



المبادرة الإقليمية لفهم أثر تغير المناخ على  
الموارد المائية وتبنيه بأثر الفعاليات المجتمعية  
والاشتراك في المنظمة العربية

# دليل التدريب حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحليل بيانات تغير المناخ





المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على  
الموارد المائية وتنبؤ تأثير القطاعات الاجتماعية  
والاقتصادية في المنطقة العربية

# دليل التدريب حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحليل بيانات تغير المناخ

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



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 يجوز 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](mailto:publications-escwa@un.org)

الموقع الإلكتروني: [www.unescwa.org](http://www.unescwa.org); [www.riccar.org](http://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 تغير 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.

صدر هذا التقرير دون تحرير رسمي.

التصميم: ...

## توطئة

إن المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) مبادرة مشتركة بين الأمم المتحدة وجامعة الدول العربية أطلقت في عام 2010.

وتنفّذ ريكار عبر شراكة قائمة على التعاون بين 11 منظمة إقليمية ومتخصصة هي 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 للأرصاء الجوية والهيدرولوجية، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومكتب منظمة الأمم المتحدة للتربية و العلم و الثقافة (اليونسكو) في القاهرة، ومكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث، ومعهد جامعة الأمم المتحدة للمياه والبيئة والصحة، والمنظمة العالمية للأرصاء الجوية. وتتولى الإسكوا تنسيق المبادرة الإقليمية. وقدمت تمويلها الحكومة السويدية وحكومة جمهورية ألمانيا الاتحادية.

وتنفّذ 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 للأرصاء الجوية، والدورة الوزارية الخامسة والعشرين للإسكوا.

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

## الرموز والمختصرات

المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)	ACSAD
نظام المعلومات الجغرافية	ArcGIS
المركز الوطني لأبحاث الأرصاد الجوية - النموذج المناخي 5	CNRM-CM5
التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي	CORDEX
كانون الأول/ديسمبر - كانون الثاني/يناير - شباط/فبراير	DJF
نموذج نظام الأرض القائم على أنظمة نماذج المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى	EC-EARTH
إتحاد شبكات النظم الأرضية	ESGF
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)	ESCWA
نموذج مناخي عالمي أو نموذج دوران عالمي	GCM
نموذج نظام الأرض 2 الذي وضعه مختبر ديناميكيات السوائل الجيوفيزيائية	GFDL-ESM2M
حزيران/يونيو - تموز/يوليو - آب/أغسطس	JJA
خط العرض	lat
خط الطول	lon
أذار/مارس - نيسان/أبريل - أيار/مايو	MAM
الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	MENA
استبانة 25 كلم (0.22 درجة في نطاق MENA)	MNA22
استبانة 50 كلم (0.44 درجة في نطاق MENA)	MNA44
نموذج شبكة البيانات المشتركة	NetCDF
التساقطات	Pr
نموذج مركز روسبي الإقليمي للغلاف الجوي	RCA4
النماذج/النمذجة المناخية الإقليمية	RCM
مسار التركيز النموذجي	RCP
المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الإجتماعية والإقتصادية في المنطقة العربية (ريكار)	RICCAR
المركز الإقليمي للمعرفة	RKH
المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية	SMHI
أيلول/سبتمبر - تشرين الأول/أكتوبر - تشرين الثاني/نوفمبر	SON

## 1. مقدمة

يمثل دليل التدريب هذا دليل يصف كيف يمكن للمستخدمين تنزيل واستخدام البيانات المناخية التي تم تطويرها في إطار المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار). على الرغم من أنه يمكن استخدام البيانات المناخية على منصات مختلفة للتحليل، إلا أن يتم النظر في هذا النص في التقييم باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من ESRI ArcMap فقط.

## 2. ملخص عن بيانات التغير المناخي الناتجة عن ريكار

يتم وصف مخرجات البيانات المناخية داخل النطاق العربي (الشكل 1) في التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ- التقرير الرئيسي. تتضمن البيانات سلسلة بيانات كمجموعة تحتوي على درجات الحرارة، والتساقطات، والظواهر المناخية المتطرفة لثلاث فترات زمنية (الفترة المرجعية، منتصف القرن، ونهاية القرن) ووفقاً لسيناريوهين مناخيين (RCP4.5 و RCP8.5). تم اشتقاق هذه المجموعات من مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية (RCM) المصححة الانحياز المقتبسة من التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي (CORDEX). تشمل هذه المخرجات على بيانات نمذجة لدرجات الحرارة والتساقطات من 1951 إلى 2100 بترددات يومية (الجدول 1) ومخرجات الظواهر المناخية المتطرفة من 1951 إلى 2100 بترددات سنوية وموسمية (الجدول 2 والجدول 3) لكل من النماذج المناخية العالمية المُحرّكة التي تمت دراستها (GCMs) وهي CNRM-CM5 و EC-EARTH و GFDL-ESM2M. النماذج المتاحة لسيناريوهات مناخية مختلفة و باستبانات (أي دقة) مكانية مختلفة. يمكن العثور على التفاصيل المتعلقة بمنهجية النمذجة في المذكرة التقنية حول تطبيقات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية في المنطقة العربية<sup>1</sup>.

مخرجات النمذجة المناخية متاحة على الإنترنت. يمكن للمستخدمين تنزيل مخرجات RCM المصححة الانحياز عبر بوابة بيانات المركز الإقليمي للمعرفة<sup>2</sup> (RKH). يمكن الحصول على مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية الأولية (غير المصححة الانحياز) والمكيفة لريكار، وعلى المتغيرات المناخية الأخرى، ومخرجات النطاقات الأخرى عبر بيانات CORDEX المتاحة على بوابة بيانات اتحاد شبكات النظم الأرضية<sup>3</sup> (ESGF). ويرد المزيد من المعلومات حول CORDEX و ESGF في المذكرة التقنية حول المبادئ التوجيهية للحصول على اسقاطات CORDEX المناخية الإقليمية. <sup>4</sup> يمكن للمستخدمين الحصول على مجموعات البيانات هذه واستخدامها في دراسات الحالة المؤسسية والبحوث. يوصى بتجنب خلط مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية المصححة الانحياز والأولية، أي غير المصححة الانحياز.

<sup>1</sup> SMHI, 2017

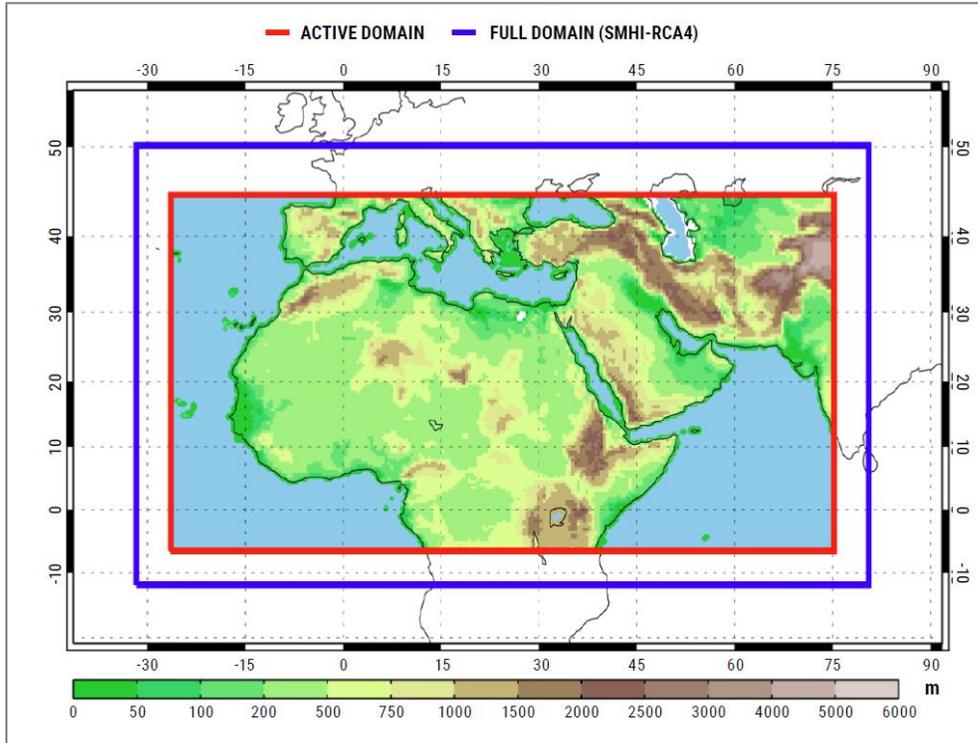
<sup>2</sup> يمكن الوصول إلى بوابة معلومات المركز الإقليمي للمعرفة على هذا الرابط: <https://rkh.apps.fao.org>

<sup>3</sup> يمكن الوصول إلى بيانات CORDEX على بوابة بيانات اتحاد شبكات النظم الأرضية (ESGF) عبر الرابط التالي:

<https://esq-dn1.nsc.liu.se/projects/esgf-liu/>

<sup>4</sup> ESCWA and ACSAD, 2019

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



المصدر: ESCWA et al., 2017

الجدول (1) مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من تساقطات وحرارة

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

الجدول (2) مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من الظواهر المناخية المتطرفة للحرارة

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

الجدول (3) مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من الظواهر المناخية المتطرفة للتساقطات

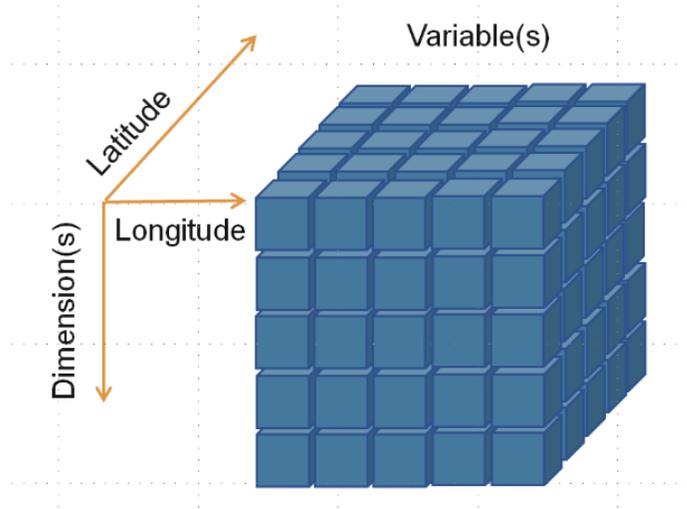
الدقة المكانية	الفترة الزمنية	النموذج المناخي العالمي (GCM) المُحرك	السيناريو المناخي	الإسم الكامل	المؤشر
كلم 50x50	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	الطول الأقصى لفترات الجفاف	CDD
كلم 50x50	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	الطول الأقصى لفترات الجفاف	CDD
كلم 50x50	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	الطول الأقصى لفترات الجفاف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

### 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 (المعينة بلاحقة .nc). وتمنح ملفات NetCDF حفظ قواعد البيانات المتعددة الأبعاد (الشكل 2) حيث يتم تمثيل كل متغير ببعد معين، كالزمن. و يمكن التعامل مع ملفات NetCDF من منصات برمجيات أخرى مثل MATLAB و PYTHON ولغة البرمجة R. ويركز هذا الدليل التدريبي فقط على ArcMap في برنامج نظم المعلومات الجغرافية.

الشكل 2: المصفوفة البعدية لملفات NetCDF



تحتوي ملفات ريكار للنطاق العربي على بيانات مناخية بتسميات مشابهة لما يلي:

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

حيث:

- pr يمثل المتغير المناخي
- MNA-44 يمثل النطاق لدى CORDEX والاستبانة (أي الدقة) المكانية (هنا استبانة 50 كلم أي 0.44 درجة في نطاق MENA)
- CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 يمثل النموذج المناخي العالمي (GCM)

- historicalandrcp45 يمثل السيناريو المناخي (هنا السيناريو RCP4.5)
- r1i1p1 يمثل طريقة حساب متوسط المجموعة التجريبي
- SMHI-RCA4 يمثل النموذج المناخي الإقليمي (RCM)
- v1-bc-dbs-wfdei يمثل طريقة تصحيح الانحياز المعتمدة
- day يمثل الاستبانة (أي الدقة) الزمنية (هنا يومية)
- 19510101-21001231 يمثل الفترة الزمنية لكافة مجموعة البيانات
- 2046\_2046 يمثل الفترة الزمنية لهذا الملف بالتحديد (هنا عام 2046)

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

تتضمن مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة ملفات NetCDF تتوفر كبيانات سنوية مصنفة كـ "ANN" أو بيانات موسمية استنادًا إلى مواسم الثلاثة أشهر كما يلي: DJF: كانون الأول/ديسمبر وكانون الثاني/يناير وشباط/فبراير ؛ MAM: آذار/مارس ونيسان/أبريل وأيار/مايو ؛ JJA: حزيران/يونيو وتموز/يوليو وأب/أغسطس ؛ SON: أيلول/سبتمبر تشرين الأول/أكتوبر وتشيرين الثاني/نوفمبر .ويحتوي كل ملف NetCDF على 150 شريحة تمثل فترة 150 سنة. أما تسمية الملفات الخاصة بهذه المؤشرات فتكون على الشكل التالي على سبيل المثال:

su35\_MNA-44\_ICHEC-EC-EARTH\_rcp45\_r12i1p1\_SMHI-RCA4-DBS43-WFDEI-1980-2009\_v1\_day\_1951-2100\_SON.nc

حيث:

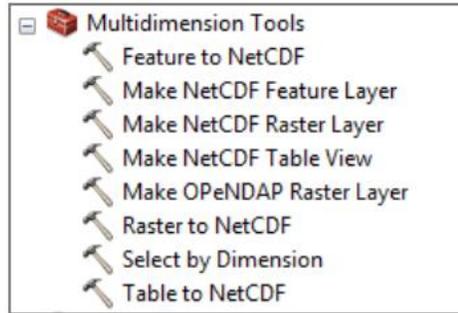
- su35 يمثل المتغير المناخي
- MNA-44 يمثل النطاق لدى CORDEX والاستبانة (أي الدقة) المكانية (هنا استبانة 50 كلم أي 0.44 درجة في نطاق MENA)
- ICHEC-EC-EARTH يمثل النموذج المناخي العالمي (GCM)
- historicalandrcp45 يمثل السيناريو المناخي (هنا السيناريو RCP4.5)
- r1i1p1 يمثل طريقة حساب متوسط المجموعة التجريبي
- SMHI-RCA4 يمثل النموذج المناخي الإقليمي (RCM)
- WFDEI-1980-2009\_v1\_day يمثل طريقة تصحيح الانحياز المعتمدة
- 19510101-21001231 يمثل الفترة الزمنية لكافة مجموعة البيانات
- SON يمثل الموسم (هنا أيلول/سبتمبر تشرين الأول/أكتوبر وتشيرين 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 إلى 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.

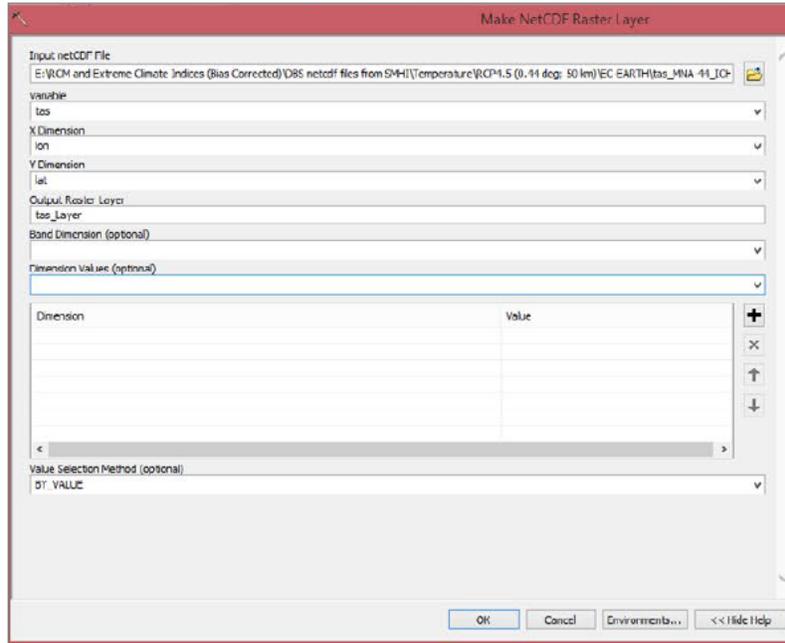
#### الشكل (3): قائمة Multidimension Tools (الأدوات المتعددة الأبعاد) في ArcMap



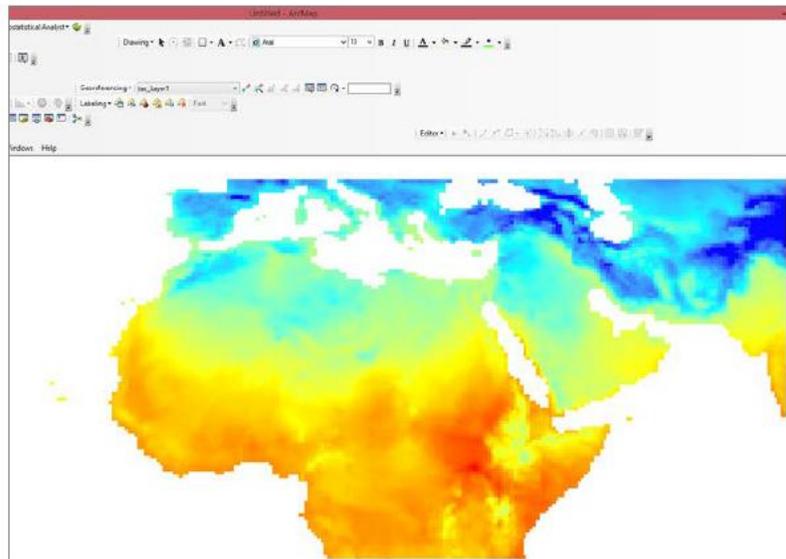
لتصور ملفات NetCDF في ArcMap ، حدد *Make NetCDF Raster Layer* (إنشاء طبقة بيانات نقطية NetCDF) (الشكل 4). اختر ملف NetCDF واستخدم مربعات القائمة المنسدلة لإختيار متغير المناخ ، والبعد X ، والبعد Y. يجب أن يكون البعدان X و Y و lon و lat ، على التوالي ، للإشارة إلى خط الطول وخط العرض. سيؤدي هذا إلى توجيه طبقة البيانات النقطية ليتم عرضها في نظام إحداثيات قياسي ، مما يسهل التوافق مع ملفات شكل (shapefiles) مفيدة مثل المدن وحدود البلدان والمعالم. بالنسبة لـ *Output Raster Layer* (طبقة البيانات النقطية للنتائج) ، يمكن للمستخدمين ترك الاسم الافتراضي أو تعيين اسم ملف مختلف.

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

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



الشكل(5): طبقة بيانات نقطية من ملف NetCDF

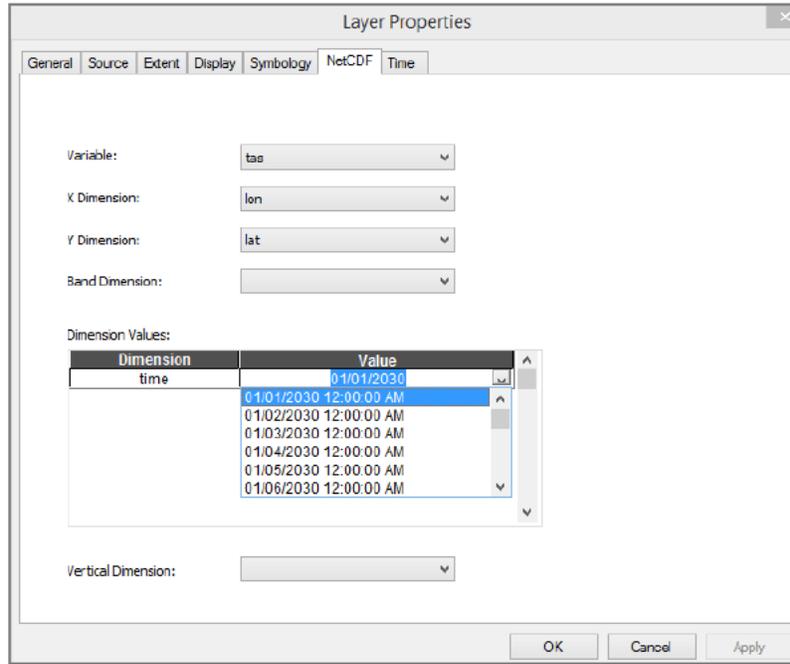


لتصور نطاقات زمنية أخرى ، اختر *Layer Properties* (خصائص الطبقة ) من ملف طبقة البيانات النقطية في جدول المحتويات. حدد علامة التبويب المشار إليها باسم NetCDF. هناك ، يمكن للمستخدمين رؤية النطاقات الزمنية المختلفة المتاحة في الملف ويمكنهم اختيار واحد وفقاً لذلك (الشكل 6).

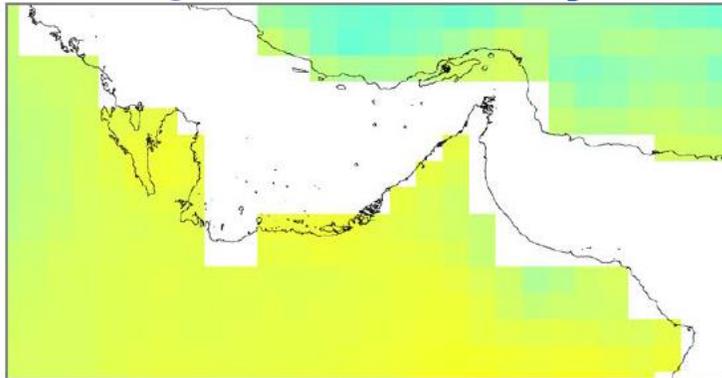
تجدر الإشارة إلى أن طبقة البيانات النقطية يتم تخزينها مؤقتاً فقط في ذاكرة الكمبيوتر. يمكن للمستخدمين إما حفظ طبقة البيانات النقطية أو تصدير النطاق الزمني المعروض إلى ملف نقطي عن طريق النقر بزر الماوس الأيمن على الملف في جدول المحتويات ، وتحديد <Data> Export Data (البيانات < تصدير البيانات).

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

الشكل(6): خصائص طبقة بيانات نقطية NetCDF



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

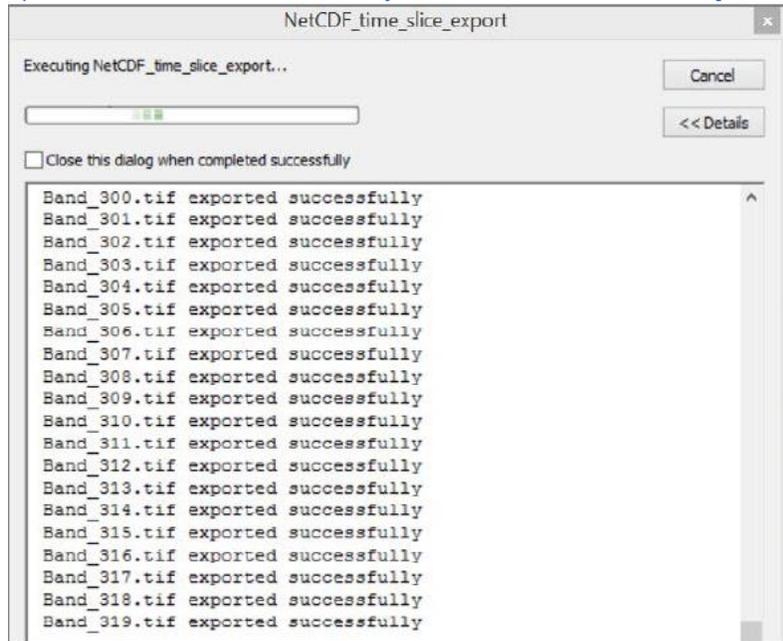


### 2.2.3 استخراج شرائح زمنية متعددة من ملفات طبقة البيانات النقطية

بدلاً من تصدير كل شريحة زمنية فردية من طبقات البيانات النقطية لـ NetCDF ، توجد أداة مخصصة تعمل على أتمتة العملية ، وهي متوفرة للتنزيل من ESRI<sup>5</sup> . وتصدير ملفات NetCDF متعددة إلى بيانات النقطية سيساعد المستخدمين على تطوير المجموعات (انظر القسم 5).

عند استخدام أداة تصدير الشريحة الزمنية NetCDF (NetCDF time slice export) ، يوصى باستخدام مجلد فردي لكل ملف NetCDF. بشكل افتراضي، ستم تسمية البيانات النقطية للنطاق الزمني الفردي Band\_n ، حيث تختلف (الشكل 8). بالنسبة لملفات NetCDF لدرجة الحرارة والتساقطات، تتوافق الأرقام مع يوم السنة وفقاً لتقويم ميلادي. على سبيل المثال، يمثل Band\_1 يناير، و Band\_2 يمثل 2 يناير، و Band\_365 يمثل 31 ديسمبر. تعتبر ملفات ريكار NetCDF سنوات كبيسة، حيث تتم إضافة يوم تقويمي إضافي كل أربع سنوات. في مثل هذه الحالات، يمثل Band\_366 31 ديسمبر. وبالنسبة لمؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة، يمثل كل نطاق زمني عامًا واحدًا بحيث يكون Band\_1 هو 1951 و Band\_150 هو 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

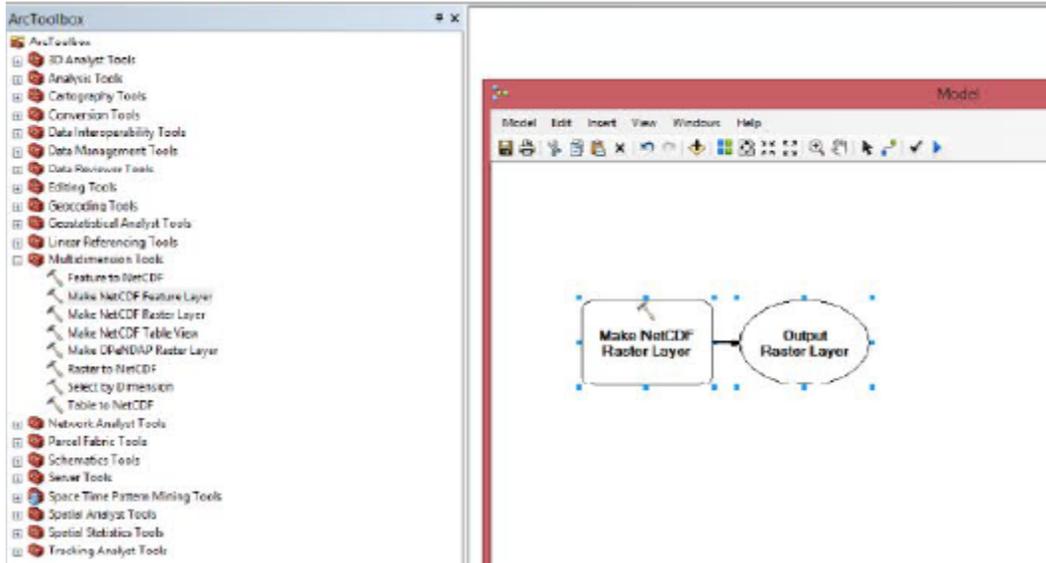
يمكن أن يساعد منشئ النموذج على الإسراع في توليد طبقات البيانات النقطية من ملفات NetCDF متعددة، والتي يمكن اقتطاعها إلى منطقة اهتمام محددة. يجب تحديد منطقة الاهتمام بملف شكل (shapefile) .

<sup>5</sup> تتوفر التعليمات وتنزيل الأداة من الموقع التالي: <https://support.esri.com/en/technical-article>

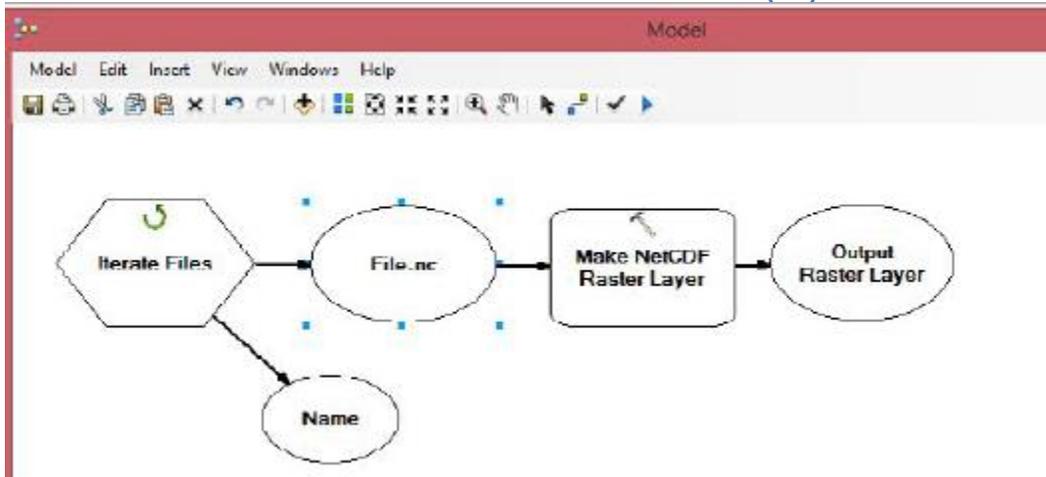
ابدأ بسحب أداة *Make NetCDF Raster Layer* (إنشاء طبقة بيانات نقطية) إلى واجهة منسئ النموذج (الشكل 9).

سيقوم منسئ النموذج بعد ذلك بتنفيذ نفس الإجراء عدة مرات عن طريق التكرار. للقيام بذلك، حدد *Insert <Iterators Files >*. لتوجيه النموذج لاستخدام الملف كإدخال، قم بتوصيل *File* إلى *Make NetCDF Raster Layer*. ثم انقر بزر الماوس الأيمن على أيقونة *File* وحدد *Rename* (إعادة تسمية). أضف *nc.* إلى اسم الملف لتوجيه النموذج لتحديد 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 تكون هناك مشاكل في تشغيل النموذج). كن حذرًا لتجنب خلط متغيرات المناخ المختلفة، والنماذج المناخية العالمية، و مسارات التركيز النموذجية (RCP) لتقليل الارتباك. حدد *Insert <Create variable <Folder >* وقم بتوصيل أيقونة *Folder* (مجلد) إلى *Iterate Files* (الشكل 11).

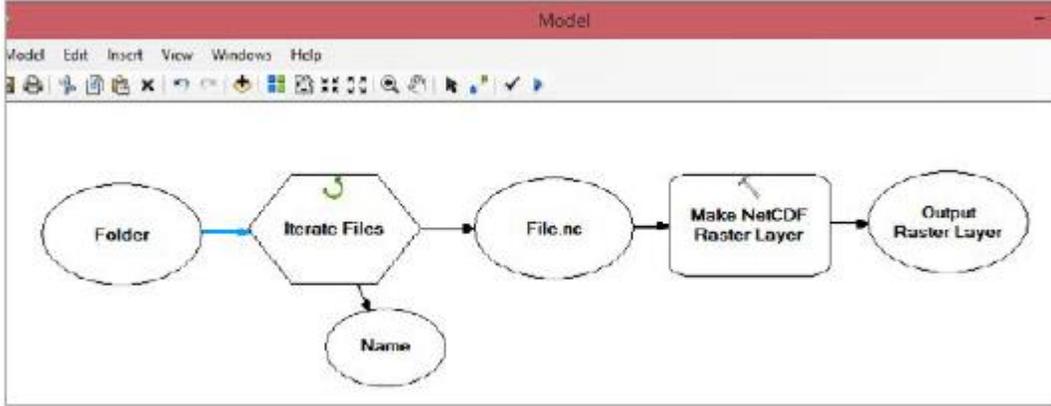
الشكل (9) : Model Builder : إضافة *Make NetCDF Raster Layer*



الشكل (10) : Model Builder : أداة *Iterate Files*



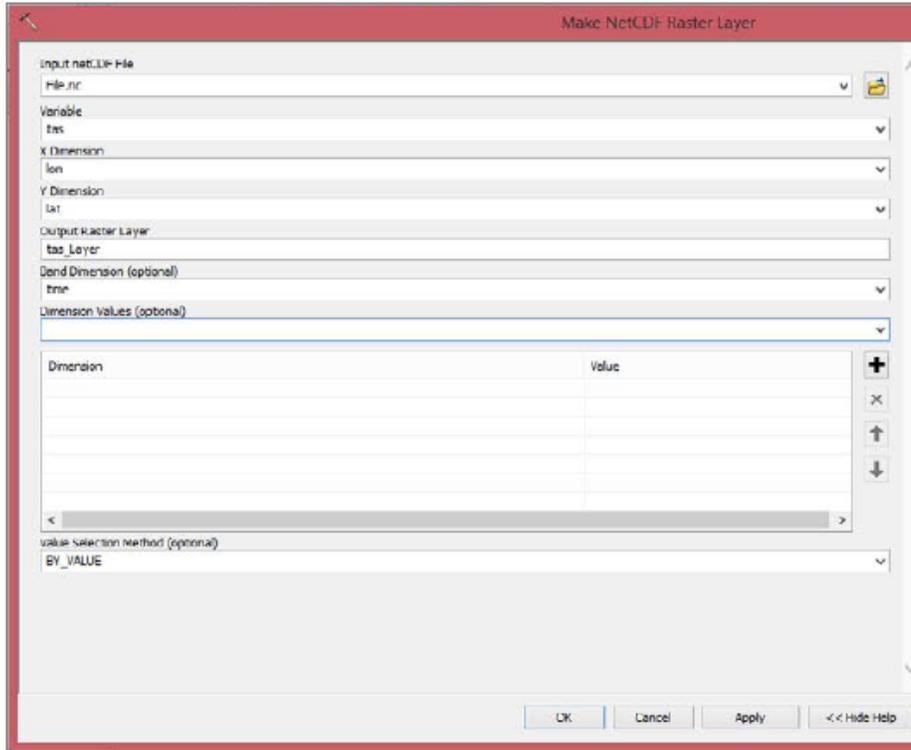
الشكل (11) : Model Builder : Create variable as folder ( إنشاء متغير كمجلد )



انقر مرتين على أيقونة Folder واختر المجلد الخاص الذي تم حفظ ملفات NetCDF داخله. عندئذٍ ستتحوّل الأيقونات في واجهة model builder إلى ملونة ما يدل على أن خطوة بناء النموذج الحالية تمت بشكل صحيح. بينما أيقونة Make NetCDF Raster Layer وأيقونة Output Raster Layer تبقى بدون اللون لأنها لم تكتمل بعد.

انقر مرتين على أيقونة Make NetCDF Raster Layer. سيظهر الإعداد الافتراضي File.nc لملف Input NetCDF File وسيطلق اسم Name على المتغير الوحيد المتاح. لإعداد الأداة بشكل صحيح، حدد أول ملف NetCDF من المجلد الذي سيتم نمذجته، بالإضافة إلى المتغيرات، تمامًا كما سيتم القيام به لإنشاء ملف نقطي واحد. يمكن ترك اسم Output Raster كافتراضي. تحت نطاق البعد، يجب تحديد الزمن لإرشاد النموذج لإنشاء طبقة البيانات النقطية متعددة النطاقات (الشكل 12).

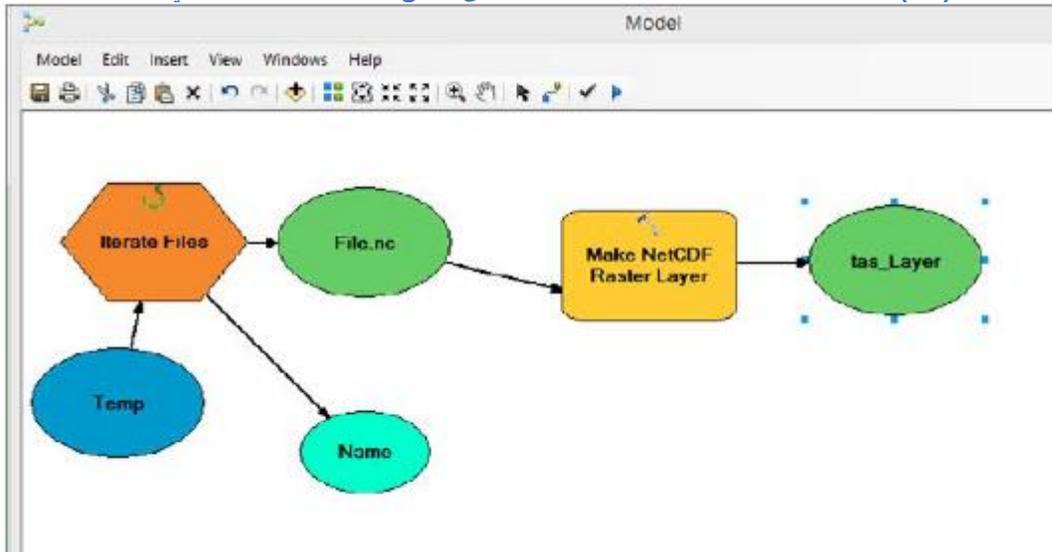
الشكل (12) إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Make NetCDF Raster Layer



يدل الشكل البيضاوي الأزرق على ان ملفات NetCDF سوف تتداخل مع تلك في الشكل البيضاوي الأخضر للملف File.nc ، بكل الأحوال يمكن الاستغناء عن الملف البيضاوي الأزرق بعمل Delete (مع الانتباه إلى أن كل من Make NetCDF Raster Layer و Output Raster Layer سوف تتغير إلى اللون الأبيض). انقر نقرًا مزدوجًا على أيقونة Make NetCDF Raster Layer وتأكد من صحة أبعاد المتغير والأبعاد x و y.

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

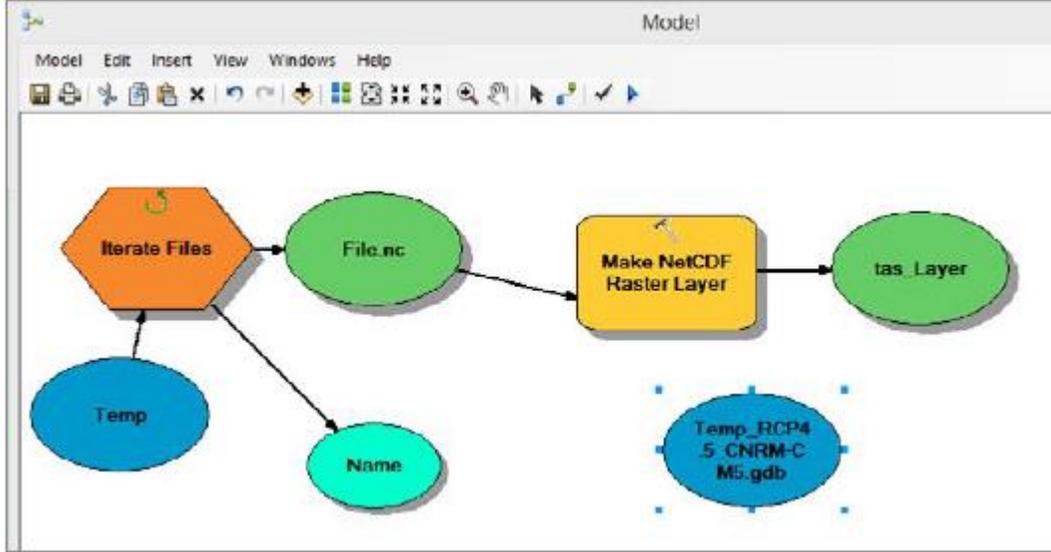
### الشكل(13): Model Builder : تكرار العملية على جميع ملفات NetCDF في مجلد واحد



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

حدد <Insert <Create Variable <Workspace لاستعراض المخرجات . انقر نقرًا مزدوجًا 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).

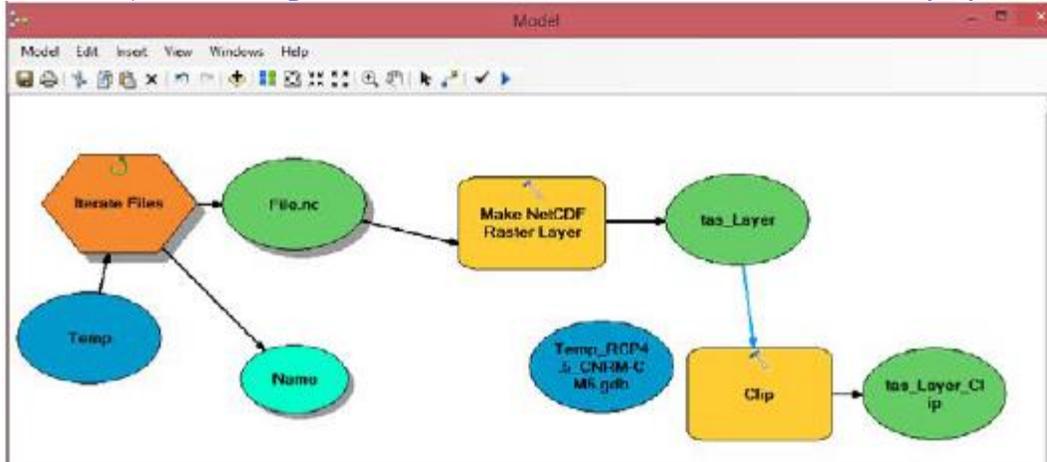
#### الشكل(14): Model Builder :إضافة متغير كمساحة عمل وإنشاء قاعدة بيانات جغرافية



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

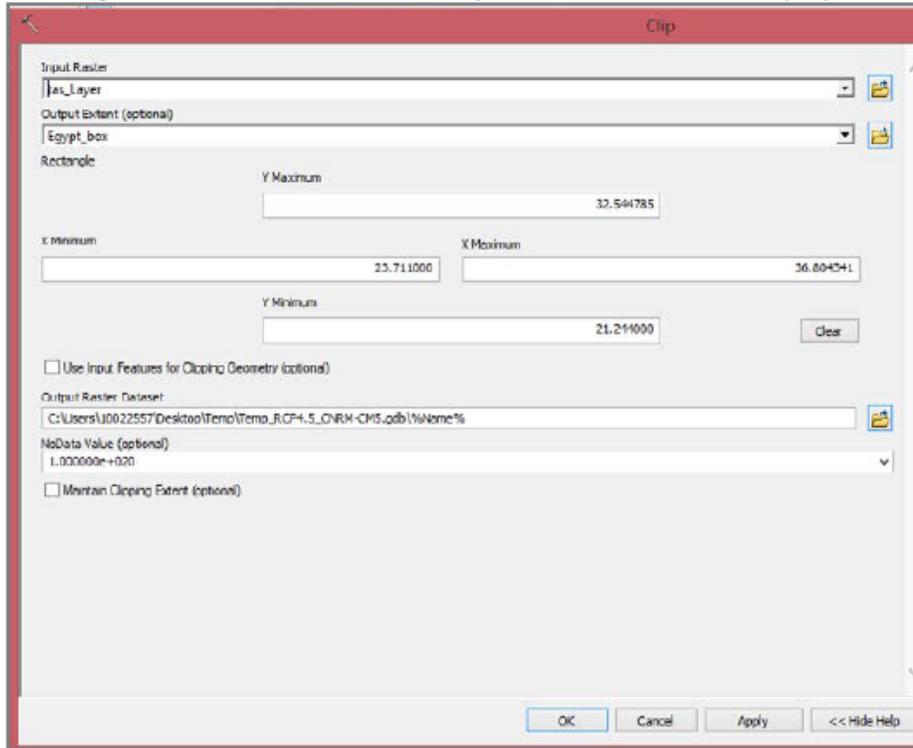
الخطوة الأخيرة هي قص الملفات النقطية NetCDF. أضف أداة Clip إلى النموذج الموجود أسفل أدوات Data <Management Tools <Raster Processing <Raster وقم بتوصيلها إلى ملف مخرجات طبقة البيانات النقطية (البيضاوي الأخضر) (الشكل 15).

#### الشكل(14): Model Builder :قص البيانات النقطية NetCDF إلى منطقة الاهتمام المحددة



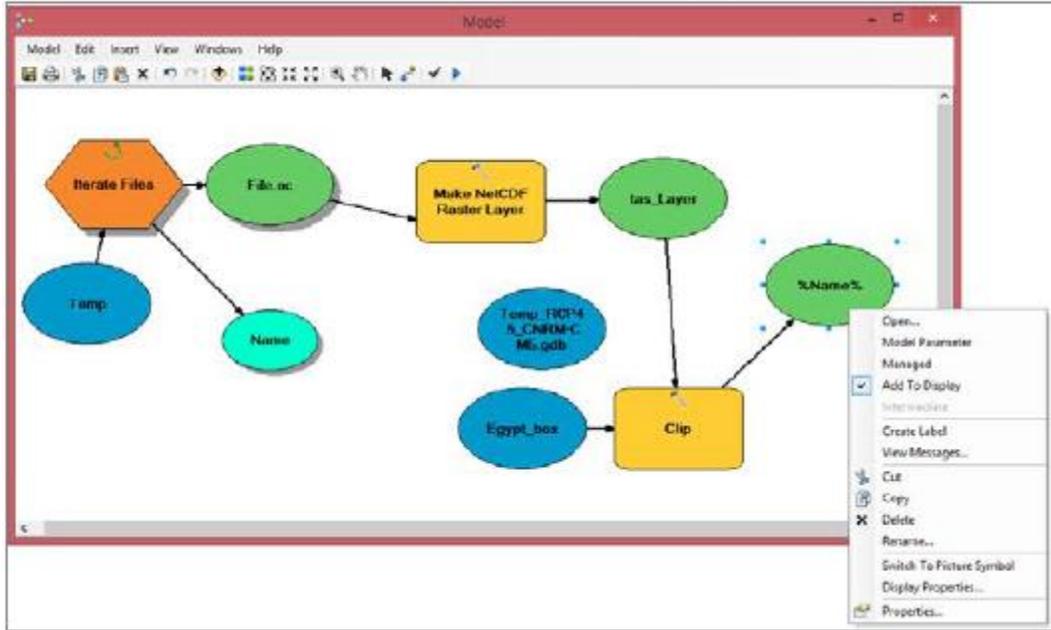
انقر نقرًا مزدوجًا على أيقونة Clip و ضمن Output Extent ، حدد ملف الشكل الخاص بمنطقة الاهتمام. يجب تحديد المربع الخاص Use Input Features for Clipping Geometry. ضمن Output Raster Dataset ، حدد قاعدة البيانات الجغرافية التي تم إنشاؤها (لهذا المثال ، Temp\_RCP4.5\_CNRM- CM5.gdb) وأعط للملف الناتج اسما (أي %Name%). سيعمل مصطلح التسمية هذا على تسمية الملفات بنفس طريقة تسمية ملفات NetCDF الأصلية. لكي يعمل هذا ، يجب أن تحتوي ملفات NetCDF الأصلية في المجلد على أسماء أقل من 13 حرفًا ، مثل tas\_2000 ، tas\_2001 ، إلخ ، والتي تمثل متغير المناخ والسنة (الشكل 16).

الشكل (16): Model Builder: إقتطاع الصور باستخدام الأداة Clip Raster



انقر بالزر اليمين على المخرج output وأختر Add to display لعرض البيانات النقطية في ArcMap ( شكل 17) . قم بتشغيل النموذج.

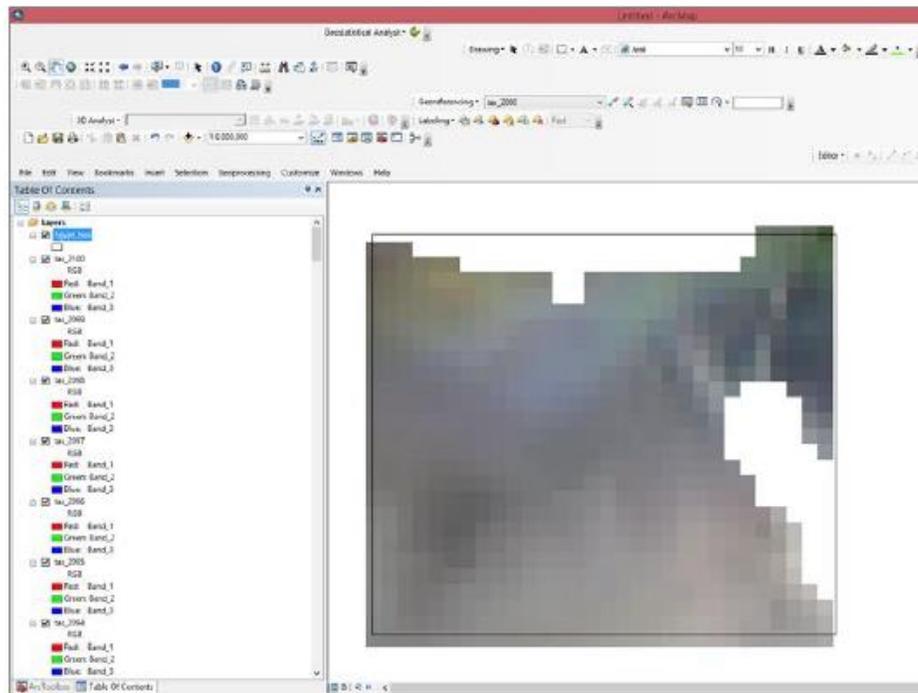
شكل (17): إضافة الصور المُقتطعة إلى العرض



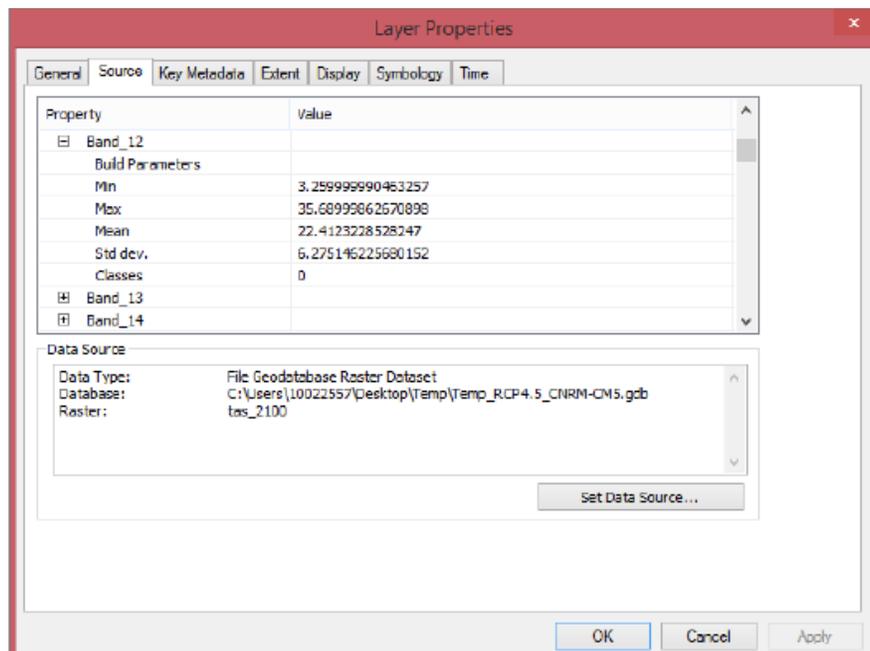
ستكون النتيجة ملفًا نقطيًا واحدًا متعدد النطاقات لكل ملف من ملفات NetCDF ، مقطوعًا إلى منطقة الاهتمام ، وهو في هذا المثال مربع حول مصر (الشكل 18). بشكل افتراضي، تنقسم النطاقات الزمنية الثلاث الأولى إلى ثلاثة نطاقات ألوان.

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).

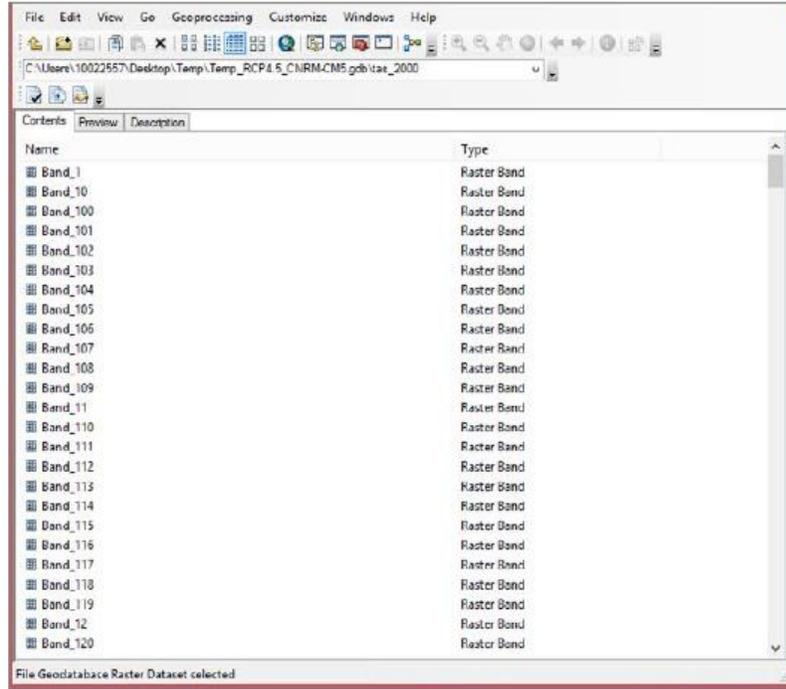
الشكل (18): Model Builder: ناتج اقتطاع البيانات النقطية NetCDF إلى منطقة الاهتمام



الشكل (19): خصائص طبقة الملف النقطي المتعددة النطاقات



### الشكل (20): إسترعاض الملفات النقطية المتعددة النطاقات في برنامج ArcCatalog



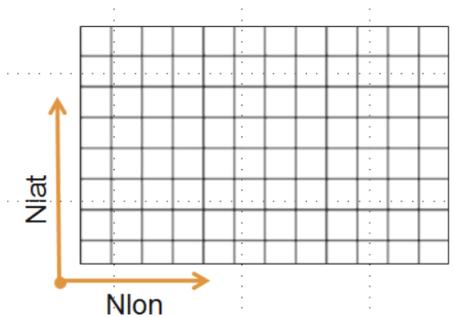
### 3.3 استخلاص جداول من ملفات NetCDF

#### 1.3.3 مقدمة إلى مفهوم nlat و nlon

يُستحسن العمل ضمن أحداثياتٍ ديكارتية قياسية تحوي خطوط lon (خط الطول) و lat (خط العرض) لإنشاء ملفات بيانات نقطية إنطلاقاً من ملفات NetCDF. لإنشاء بيانات جدولية من نطاق MNA-44 (50 × 50 كم) ، يجب على المستخدمين العمل مع nlat و nlon.

في حالة nlat و nlon ، يتم تحديد الأحداثيات من خلال عدد خلايا الشبكة في الاتجاهين الرأسي والأفقي ، على التوالي ، والتي تنشأ في الزاوية اليسرى السفلية (الشكل 21).

#### الشكل (21): نظام الشبكة لإحداثيات nlat و nlon الجدولي



بالنسبة لنطاق MNA-44 (50 × 50 كم) ، يوجد 232 خلية أفقية و 118 خلية رأسية. بالنسبة لنطاق MNA-22 (25 × 25 كم) ، يتضاعف عدد الخلايا بسبب الدقة المكانية المضاعفة ، مما يؤدي إلى 464 خلية أفقية و 236 خلية رأسية. بالنسبة للنطاقات الأخرى ، يعتمد عدد الخلايا على حجم النطاق والدقة المكانية.

يمكن للمستخدمين تحويل الإحداثيات من التقليدية إلى nlon و nlat باستخدام المعادلتين 1 و 2 لـ MNA-44 والمعادلتين 3 و 4 لـ MNA-22.

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

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

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

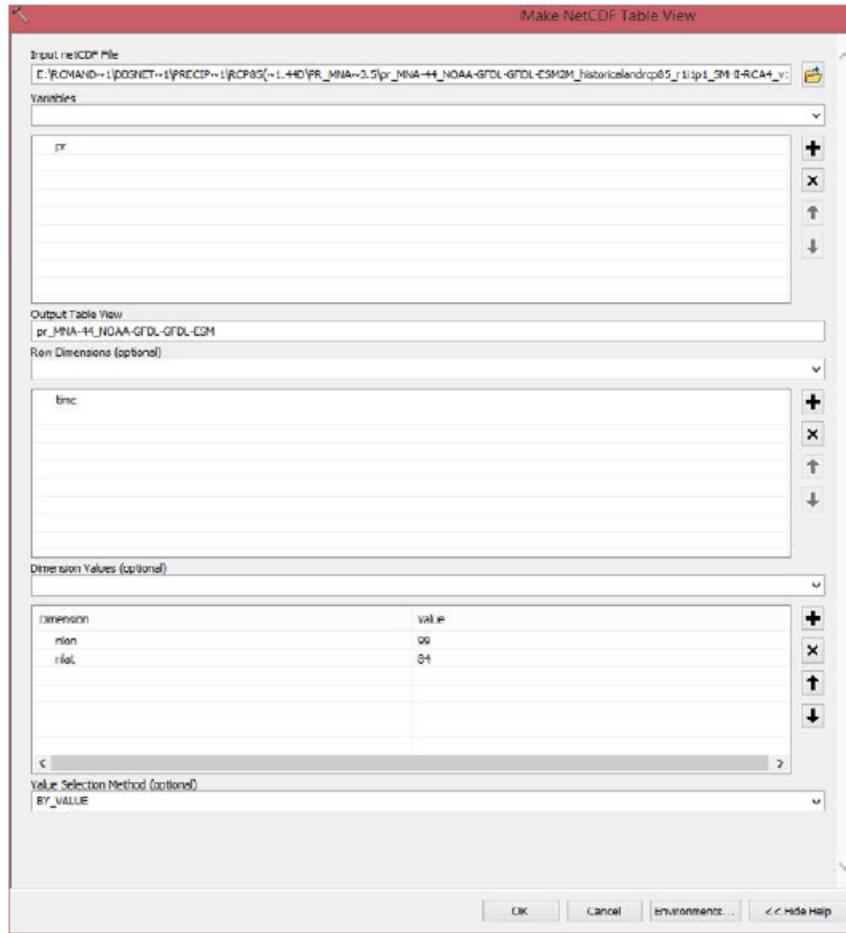
$$Nlon = \frac{lon - (-26.62)}{0.22} \quad (4)$$

قم بتقريب قيم nlon و nlat 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. استخراج جدول من البيانات المناخية لموقع معين

يمكن لأداة *Make NetCD Table View* (إنشاء عرض جدول NetCDF) الموجودة تحت الحزمة *Multidimension Tools* إنشاء جدول لجميع القيم من ملف NetCDF عند موقع معين. عند فتح الأداة ، حدد ملف NetCDF المناسب، ثم حدد متغير المناخ المطلوب، واختر الوقت Time ضمن row dimensions (أبعاد الصف) ، ثم اختر nlon و nlat ل dimension values (قيم الصف). ثم أدخل قيم إحداثيات nlon و nlat المناسبة للموقع المحدد (الشكل 22). تم تحديد تونس في المال. يرجى ملاحظة أن بيانات MNA-22 (25 × 25 كم) لا تتضمن nlon و nlat ؛ بدلاً من ذلك ، يختار المستخدمون إحداثيات خطوط الطول والعرض التقليدية استناداً إلى النقطة المركزية لبكسل الشبكة. تتوفر ملفات الشكل لمساعدة المستخدمين على تحديد إحداثيات nlon و nlat (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 قيم لموقع محدد (الشكل 23). لاحظ الدقة الزمنية لملف NetCDF للحصول على وحدات القياس الصحيحة لمتغير المناخ. على سبيل المثال ، بما أن تمثل التساقطات بيانات يومية ، فإن قيم الجدول الناتجة هي ملم / يوم. وبالمثل ، بالنسبة لمؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة الموسمية ، فإن الوحدات هي أيام / موسم / سنة.

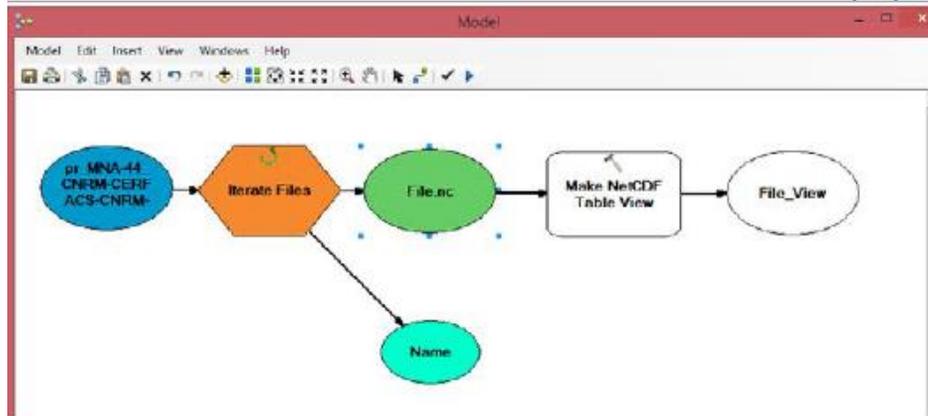
الشكل (23): نتيجة أداة Make NetCDF Table View

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 لإستخلاص جدول بيانات مناخية 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 الأولية مع خطوات إقتطاع طبقات بيانات نقطية متعددة، بإستثناء الخطوة الأخيرة المتمثلة في استخدام أداة Make NetCDF Table View (الشكل 24).

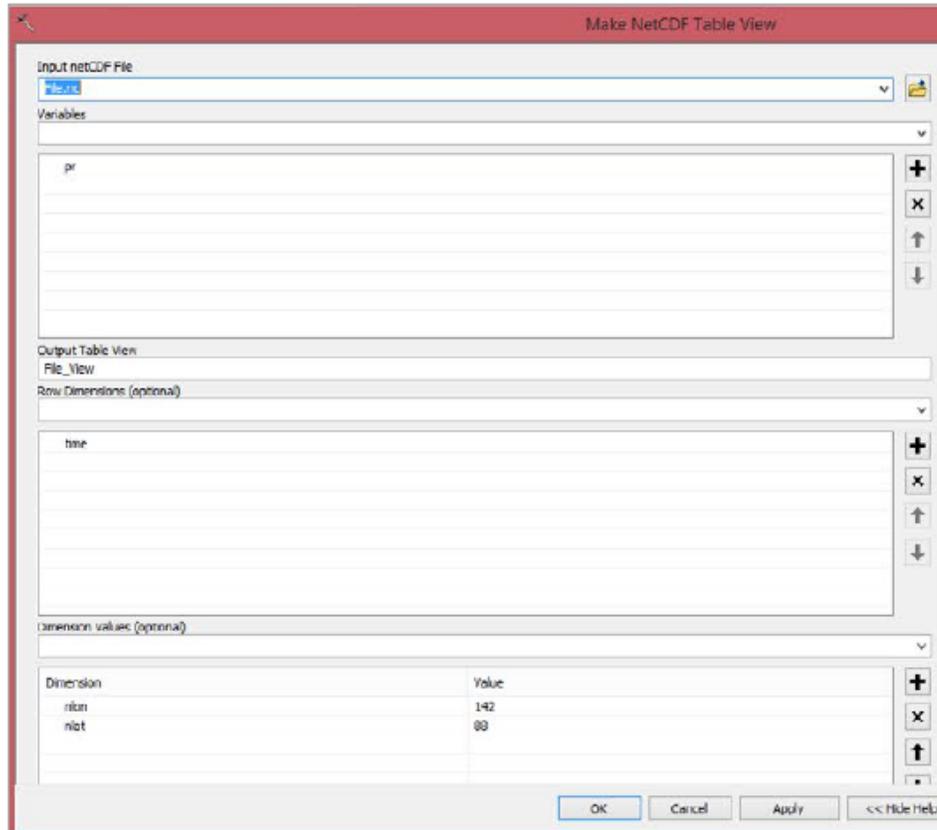
الشكل (24): Model Builder: الخطوات الأولية لأداة Make NetCDF Table View



في هذا المثال ، يتم إستخراج بيانات التساقطات في عمان. ينبغي تحويل إحداثيات الموقع إلى nlon و nlat. أدخل المعلومات في أداة Make NetCDF Table View من خلال أخذ المعلومات من أحد ملفات NetCDF في

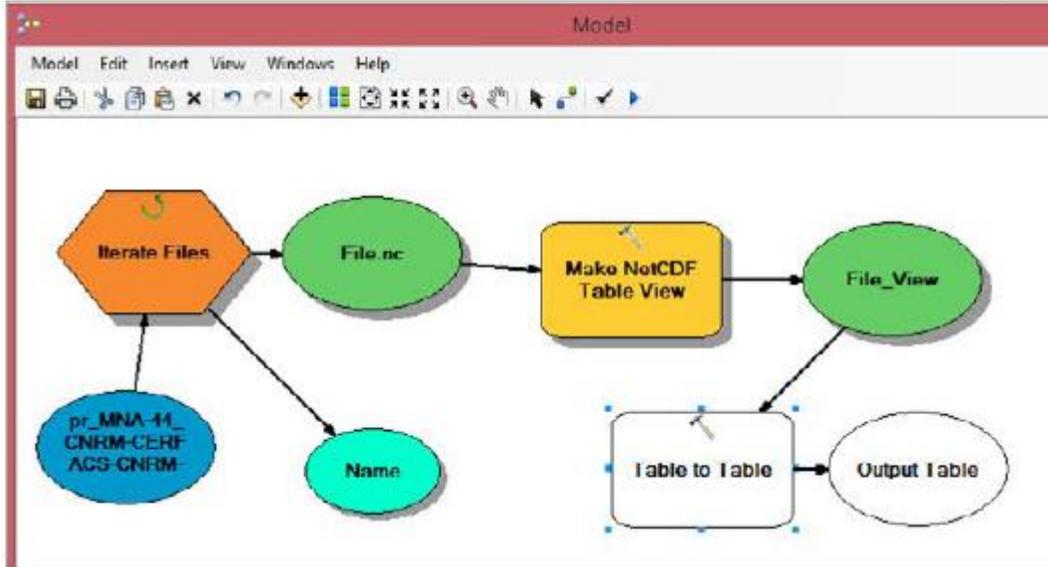
المجلد (الشكل 52). تذكر أن تحذف المُدخل البيضوي الأزرق في model builder الممثل لملف NetCDF ثم صل المُدخل البيضوي أخضر اللون (File.nc) بالأداة. ثم قم بتشغيل النموذج.

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

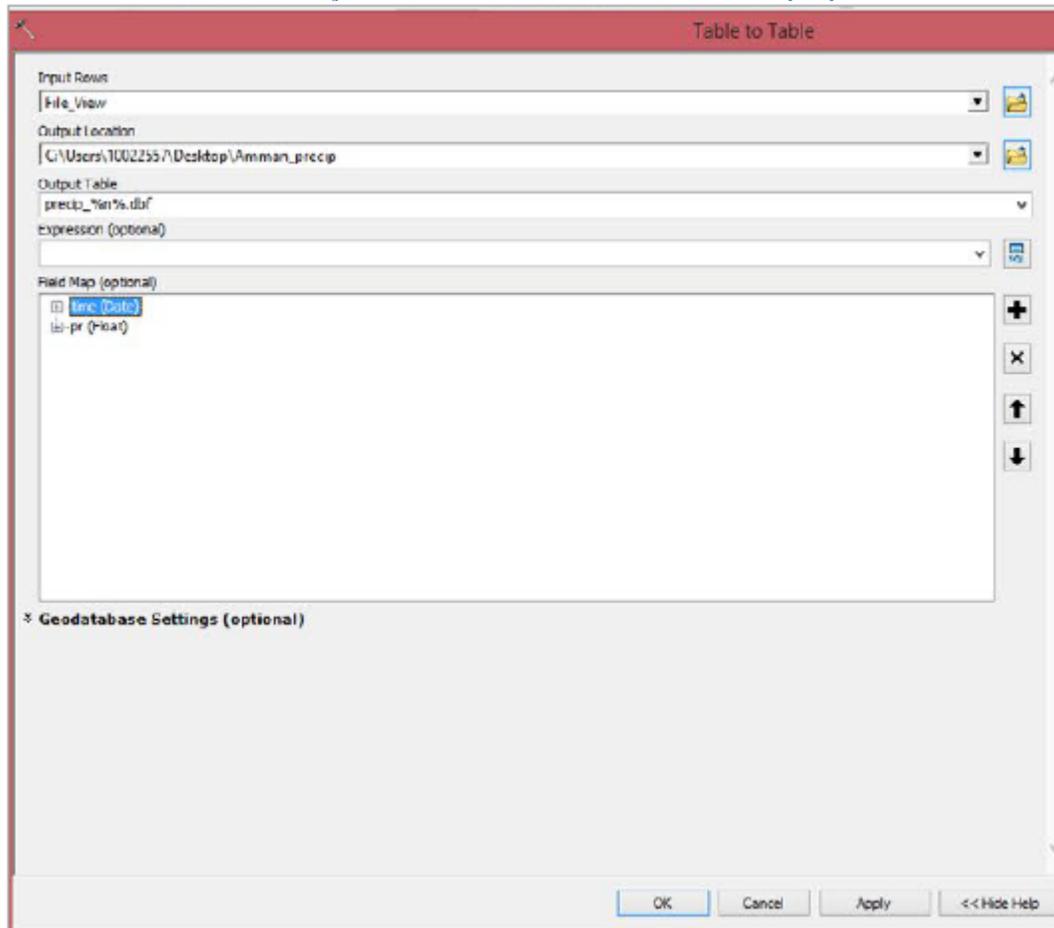


أضف أداة Table to Table (جدول إلى جدول) إلى Model builder الموجود ضمن <Geodatabase To Conversion Tools الشكل (27). سيؤدي ذلك إلى تحويل المُخرج الناتج عن Make NetCDF Table إلى قاعدة بيانات جغرافية (geodatabase). انقر نقرًا مزدوجاً على أيقونة Table to Table لإدخال البيانات. يجب أن تكون صفوف الإدخال Input rows هي الإخراج من Make NetCDF Table View ، والذي يُسمى File View في هذا المثال. سيكون موقع الإخراج Output Location مجلدًا يحدده المستخدم. يجب تسمية جدول الإخراج Output Table من قبل المستخدم وتضمين %n% لإضافة رقم فريد إلى كل جدول ، بدءًا من 0 (الشكل 27).

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

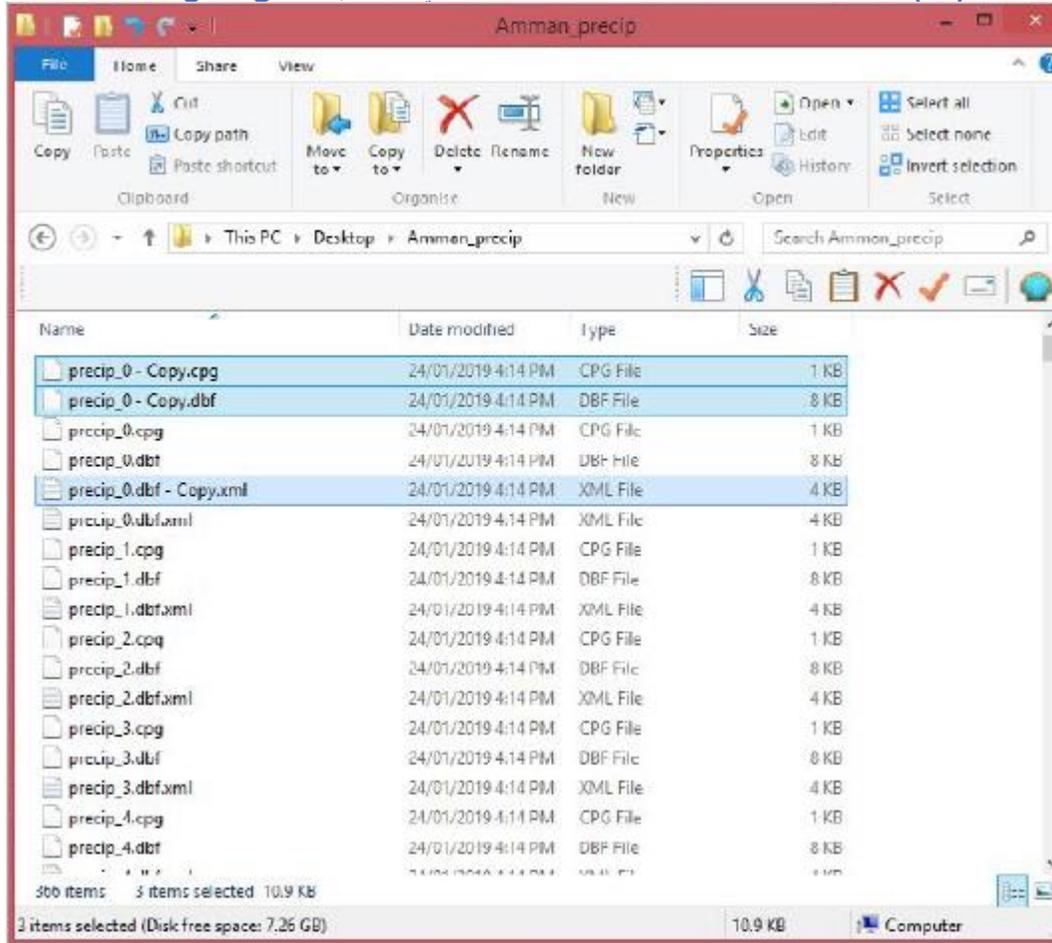


الشكل (27): Model Builder :إدخال المعلومات في أداة table to table



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

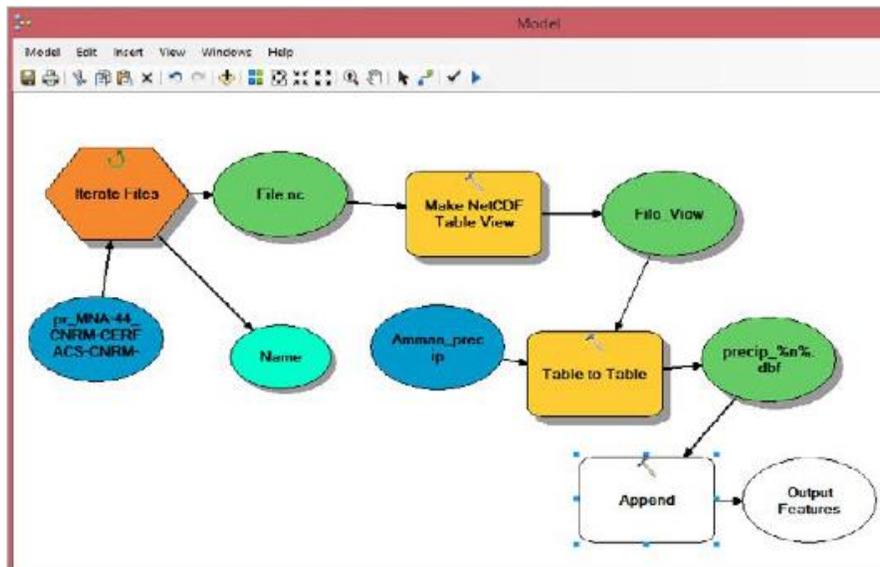
#### الشكل (28): Model builder: استعراض المخرجات في مجلد الإستخراج ونسخ الجدول الأول



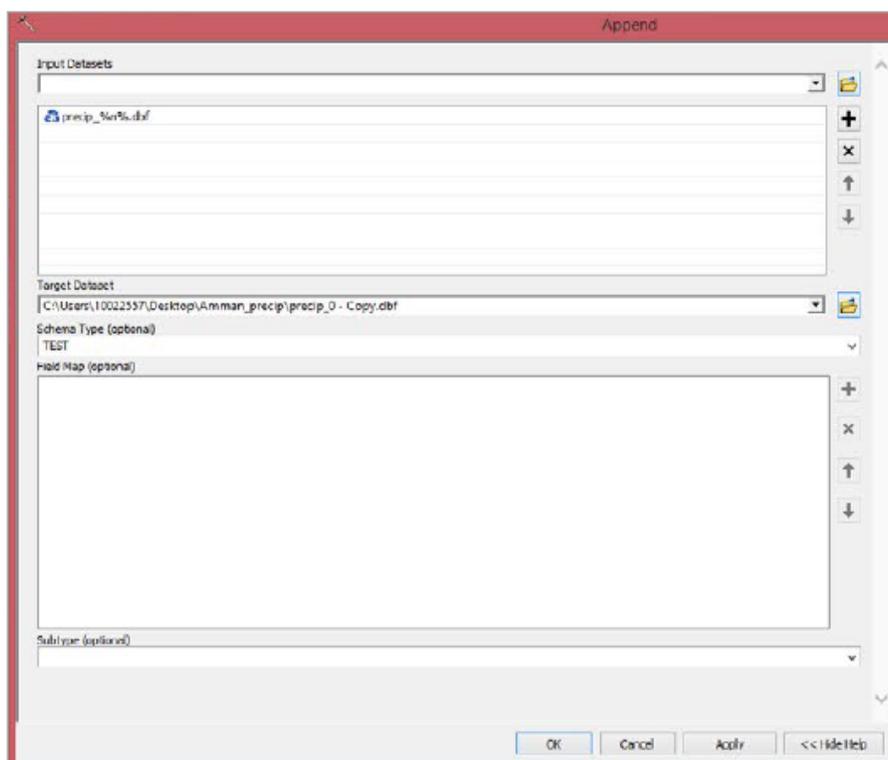
لدمج جميع النتائج في جدول واحد ، يجب إضافة أداة إلحاق Append إلى Model Builder ، الموجود ضمن أدوات General < Tools < Data Management. قم بتوصيل Append إلى مخرج table to table (أي precip\_%n%.dbf) (الشكل 29).

انقر نقرًا مزدوجًا على أداة Append. سيتم إدخال مجموعة بيانات الإدخال Input Dataset تلقائيًا 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

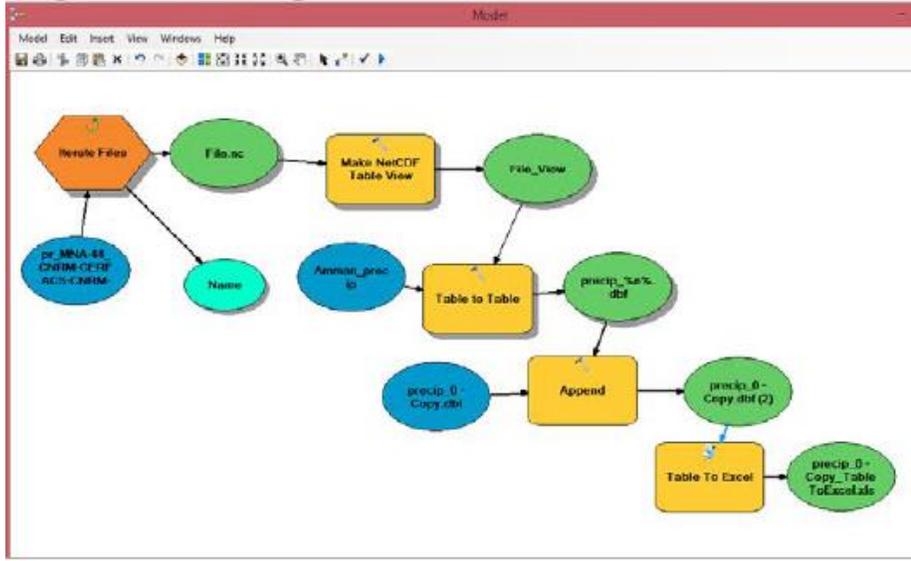


الشكل (30): Model Builder: إدخال المعلومات اللازمة ضمن أداة Append



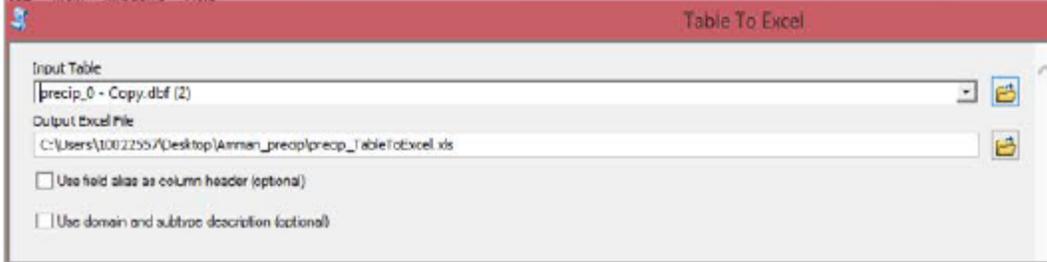
أضف أداة Table to Excel (الجدول إلى Excel) إلى Model Builder من المسار < Excel < Conversion Tools ثم قم بتوصيلها بالمخرج لتحويل صيغ جميع الملفات إلى ملفات Excel (الشكل 31).

الشكل (30): Model Builder : أداة Table to Excel



انقر نقرًا مزدوجًا على أداة Table to Excel. سيكون جدول الإدخال Input Table هو الافتراضي من منشئ النموذج. سيحتاج المستخدمون إلى تحديد موقع الإخراج واسم الملف، مع الاحتفاظ بامتداد 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 عن Make 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	0.09000004		
11	9	1980-01-10	0.31000002		
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	0.31000002		
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	0.31000002		
25	23	1980-01-24	0		
26	24	1980-01-25	0		
27	25	1980-01-26	1.100000024		
28	26	1980-01-27	0.31000002		
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 مسقط ممكن من النماذج المناخية المختلفة، يوصى بتحليل كمجموعات. يتم تجميع جميع عمليات المحاكاة النموذجية القائمة على نفس سيناريو المناخ والتي لها نفس الدقة المكانية ويتم تقديمها كمتوسط مجموعة. علاوة على ذلك، يجب أن يمثل متوسط المجموعة نتائج من عدة سنوات. بالنسبة لريكار، تم اختيار ثلاث فترات زمنية مختلفة لتقديم البيانات كمتوسط مجموعة:

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

• فترة نهاية القرن (2081-2100)

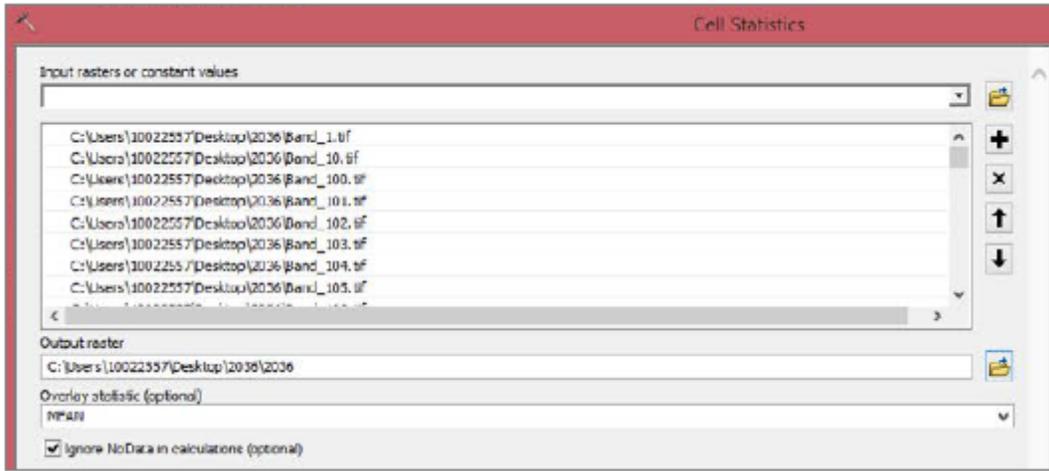
تتوفر المخرجات من هذه الفترات الزمنية على بوابة بيانات المركز الإقليمي للمعرفة ، كما تتوفر عليه مخرجات فترة قرب القرن، أي الممتدة لفترة ما بين 2016-2035.

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

الخطوات الأولى هي إنشاء ملف البيانات النقطية NetCDF (انظر القسم 3.2.1) واستخراج شرائح زمنية متعددة من ملف طبقة البيانات النقطية (انظر القسم 3.2.2).

يمكن لأداة إحصائيات الخلية Cell Statistics، الموجودة ضمن أدوات Local <Spatial Analyst ، 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 لمتغيرات 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.

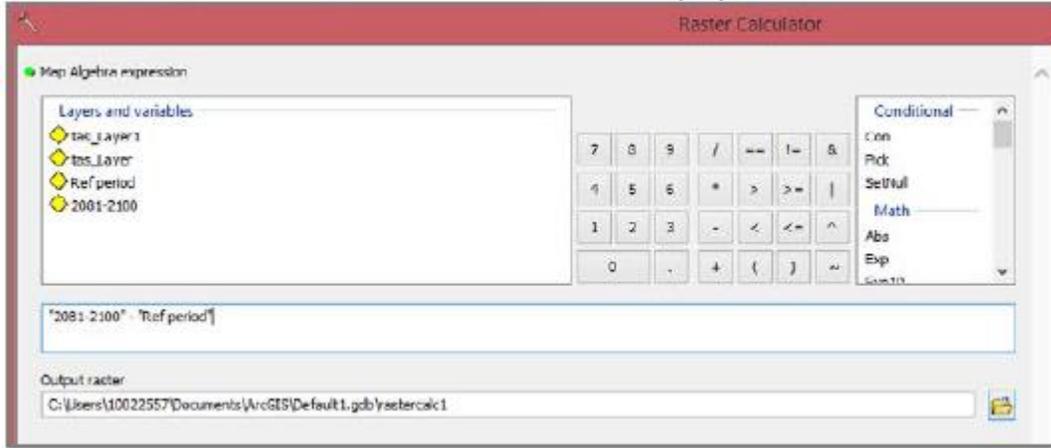
يتم تكرار أداة Cell Statistics لجعل متوسط النتائج التي تم الحصول عليها من عدة سنوات ، ثم مرة أخرى لجعل متوسط النتائج من كل من النماذج المناخية ، للحصول في النهاية على نتيجة المجموعة.

## 2.4 مقارنة الإسقاطات باستخدام أداة حاسبة البيانات النقطية raster calculator

بدلاً من الإبلاغ عن القيم الفعلية التي تم الحصول عليها من الإسقاطات المستقبلية، من الشائع الإبلاغ عن التغير في القيم مقارنة بفترة مرجعية محددة. على سبيل المثال ، بالنسبة لريكار ، عكست نتائج منتصف القرن (2046-2065) تغييراً في متغيرات 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 المسقط.

### الشكل (35): أداة Raster Calculator



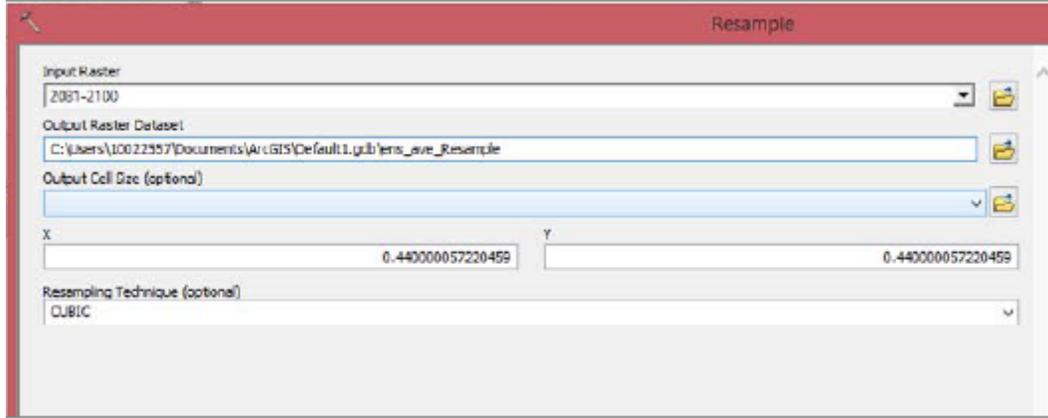
## 5. استيفاء Interpolation البيانات المناخية

### 1.5 إعادة توزيع واستيفاء البيانات

كما تم وصفه سابقاً ، تبلغ الدقة المكانية للبيانات المناخية  $50 \times 50$  كم (أو في حالات محدودة ،  $25 \times 25$  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 Resample ، الموجودة ضمن Raster <Data Management Tools ، من تحويل البيانات النقطية إلى دقة مكانية مختلفة (الشكل 36). بشكل افتراضي ، ستظهر بيانات المناخ  $50 \times 50$  كم بحجم خلية شبكة  $0.44 \times 0.44$  وهي تمثل درجات (وبالمثل ، ستعرض بيانات  $25 \times 25$  كم كبيانات  $0.22 \times 0.22$  درجة).

## الشكل (36): أداة Resample



لتحويل  $50 \times 50$  كلم إلى  $1 \times 1$  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. الأخيرين 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.

تغيير إعادة التوزيع حجم مربع الشبكة ببعض التنعيم فقط. ومدى البيانات هو نفسه مجموعة البيانات الأصلية. في بعض الحالات ، قد يختار المستخدمون استقرار البيانات للمناطق التي قد تكون فجوة ، مثل المناطق الساحلية. يتم تنفيذ ذلك باستخدام عملية متعددة الخطوات:

1. إجراء الاستيفاء باستخدام Geostatistical Analyst.

2. تحويل النتيجة محرف إلى النقطية.

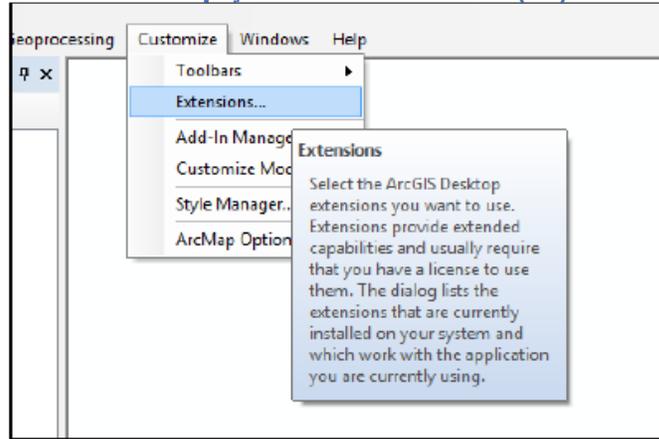
3. استخراج النقطية إلى الشكل المطلوب.

يمكن العثور على أدوات الاستيفاء ضمن أداة محلل جيولوجي استراتيجي Geostatistical Analyst و ضمن Interpolation <Spatial Analyst Tools. 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 Geostatistics Analyst. يمكن تسهيل الاستيفاء باستخدام المعالج الجيولوجي Geostatistical Wizard (الشكل 38).

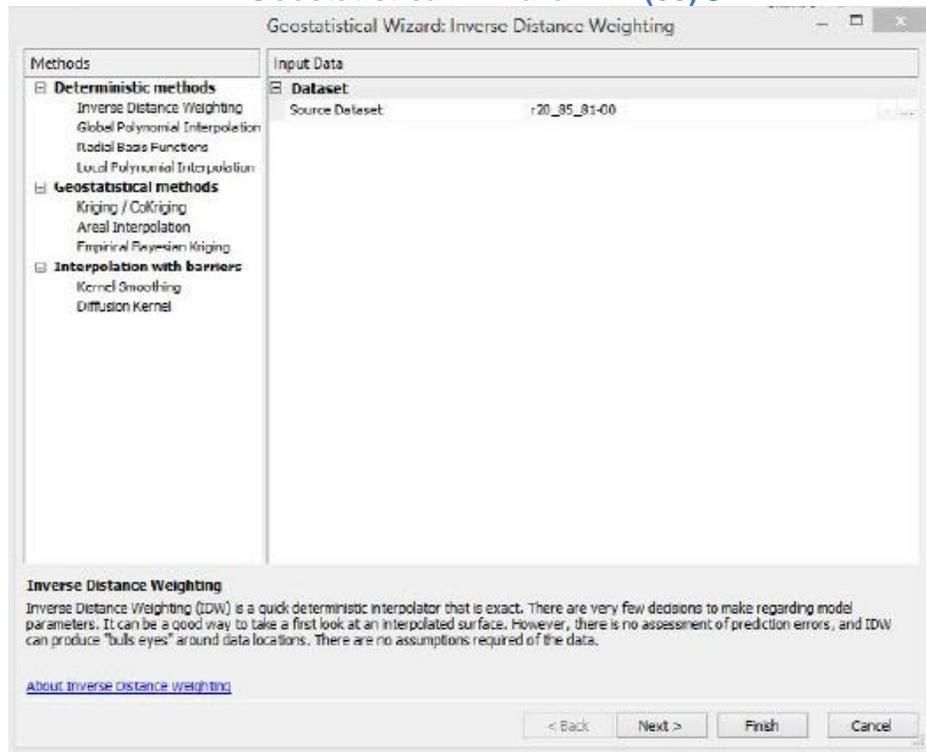
تتوفر طرق الاستيفاء المتعددة للاستخدام. التريجيج العكسي للمسافة (Inverse Distance Weighting - IDW) هو الأسرع والأكثر ملاءمة لأن البيانات مستمرة. يمكن للمستخدمين إما تحديد "إنهاء" Finish مباشرة أو عرض خطوات الاستيفاء المتوسطة بالضغط على "التالي" Next. هناك حاجة لمراجعة النتائج الوسيطة عند تطبيق طرق استيفاء 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 يتم حفظها وهي متاحة فقط في ذاكرة الكمبيوتر.

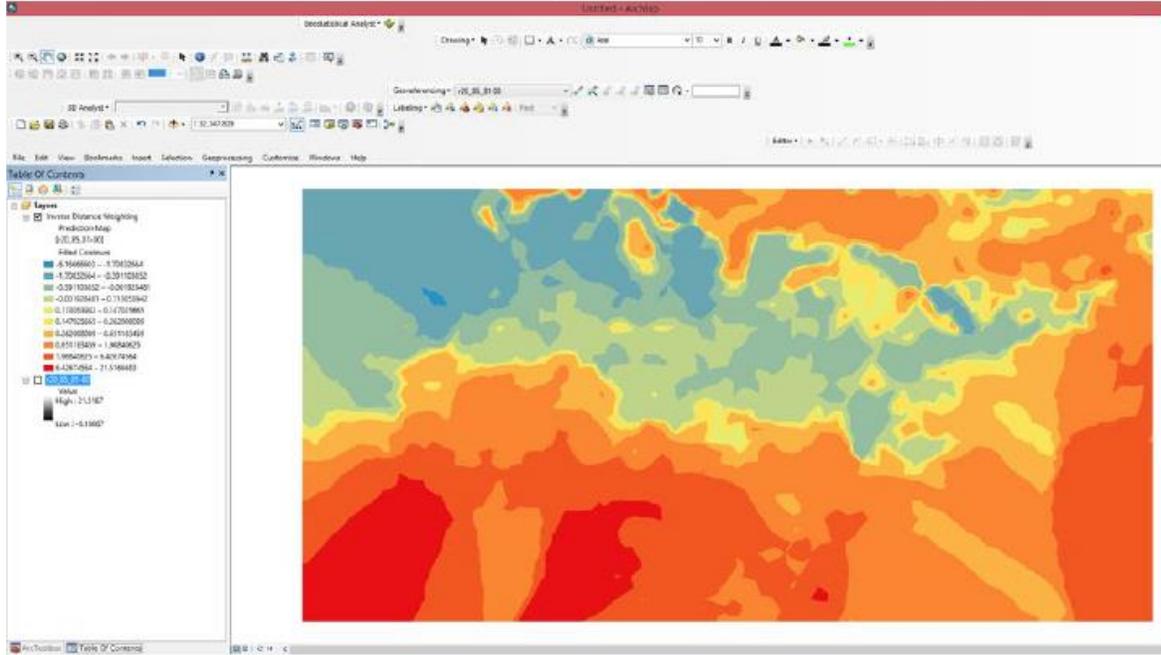
الشكل (37): خيار لتفعيل الامتدادات في ArcMap



الشكل (38): أداة Geostatistical Wizard

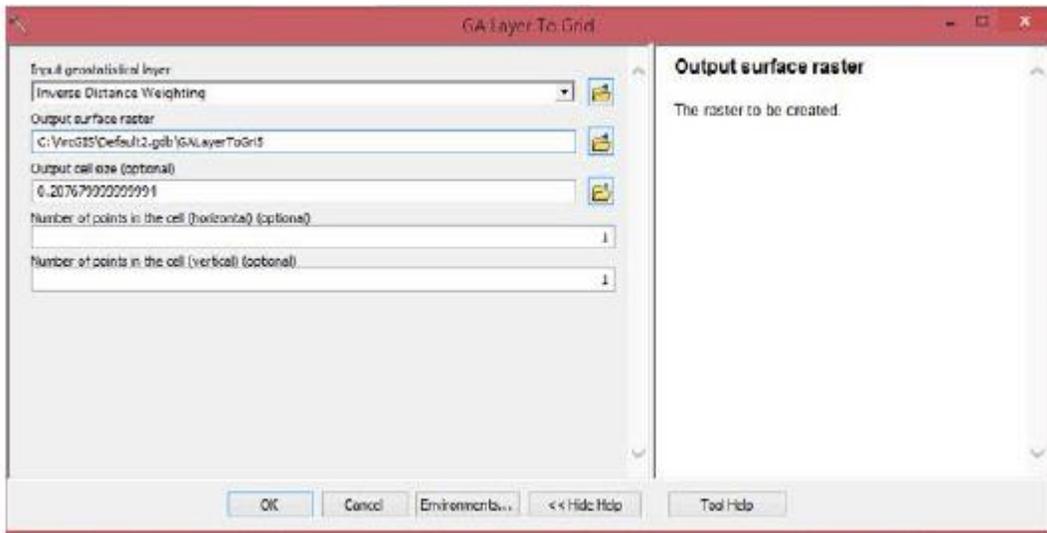


### الشكل (39): مثال عن مُخرج عميلة Interpolation باستخدام طريقة IDW



يجب تحويل النتيجة المستكملة إلى البيانات النقطية باستخدام أداة GA Layer to Grid (الشكل 40). يتم تنشيط هذه الأداة عن طريق النقر بزر الأيمن على طبقة التريجيج 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 باستخدام 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. سيتم عرض النتيجة في جدول المحتويات.

### الشكل (40): أداة GA Layer to Grid

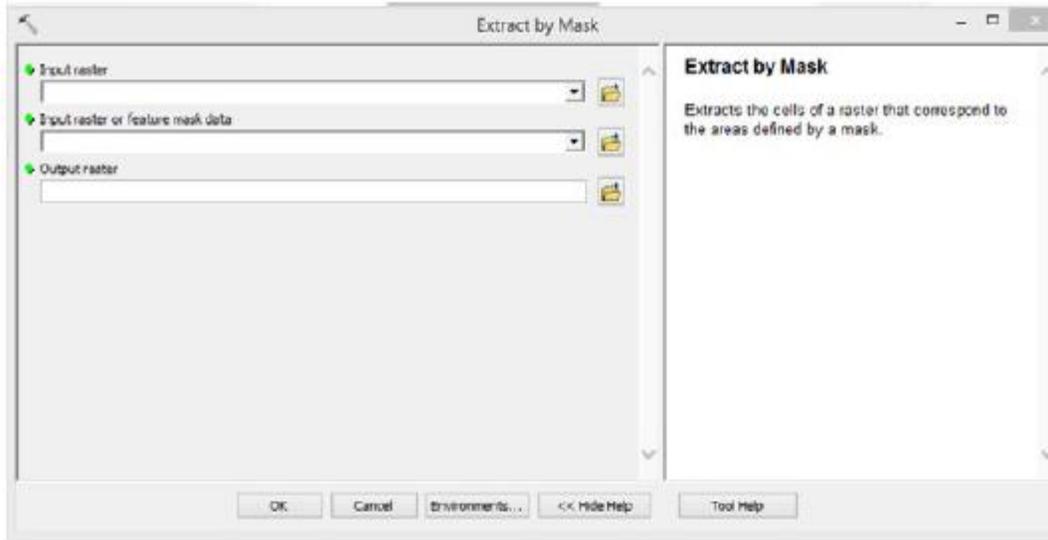


يمكن قطع البيانات النقطية GA Layer to Grid إلى الشكل المطلوب (أي مستجمع المياه ، حدود البلد) باستخدام أداة Extract by Mask (أداة الاستخراج حسب القناع) ، الموجودة ضمن Spatial Analyst Tools / Extraction (الشكل 41). حدد البيانات النقطية GA Layer to Grid والشكل المطلوب (إما نقطية أو ملف شكل). قد يجد المستخدمون بيانات غريبة مع النتيجة أو قد يواجهون أخطاء في تسمية البيانات النقطية للإخراج غير الافتراضية. 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. 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 أدق أو دقة للبيانات.

### الشكل (41): أداة Extract by Mask



## 2.5 التفريق بين الاستيفاء وتقليص النطاق

تقدم النمذجة المناخية الإقليمية إسقاطات على نطاق أصغر مما هو متاح تقليدياً من خلال 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 وإستيفاء البيانات كما هو موضح في القسم 5.1. ومع ذلك ، لا ينبغي استخدام طرق الاستيفاء مثل kriging (أو co-kriging) مع بيانات المناخ النمذجة ، مثل بيانات إعادة التحليل أو الإسقاطات. يمكن تطبيق Kriging عند استيفاء بيانات الأرصاد الجوية التاريخية حيث إنها مجموعات بيانات تمت رصدها. يمكن العثور على مزيد من المعلومات في (2002) Jeffrey ، Venäläinen and Heikinheimo ، و (2001) Spadavecchia ، Williams و (2009) ، وآخرون.

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 نموذجًا مناخيًا إقليميًا 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 حسابيًا. يأخذ التقليص الإحصائي للنطاق في الاعتبار العلاقات الإحصائية بين المتغيرات المناخية المحلية والمتنبئات واسعة النطاق مثل حقول الضغط إلى جانب تطبيق هذه العلاقات على مخرجات النمذجة. لمزيد من المعلومات ، راجع Teutschbein and Seibert (2010) وغيرها.

**ESCWA (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia) et. al. 2017.** Arab Climate Change Assessment Report – Main Report. Beirut, E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report. Available at: [www.riccar.org](http://www.riccar.org)

**ESCWA and ACSAD (United Nations Economic and Social Commission for Western Asia and Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands). 2019.** Guidelines for Accessing CORDEX Regional Climate Projections. *RICCAR Technical Note*, Beirut, E/ESCWA/SDPD/2019/RICCAR/TechnicalNote.3 . Available at: [www.riccar.org](http://www.riccar.org)

**Jeffrey, S. J., Carter, J. O., Moodie, K. B., and Beswick, A. R. (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.

**SMHI (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](http://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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1016/S1474-7065(02)00140-7).