559999943		
23	21	1980-01-22	8.539999962		
24	22	1980-01-23	0.310000002		
25	23	1980-01-24	0		
26	24	1980-01-25	0		
27	25	1980-01-26	1.100000024		
28	26	1980-01-27	0.310000002		
29	27	1980-01-28	0		
30	28	1980-01-29	0		

4 إنشاء مجموعاتٍ تحليلية باستخدام أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools

1.4 حساب الإسقاطات السنوية والموسمية

للحصول على أفضل تقدير متوقع ممكن من النماذج المناخية المختلفة، يوصى بالتحليل كمجموعات. تجمع كافة عمليات المحاكاة النموذجية القائمة على السيناريو المناخي نفسه والتي لها نفس الدقة المكانية وتقدم كقيمة وسيطة للمجموعة. علاوة على ذلك، يجب أن يمثل وسيط المجموعة نتائج من عدة سنوات. في إطار مبادرة ريكار، وقع الاختيار على ثلاث فترات زمنية مختلفة لتقديم البيانات كمتوسط مجموعة:

- الفترة المرجعية (1986-2005)
- فترة منتصف القرن (2046-2065)
- فترة نهاية القرن (2081-2100)

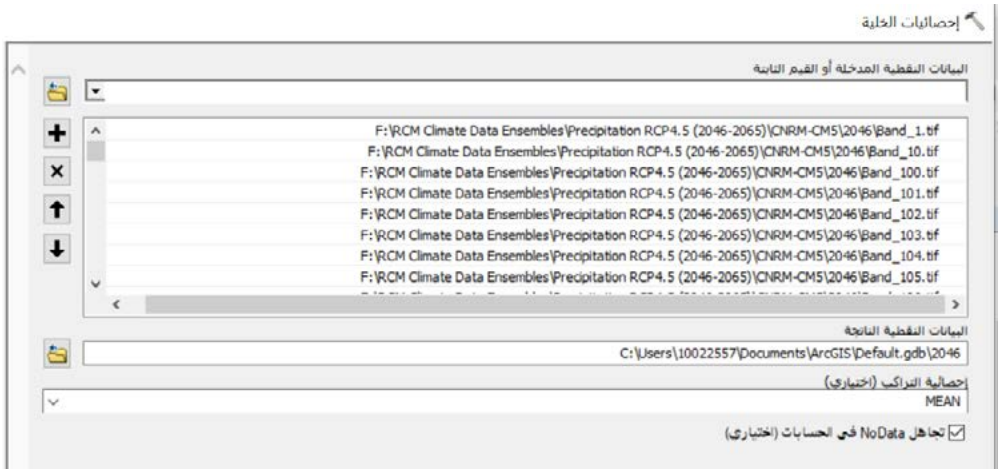
تتوفر المخرجات من هذه الفترات الزمنية على بوابة بيانات المركز الإقليمي للمعرفة، كما تتوفر عليه مُخرجات فترة قرب القرن، أي المخرجات التي تمثل الفترة ما بين 2016-2035.

قد يختار المستخدمون تقييم فترات مختلفة، مثل اسقاطات المناخ لمدة 10 سنوات، أو قد يرغبون في تقييم البيانات موسمياً. تتطلب هذه الحالات تطوير مجموعة جديدة.

الخطوات الأولى هي إنشاء ملف البيانات النقطية NetCDF (انظر القسم 1.2.3) واستخراج شرائح زمنية متعددة من ملف طبقة البيانات النقطية (انظر القسم 2.2.3).

يمكن لأداة إحصائيات الخلية Cell Statistics، الموجودة ضمن Spatial Analyst Tools>Local، حساب المجموع أو المتوسط أو إحصاءات أخرى من ملفات نقطية متعددة (الشكل 34).

الشكل 34: أداة Cell statistics



تُستخدم عادة القيمة الإحصائية Mean، أي المتوسط، لمتغيّرات المناخ مثل درجة الحرارة. وبالنسبة للتساقطات، يتم عادةً الإبلاغ عن متوسط القيم السنوية على أنها ملم/شهر أو ملم/سنة بدلاً من ملم/يوم. في هذه الحالات، يجب على المستخدمين أولاً جمع كل من النطاقات النقطية اليومية، ثم حساب متوسط القيم المجمعة. قد يجد المستخدمون أنه من المفيد إنشاء نموذج باستخدام Model Builder لتسريع هذه العملية وتقليل الأخطاء في تحديد النطاقات الزمنية ذات الصلة.

يكرر استخدام أداة Cell Statistics للحصول على متوسط النتائج التي تم الحصول عليها من عدة سنوات، ثم مرة أخرى لجعل متوسط النتائج من كل من النماذج المناخية، للحصول في النهاية على نتيجة المجموعة.

2.4 مقارنة الإسقاطات باستخدام اداة حاسبة البيانات النقطية raster calculator

بدلاً من الإبلاغ عن القيم الفعلية التي جرى الحصول عليها من الإسقاطات المستقبلية، من الشائع الإبلاغ عن التغير في القيم مقارنة بفترة مرجعية محددة. على سبيل المثال، في إطار مبادرة ريكار، عكست نتائج منتصف القرن (2046-2065) تغييراً في متغيّرات المناخ المختلفة مقارنة بالفترة المرجعية (1986-2005).

يمكن تحديد التغيير في القيم باستخدام حاسبة البيانات النقطية Raster Calculator، الموجودة ضمن Spatial Analyst Tools>Math Algebra (الشكل 35). يمكن أن تقوم أداة Raster Calculator بالعديد من الوظائف الرياضية. في هذه الحالة، يقوم المستخدمون ببساطة بطرح قيم الفترة المرجعية من القيم المسقطة.

الشكل 35: أداة Raster Calculator

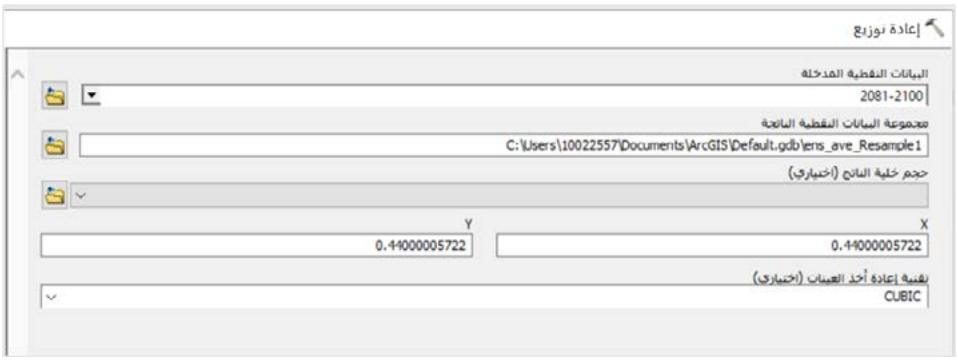
5 استيفاء Interpolation البيانات المناخية

1.5 إعادة توزيع واستيفاء البيانات

كما تبين في ما سبق، تبلغ الدقة المكانية للبيانات المناخية 50 x 50 كم (أو في حالات محدودة، 25 x 25 كم). بالإضافة إلى ذلك، يتم فجوة البيانات في بعض المناطق الساحلية بسبب عملية تصحيح الانحياز. قد يختار المستخدمون تغيير البيانات إلى دقة مكانية مختلفة للسماح بتوافق أسهل مع الملفات النقطية الأخرى أو لاستقراء القيم لتشمل المناطق الساحلية.

تمكّن أداة إعادة توزيع Resample، الموجودة ضمن Data Management Tools>Raster>Raster Processing، المستخدمين من تحويل البيانات النقطية إلى دقة مكانية مختلفة (الشكل 36). ستظهر، تلقائياً، بيانات المناخ 50 x 50 كم بحجم خلية شبكة 0.44 x 0.44 وهي تمثل درجات (وبالمثل، ستعرض بيانات الـ 25 x 25 كم كبيانات 0.22 x 0.22 درجة).

الشكل 36: أداة Resample



لتحويل 50 x 50 كلم إلى 1 x 1 كلم، يجب استخدام المعادلة 5، التي تقسم الحجم بالدرجات على الحجم بالكيلومترات، حيث x = 1 كلم. وبالمثل، يجب تطبيق نهج مماثل لأحجام مختلف خلايا الشبكة.

$$50x = 0.44 \quad (5)$$

هناك أربع تقنيات مختلفة لإعادة التوزيع للاختيار من بينها: الأقرب nearest والأغلبية majority والثنائية bilinear والمكعبة cubic. الأولين هما الأنسب للبيانات المنفصلة، التي لها حدود أو حدود مميزة مثل بيانات المباني أو الطرقات. الأخيران مناسبان للبيانات المستمرة، مثل بيانات المناخ. يحسب الأسلوب الثنائي القيم من البيكسلات الأربع المحيطة، في حين أن الطريقة المكعبة تحسب من أقرب 16 بيكسل وتنتج صورة أكثر سلاسة.

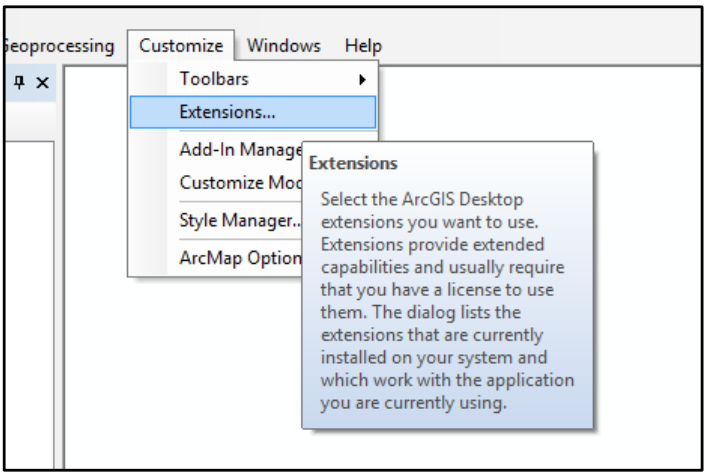
ولا يؤدي تغيير إعادة التوزيع حجم مربع الشبكة إلا إلى زيادة سلاسة الصورة. ومدى البيانات هو نفسه المدى في مجموعة البيانات الأصلية. في بعض الحالات، قد يختار المستخدمون استقراء البيانات للمناطق التي قد تكون فجوة، مثل المناطق الساحلية. وينفذ ذلك باستخدام عملية متعددة الخطوات:

1. إجراء الاستيفاء باستخدام Geostatistical Analyst
2. تحويل النتيجة إلى بيانات نقطية
3. استخراج البيانات النقطية إلى الشكل المطلوب

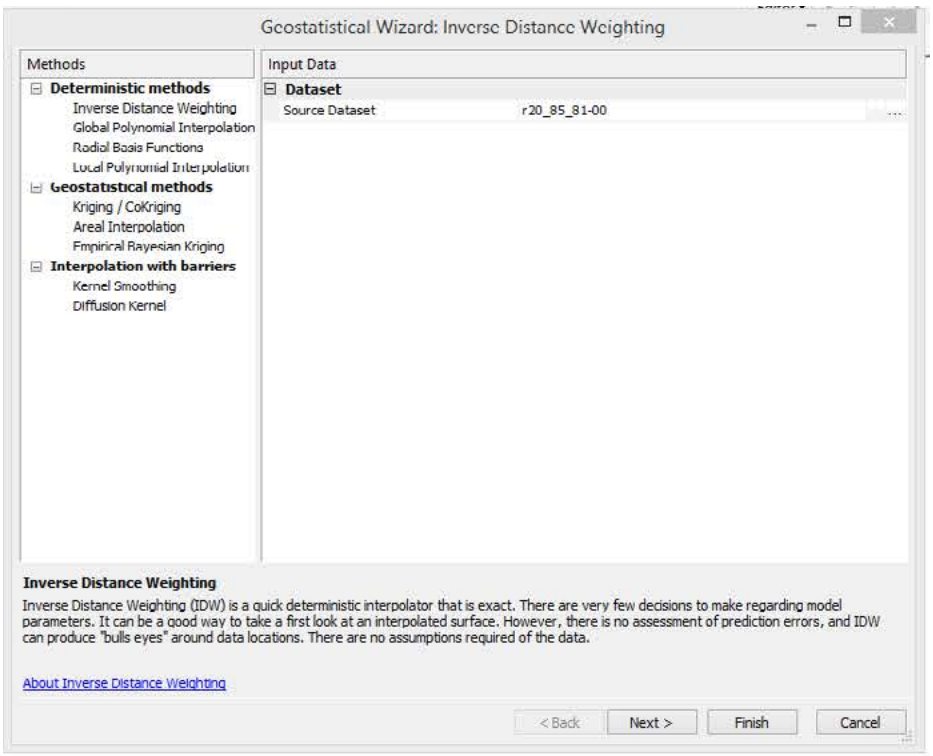
يمكن العثور على أدوات الاستيفاء ضمن أداة المحلل الجيولوجي الاستراتيجي Geostatistical Analyst في Spatial Analyst Tools>Interpolation. لن يعمل هذا الأخير للبيانات النقطية. لاستخدام Geostatistics Analyst، يجب تشغيل الامتداد المناسب، الموجود تحت Customize في ArcMap (الشكل 37). يمكن بعد ذلك تنشيط شريط الأدوات Geostatistical Analyst. يمكن تسهيل الاستيفاء باستخدام المعالج الجيولوجي Geostatistical Wizard (الشكل 38).

تتوفر عدة طرق يمكن استخدامها للاستيفاء. والأسرع والأكثر ملاءمة من بينها هو الترجيح العكسي للمسافة (Inverse Distance Weighting – IDW) لأن البيانات فيه مستمرة. يمكن للمستخدمين إما تحديد «إنهاء» Finish مباشرة أو عرض مراحل الاستيفاء بالضغط على «التالي» Next. هناك حاجة لمراجعة النتائج المرحلية عند تطبيق طرق استيفاء أكثر تقدماً، مثل kriging. ستشبه النتيجة المحققة باستخدام IDW الشكل 39 الذي يتضمن البيانات المناخية للنطاق بأكمله بما في ذلك المسطحات المائية. لاحظ أن هذه النتيجة المحققة لا تحفظ وهي متاحة فقط في ذاكرة الكمبيوتر.

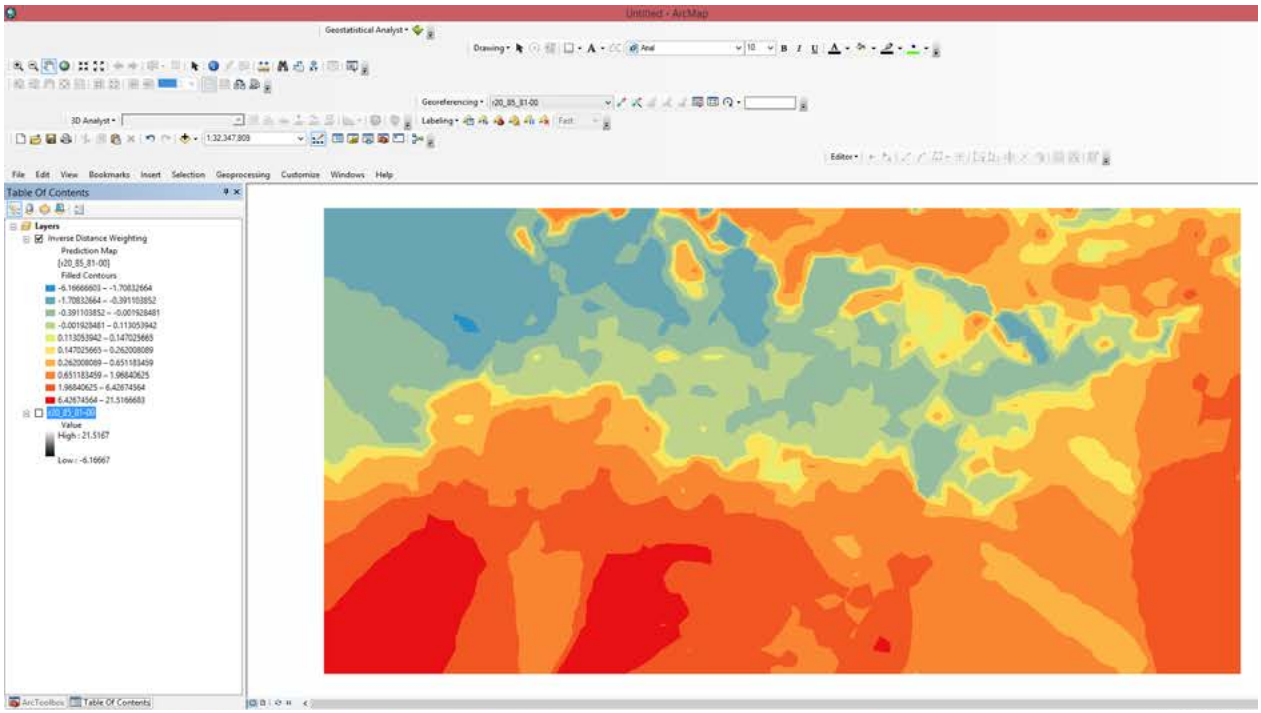
الشكل 37: خيار لتفعيل الامتدادات في ArcMap



الشكل 38: أداة Geostatistical Wizard

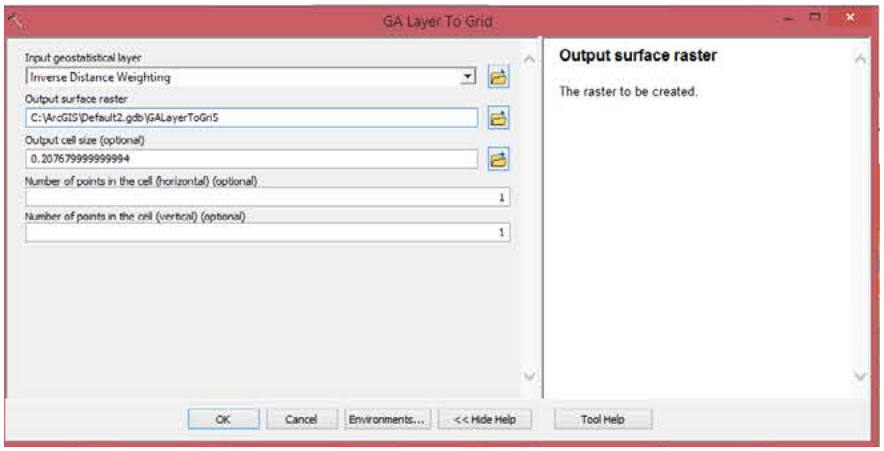


الشكل 39: مثال عن مَخرج عملية Interpolation باستخدام طريقة IDW



يجب تحويل النتيجة المستكملة إلى البيانات النقطية باستخدام أداة GA Layer to Grid (الشكل 40). وتتنشط هذه الأداة عن طريق النقر بالزر الأيمن على طبقة الترجيح العكسي للمسافة Inverse Distance Weighing في جدول المحتويات، وتحديد *Data*، والتصدير إلى البيانات النقطية *Export to Raster*. يوصى بترك الاسم الافتراضي مثل Output surface raster؛ وإلا فقد يواجه المستخدمون أخطاء برمجية أثناء استخدام الأداة. يجب أن يكون حجم خلية الإخراج هو نفس حجم الخلية المعاد توزيعها. عدد النقاط الأفقية والرأسية في الخلية هو 1، والتي يجب أن تكون القيمة الافتراضية. وستعرض النتيجة في جدول المحتويات.

الشكل 40: أداة GA Layer to Grid



يمكن قطع البيانات النقطية GA Layer to Grid إلى الشكل المطلوب (مثل مستجمع المياه أو حدود البلد) باستخدام أداة Extract by Mask (أداة الاستخراج حسب القناع)، الموجودة ضمن Extraction/Spatial Analyst Tools (الشكل 41). حدد البيانات النقطية GA Layer to Grid والشكل المطلوب (إما بيانات نقطية أو ملف بصيغة shapefile). قد يجد المستخدمون بيانات غريبة مع النتيجة أو قد يواجهون أخطاء في تسمية البيانات النقطية للمخرجات غير التلقائية. في مثل هذه الحالات، يمكن إزالة البيانات الغريبة أو إعادة تسمية الملف وحفظه باستخدام أداة Extract by Rectangle. ستكون النتيجة مجموعة بيانات نقطية مع حجم ومدى خلية الشبكة المطلوبة.

لاحظ أنه لا يمكن إجراء الاستيفاء باستخدام أداة التعبئة Fill، الموجودة ضمن Spatial Analyst Tools>Hydrology. الغرض من هذه الأداة هو إزالة العيوب الصغيرة في مجموعات البيانات النقطية للتطبيقات الهيدرولوجية. وهي لن تقوم باستقراء البيانات بشكل كافٍ.

يجب تطبيق هذه العمليات فقط في حالات معينة، مثل دراسات قابلية التأثر، حيث يجب أن تكون مجموعات البيانات المساهمة بنفس الدقة والمدى المكاني. وليس المقصود منه الإشارة إلى دقة مكانية أعلى أو دقة للبيانات.

الشكل 41: أداة Extract by Mask

2.5 الفرق بين الاستيفاء وتقليص النطاق

تقدم النمذجة المناخية الإقليمية إسقاطات على نطاق أصغر مما هو متاح تقليدياً في النماذج المناخية العالمية. يمكن للنماذج المناخية الإقليمية مراعاة التفاصيل مثل التضاريس، ومحاكاة المناخ بتفاصيل مكانية أكبر من النماذج المناخية العالمية. ومع ذلك، يحدد مقياس الإسقاط ملاءمته ودقته للاستخدام في دراسات مختلفة. للتحليل على نطاق أصغر، قد يميل المستخدمون إلى إعادة توزيع واستيفاء البيانات كما هو موضح في القسم 5.1. ولكن لا ينبغي استخدام طرق الاستيفاء مثل kriging (أو co-kriging) مع بيانات المناخ المنمذجة، مثل بيانات إعادة التحليل أو الإسقاطات. يمكن تطبيق Kriging عند استيفاء بيانات الأرصاد الجوية التاريخية حيث إنها مجموعات بيانات تمت رصدها. يمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات في Venäläinen and Heikinheimo (2002)، Jeffrey and others (2001)، Spadavecchia and Williams (2009).

لتحويل مخرجات النمذجة المناخية بشكل صحيح إلى مقياس مكاني أو زمني أصغر، يجب على المستخدمين إجراء تقليص النطاق. يمكن إجراء تقليص النطاق من خلال تقنيات ديناميكية أو إحصائية. يقوم التقليص الديناميكي للنطاق بتشغيل نموذج مناخي إقليمي على نطاق فرعي باستخدام مجموعات بيانات الرصد ويستند إلى مخرجات نمذجة مناخية أخرى لتحديد شروط الحدود بناءً على المبادئ الفيزيائية. يمكن اعتبار هذه الطريقة مكثفة حسابياً. يأخذ التقليص الإحصائي للنطاق في الاعتبار العلاقات الإحصائية بين المتغيّرات المناخية المحلية والمتنبئات واسعة النطاق مثل حقول الضغط إلى جانب تطبيق هذه العلاقات على مخرجات النمذجة. لمزيد من المعلومات، يمكن الاطلاع على Teutschbein and Seibert (2010).

الحواشي

1. SMHI, 2017.
2. يمكن الوصول إلى بوابة معلومات المركز الاقليمي للمعرفة على هذا الرابط: https://rkh.apps.fao.org.
3. يمكن الوصول إلى بيانات CORDEX على بوابة بيانات اتحاد شبكات النظم الأرضية (ESGF) عبر الرابط التالي: https://esg-dn1.nsc.liu.se/ projects/esgf-liu/.
4. ESCWA and ACSAD, 2019.
5. تتوفر التعليمات وتنزيل الأداة من الموقع التالي: https://support.esri.com/en/technical-article.

المراجع

ESCWA and others (2017). Arab Climate Change Assessment Report – Main Report. Beirut, E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report.

ESCWA and ACSAD (2019). Guidelines for Accessing CORDEX Regional Climate Projections. *RICCAR Technical Note*, Beirut, E/ESCWA/SDPD/2019/RICCAR/TechnicalNote.3.

Jeffrey, S. J. and others (2001). Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data, *Environmental Modelling & Software*, Volume 16, Issue 4, Pages 309-330, ISSN 1364-8152.

Swedish Meteorological and Hydrological Institute (2017). Regional Climate Modelling and Regional Hydrological Modelling Applications in the Arab Region. *RICCAR Technical Note*, Beirut, E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalNote.1. Available at: www.riccar.org

Spadavecchia, L. and Williams, M. (2009). Can Spatio-temporal Geostatistical Methods Improve High Resolution Regionalisation of Meteorological Variables? *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 149, Issues 6–7, Pages 1105-1117, ISSN 0168-1923, https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.01.008.

Teutschbein, C. and Seibert, J. (2010). Regional Climate Models for Hydrological Impact Studies at the Catchment Scale: A Review of Recent Modeling Strategies. *Geography Compass*, 4: 834-860. doi:10.1111/j.1749-8198.2010.00357.x

Venäläinen, A. and Heikinheimo, M. (2002). Meteorological Data For Agricultural Applications, *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, Volume 27, Issues 23–24, Pages 1045-1050, ISSN 1474-7065, https://doi.org/10.1016/S1474-7065(02)00140-7.