اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة
ACSAD 1968

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

دليل تدريب ٤

السويد
Sverige

استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحليل بيانات التغيرات المناخية

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

E/ESCWA/SDPD/2019/GUIDE.4

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحليل بيانات التغيرات المناخية

دليل تدريب

الأمم المتحدة
بيروت

© 2019 الأمم المتحدة
حقوق الطبع محفوظة

تقتضي إعادة طبع أو تصوير مقتطفات من هذه المادة الإشارة الكاملة إلى المصدر.

توجّه جميع الطلبات المتعلقة بالحقوق والأذون إلى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)،
البريد الإلكتروني: publications-escwa@un.org؛ الموقع الإلكتروني: www.escwa.un.org

النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذه المطبوعة هي للمؤلفين، ولا تمثل بالضرورة الأمم المتحدة أو الدول الأعضاء فيها، ولا ترتب أي مسؤولية عليها.

ليس في التسميات المستخدمة في هذه المطبوعة، ولا في طريقة عرض مادتها، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان من جانب الأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها.

الهدف من الروابط الإلكترونية الواردة في هذه المطبوعة تسهيل وصول القارئ إلى المعلومات وهي صحيحة في وقت استخدامها. ولا تتحمل الأمم المتحدة أي مسؤولية عن دقة هذه المعلومات مع مرور الوقت أو عن مضمون أي من المواقع الإلكترونية الخارجية المشار إليها.
جرى تدقيق المراجع حيثما أمكن.

لا يعني ذكر أسماء شركات أو منتجات تجارية أن الأمم المتحدة تدعمها.

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام باللغة الإنكليزية، والمقصود بذكر أي من هذه الرموز الإشارة إلى وثيقة من وثائق الأمم المتحدة.

مطبوعة للأمم المتحدة صادرة عن الإسكوا، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح،
صندوق بريد: 8575-11، بيروت، لبنان.

19-01056

فهرس النص

1.مقدمة..... 1

2.ملخص عن بيانات التغير المناخي الناتجة عن ريكار 1

3.الأداة المتعددة الأبعاد (Multi Dimension Tool) في برنامج Arcmap 6

1.3مقدمة إلى صيغة NetCDF 6

2.3تحويل ملفات NetCDF إلى Raster : 9

1.2.3 إنشاء ملف Raster:..... 9

2.2.3اقتطاع شرائح زمنية متعددة من شريحة raster..... 11

3.2.3 استخدام Model Builder لاقتطاع البيانات المناخية الخاصة بمنطقة محددة: 13

3.3استخلاص جدول بالبيانات المناخية اليومية من ملّف NetCDF 23

1.3.3. مقدمة إلى مفهوم (nLon,nLat) 23

2.3.3. استخلاص جدول من البيانات المناخية اليومية لموقع معين من ملفات NetCDF..... 24

3.3.3. استخدام model builder لإستخلاص جدول بيانات مناخية لسلسلة زمنية طويلة: 27

4.إنشاء مجموعاتٍ تحليلية بإستخدام أدوات التحليل المكاني (Spatial Analyst tools). 35

1.4 حساب التوقعات السنوية والموسمية..... 35

2.4مقارنة التنبؤات (الإسقاطات) بإستخدام اداة "raster calculator" 37

5.الإستقراء المكاني(interpolation) ورفع الدقة المكانية عبر تقليص النطاق(downscaling)..... 38

1.5ضبط الدقة المكانية واستقراء البيانات..... 38

2.5مقدمة إلى زيادة قدرة التمييز المكاني أي تقليص النطاق (downscaling): 46

6.أدوات إضافية لتحليل البيانات المناخية 47

التمرين العملي الأول حول تحويل ملفات NetCDF إلى Raster..... 48

التمرين العملي الثاني حول استخلاص سلسلة زمنية يومية لسنة معينة من ملفات NetCDF 58

التمرين الثالث حول استخلاص سلسلة زمنية يومية لسنوات متعددة من ملفات NetCDF باستخدام Model Builder 64

التمرين العملي الرابع حول استنتاج 365 شريحة Raster يومية من ملف NetCDF واحد، وتصديرها كملفّات مستقلة بصيغة (*.tif)79

التمرين العملي الخامس حول اقتطاع بيانات RICCAR المناخية..... 85

التمرين العملي السادس حول رفع الدقة المكانية (Resample) لبيانات RICCAR المناخية 103

التمرين العملي السابع حول كيفية استنتاج المعدلات الشهرية او السنوية ...الخ للبيانات المناخية 115

التمرين العملي الثامن حول إجراء عملية الإستقراء (Interpolation) للبيانات المناخية المفقودة في المناطق الساحلية نتيجة Bias Correction 120

التمرين العملي التاسع حول تقدير التغير في متحولات المناخية خلال فترة معينة بالمقارنة مع فترة مرجعية 127

المراجع:..... 132

فهرس الأشكال

الشكل (1) النطاق العربي.....1
الشكل (2) المصفوفة البعدية لملفات NetCDF.....6
الشكل(3) قائمة Multidimension Tools في ArcMap.....9
الشكل(4) لقطة مكبرة على NetCDF Raster Layer تبين المناطق الساحلية بدون بيانات.....10
الشكل(5) استعراض برمجية NetCDF_time_slice_export ضمن واجهة ArcCatalog 11
الشكل (7): إضافة أداة Iterate Files 13
الشكل (8): إضافة Connect بين File وأداة Make NetCDF Raster Layer.....14
الشكل (9): تحديد ملفات نوع NetCDF فقط للقراءة.....15
الشكل (10): تحديد مجلد ليحتوي ملفات NetCDF التي سيتم العمل عليها. 15
الشكل (11): عمل Connect بين مجلد ملفات NetCDF و تعليمةIterate.....16
الشكل (12): تحديد مسار ملفات NetCDF ضمن Folder 16
الشكل (13) إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Make NetCDF Raster Layer 17
الشكل(14) تكرار العملية على جميع ملفات NetCDF في مجلد واحد.....18
الشكل(15) قص الشرائح النقطية Rastrs الناتجة عن ملفات NetCDF على منطقة محددة. 19
الشكل (16): إقتطاع الصور باستخدام الأداة Clip Raster.....20
شكل (17): إضافة الصور المُقتطعة إلى الخريطة.....21
الشكل (19): خصائص شريحة Raster المتعددة الباندات.....22
الشكل (20): إستعراض الباندات الزمنية في برنامج ArcCatalog 22
الشكل(21): نظام الشبكة لإحداثيات nLan و nLon الجدولي.....23
الشكل(22): الأداة Make NetCDF Table View ضمن نافذة Arctoolbox 24
الشكل (23): إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة Make NetCDF Table View.....25
الشكل (24): جدول بيانات التساقطات اليومية الناتج عن أداة Make NetCDF Table View.....26
اللشكل (25): اداة Make NetCDF Table View ضمن model builder 27
الشكل (26): إدخال المعلومات اللازمة في نافذة الأداة Make NetCDF Table View ضمن model builder.....28
الشكل (27): إدخال أداة Table to Table ضمن النموذج.....29
الشكل (28): إدخال المعلومات في أداة table to table ضمن النموذج.....30
الشكل (29): شكل النموذج حتى هذه المرحلة 30
الشكل (30): إستعراض المخرجات في مجلد الإستخراج ونسخ الجدول الأول.....31
الشكل (31): إضافة الأداة Append إلى النموذج.....32
الشكل (32): إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة أداة Append 32
الشكل (33):إضافة الأداة Table to Excel إلى النموذج 33
الشكل (34): إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة ال أداة *Table to Excel* 33

الشكل (35): إستعراض ملف اكسل الناتج.....34
الشكل (36): الأداة Cell statistics ضمن واجهة Arctoolbox.....36
الشكل (37):أدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة Cell statistics.....37
الشكل (38): الأداة Cell statistics ضمن واجهة Arctoolbox.....37
الشكل (39):أدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة Cell statistics.....38
الشكل (40): الأداة Resample tool ضمن واجهة Arctoolbox.....39
الشكل (41): إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة الأداة Resample tool.....40
الشكل (42): الأداة Interpolation ضمن نافذة Arctoolbox. 41
الشكل (43): كيفية تفعيل الإمتدادات في برنامج ArcGis.....42
الشكل (44): تفعيل شريط الأدوات Geostatistical Analyst 42
الشكل (45): Geostatistical Wizard tool.....43
الشكل (46): مثال عن مُخرج عملية Interpolation باستخدام طريقة IDW 43
الشكل (47): تصدير الشريحة المؤقتة إلى صيغة Raster. 44
شكل (48): إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة GA layer to Grid.....44
الشكل (49):اختيار الأداة Extract by Mask ضمن نافذة Arctoolbox 45
الشكل (50) : إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة Extract by Mask.....46
الشكل (1.1) الأداة Make NetCDF Raster Layer ضمن نافذة Arctoolbox. 49
الشكل (2.1) اختيار ملف التساقطات اليومية الخاصة بسنة 1980 ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer.....50
الشكل (3.1) تحديد المتحول المناخي ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer.....50
الشكل (4.1) تحديد البعد x ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer.....51
الشكل (5.1) تحديد البعد y ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer.....51
الشكل (6.1) نافذة Make NetCDF Raster Layer 52
الشكل (7.1) الشريحة الناتجة وهي شريحة التساقطات اليومية لليوم 1980/1/1 52
الشكل (8.1) استعراض الشرائح اليومية المختلفة خلال العام 1980 53
الشكل (9.1) اختيار يوم محدد لاستعراض الشريحة الخاصة به 54
الشكل (10.1) شريحة التساقطات اليومية للتاريخ 1980/1/13.....55
الشكل (11.1) شريحة التساقطات اليومية لتاريخ 1980/5/26.....55
الشكل (12.1) شريحة التساقطات اليومية لتاريخ 1980/8/11.....56
الشكل (13.1) تصدير الشريحة المؤقتة الناتجة إلى صيغة Raster 57
الشكل (14.1) إضافة Raster الناتجة إلى واجهة ArcMap.....57
الشكل (1.2) إدخال الإحداثيات الجغرافية لمحطة الصويري إلى ملف الإكسل.....59
الشكل (2.2) الأداة Make NetCDF Table View ضمن نافذة Arctoolbox. 60
الشكل (4.2) اختيار المتحول المناخي ضمن نافذة Make NetCDF Table View.....61
الشكل (5.2) اختيار المتحول المناخي ضمن نافذة Make NetCDF Table View.....61

الشكل (7.2) إدخال إحداثيات الموقع ضمن نافذة Make NetCDF Table View 62
الشكل (8.2) نافذة Make NetCDF Table View..... 62
الشكل (9.2) استعراض جدول بيانات التساقطات اليومية الناتج. 63
الشكل (1.3) موقع محطة الصيرة في العراق. 64
الشكل (2.3) فتح النموذج الخاص بالتساقطات من واجهة ArcCatalog. 65
الشكل (3.3) Iterate Files ضمن نافذة Model_pr. 66
الشكل (4.3) تحديد المجلد الذي يحوي بيانات التساقطات اليومية ضمن نافذة Iterate Files..... 67
الشكل (5.3) استدعاء الأداة Make NetCDF Table Viewضمن نافذة Model_pr. 68
الشكل (6.3) إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة Make NetCDF Table View..... 69
الشكل (7.3) استدعاء الأداة Table to Table ضمن نافذة Model_pr.. 70
الشكل (8.3) إدخال البيانات اللازمة ضمن نافذة Table to Table 71
الشكل (9.3) تشغيل مرحلي للنموذج Model_pr. 71
الشكل (10.3) انتهاء التشغيل المرحلي للنموذج Model_pr..... 72
الشكل (11.3) استعراض المجلد الناتج والذي يحوي 150جدول بيانات مطرية يومية. 72
الشكل (12.3) نسخ أول جدول في المجلد. 73
الشكل (13.3) الجدول المنسوخ 73
الشكل (14.3) استدعاء الأداة Append ضمن نافذة Model_pr.. 74
الشكل (15.3) إدخال البيانات اللازمة ضمن نافذة Append 74
الشكل (16.3) استدعاء الأداة Table to Excel ضمن نافذة Model_pr..... 75
الشكل (17.3) إدخال البيانات اللازمة ضمن نافذة Table to Excel 76
الشكل (18.3) حفظ النموذج Model_pr 77
الشكل (19.3) المخرج النهائي لتشغيل النموذج. 77
الشكل (20.3) استعراض ملف بيانات التساقطات اليومية الناتج. 78
الشكل (1.4) السكريبت NetCDF_time_Slice_export الخاص بفصل الشرائح. 80
الشكل (2.4) نافذة الأداة Make Netcdf Raster Layer. 81
الشكل (3.4) شريحة Raster التي تمثل التساقطات اليومية للعام 2002. 82
الشكل (4.4) تحديد الزمن Time كبعد ثالث..... 82
الشكل (5.4) تنفيذ السكريبت الخاص بفصل الشرائح. 83
الشكل (6.4) استعرض مخرجات تنفيذ الكريبت وهي 365 شريحة بصيغة (.tif)..... 84
الشكل (7.4) جدول بأرقم أيام السنة العادية. 84
الشكل (1.5) فتح نافذة Model Builder..... 86
الشكل (2.5) إدخال الأداة Make NetCDF Raster Layer إلى نافذة Model Builder..... 86
الشكل (3.5) إدخال الأداة Iterate Files إلى نافذة Model Builder..... 87
الشكل (4.5) تحديد ملفات من نوع NetCDF حصرا للأداة Iterate Files..... 87

الشكل (5.5) تجهيز المجلد الذي سيتم ضمنه Iterate Files. 88
الشكل (6.5) ربط المجلد مع الأداة Iterate Files. 89
الشكل (7.5) إدخال المجلد الذي يحري ملفات NetCDF لأداة Iterate Files..... 89
الشكل (8.5) جزئية النموذج المتعلقة بالأداة Iterate Files أصبحت جاهزة. 90
الشكل (9.5) تشغيل الأداة Iterate Files 91
الشكل (10.5) نقرة مزدوجة على أيقونة *Make NetCDF Raster Layer* 91
الشكل (12.5) إدخال المتحول المناخي ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer* 92
الشكل (13.5) إدخال البعد x ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer*..... 92
الشكل (14.5) إدخال البعد y ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer*..... 93
الشكل (15.5) إدخال البعد Time ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer* 93
الشكل (16.5) الجزئية Make NetCDF Raster Layer جاهزة..... 94
الشكل (17.5) ربط المجلد الذي يحوي ملفات NetCDF مع تعليمة *Make NetCDF Raster Layer* 94
الشكل (18.5) التحقق من معلومات نافذة *Make NetCDF Raster Layer* 95
الشكل (19.5) المعلومات المدخلة إلى نافذة *Make NetCDF Raster Layer*..... 95
الشكل (20.5) حذف الشكل البيضوي الأزرق الذي يحوي أول ملف NetCDF تم إدخاله..... 96
الشكل (21.5) تشغيل مرحلي للنموذج 96
الشكل (22.5) إدخال الأداة Clip إلى نافذة النموذج 97
الشكل (23.5) الربط بين الشرائح الناتجة عن أداة Make NetCDF Raster Layer و الأداة Clip 97
الشكل (24.5) فتح نافذة الأداة Clip 98
الشكل (25.5) إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Clip 99
الشكل (26.5) إضافة ناتج العملية Clipإلى قائمة الإظهار. 100
الشكل (27.5) حفظ النموذج الذي تم تصميمه. 100
الشكل (28.5) تشغيل النموذج 101
الشكل (29.5) الشرائح الناتجة عن الاقتطاع..... 101
الشكل (30.5) خصائص الشرائح المتعددة النطاقات، الناتجة عن النموذج. 102
الشكل (31.5) الباندات اليومية ضمن كل شريحة ناتجة. 102
الشكل (1.6) منطقة تطبيق التمرين العملي. 103
الشكل (2.6) الأداة Make NetCDF Raster Layer 104
الشكل (3.6) إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer 105
الشكل (4.6) شريحة Raster المؤقتة المستنتجة من ملف NetCDF 105
الشكل (5.6)تحديد الزمن Time كبعد ثالث لشريحة Raster المؤقتة. 106
الشكل (6.6) تشغيل السكريبت الخاص بفصل الشرائح. 107
الشكل (7.6) لقطة اثناء تشغيل السكريبت. 107
الشكل (8.6) شرائح Rasters التساقطات اليومية للعام 2019 بعد فصلها. 108

الشكل (9.6) فتح النموذج Resample.....109
الشكل (10.6) إدخال مجلد الشرائح اليومية ليعمل النموذج عليها.....109
الشكل (11.6) تنفيذ التعليمة Extract by mask 110
الشكل (12.6) استدعاء الأداة Resample صمن النموذج. 110
الشكل (13.6) إدخال المعلومات اللازمة اضمن لأداة Resample 111
الشكل (14.6) إدخال مسار المجلد الذي سيحتوي نتائج عمل الأداة Resample 111
الشكل (15.6) تحديد أسماء الملفات الناتجة عن الأداة Resample 112
الشكل (16.6) تحديد الدقة المكانية الجديدة 112
الشكل (17.6) اختيار الطريقة الإحصائية لتنفيذ Resample.....112
الشكل (18.6) إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Resample.....113
الشكل (19.6) تشغيل النموذج Resample 113
الشكل (20.6) تحديد أسماء الملفات الناتجة عن الأداةResample.....114
.....114
الشكل (21.6) أمثلة عن نتائج عمل Resample على منطقة اهتمام. 114
الشكل (1.7) الأداة Cell Statistics ضمن واجهة ArcToolbox. 116
الشكل (2.7) إدخال شرائح الحرارة اليومية لشهر آذار 117
الشكل (3.7) إضافة الشرائح اليومية لشهر اذار ضمن نافذة Cell Statistics.....117
الشكل (4.7) تحديد مكان تخزين واسم شريحة المعدل الناتجة.....118
الشكل (5.7)اختيار الطريقة الإحصائية Mean لحساب شريحة المعدل.....118
الشكل (6.7) نافذة الأداة Cell Statistics. 119
الشكل (7.7) شريحة معدل درجات الحرارة لشهر آذار 2035. 119
الشكل (1.8) منطقة تطبيق عملية الاستقراء. 120
الشكل (1.8) شريحة معدل درجات الحرارة لشهر آذار 2035. 121
الشكل (2.8) المناطق الساحلية التي سيتم استقراء بياناتها المفقودة 121
الشكل (3.8) تفعيل الامتداد Geostatistical Analyst ضمن نافذة Extension. 122
الشكل (4.8) إظهار شريط الأدوات Geostatistical Analyst ضمن واجهة ArcMap.....122
الشكل (5.8) خطوات إجراء عملية Interpolation.....123
الشكل (6.8) الشريحة الناتجة عن الاستقراء.....124
الشكل (7.8) تصدير الشريحة الناتجة إلى Raster. 124
الشكل (8.8) إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة GA Layer to Grid 125
الشكل (9.8) خطوات إجراء عملية الاقتطاع على منطقة الاهتمام.....125
الشكل (10.8) الشريحة الناتجة عن الاقتطاع.....126
الشكل (1.9) إضافة الشريحتين اللتين سيتم حساب قيمة التغير بينهما.....128
الشكل (2.9)الأداة Raster Calculator ضمن نافذة ArcMap.....128

الشكل (3.9) إدخال الشريحة الأولى (pr_45_81_100) إلى نافذة raster calculator. 129
الشكل (4.9) إدخال عملية الطرح إلى نافذة raster calculator..... 129
الشكل (5.9)إدخال الشريحة الثانية (pr_ref) إلى نافذة raster calculator..... 130
الشكل (6.9) نافذة raster calculator. 130
الشكل (7.9) الشريحة الناتجة Raster تعبر عن التغير المتوقع على التساقطات خلال فترة نهاية القرن بالمقارنة مع الفترة المرجعية. 131

فهرس الجداول

الجدول (1) مخرجات النمذجة الإقليمية المناخية من تساقطات وحرارة..... 3
الجدول (2) مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من المؤشرات المتطرفة للحرارة..... 4
الجدول (3) مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من المؤشرات المتطرفة للتساقطات..... 5
الجدول (4) توزع النطاقات Bands على أشهر السنة العادية والكبيسة 12

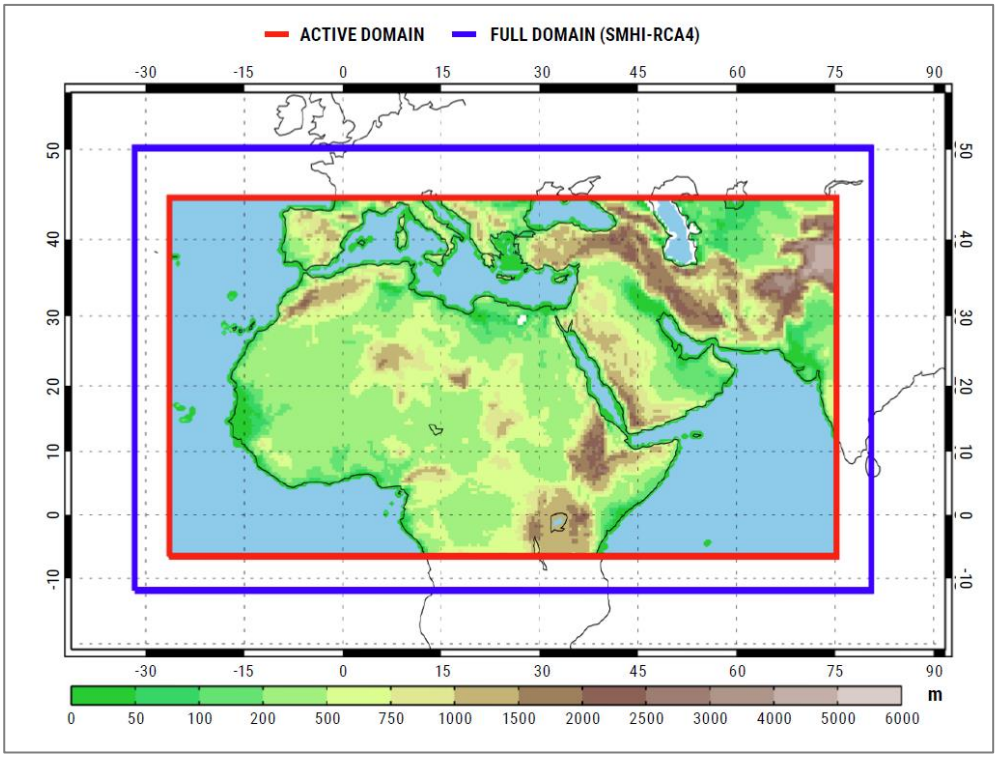
استخدام أدوات GIS للحصول على بيانات RICCAR المناخية التي تغطي الفترة الحالية والمتوقعة للمستقبل

1. مقدمة

يهدف هذا الدليل التدريبي إلى تعريف المستخدمين بكيفية تنزيل واستخدام البيانات المناخية الناتجة عن مبادرة RICCAR لتقييم أثر التغيرات المناخية على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية، وسيتم التركيز على استخدام نظم المعلومات الجغرافية للتعامل مع البيانات المناخية، كما تجدر الإشارة إلى إمكانية استخدام هذه البيانات على منصات مختلفة.

2. ملخص عن بيانات التغير المناخي الناتجة عن ريكار

تمثل بيانات التغير المناخي أحد أهم مخرجات RICCAR وهي تغطي النطاق العربي الموضح في الشكل (1) ، كما تجدر الإشارة إلى أنها موضحة بشكل تفصيلي في التقرير الرئيسي (التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ) .



الشكل (1) النطاق العربي

كما تتضمن بيانات معدلات الحرارة والتساقطات والظواهر المناخية المتطرفة على ثلاث فترات:

- الفترة المرجعية
- فترة منتصف القرن
- فترة نهاية القرن

من أجل كل من سيناريو الانبعاثات المتوسطة RCP 4.5 وسيناريو الانبعاثات المرتفعة RCP8.5.

وأما المصدر الرئيسي لهذه البيانات فهو البيانات المصححة الانحياز من نموذج المناخ الإقليمي RCM والمقتبسة من التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي (CORDEX) .

كما تتضمن بيانات الحرارة والتساقطات اليومية المتوقعة (المُسقطة) للفترة 1951 – 2100 (الجدول 1) وكذلك بيانات الظواهر المناخية المتطرفة الفصلية والسنوية لنفس الفترة (الجدولين 2 و 3)، وفق الشروط المحيطية لثلاثة نماذج مناخ عالمية مدروسة (CNRM-CM5, EC-EARTH, and GFDL-ESM2M)[1] . وهي متوفرة لمختلف السيناريوهات وبدقات مكانية مختلفة.

كما يمكن لأي شخص الولوج إلى هذه البيانات عبر الشابكة، كما يمكن تنزيلها بالصيغة المصححة الانحياز Bias-Corrected من منصة المركز الإقليمي للمعرفة Regional Knowledge Hub data portal ، أما بيانات النموذج المناخي الإقليمي الغير مصححة الانحياز بالإضافة إلى مخرجات مناخية خاصة بالنطاقات المناخية الأخرى فيمكن الحصول عليها من بيانات CORDEX الموجودة على موقع ESGF .

تتوفر معلومات أكثر تفصيلا على موقع ESGF وموقع CORDEX عن طريقة الوصول إلى هذه البيانات.

كما يمكن للمستخدمين الاستفادة من هذه البيانات للدراسات والأبحاث، مع العلم ان البيانات متوفرة بصيغتين: الأولى بيانات أصلية Raw data، والثانية بيانات مصححة الانحياز Bias corrected.

[1] (تفاصيل النماذج يمكن الاطلاع عليها بالتفصيل من تقرير – تطبيقات النمذجة المناخية الإقليمية والنمذجة الهيدرولوجية الإقليمية في المنطقة العربية_)

الجدول (1) مخرجات النمذجة الإقليمية المناخية من تساقطات وحرارة

البارامترات المناخية	الرمز	سيناريو الانبعاثات الغازية	نماذج المناخ العالمي (GCM)	الفترة الزمنية	الدقة المكانية
تساقطات	Pr	RCP2.6	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
تساقطات	Pr	RCP4.5	CNRM-CM5	1951-2100	50 x 50 km
تساقطات	Pr	RCP4.5	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
تساقطات	Pr	RCP4.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	50 x 50 km
تساقطات	Pr	RCP8.5	EC-EARTH	1951-2100	25 x 25 km
تساقطات	Pr	RCP8.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	25 x 25 km
تساقطات	Pr	RCP8.5	CNRM-CM5	1951-2100	50 x 50 km
تساقطات	Pr	RCP8.5	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
تساقطات	Pr	RCP8.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	50 x 50 km
حرارة	Tas	RCP2.6	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة	Tas	RCP4.5	CNRM-CM5	1951-2100	50 x 50 km
حرارة	Tas	RCP4.5	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة	Tas	RCP4.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	50 x 50 km
حرارة	Tas	RCP8.5	EC-EARTH	1951-2100	25 x 25 km
حرارة	Tas	RCP8.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	25 x 25 km
حرارة	Tas	RCP8.5	CNRM-CM5	1951-2100	50 x 50 km
حرارة	Tas	RCP8.5	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة	Tas	RCP8.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	50 x 50 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP2.6	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP4.5	CNRM-CM5	1951-2100	50 x 50 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP4.5	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP4.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	50 x 50 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP8.5	EC-EARTH	1951-2100	25 x 25 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP8.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	25 x 25 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP8.5	CNRM-CM5	1951-2100	50 x 50 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP8.5	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة عظمى	tasmax	RCP8.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	50 x 50 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP2.6	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP4.5	CNRM-CM5	1951-2100	50 x 50 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP4.5	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP4.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	50 x 50 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP8.5	EC-EARTH	1951-2100	25 x 25 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP8.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	25 x 25 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP8.5	CNRM-CM5	1951-2100	50 x 50 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP8.5	EC-EARTH	1951-2100	50 x 50 km
حرارة صغرى	tasmin	RCP8.5	GFDL-ESM2M	1951-2100	50 x 50 km

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

Spatial resolution	Data period	Driving GCM	Climate scenario	Long name	Index
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Number of summer days	SU
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Number of summer days	SU
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Number of summer days	SU
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Number of summer days	SU
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Number of summer days	SU
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Number of summer days	SU
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	Number of hot days	SU35
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Number of hot days	SU35
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Number of hot days	SU35
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Number of hot days	SU35
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Number of hot days	SU35
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Number of hot days	SU35
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Number of hot days	SU35
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	Number of very hot days	SU40
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Number of very hot days	SU40
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Number of very hot days	SU40
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Number of very hot days	SU40
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Number of very hot days	SU40
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Number of very hot days	SU40
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Number of very hot days	SU40
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	Number of tropical nights	TR
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Number of tropical nights	TR
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Number of tropical nights	TR
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Number of tropical nights	TR
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Number of tropical nights	TR
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Number of tropical nights	TR
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Number of tropical nights	TR

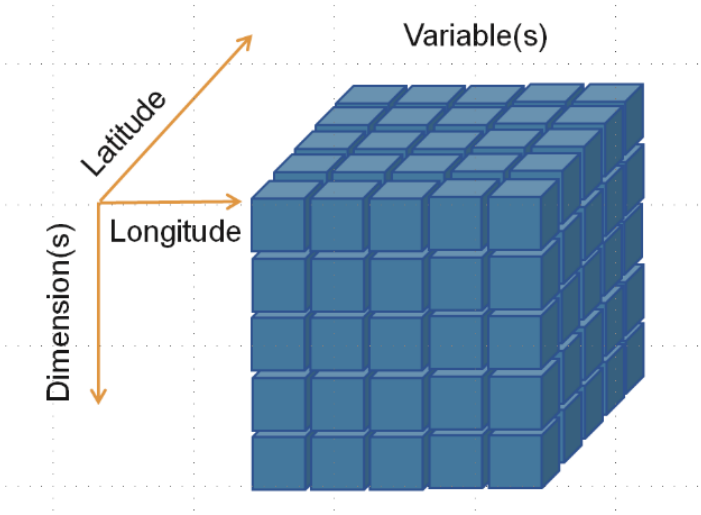
الجدول (3) مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية من الظواهر المناخية المتطرفة للتساقطات

Spatial resolution	Data period	Driving GCM	Climate scenario	Long name	Index
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	Maximum length of dry spell	CDD
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Maximum length of dry spell	CDD
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Maximum length of dry spell	CDD
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Maximum length of dry spell	CDD
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Maximum length of dry spell	CDD
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Maximum length of dry spell	CDD
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Maximum length of dry spell	CDD
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	Maximum length of wet spell	CWD
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Maximum length of wet spell	CWD
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Maximum length of wet spell	CWD
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Maximum length of wet spell	CWD
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Maximum length of wet spell	CWD
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Maximum length of wet spell	CWD
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Maximum length of wet spell	CWD
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	Count of 10 mm precipitation days	R10
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Count of 10 mm precipitation days	R10
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Count of 10 mm precipitation days	R10
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Count of 10 mm precipitation days	R10
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Count of 10 mm precipitation days	R10
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Count of 10 mm precipitation days	R10
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Count of 10 mm precipitation days	R10
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	Count of 20 mm precipitation days	R20
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Count of 20 mm precipitation days	R20
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Count of 20 mm precipitation days	R20
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Count of 20 mm precipitation days	R20
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Count of 20 mm precipitation days	R20
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Count of 20 mm precipitation days	R20
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Count of 20 mm precipitation days	R20
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP2.6	Simple precipitation intensity index	SDII
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP4.5	Simple precipitation intensity index	SDII
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP4.5	Simple precipitation intensity index	SDII
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP4.5	Simple precipitation intensity index	SDII
50 x 50 km	1951-2100	CNRM-CM5	RCP8.5	Simple precipitation intensity index	SDII
50 x 50 km	1951-2100	EC-EARTH	RCP8.5	Simple precipitation intensity index	SDII
50 x 50 km	1951-2100	GFDL-ESM2M	RCP8.5	Simple precipitation intensity index	SDII

3. الأداة المتعددة الأبعاد (Multi Dimension Tool) في برنامج Arcmap

1.3مقدمة إلى صيغة NetCDF

كما هو الحال مع معظم البيانات المناخية فإن مخرجاتRICCARمن البيانات المناخية متوفرة بصـــيغة NetCDF والتي تعتبر مناســـبة لحفظ قواعد البيانات المتعددة المتحولات حيث يتم تمثيل كل متحول ببعد معين، كما في حالة بياناتRICCARيوجد ثلاثة متحولات هي الزمن بالإضافة إلى الإحداثيين Xو Y (الشكل 2). ولابد من الإشارة إلى أن ملفات NetCDF يمكن التعامل معها من واجهات أخرى مثل MATLAB و PYTHONولغة البرمجة R. ولكن في هذا الدليل التدريبي ســـنتطرق إلى واجهة ArcMap GIS فقط.



الشكل (2) المصفوفة البعدية لملفات NetCDF

شرح أسماء الملفات بصيغة NetCDF التي تحوي مخرجات RICCAR :

تعطى ملفات NetCDF التي تمثل بياناتRICCAR المناخية بالشكل التالي :

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

حيث :

- Pr: المتحول المناخي (التساقطات)
- MNA-44: النطاق المناخي CORDEX والدقة المكانية (نطاق MENA العربي والدقة المكانية 0.44 درجة)
- CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 : نموذج المناخ العالمي GCM
- historicalandrcp45 : سيناريو الانبعاثات الغازية (السيناريو 4.5)
- r1i1p1: طريقة حساب المتوسط التجريبي
- SMHI-RCA4: النموذج المناخي الإقليمي
- v1-bc-dbs-wfdei: طريقة التصحيح المعتمدة
- day : الدقة الزمنية (بيانات يومية)
- 19510101-21001231 : الفترة الزمنية التي يغطيها المجلد الذي يحوي ملفات NetCDF
- 2046_2046: سنة ملف ال NetCDF بالتحديد (عام 2046)

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

بالنسبة لمؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة، تتوفر ملفات NetCDF سنوية أوفصلية (DJF : من أجل أشـــهر December ، January ،February – MAM : من أجل أشـــهرMarch ، April،May - JJA: من أجل أشـــهر June، July , August – SON: من أجل أشـــهر September، October، November ,) ، حيث كل ملف NetCDF يحتوي 150 شـريحة تمثل فترة 150 سـنة (1951-2100) . أما تسـمية الملفات الخاصـة بمؤشـرات الظواهر المناخية المتطرفة 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

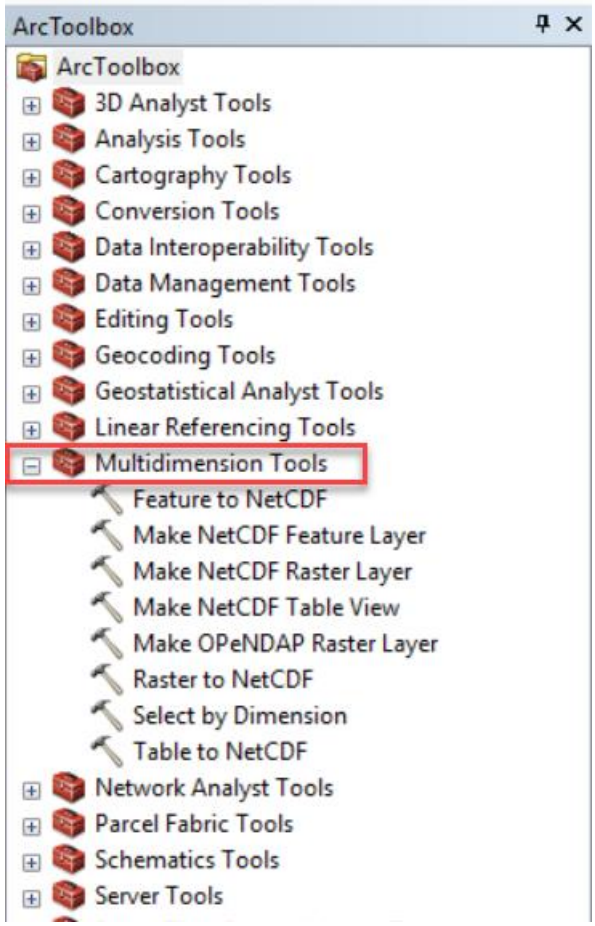
حيث :

- su35: متحول المناخي (عدد أيام السنة التي تتجاوز درجة حرارتها 35 درجة مئوية)
- MNA-44: النطاق المناخي CORDEX والدقة المكانية (نطاق MENA العربي والدقة المكانية 0.44 درجة)
- ICHEC-EC-EARTH: نموذج المناخ العالمي GCM
- historicalandrcp45 : سيناريو الانبعاثات الغازية (السيناريو 4.5)
- r1i1p1: طريقة حساب المتوسط التجريبي
- SMHI-RCA4: النموذج المناخي الإقليمي
- WFDEI-1980-2009_v1_day: طريقة التصحيح المعتمدة
- 19510101-21001231 : الفترة الزمنية التي يغطيها المجلد الذي يحوي ملفات NetCDF
- SON: الفصل الذي يمثله ملف ال NetCDF (September، October، November)

2.3تحويل ملفات NetCDF إلى Raster :

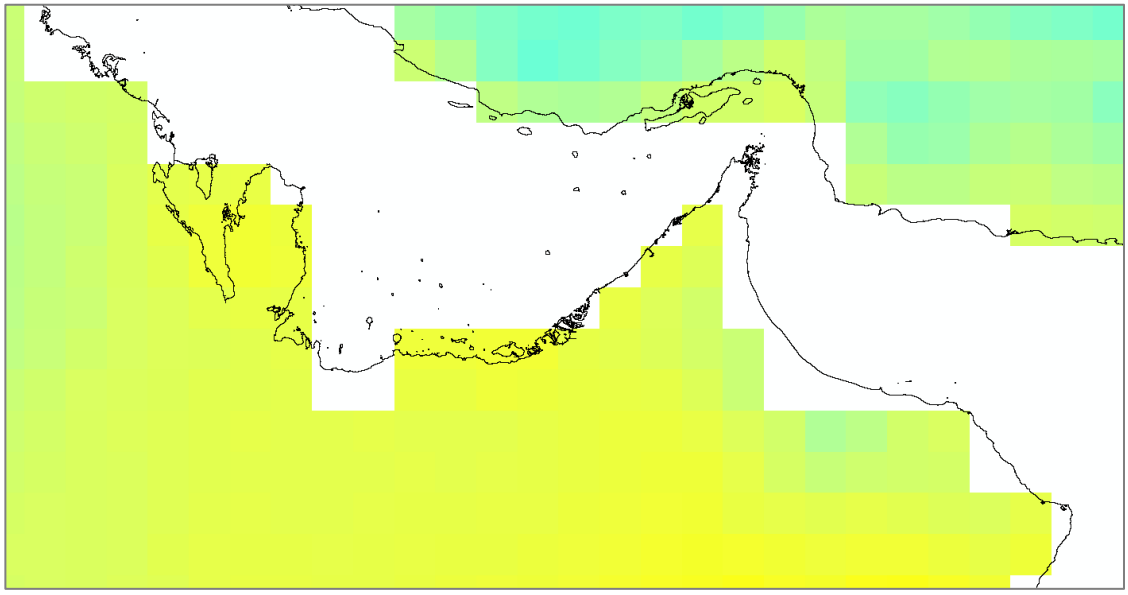
1.2.3 إنشاء ملف Raster:

بما أن الملفات بصيغةNetCDF لا يمكن استدعاؤها وإظهارها مباشرة إلى واجهة ArcMap باستخدام ( ) *Add Data* tool ، فلا بد من مجموعة من الإجراءات ضمن *Multidimension Tools* الشكل (3)



الشكل(3) قائمة Multidimension Tools في ArcMap

كما يمكن ملاحظة خلو المناطق المتاخمة لخطوط السواحل من البيانات أحيانا (الشكل 4)، والسبب أنه خلال إجراء عملية التصحيح Bias Correctionعلى البيانات المناخية تم استبعاد كل الخلايا Cells التي تغطيها المياه بنسبة تزيد على 50%. من أجل الحصول على البيانات المناخية لمثل هذه المناطق ينصح باختيار أقرب خلية إلى الموقع او إجراء توسيط لقيم الخلايا المحيطة بالموقع.

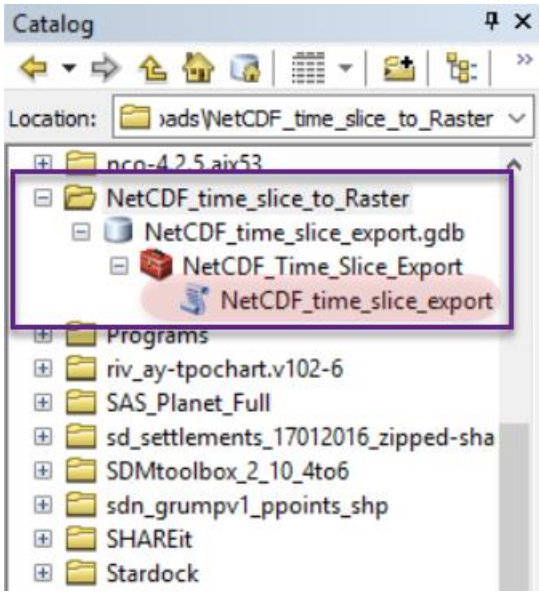


الشكل(4) لقطة مكبرة على NetCDF Raster Layer تبين المناطق الساحلية بدون بيانات

2.2.3اقتطاع شرائح زمنية متعددة من شريحة raster

بما ان كل ملف NetCDF يحتوي مجموعة من الشرائح وكل شريحة تمثل يوم محدد أو سنة محددة (بحسب متحول المناخي)، وفرت شركة ESRI برمجية خاصة لفصل هذه الشرائح وتصديرها بصيغ نقطيةRaster وبذلك سيكون من السهل على المستخدمين إجراء عمليات التوسيط ensembles المناسبة لهم ، والبرمجية متوفرة على الرابط https://support.esri.com/en/technical-article/000011318

حيث نقوم بتحميلها واستخراجه من الملف المضغوط، وتظهر عند استعراضها من خلال واجهة ArcCatalog (الشكل 5)



الشكل(5) استعراض برمجية NetCDF_time_slice_export ضمن واجهة ArcCatalog .

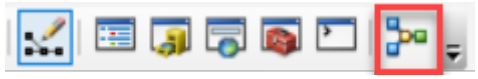
ويوصى باستخدام مجلد مستقل لكل ملف NetCDF ، وبشكل تلقائي سيتم تسمية كل Raster ناتجة باسم Band -n حيث n يمثل رقم الفترة الزمنية (الشكل 6) ،على سبيل المثال Band-1 تمثل 1 كانون الثاني ،Band-2 تمثل 2 كانون الثاني ، Band-365 تمثل 31 كانون الأول (الجدول 4)،مع العلم ان ملفات NetCDF الخاصة بريكار تأخذ السنة الكبيسة بعين الاعتبار، حيث يتم كل أربع سنوات إضافة يوم إلى الجدول الزمني. وفي مثل هذه السنة الكبيسة يكون Band-366 يمثل يوم 31 كانون الأول. أما بالنسبة لبارمترات الظواهر المناخية المتطرفة فكل Raster ناتجة تمثل سنة واحدة فمثلBand-1 تمثل العام 1951 وال Band-150 يمثل العام 2100 .

الجدول (4) توزع النطاقات Bands على أشهر السنة العادية والكبيسة

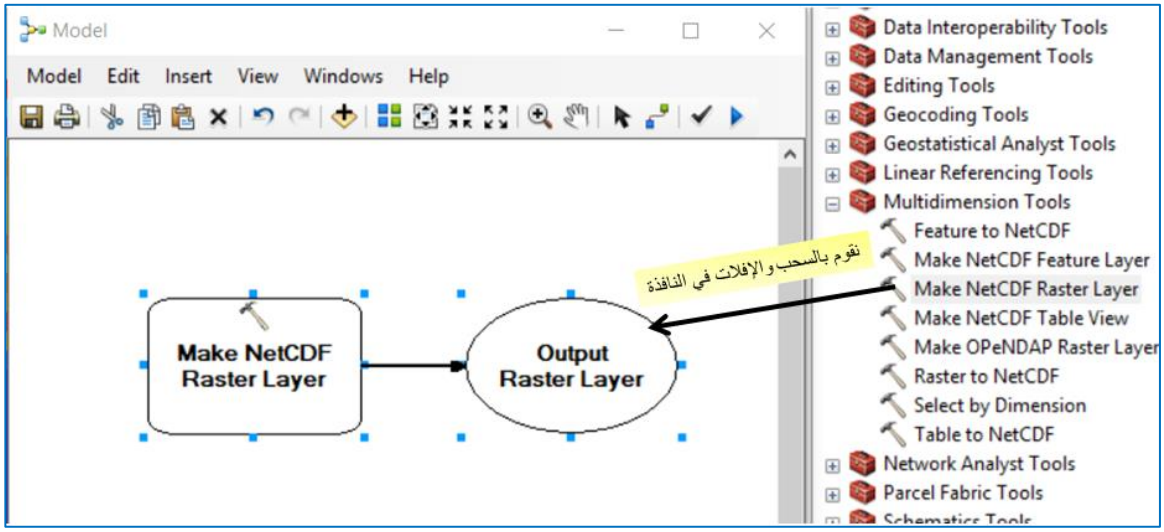
الشهر	سنة عادية	سنة كبيسة
كانون الثاني	Band 1 - Band 31	Band 1 - Band 31
شباط	Band 32 - Band 59	Band 32 - Band 60
آذار	Band 60 - Band 90	Band 61 - Band 91
نيسان	Band 91 - Band 120	Band 92 - Band 121
أيار	Band 121 - Band 151	Band 122 - Band 152
حزيران	Band 152 - Band 181	Band 153 - Band 182
تموز	Band 182 - Band 212	Band 183 - Band 213
آب	Band 213 - Band 243	Band 214 - Band 244
أيلول	Band 244 - Band 273	Band 245 - Band 274
تشرين الأول	Band 274 - Band 304	Band 275 - Band 305
تشرين الثاني	Band 305 - Band 334	Band 306 - Band 335
كانون الأول	Band 335 - Band 365	Band 336 - Band 366

3.2.3 استخدام Model Builder لاقتطاع البيانات المناخية الخاصة بمنطقة محددة:

أهم ميزة لاستخدام Model Builder هي تسريع عملية توليد عدة طبقات Rasters من ملفات NetCDF متعددة .والتي يمكن فيما بعد اقتطاعها على منطقة اهتمام محددة .

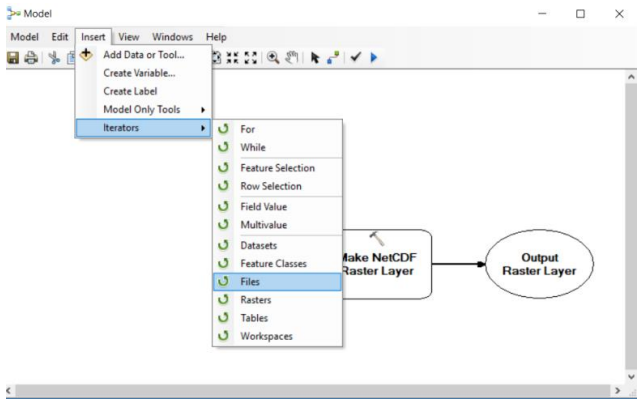
نقوم بفتح Model Builder 

ابدأ بسحب أداة *Make NetCDF Raster Layer* إلى واجهة *ModelBuilder* (الشكل 6)



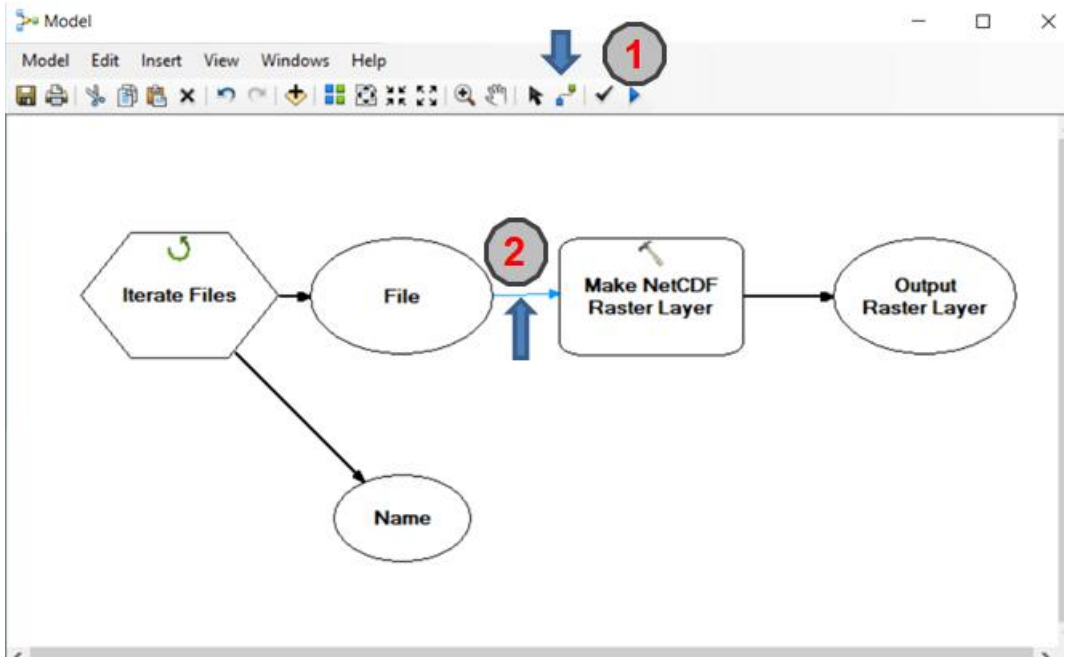
الشكل (6): إضافة أداة Make NetCDF Raster Layer

اختر *Insert* > *Iterators* > *Files*: ليقوم بذلك Model Builder بتكرار تنفيذ نفس التعليمة مرات متعددة (الشكل 7).



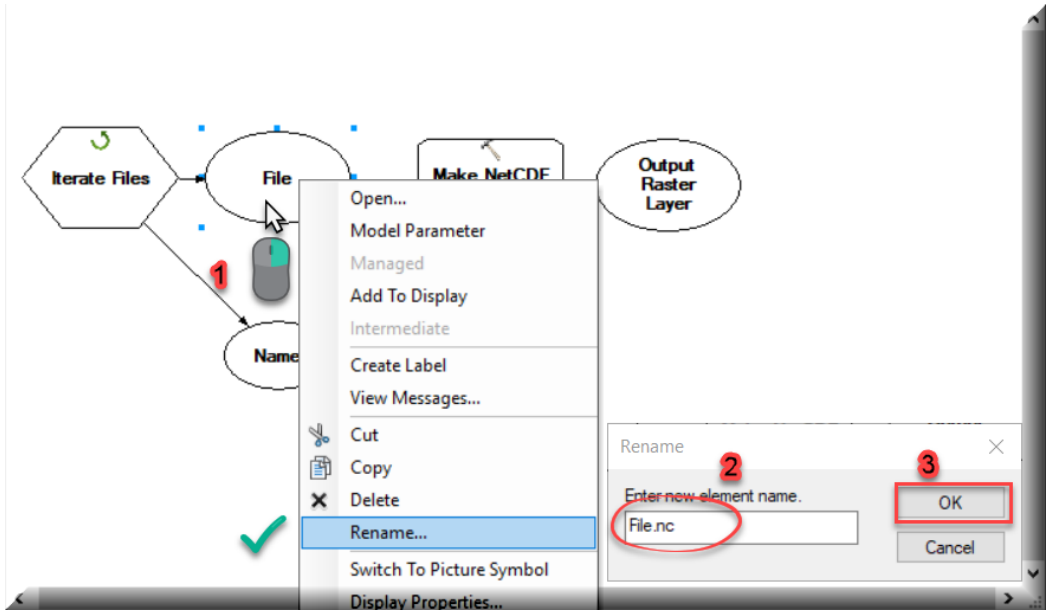
الشكل (7): إضافة أداة Iterate Files

اختر connect من File إلى *Make NetCDF Raster Layer* :لتوجيه النموذج model لاستخدام الملف file كمصدر للبيانات (الشكل 8) .



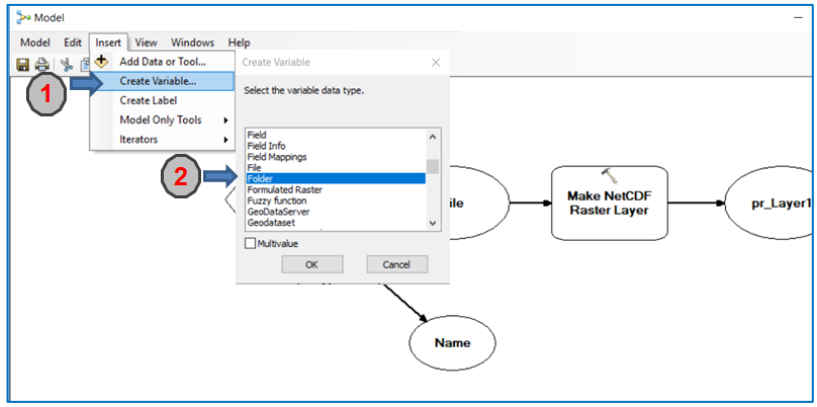
الشكل (8): إضافة Connect بين File وأداة Make NetCDF Raster Layer

انقر باليمين على أيقونة File واختر Rename ،ثم أضف nc. لإلزام الموديل باختيار ملفات NetCDF فقط (الشكل 9)



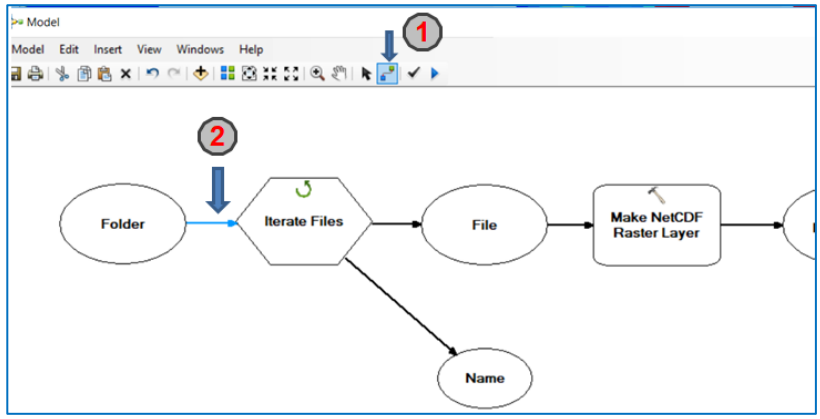
الشكل (9): تحديد ملفات نوع NetCDF فقط للقراءة

ثم اختر *Insert> Create Variable > Folder* (الشكل 10)



الشكل (10): تحديد مجلد ليحتوي ملفات NetCDF التي سيتم العمل عليها.

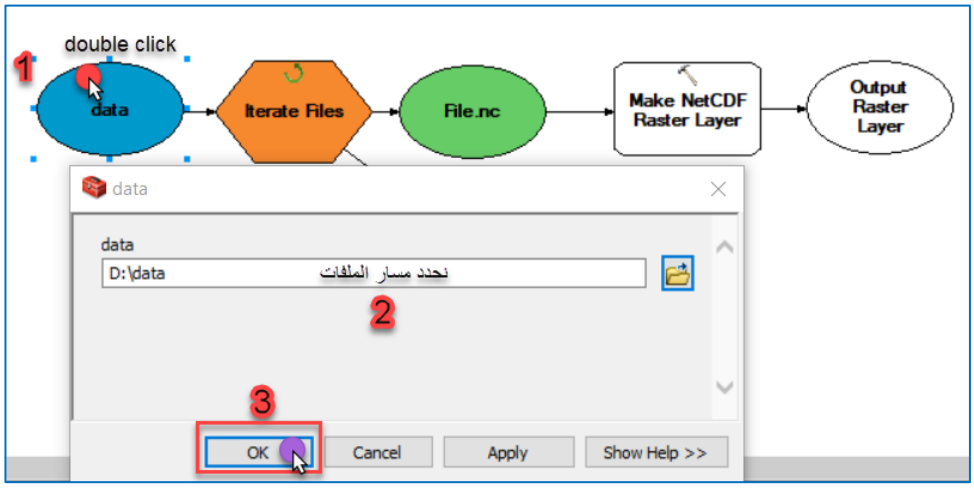
ثم اختر connect بين Folder و Iterate Files من أجل الاختيار المتكرر من File (الشكل11)



الشكل (11): عمل Connect بين مجلد ملفات NetCDF و تعليمةIterate.

نقرة مزدوجة على أيقونة Folder واختر المجلد الخاص الذي تم حفظ ملفات NetCDF داخله (الشكل 12).

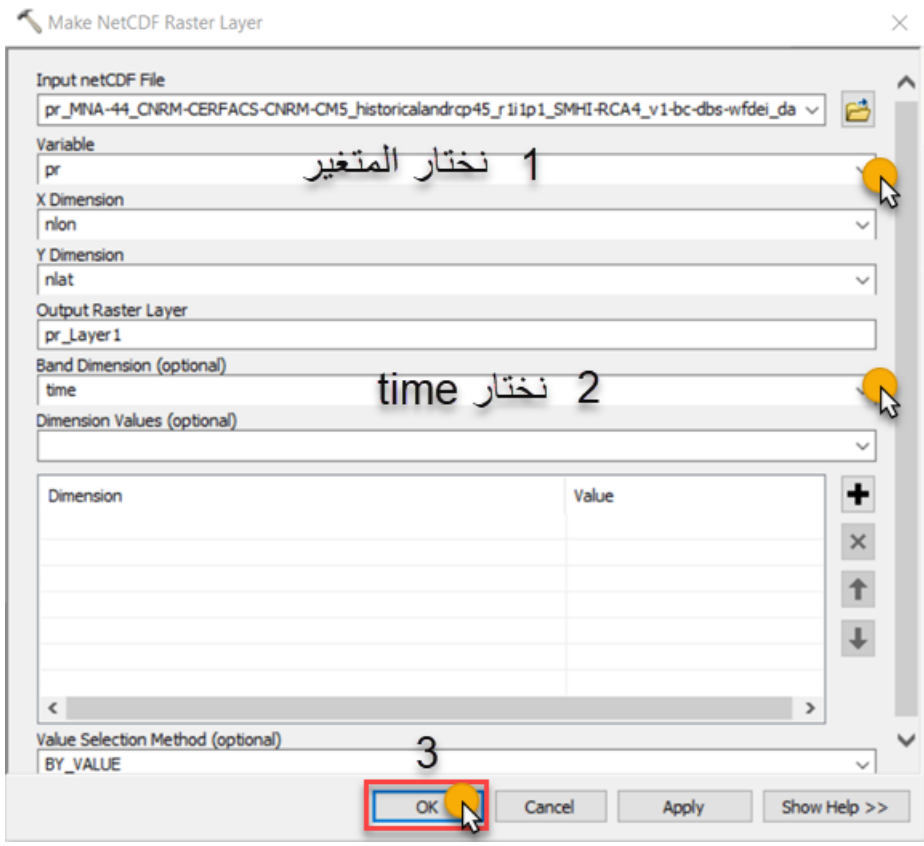
عندئذ ســـتتحول الأيقونات في واجهة model builder إلى ملونة ما يدل على أن خطوة بناء النموذج الحالية تمت بشكل صـحيح. بينما أيقونة Make NetCDF Raster Layer وأيقونة Output Raster Layer تبقى بدون الوان لأنها لم تكتمل بعد.



الشكل (12): تحديد مسار ملفات NetCDF ضمن Folder .

نقرة مزدوجة على أيقونة Make NetCDF Raster Layer (الشكل13):

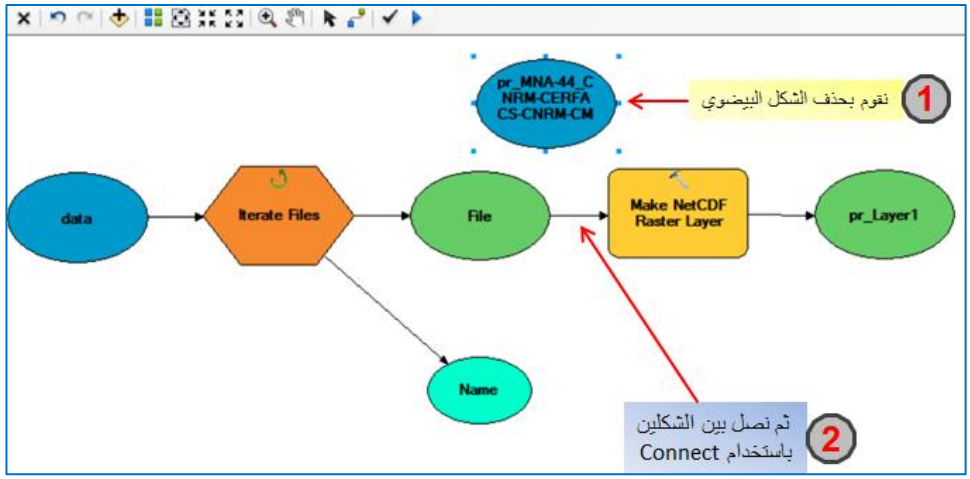
- Input NetCDF File :سيكون تلقائيا File.nc
- Variable: اختر pr
- Output Raster Layer name: يبقى كما هو
- lon :X Dimension
- lat : Y Dimension
- Band Dimension : اختر time



الشكل (13) إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Make NetCDF Raster Layer

يدل الشكل البيضوي الأزرق على ان ملفات NetCDF سوف تتداخل مع تلك في الشكل البيضوي الأخضر للملف File.nc.، بكل الأحوال يمكن الاستغناء عن الملف البيضوي الأزرق بعمل Delete .

(مع الانتباه إلى أن كل من Make NetCDF Raster Layer و Output Raster Layer سوف تتغير إلى اللون الأبيض)، والحل هو نقرة مزدوجة على أيقونة Make NetCDF Raster Layer والتأكد من الحقول تم ملؤها بالبيانات الصحيحة كما ورد أعلاه، وإعادة عمل connect من File.nc إلى Make NetCDF Raster Layer (الشكل 14).



الشكل(14) تكرار العملية على جميع ملفات NetCDF في مجلد واحد

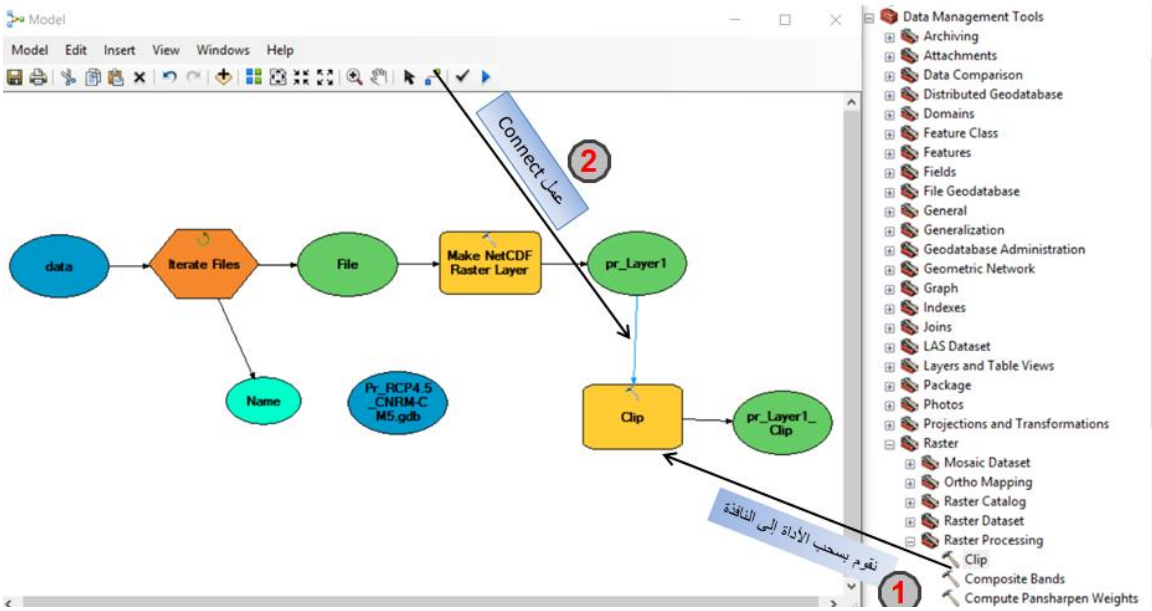
Run Model: للتأكد من أن كل شيء يسير على مايرام.

من اجل استعراض نتيجة Run :

وهكذا نكون قد وصلنا إلى الخطوة الأخيرة في بناء هذا النموذج و هي إضافة الأداة Clip من أجل قص الملفات النقطية Rasters التي نتجت من ملفات NetCDF .

أضف إلى واجهة *Model Builder* الأداة Clip الموجودة في المسار *Tools* > *Raster* > *Raster Processing* .

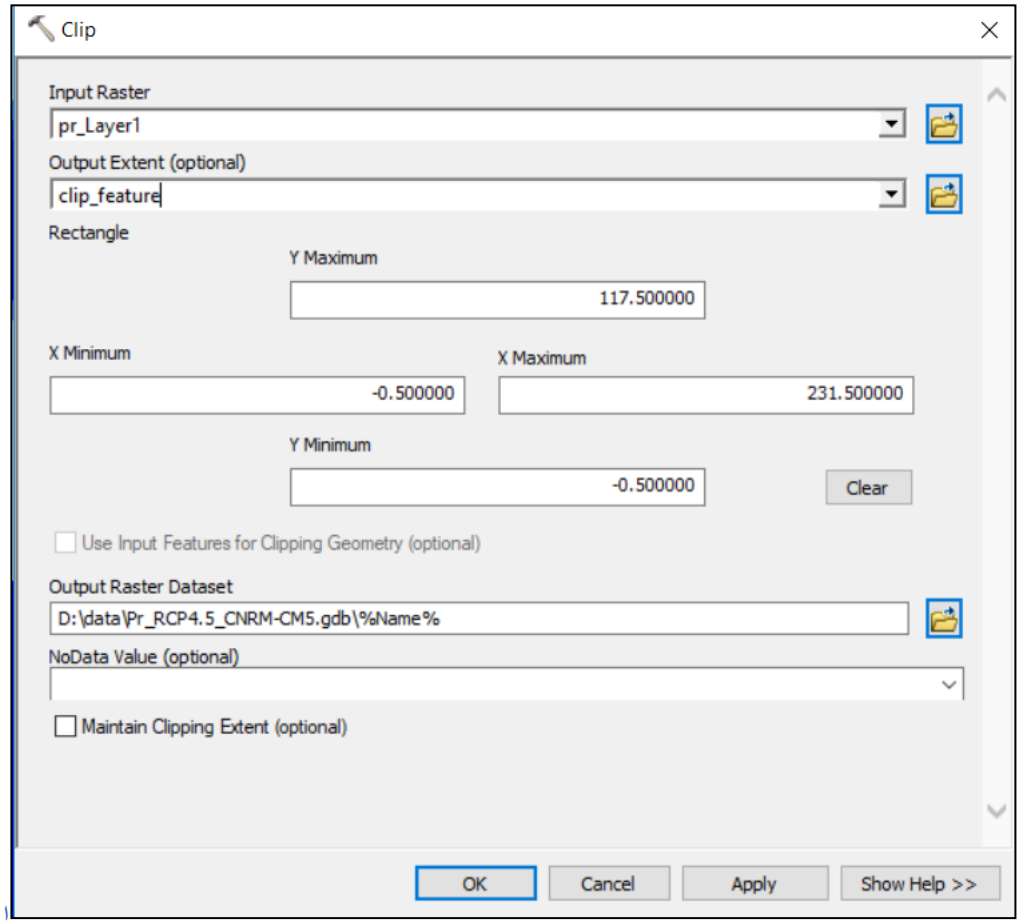
ثم اختر Connect للتعليمة Clip مع ملف مخرجات Rasters (الشكل البيضوي الأخضر)(الشكل 15)



الشكل(15) قص الشرائح النقطية Rastrs الناتجة عن ملفات NetCDF على منطقة محددة.

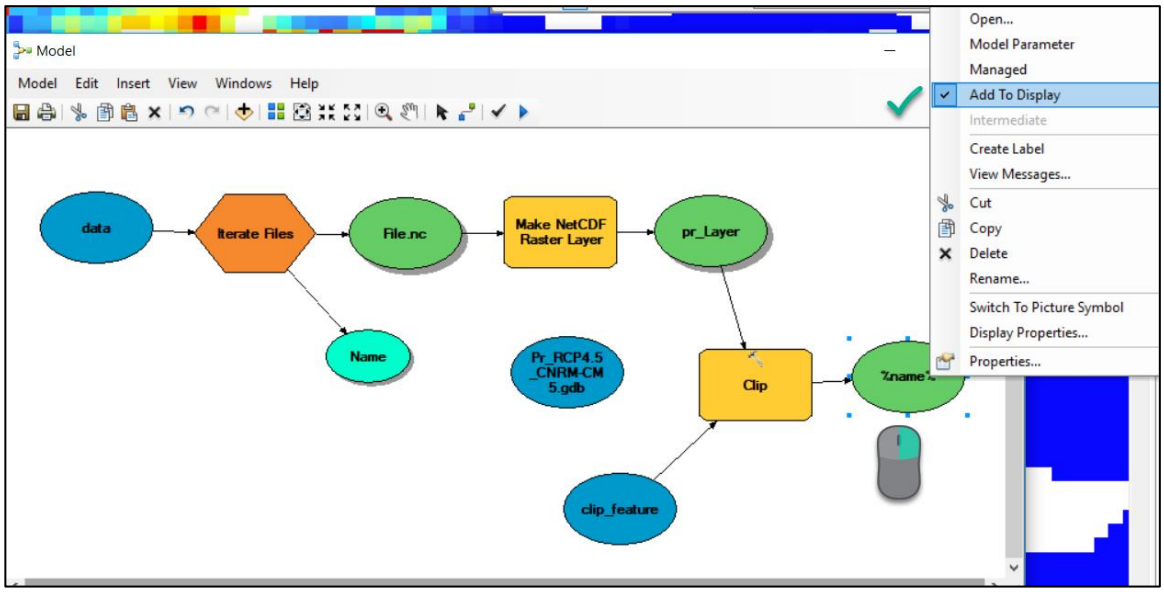
نقرة مزدوجة على أيقونة Clip :

- Output Extent : اختر شريحة Shapefile التي تمثل منطقة الاهتمام
- Output Raster Dataset: اختر المجلد الذي سيتم حفظ الشرائح المقتطعة ضمنه، وأعط للملف الناتج اسما (%Name%) هذه الطريقة في التسمية سوف تسمح بإعطاء الملفات الناتجة أسماء متوافقة مع أسماء ملفات NetCDF (الشكل 16)



الشكل (16): إقتطاع الصور باستخدام الأداة Clip Raster

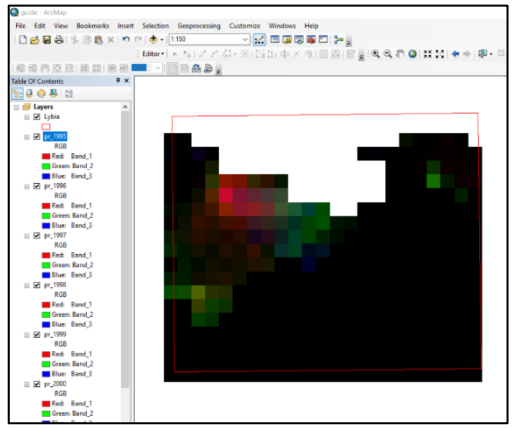
اضغط بالزر اليمين على المُخرج(output) وأختر (Add to display) لعرض المخرج بعد إنتهاء الموديل من عمله(شكل 17).



شكل (17): إضافة الصور المُقتطعة إلى الخريطة

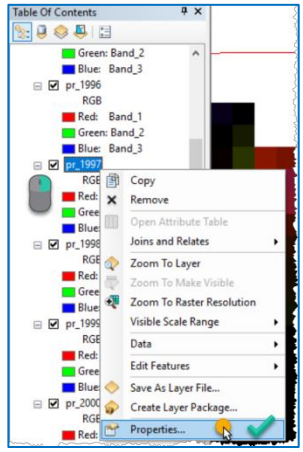
شغّل الموديل Run

المخرج عبارةٌ عن شريحة Raster متعددة الباندات، حيث يمثل كلّ باند ملف NetCDF ومقتطع على منطقة الدراسة كما في المثال المعروض لشرق ليبيا (الشكل 18).



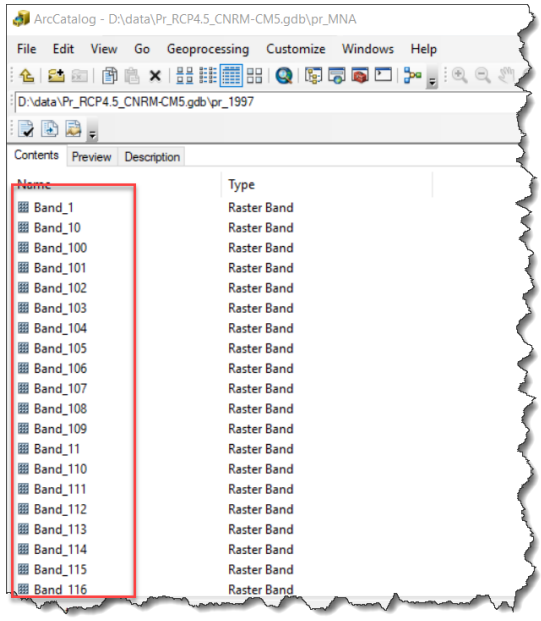
الشكل (18): ناتج اقتطاع الشرائح على منطقة الدراسة

يتم تقسيم الباندات(النطاقات) الزمنية الثلاثة الأولى إلى نطاقاتٍ لونية، ويمكن عرض خصائص كل نطاق بالنقر بالزر الأيمن على طبقة raster المخرج، وإختيار "خصائص" (الشكل 19).



الشكل (19): خصائص شريحة Raster المتعددة الباندات

كما يمكن إستعراض خصائص كل باند زمني عن طريق ArcCatalog (شكل 20).

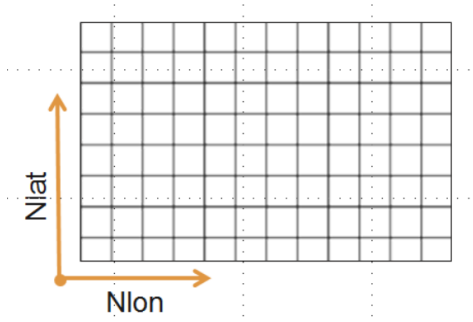


الشكل (20): إستعراض الباندات الزمنية في برنامج ArcCatalog

3.3 استخلاص جدول بالبيانات المناخية اليومية من ملّف NetCDF

1.3.3. مقدمة إلى مفهوم (nLon,nLat)

يُستحسن العمل ضمن أحداثياتٍ ديكارتية قياسية تحوي خطوط العرض والطول (lan، lon) لإنشاء شـــريحة Raster، إنطلاقاً من ملف NetCDF. أما بالنســـبة لإنشـــاء بيانات جدولية من ملفات NetCDF، يجب العمل بإحداثيات خاصـــة بالجداول وهي nLan و nLon، حيث يتم تحديد الأحداثيات برقم الخلية الشبكة في الصف والعمود على التوالي والتي تبدأ من الزاوية السفلى اليسرى. الشكل (21)



الشكل(21): نظام الشبكة لإحداثيات nLan و nLon الجدولي

بالنســـبة للنطاق العربي (MNA-44، 50*50 كم)، هناك 232 ســـطراً (row) و 118 عمودا (column) من الخلايا. أما نطاق (MNA-22، 25*25 كم)، فهناك 464 ســـطراً أفقيا و 236 عموداً من الخلايا (أي الضعف بسبب الدقة المكانية المضاعفة).

استنادًا إلى ما سبق، يمكن للمستخدمين تحويل الإحداثيات من التقليدية إلى nlon و nlat باستخدام المعادلتين 1 و 2 لـ MNA-44 والمعادلات 3 و 4 لـ MNA-22.

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

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

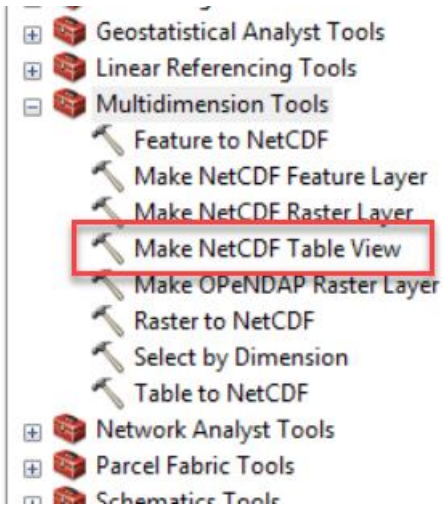
$$\text{Nlat} = \frac{\text{Lat} - (-6.82)}{0.22} \quad (3)$$

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

قم بتقريب قيم nlon و nlat الناتجة إلى أقرب قيمة عدد صحيح بما أنّ قيم الخلية هي أعداد صحيحة أيضاً.

2.3.3. استخلاص جدول من البيانات المناخية اليومية لموقع معين من ملفات NetCDF

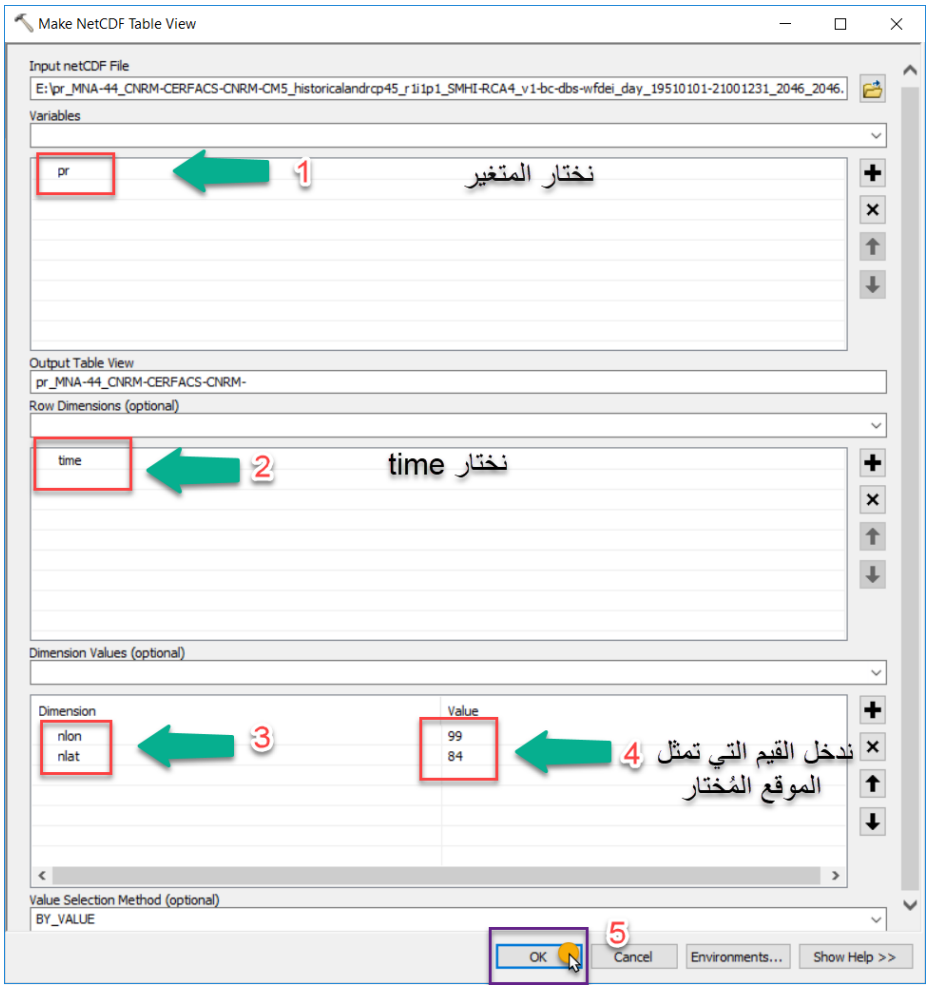
يمكن لأداة *Make NetCD Table View* الموجودة تحت الحزمة *Multidimension Tools* إنشاء جدول لجميع القيم من ملف NetCDF عند موقعٍ معين (الشكل 22).



الشكل(22): الأداة Make NetCDF Table View ضمن نافذة Arctoolbox

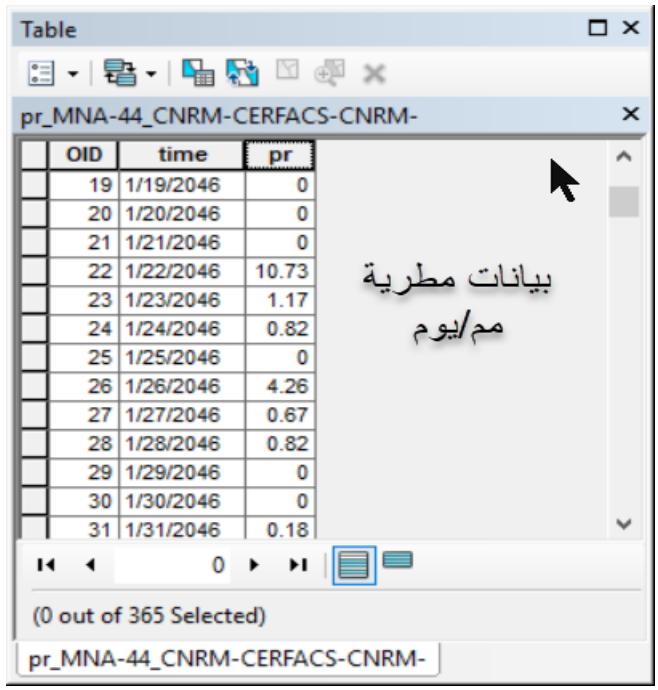
عنـد فتح الأداة ، حـدد ملف NetCDF المنـاســـب، ثم حـدد متحول المنـاخ المطلوب، واختر الوقت Time من أجل "row dimensions"، ثم اختر nlon و nlat من أجل X-Dimension و Y-Dimension. على التوالي .

ثم أدخل قيم إحداثيات nlon و nlat المناسبة للموقع المحدد (الشكل 23).



الشكل (23): إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة Make NetCDF Table View

سـيتم توليد جدولٍ للقيم في الموقع المطلوب(الشـكل 24). لابد من الانتباه الدقة الزمانية لملف NetCDF والتي تُسـتخدم في توليد القياسـات الصـحيحة للمتحول المناخي المدروس. على سـبيل المثال، بيانات التسـاقطات عبارةٌ عن بياناتٍ يومية، لذلك تمثل القيم في الجدول بيانات التسـاقطات اليومية مم/يوم. وكذلك الأمر بالنسبة للمتحولات المناخية الموسمية، فوحدات القياس تكون على شكل يوم/فصل/سنة.

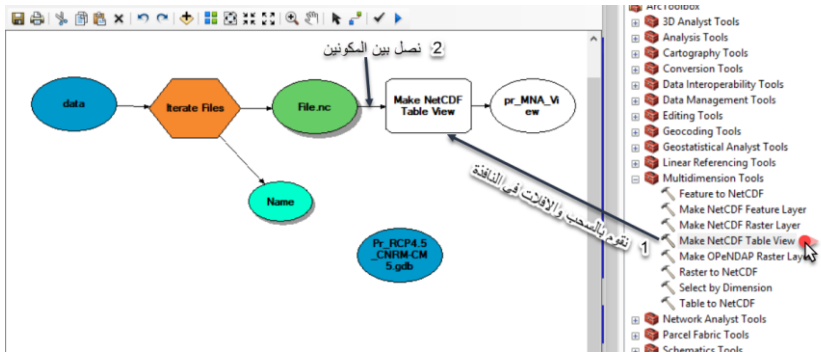


الشكل (24): جدول بيانات التساقطات اليومية الناتج عن أداة Make NetCDF Table View

3.3.3. استخدام model builder لإستخلاص جدول بيانات مناخية لسلسلة زمنية طويلة:

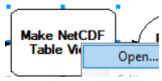
يمكن استخدام Model Builder لإنشاء جدول يحتوي على قيم لمتحول مناخي معين في نقطة واحدة على مدار عدة سنوات، مثلاً من عام 1981 وحتى 2100.

تتطابق الخطوات الأولية مع خطوات إقتطاع طبقات raster متعددة، بإستثناء الخطوة الأخيرة المتمثلة في استخدام أداة Make NetCDF Table View.(الشكل 25).

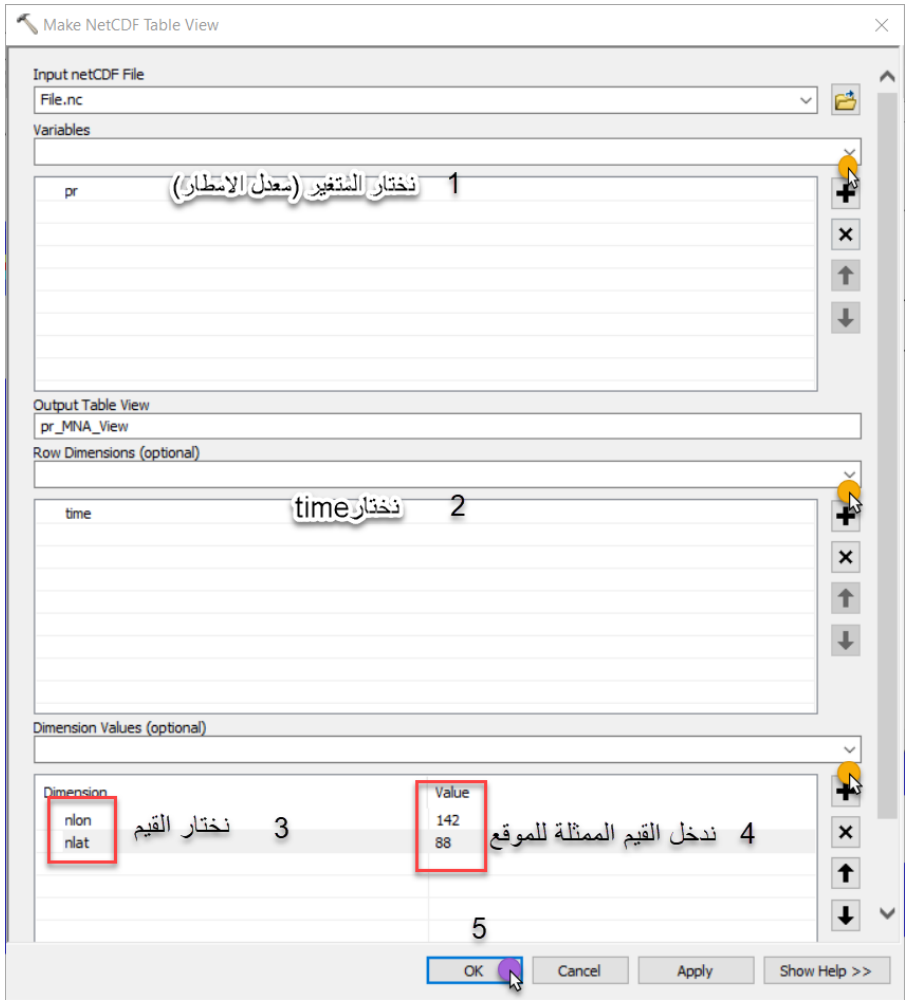


اللشكل (25): اداة Make NetCDF Table View ضمن model builder

في هذا المثال ، يتم إستخراج بيانات التساقطات اليومية في **عمان**. ينبغي تحويل إحداثيات الموقع إلى nlon و nlat.



أدخل المعلومات في أداة NetCDF Table View من خلال أخذ المعلومات من أحد ملفات NetCDF في المجلد(الشـــكل 26). تذكر أن تحذف المُدخل البيضـــوي الأزرق في model builder الممثل لملف NetCDF ثم صِل المُدخل البيضوي أخضر اللون (File.nc) بالأداة. ثم قم بتشغيل النموذج .

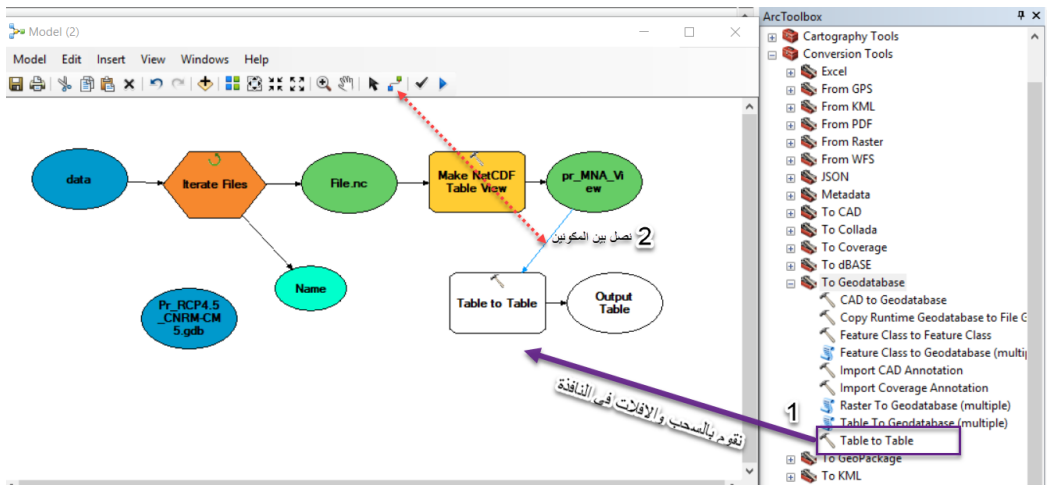


الشكل (26): إدخال المعلومات اللازمة في نافذة الأداة Make NetCDF Table View ضمن model builder

أضف أداة Table to Table إلى النموذج

مســـار الأداة: Conversion Tools>To Geodatabase> Table to Table. الشـــكل (27).

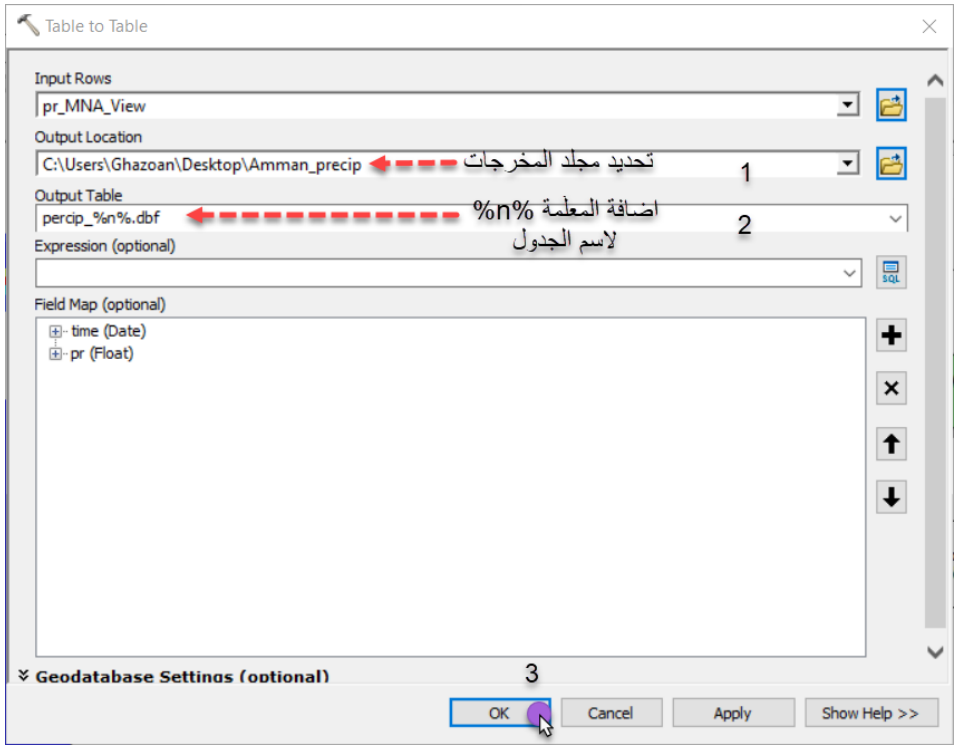
ســـيؤدي ذلك إلى تحويل المُخرج الناتج عن Make NetCDF Table إلى قاعدة بيانات جغرافية (geodatabase).



الشكل (27): إدخال أداة Table to Table ضمن النموذج

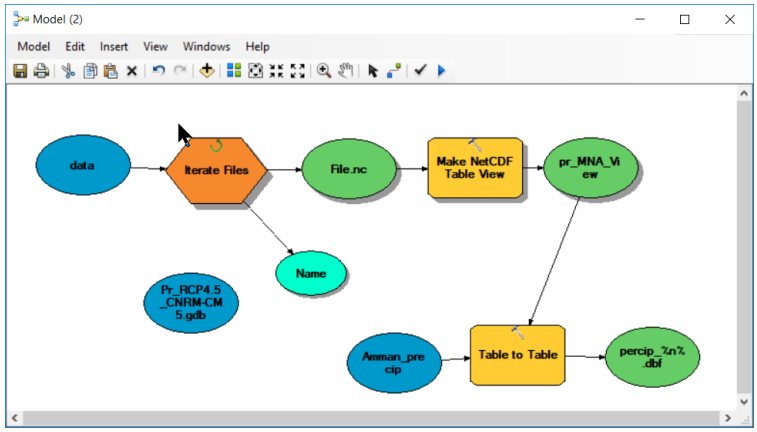
انقر نقراً مزدوجـاً فوق أيقونـة Table to Table لإدخـال البيـانـات. ينبغي أن يكون عـدد الصفوف(Rows) مساوياً لعدد الصفوف في المخرج الناتج من Make NetCDF Table View.

ينبغي على المستخدم تحديد مجلد المخرجات بالإضافة لتسمية الجدول المُخرج على أن يحوي على المعلّمة %n% لكي يضيف رقماً مميزاً لكل جدول بدءاً من الرقم (الشكل 28).



الشكل (28): إدخال المعلومات في أداة table to table ضمن النموذج

يصبح شكل النموذج كالتالي (الشكل 29) :

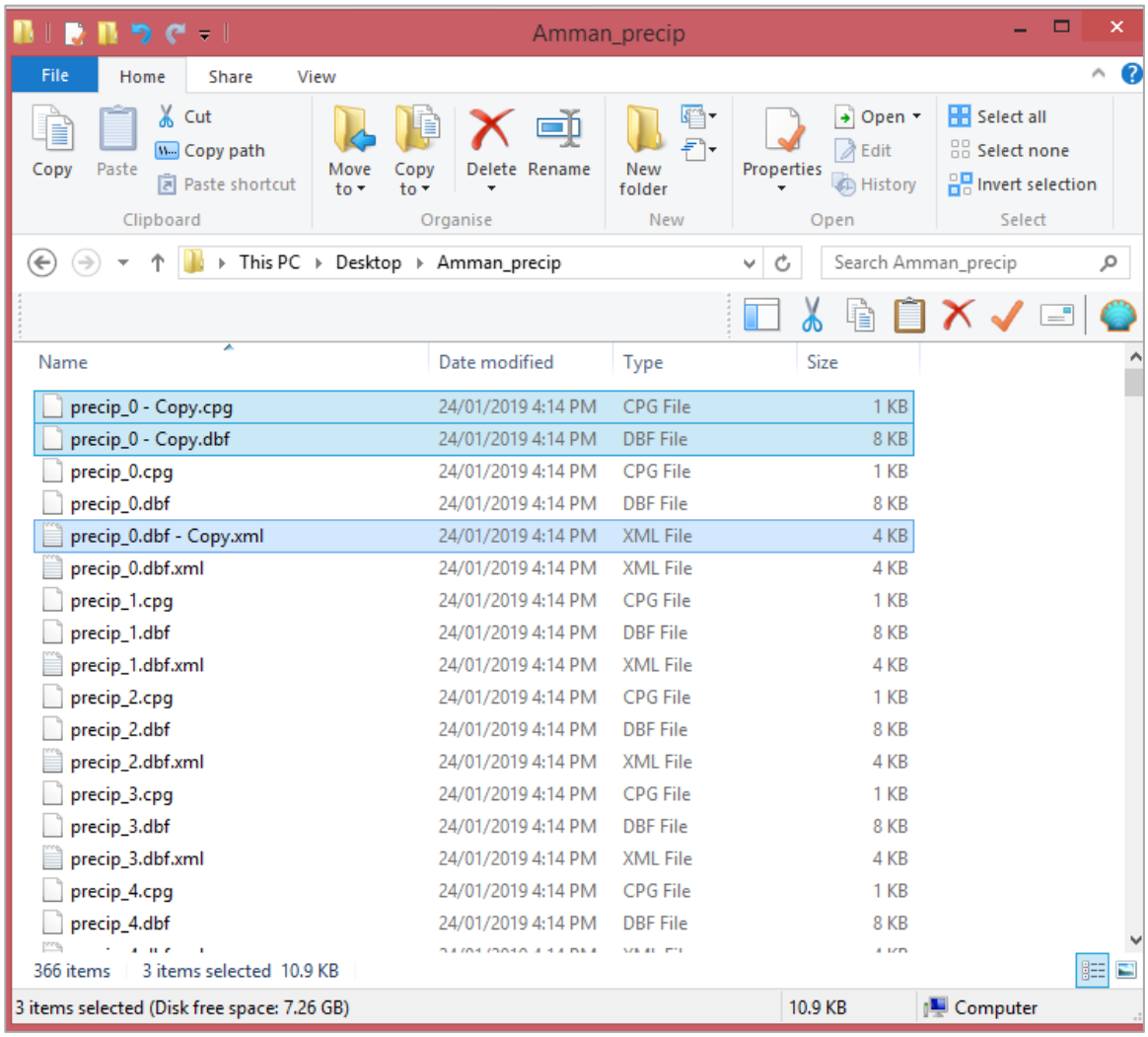


الشكل (29): شكل النموذج حتى هذه المرحلة

شغّل النموذج بأكمله.

يمكن للمســـتخدم بعد إنتهاء العملية إســـتعراض الملفات الناتجة في مجلد المخرجات حيث يتألف كل جدول من ثلاثة ملفات بلواحق (cpg، dbf، و dbf.xml).

قم بنسخ الجدول(الملفّات الثلاثة) كما في الشكل (30).

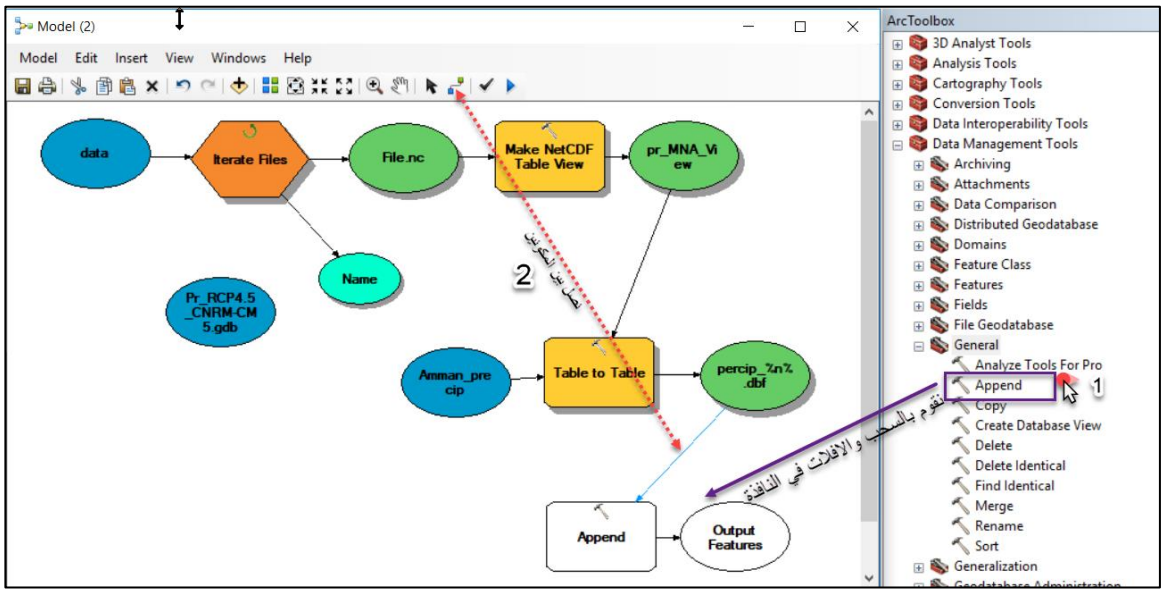


الشكل (30): إستعراض المخرجات في مجلد الإستخراج ونسخ الجدول الأول

نستخدم أداة ***Append*** لدمج كل الجداول في جدولٍ واحد.

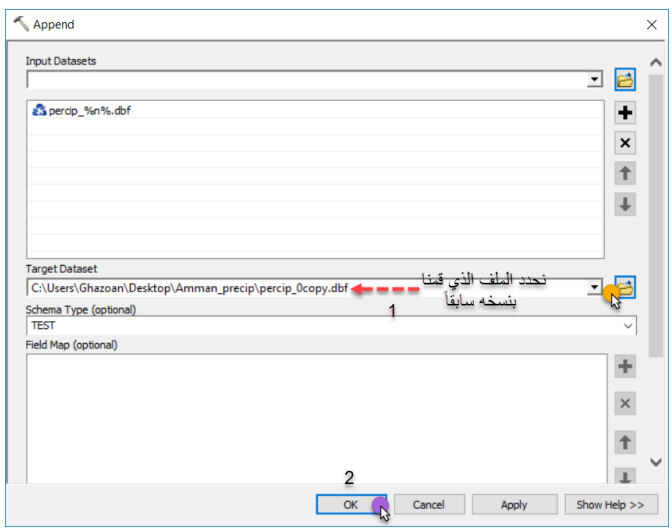
Data Management Tools>General>Append

قم بتوصيل Append إلى عملية table to table ضمن النموذج كما يظهر في الشكل (31).



الشكل (31): إضافة الأداة Append إلى النموذج

انقر نقرًا مزدوجًا فوق أداة *Append*، سيتم إدخال مجموعة بيانات الإدخال تلقائيًا بواسطة الاتصال في Model Builder (أي precip_%n%.dbf). حدد ملف dbf الذي تم نسخه (أي precip_0-Copy.dbf) من مجلد الإخراج المحفوظ على الكمبيوتر وأضفه إلى مجموعة البيانات الهدف (الشكل 32).

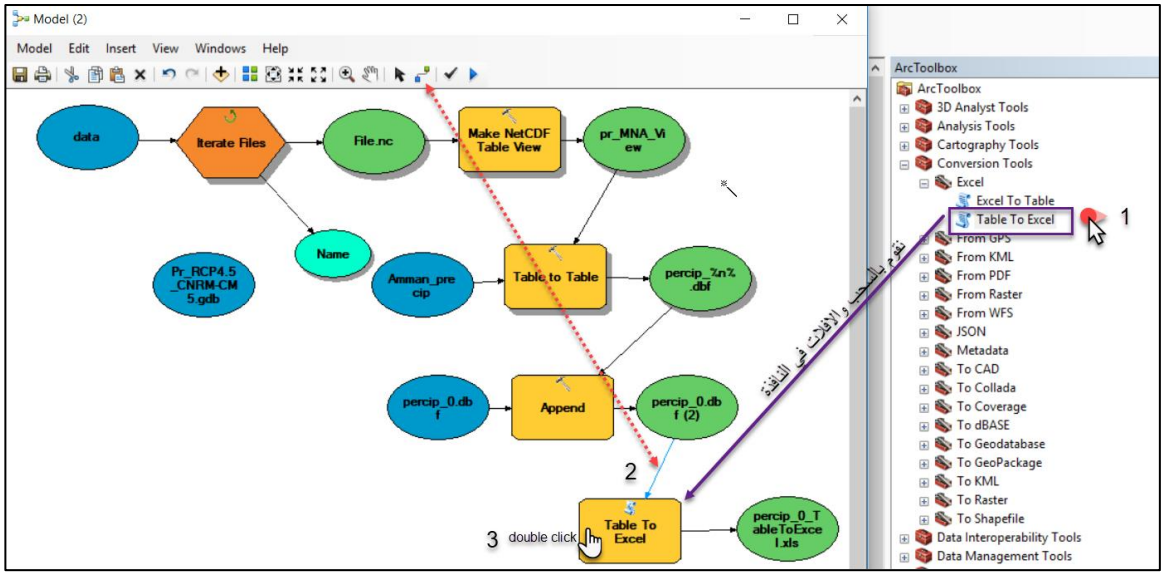


الشكل (32): إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة أداة Append

إضافة أداة Table to Excel إلى النموذج

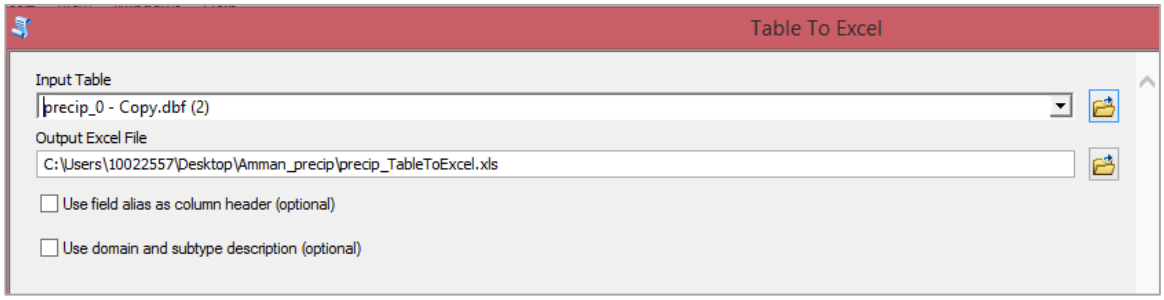
من المسار *Conversion Tools > Excel> Table to Excel*

ثم قم بتوصيلها بالمخرج لتحويل صيغ جميع الملفات إلى ملفات إكسل (الشكل 33).



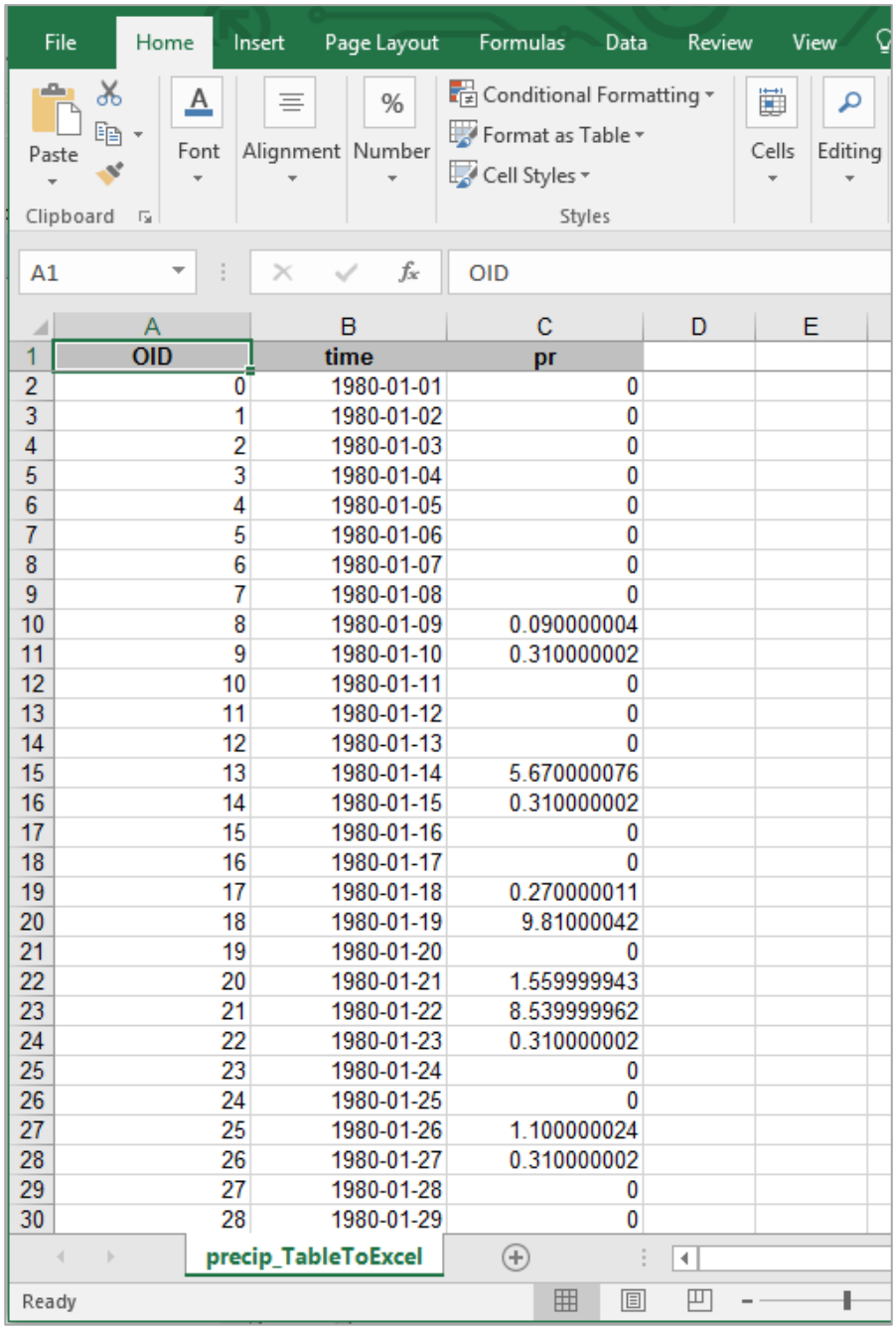
الشكل (33):إضافة الأداة Table to Excel إلى النموذج

انقر نقراً مزدوجاً على اداة *Table to Excel*. سيكون الجدول المدخل إفتراضياً ضمن النموذج، يحتاج المستخدم فقط إلى تحديد مجلد الإخراج وتسمية الملف مع المحافظة على صيغة xls. الخاصة بملفات اكسل (الشكل 34).



الشكل (34): إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة ال أداة *Table to Excel*

احفظ النموذج بأكمله ثم قم بتشغيله. سيكون المخرج عبارة عن جدول بصيغة اكسل يحوي على قيم التساقطات اليومية(مم/يوم) المأخوذة من كل ملف NetCDF في الموقع المطلوب (الشكل 35).



	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		

الشكل (35): إستعراض ملف اكسل الناتج

4. إنشاء مجموعاتٍ تحليلية بإستخدام أدوات التحليل المكاني (Spatial Analyst tools).

1.4 حساب التوقعات السنوية والموسمية

يُفضل تحليل مجموعات البيانات المناخية (كمجالاتٍ زمنية، كل 20 عام مثلاً) لاستخلاص أفضل التقديرات المتوقعة من النماذج المناخية المختلفة، حيث يتم تجميع نماذج المحاكاة التي تشترك بنفس الدقة المكانية ونفس السيناريو المناخي وإشتقاق المعدل المتوسط منها، أي ينبغي أن يمثل المتوسط المجموعة المُختارة.

في مشروع RICCAR، تم اختيار ثلاث مجموعاتٍ زمنية مختلفة، وتم عرض بيانات كل مجموعة ممثلاً بمتوسطٍ حسابي كالتالي:

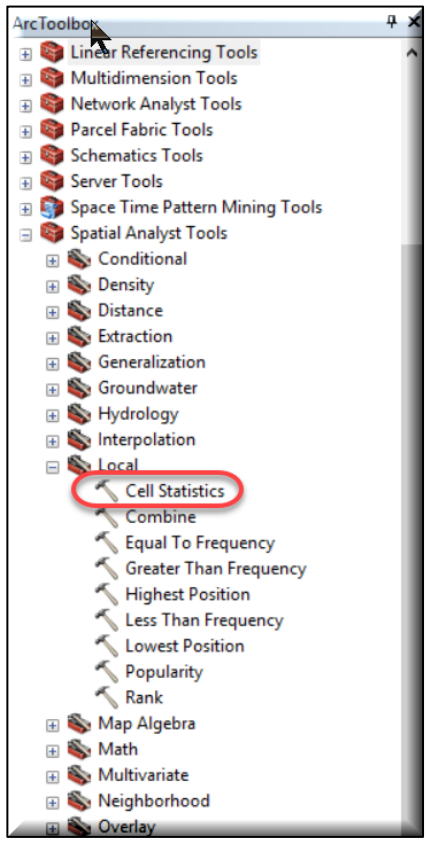
- الفترة المرجعية (1986-2005)
- فترة منتصف القرن (2046-2065)
- فترة نهاية القرن (2081-2100)

المُخرجات في المجموعات الزمنية أعلاه متوفرةٌ على منصة RICCAR على الإنترنت، كما تتوفر عليه المُخرجات الممثلة لفترة مابين 2016-2035.

يمكن للمستخدمين تقييم فتراتٍ مختلفة أخرى غير المتاحة، مثلاً أن يختاروا فترةً تنبؤية لمدة عشرة سنوات أو يستعرضوا بياناتٍ تنبؤية موسمية، إلا أن هذه الحالات تتطلب معالجة مجموعاتٍ زمنية تلائم المطلوب كالتالي:

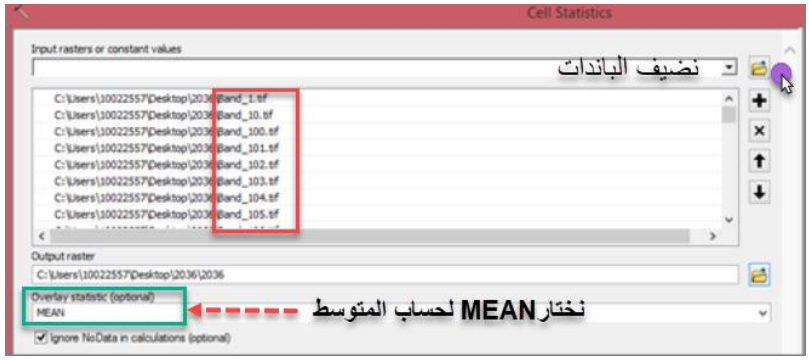
تتمثل الخطوات الأولى (مشروحةٌ في القسم 3.2.1) في استخراج ملف "Raster" إنطلاقاً من ملف "NetCDF"، ثم استخراج الفترات الزمنية من الملف المُستخرج باستخدام أداة "Slice" (الفقرة 3.2.2).

وبعد ذلك نســـتخدم الأداة "Cell Statistics" الموجودة تحت أدوات التحليل المكاني " Spatial Analyst" في صـــندوق الأدوات، حيث يمكننا من خلالها حســـاب المجموع أو المتوســـط وغيره من البيانات الإحصائية لعددٍ من الشرائح Rasters (الشكل 36)



الشكل (36): الأداة Cell statistics ضمن واجهة Arctoolbox

تُستخدم القيمة الإحصائية "MEAN" عادةً لحساب عوامل مناخية كالحرارةِ مثلاً (الشكل 37). ولكن الحســاب يختلف فيما لو أردنا اســتخراج البيانات الإحصــائية المتعلقة بالتســاقطات، فالتعبير عن بيانات التساقطات يكون بأشكالٍ مثل: مم/شهر أو مم/سنة بدلاً من مم/يوم، لذلك على المستخدم في هذه الحالة أن يختار "SUM" من أجل بيانات التســاقطات اليومية (المخزنة في شــرائح Raster) ثم يحســب المعدل منها حسب المدة الزمنية المطلوبة، شهر- سنة ..الخ. قد تكون العملية مجهدةً ومستهلكة للوقت، لذلك من المفيد إنشــاء نموذج باســتخدام "Model Builder" المتاح في ArcGIS لتســريع العملية وتقليل الخطأ البشري في تحديد النطاقات ذات الصلة.



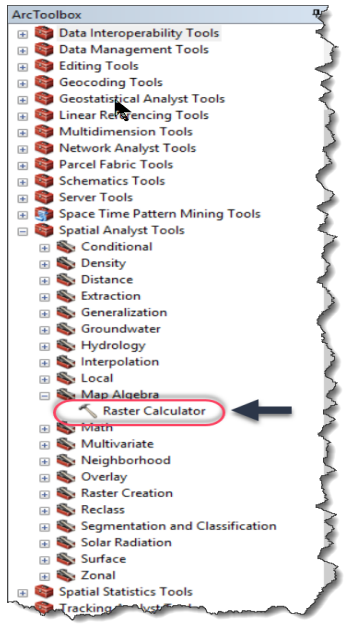
الشكل (37):أدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة Cell statistics

نعيد استخدام أداة "Cell Statstics" للحصول على متوسط النتائج المُتحصل عليها من عدة سنوات، ثم نحسب متوسط النتائج لكل نموذجٍ مناخي لنحصل أخيراً على المعدل المطلوب.

2.4 مقارنة التنبؤات (الإسقاطات) بإستخدام اداة "raster calculator"

من الشـــائع مقارنة مُخرجات التنبؤات المســـتقبلية للعوامل المناخية مع مخرجات فترةٍ مرجعية محددة سابقة لتبين مقدار التغير المناخي الذي سيحصل مُستقبلاً. فعلى سبيل المثال، في مشروع RICCAR، بينت نتائج تحليل فترة أواســـط القرن الحالي 2046-2065 أن تغييراً متوقعاً في عوامل المناخ سيحدث، وذلك عند مقارنتها بالفترة المرجعية (1986-2005).

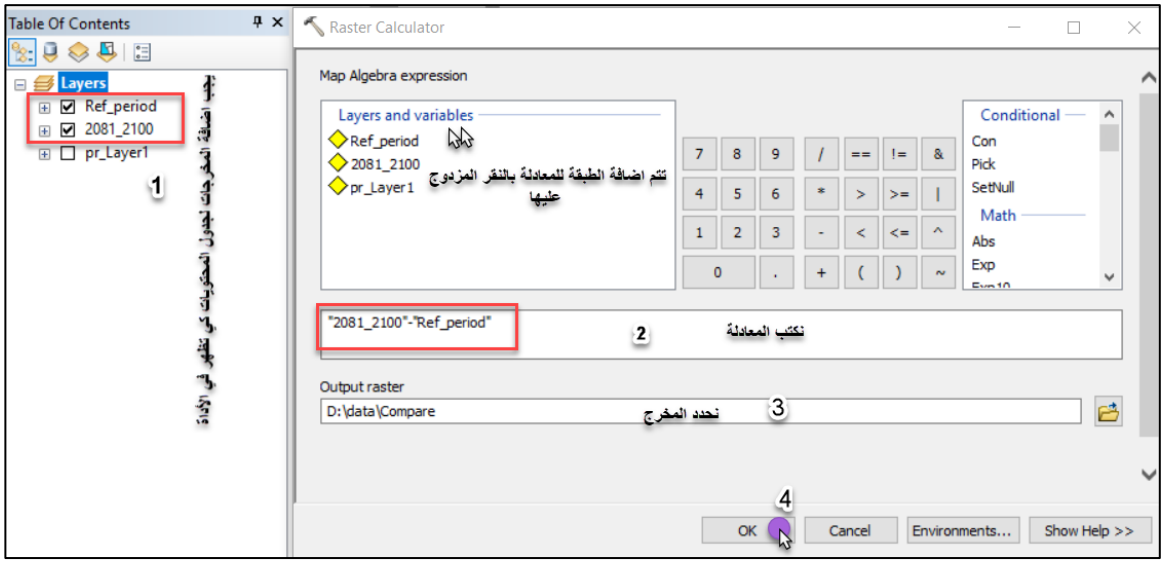
يمكن حســـاب التغير المتوقع باســـتخدام أداة "Raster Calculator" في صـــندوق الأدوات Arctoolbox (الشكل 38):



الشكل (38): الأداة Cell statistics ضمن واجهة Arctoolbox

تقوم الأداة بعملياتٍ رياضـــية كثيرة، وفي حـالتنـا هذه، للمقـارنـة، نقوم بطرح القيم التنبؤيـة للفترة المُستهدفة من القيم المرجعية لحساب مقدار التغير (الشكل 39).

تتيح الأداة إمكانية إجراء العمليات الحسابية على الشرائح المتوفرة على واجهة ArcMap ، لذلك من الضـروري إضـافة الشـرائح المسـتهدفة إلى واجهة ArcMap قبل البدء بتشـغيل الأداة. وبذلك يمكننا اجراء العمليات الحســـابية عليها بإضـــافتها للمعادلة بالنقر عليها نقراً مزدوجاً، واســـتخدام الدالات الرياضية اللازمة من صندوق الدالات الرياضية على يمين الأداة (نستخدم هنا فقط عملية الطرح).



الشكل (39):أدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة Cell statistics

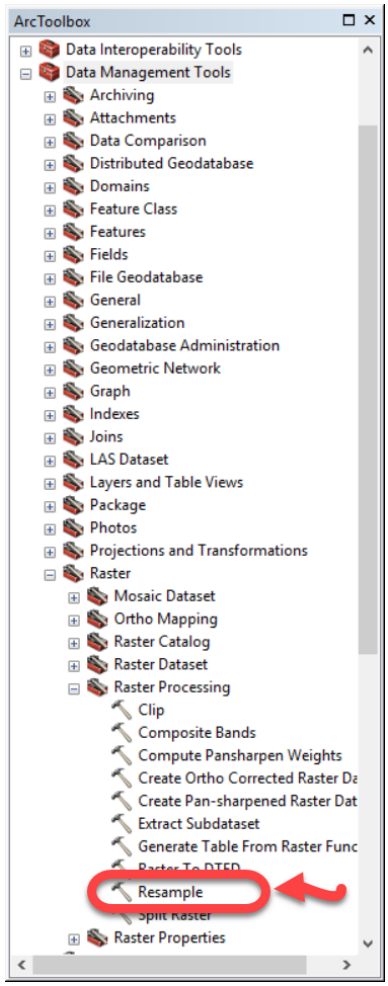
5. الإستقراء المكاني(interpolation) ورفع الدقة المكانية عبر تقليص النطاق(downscaling)

1.5 ضبط الدقة المكانية واستقراء البيانات

تبلغ الدقة المكانية للبيانات المناخية 50x50 كم مربع(وفي حالاتٍ محدودة 25 × 25 كم)، ويوجد نقص في البيانات في المنطقة الساحلية بسبب عملية تصحيح الانحياز(Bias-Correction).

قد يرغب المستخدم في بعض الأحيان بتغيير الدقة المكانية لكي تلائم ملفات الـــ"Raster" الأخرى. لـذلـك تتيح أداة "Resample tool" (Management Tools > Raster > Raster

Processing) للمستخدم إمكانية تغيير الدقة المكانية إلى دقّةٍ أخرى (الشكل 40). حيث إن الدقة المكانية الإفتراضية للبيانات المناخية هي 50X50 كم، وتظهر بحجم خلية يُعبّر عنه في نظام الإحداثيات الجغرافي بـ 0.44X0.44 درجة. وبالمثل يُعبّر عن دقة 25x25 كم بـ 0.22x0.22 درجة.



الشكل (40): الأداة Resample tool ضمن واجهة Arctoolbox

نظراً لأن الواحدة المُستخدمة في الأداة هي الدرجة (جغرافية) فإننا مضطرون لتحويل واحدة القياس "كم" إلى "درجة".

لتحويل البيانات المناخية من دقّة 0.44*0.44 درجة إلى دقّة 1X1 كم مثلاً، نستخدم المعادلة رقم (5) :

$$x * 50 = 0.44 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

، والتي تقسم بُعد الخلية بالدرجات على بُعدها بالكيلومتر، حيث: $x = 1km$

. يمكننا التحويل إلى أي دقّةٍ مكانية باستخدام هذه المعادلة.

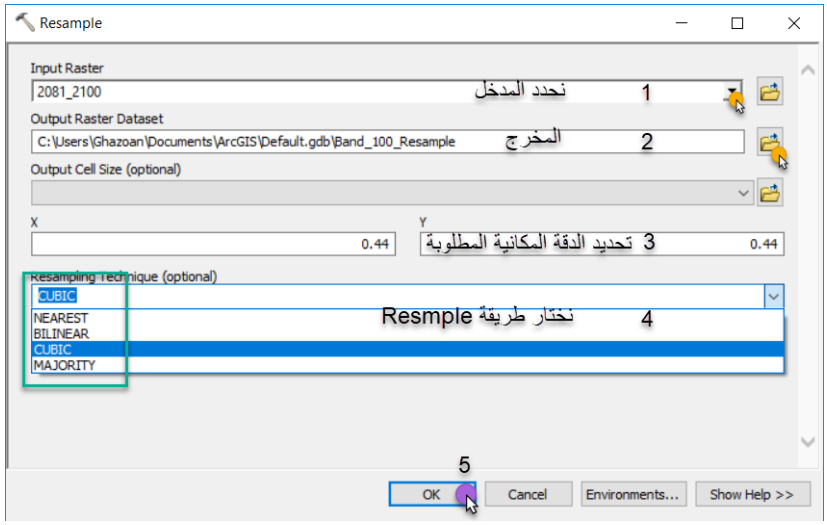
تتيح تقنية ArcGIS إمكانية تنفيذ عملية "Resample" باستخدام أربع طرق إحصائية متاحة ضمن بيئة ArcGIS وهي:

nearest، majority، bilinear، cubic. حيث الطريقتان الأولى والثانية (nearest، majority) مناسبتان للبيانات الفريدة والتي تمتلك حدوداً مميزة مثل الأبنية والطرق، أما الأخيرتين (bilinear، cubic) فتناسبان البيانات المستمرة في رقعةٍ كبيرة مثل البيانات المناخية.

تتم عملية Resample باستخدام طريقة bilinear، بتحديد قيم البكسل الناتج بحساب متوسط البكسلات الأربعة المحيطة به، بينما في طريقة cubic، يتم احتساب متوسط 16 بكسلاً محيطة وإعطاء هذه القيمة للبكسل الناتج (الشكل 41).

تؤدي عملية الـــ Resampling إلى تغيير أبعاد البكسلات مما يجعل للصورة تبدو أكثر تجانساً.

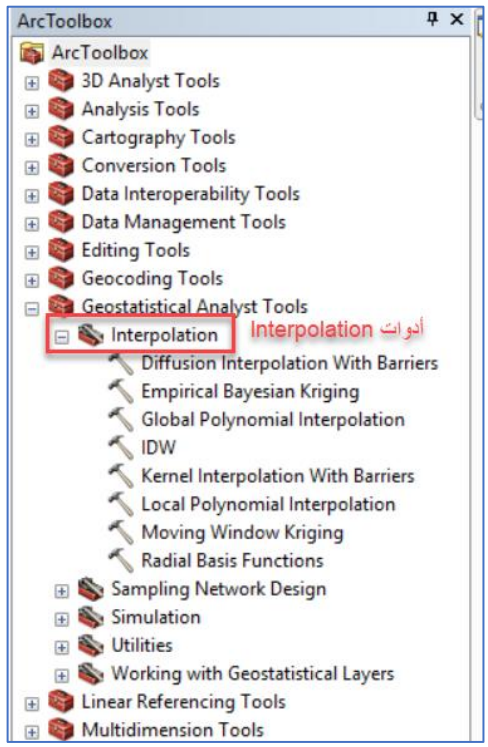
وتجدر الإشارة إلى أن إمتداد البيانات الناتجة عن عملية Resample هو نفسه للشريحة الأصلية.



الشكل (41): إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة الأداة Resample tool

أما إذا رغب المستخدم باستقراء البيانات في الأماكن التي تفتقر إليها (كالمناطق الساحلية التي لا تتوفر فيها بيانات مناخية بسبب عملية Bias Correction) بالاعتماد على قيم الخلايا المحيطة، فيمكنه ذلك باستخدام أدوات Interpolation الموجودة على المسار: *Spatial Analyst Tools* > *Interpolation* وأيضاً Geostatistical Analyst Tools > Interpolation، إلا أن الأدوات ضمن الإمتداد *Spatial Analyst* لاتعمل على بيانات بصيغة "Raster"، لذلك نستخدم الأدوات الموجودة تحت الامتداد Geostatistical Analyst (الشكل 42)

.



الشكل (42): الأداة Interpolation ضمن نافذة Arctoolbox.

تتم هذه العملية كالتالي:

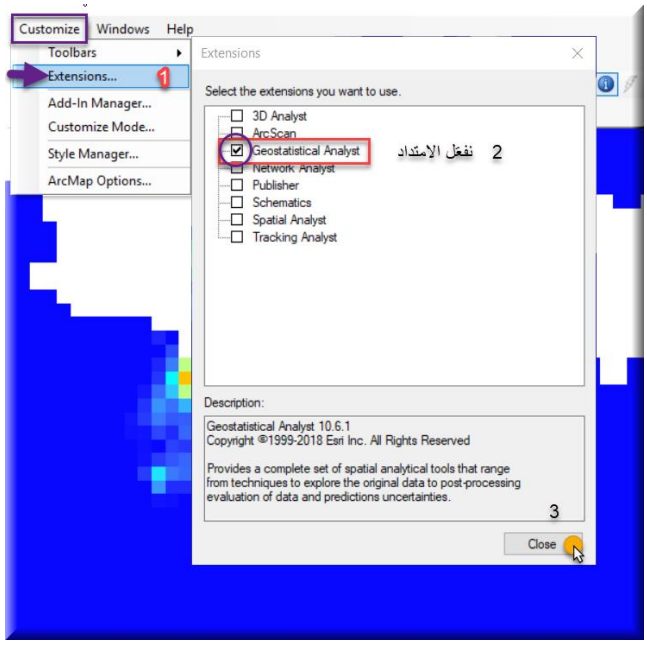
1- إجراء الإستقراء المكاني بإستخدام أدوات الإمتداد Geostatistical Analyst.

2- تحويل المُنتج إلى Raster.

3- تصدير "Raster" إلى اللاحقة المرغوبة.

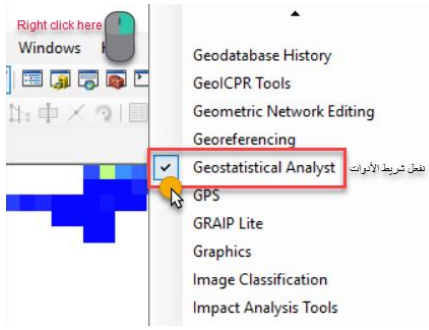
أدوات Interpolation tool

لابد من تفعيل إمتداد Geostatistical I Analyst في برنامج ArcGis كأول خطوة (الشـــكل 43).



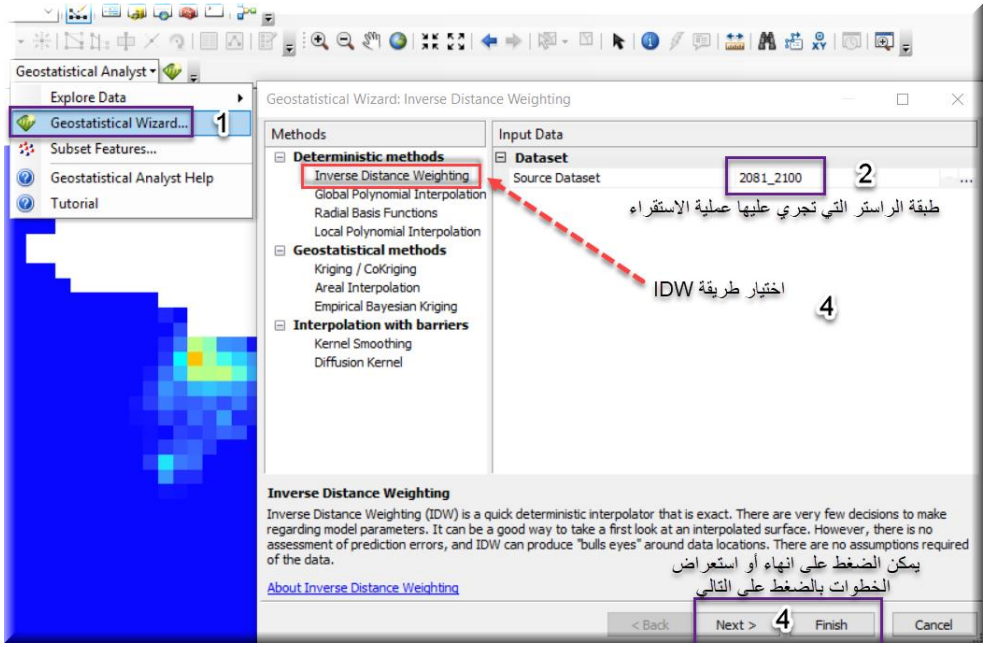
الشكل (43): كيفية تفعيل الإمتدادات في برنامج ArcGis

نفعّل شـــريط أدوات Geostatistical toolbar بالضـــغط بالزر اليمين في الاعلى لتظهر القائمة ونختار الأدوات (الشكل 44).



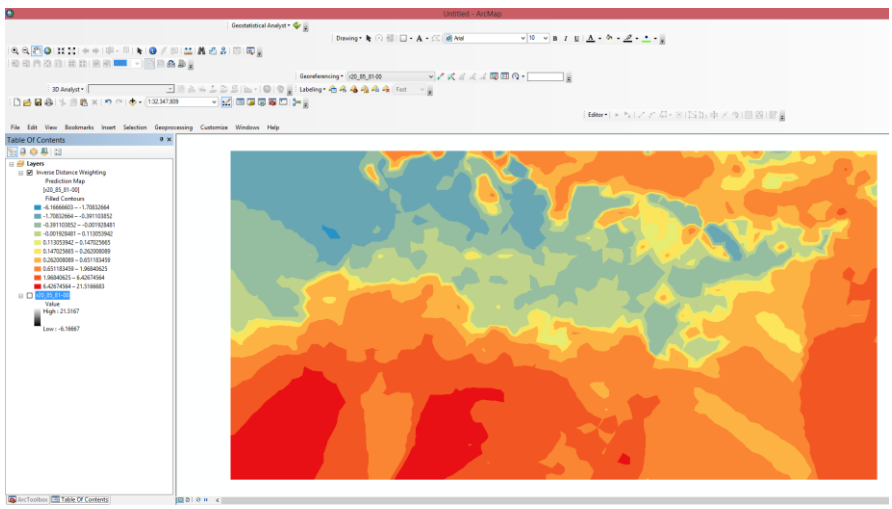
الشكل (44): تفعيل شريط الأدوات Geostatistical Analyst .

يمكن القيام بعملية interpolation أيضاً باستخدام Geostatistical Wizard (شكل 45) حيث هناك العديد من طرق الإستقراء المتاحة، كطريقة "IDW" التي تُعد أسرعها وأكثرها ملائمةً للبيانات المستمرة. يمكن للمستخدم الضغط على "إنهاء" مباشرةً أو إستعراض الخطوات من خلال الضغط على "التالي". (قد يضطر المستخدم لاستعراض النتائج البينية لتطبيق خياراتٍ متقدمة عليها مثل عملية "Kriging").



الشكل (45): Geostatistical Wizard tool

أما نتيجة تطبيق الإستقراء فستكون مشابهة لما هي عليه في الشكل (46) والمتضمنة بياناتٍ مناخية للنطاق بأكمله بما فيها مناطق المسطحات المائية.

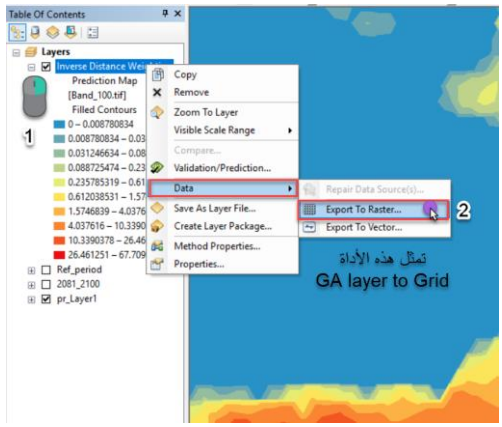


الشكل (46): مثال عن مُخرج عملية Interpolation باستخدام طريقة IDW

لابد من الإشارة إلى أن هذه النتيجة(المخرج) هي للاستعراض ومحمّلة على ذاكرة الحاسب وليست محفوظةً عليه.

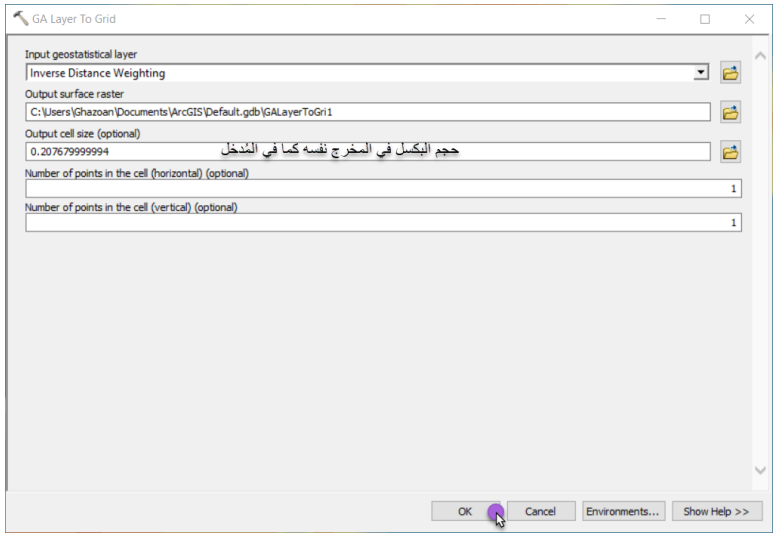
لذلك يجب تحويل المنتج عن عملية الاستقراء "interpolation" إلى صيغة "Raster" باستخدام أداة " GA Layer to Grid"

لتفعيل الأداة: اضغط بالزر اليمين على شريحة IDW الناتجة في Table of Contents، ثم *Data>Export>Raster* (الشكل 47)



الشكل (47): تصدير الشريحة المؤقتة إلى صيغة Raster.

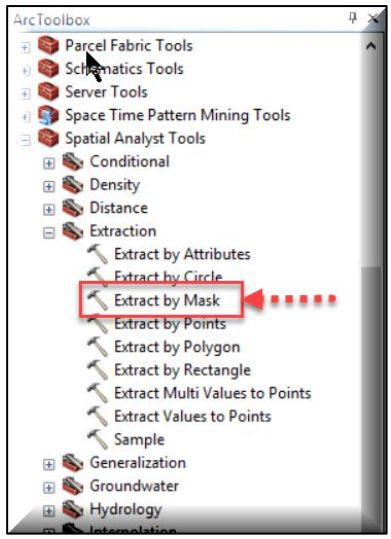
ضمن نافذة GA Layer To Grid يُفضل ترك اسم المخرج الإفتراضي كما هو كي لا تحدث أخطاء أثناء عمل الأداة. وكذلك يجب أن يكون حجم البكسل في المخرج نفسه كما في المُدخل. بينما تبقى باقي القيم افتراضية دون تعديل(عدد الأعمدة والصفوف) (الشكل 48).



شكل (48): إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة GA layer to Grid

كما يظهر المُخرج في نافذة Table of Contents بعد انتهاء العملية.

كما يمكن إقتطاع الشريحة الناتجة عن العملية السابقة على أي منطقة اهتمام، وذلك باستخدام الأداة الموجودة في صندوق الأدوات على المسار: *Spatial Analyst Tools>Extraction>Extract by Mask* (الشكل 49).

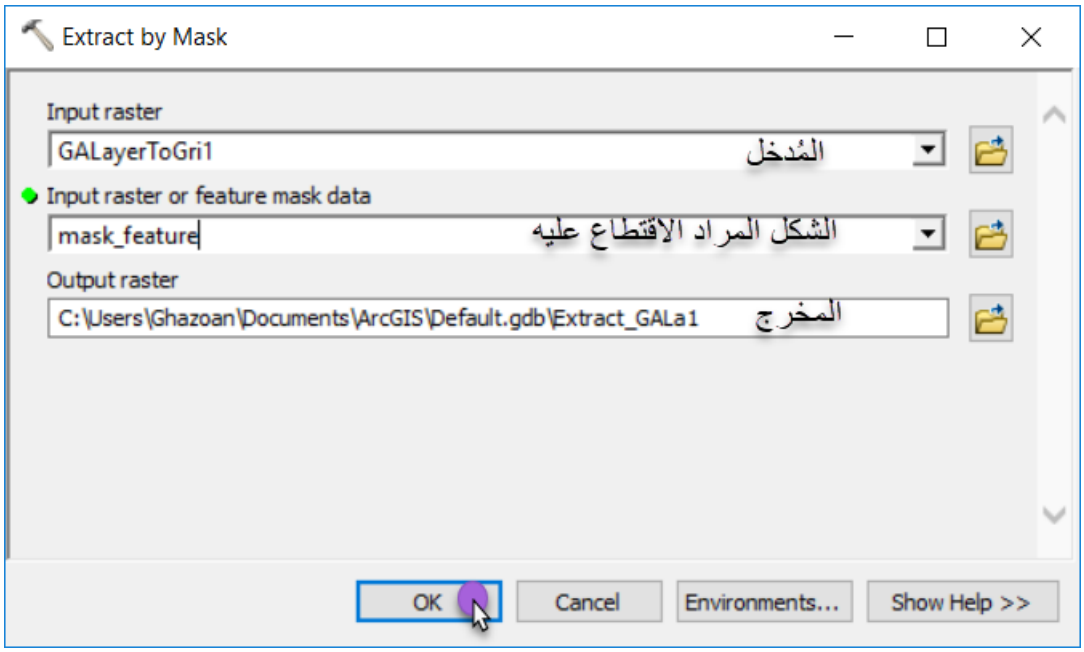


الشكل (49):اختيار الأداة Extract by Mask ضمن نافذة Arctoolbox .

حدد منطقة الاهتمام المراد الاقتطاع عليها (shapefile or raster)، اختر اسم ومكان تخزين المخرج (شريحة raster) الناتجة.

قد يحوي ناتج العملية بياناتٍ غير مرغوبة أو تحدث أخطاء عند تسمية المخرج باسم آخر غير الإفتراضي، يجب تطبيق الأداة Extract by Rectangle في هذه الحالة لحذف البيانات غير المرغوبة وإعادة تسمية الملف.

الناتج عبارةٌ عن "Raster" له المواصفات المطلوبة من حيث حجم البكسل والإمتداد (الشكل 50).



الشكل (50) : إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة الأداة Extract by Mask

حدد الشـكل المراد الإقتطاع عليه (Shapefile or Raster)، اختر المدخل (شـريحة Raster) الناتجة.

قد يحوي ناتج العملية بياناتٍ غير مرغوبة أو تحدث أخطاء عند تسـمية المخرج باسـم آخر غير الإفتراضـي، يجب تطبيق الأداة Extract by Rectangle في هذه الحالة لحذف البيانات غير المرغوبة وإعادة تسمية الملف.

الناتج عبارةٌ عن "Raster" له المواصفات المطلوبة من حيث حجم البكسل والإمتداد.

2.5 مقدمة إلى زيادة قدرة التمييز المكاني أي تقليص النطاق (downscaling):

لقد تم تطوير النموذج المناخي الإقليمي الخاص ب RICCAR لاسـتخدامه على المسـتوى الإقليمي. لذلك فقد لا تكون الدقّة المكانية مناسبة للدراسات على نطاق أصغر، مثل مستوى الحوض، حيث يميل المسـتخدم في مثل هذه الحالات لرفع الدقة المكانية للبيانات باسـتخدام "Resampling" واسـتقراء البيانات كما هو موضحٌ في القسم (1.5).

وقد يلجأ المســـتخدم لتطبيق أســـاليب أخرى لعمل "interpolation"، مثل "Kriging" او "Co-Kriging" لزيـادة موثوقيـة البيـانـات، إلا أن هـذه الطريقـة غير مقبولـة، حيـث أن أداة "Kriging" تُســـتخدم لإســـتقراء بياناتٍ مثل بيانات الأرصـــاد الجوية التاريخية. راجع Venäläinen and Heikinheimo (2002)، Jeffrey et al. (2001)، Spadavecchia and Williams (2009)، وآخرين.

لتحويل مخرجات النمذجة المناخية بشـــكل صـــحيح إلى نطاق مكاني أو زمني أصـــغر، يجب على المســـتخدمين إجراء عملية رفع الدقة المكانية أو تقليص النطاق (Downscaling)، وتشـــمل هذه العملية على مقاربتين رئيسيتين: ديناميكية وإحصائية.

يعمل منهج التقليص الديناميكي للنطاق على دفع النموذج المناخي للعمل على نطاق فرعي أصـــغر (Sub-domain) من النطاق الأكبر باستخدام بياناتٍ مُراقبة أو المخرجات الأخرى للنموذج المناخي كشرطٍ حدّي.

على الرغم من أن هذه الطريقة تعتمد على أســـسٍ فيزيائية لتوليد البيانات المناخية، إلا أنها مُعقدّة جداً وتستلزم عملياتٍ حسابية كثيفة.

بالنسـبة للمقاربة الإحصـائية: فهي تأخذ بعين الإعتبار العلاقات الإحصـائية(المقارنات) بين متحولات المناخ على المســتوى المحلي مثلاً وتلك الإقليمية، مثل أخذ قيم الضـــغط الجوي بعين الإعتبار بجانب تطبيق هـذه العلاقـات الإحصـــــائيـة على مُخرجـات النمـذجـة. لمزيـد من المعلومـات ، راجع Teutschbein and Seibert (2010) وغيرهما.

6. أدوات إضافية لتحليل البيانات المناخية

يمكن للمســـتخدمين إيجاد أدواتٍ مفيدةٍ أخرى للقيام بدراســـة حالاتٍ وأبحاث أخرى، مثل حســـاب مؤشـرات الظواهر المناخية المتطرفة في مواقع مُختارة أو التنبؤ بالفيضـانات والجفاف. هذه الأدوات واستخدامها مشروح في دليل مشروع RICCAR.

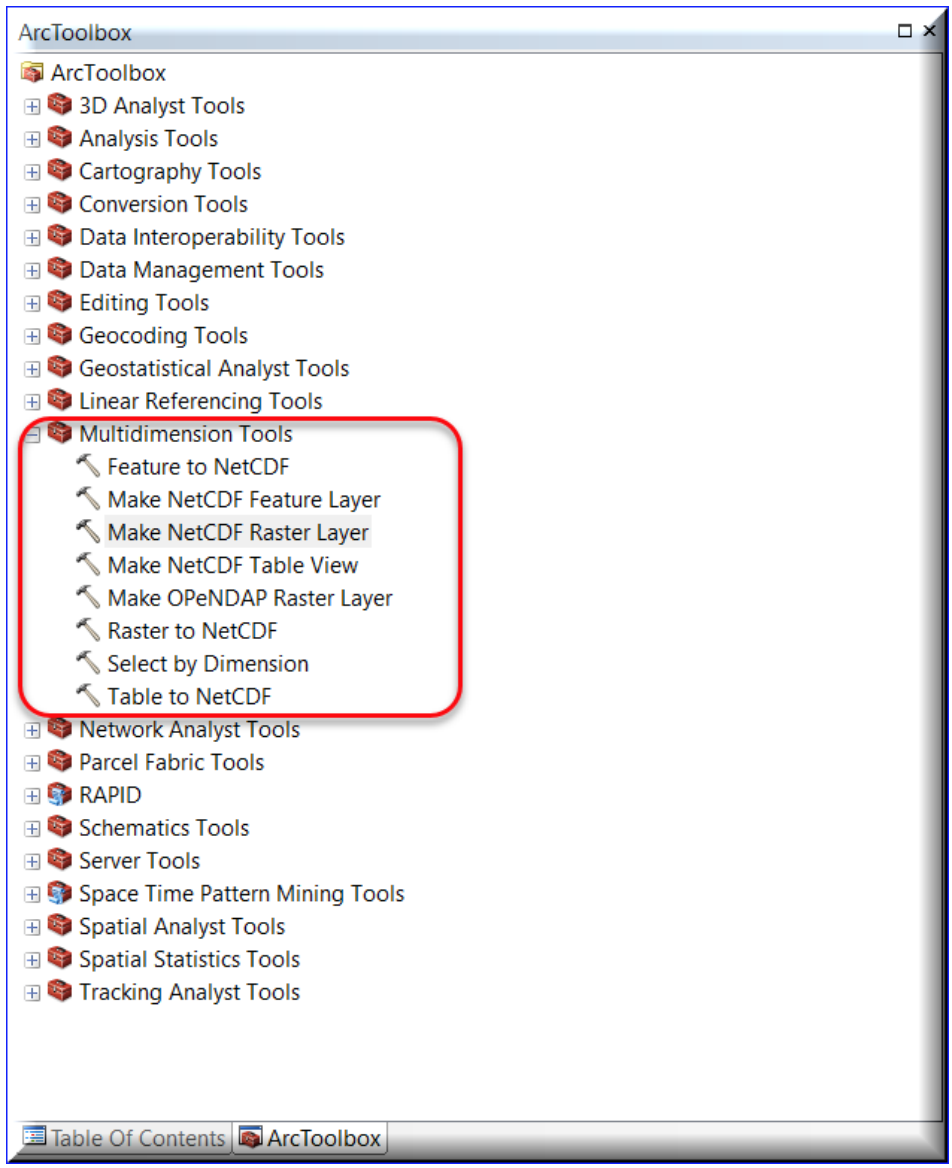
التمرين العملي الأول حول تحويل ملفات NetCDF إلى Raster

المطلوب : استنتاج الشرائح (Rasters) الخاصة بقيم التساقطات اليومية للعام 1980 بحسب نموذج المناخ العالمي CNRM-CM5 لسيناريو الانبعاثات المتوسطة rcp 4.5 انطلاقا من ملفات NetCDF.

البيانات المتاحة: بيانات تساقطات يومية لسنة 1980 متوفرة بصيغة NetCDF ضمن المجلد "pr-CNRM-CM5_rcp45_50km".

بما أن الملفات بصيغة NetCDF لا يمكن استدعاؤها وإظهارها مباشرة إلى واجهة ArcMap باستخدام(Add Data tool) ، فلا بد من مجموعة من الإجراءات ضمن Multidimension Tools لتحويلها إلى صيغة Raster.

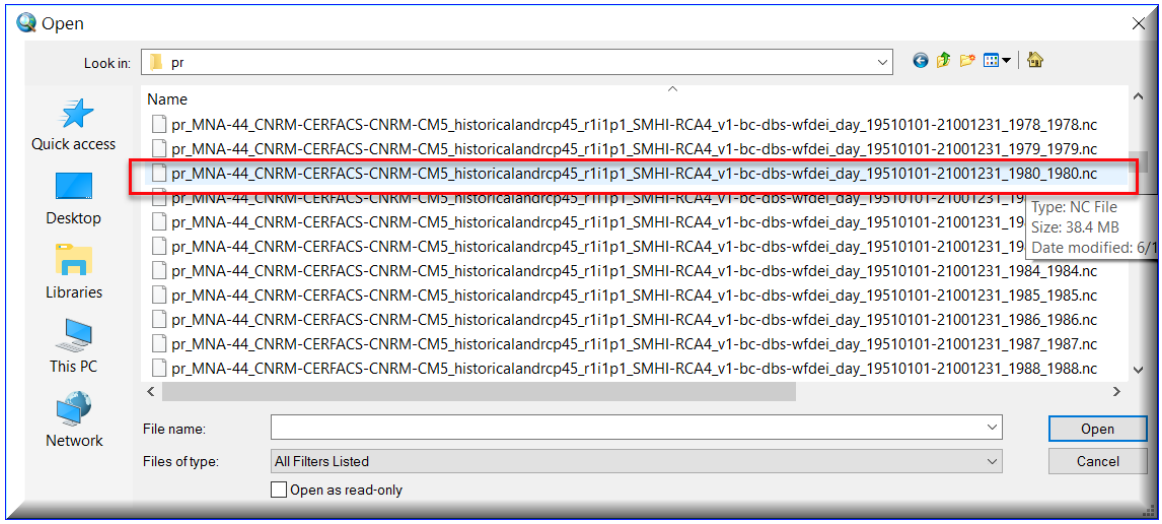
من القائمة Multidimension Tools اختر *Make NetCDF Raster Layer*



الشكل (1.1) الأداة Make NetCDF Raster Layer ضمن نافذة Arctoolbox.

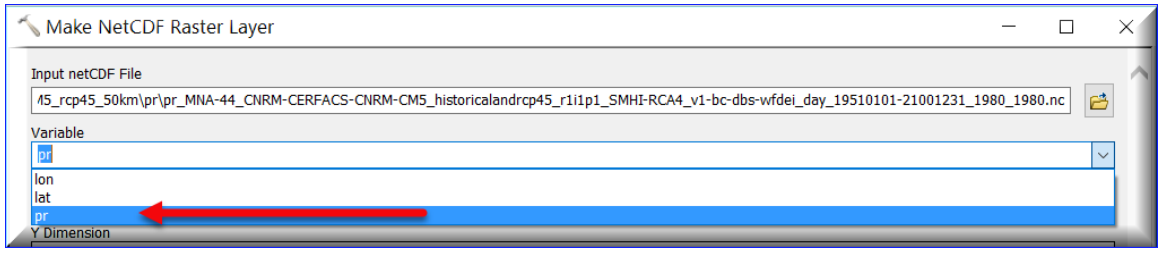
ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer* نتبع الخطوات التالية:

1- من أجل Input NetCDF file : نختار ملف NetCDF الخاص بالعام 1980 من مجلد التساقطات اليومية.



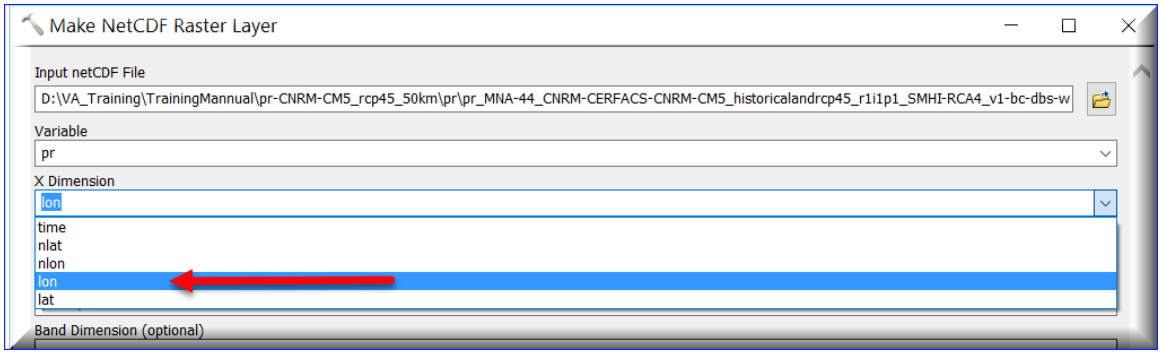
الشكل (2.1) اختيار ملف التساقطات اليومية الخاصة بسنة 1980 ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer

2- من أجل Variable: نختار المتحول المناخي المطلوب من القائمة المنسدلة وهو pr



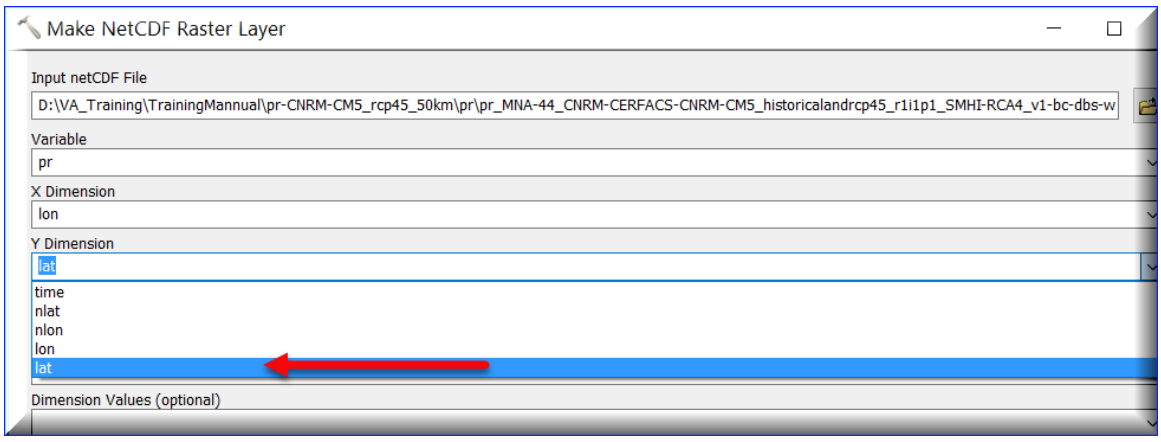
الشكل (3.1) تحديد المتحول المناخي ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer

3- من أجل X Dimension : نختار من القائمة المنسدلة lon



الشكل (4.1) تحديد البعد x ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer

4- من أجل Y Dimension :نختار من القائمة المنسدلة lat



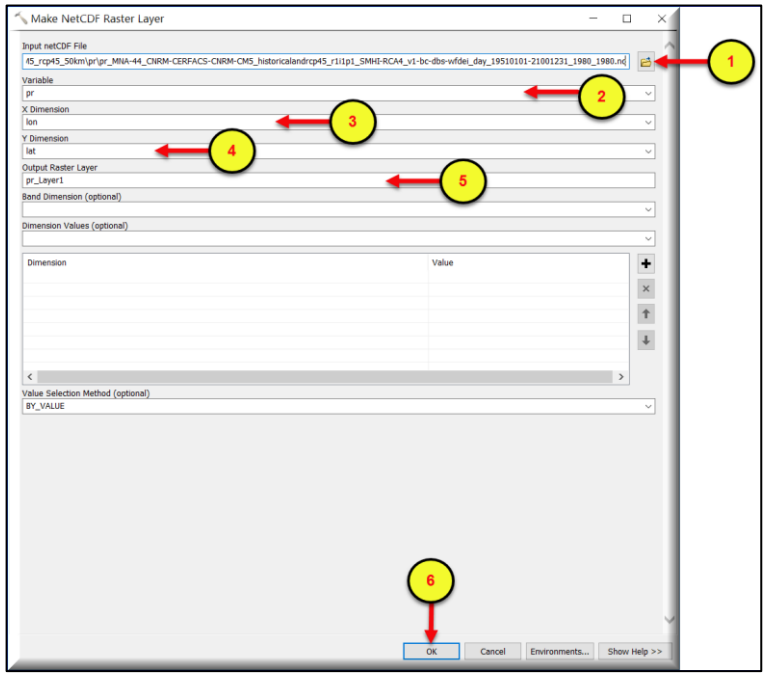
الشكل (5.1) تحديد البعد y ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer

ملاحظة : اختيار x= lon و y=lat سـوف يسـمح بعرض الملف ضـمن نظام الإحداثيات الجغرافي بما يتلاءم مع باقي الشرائح مثل المدن أو الحدود الدولية ...الخ)

بينما لو اخترنا x=nlon و y=nlat فسـوف يعرض الملف على واجهة ArcMap ضـمن نظام الإحداثيات الخاص ببياناتRICCAR(الشكل 21)

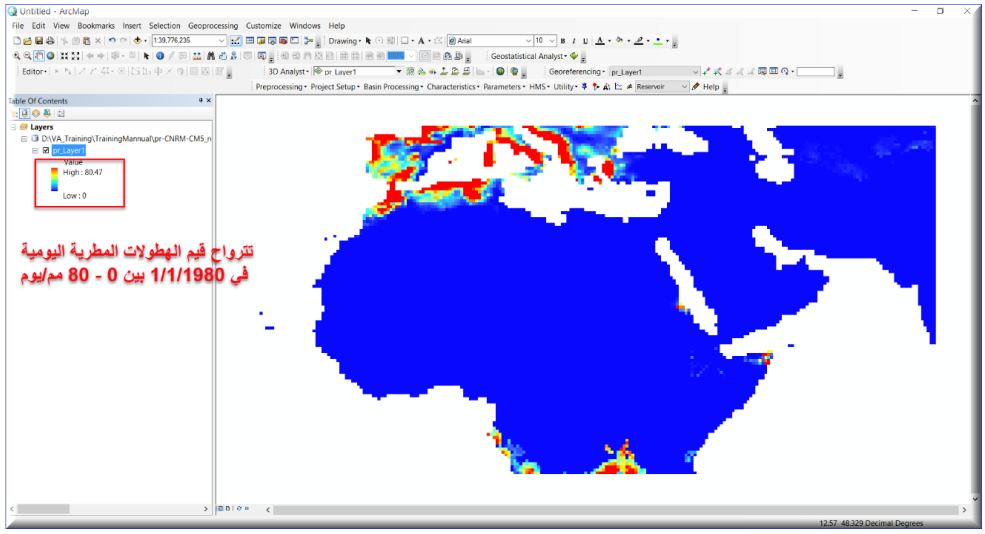
5- من أجل Output Raster Layer : نترك اسم الشريحة الناتجة بدون تغيير

6- ننقر Ok



الشكل (6.1) نافذة Make NetCDF Raster Layer

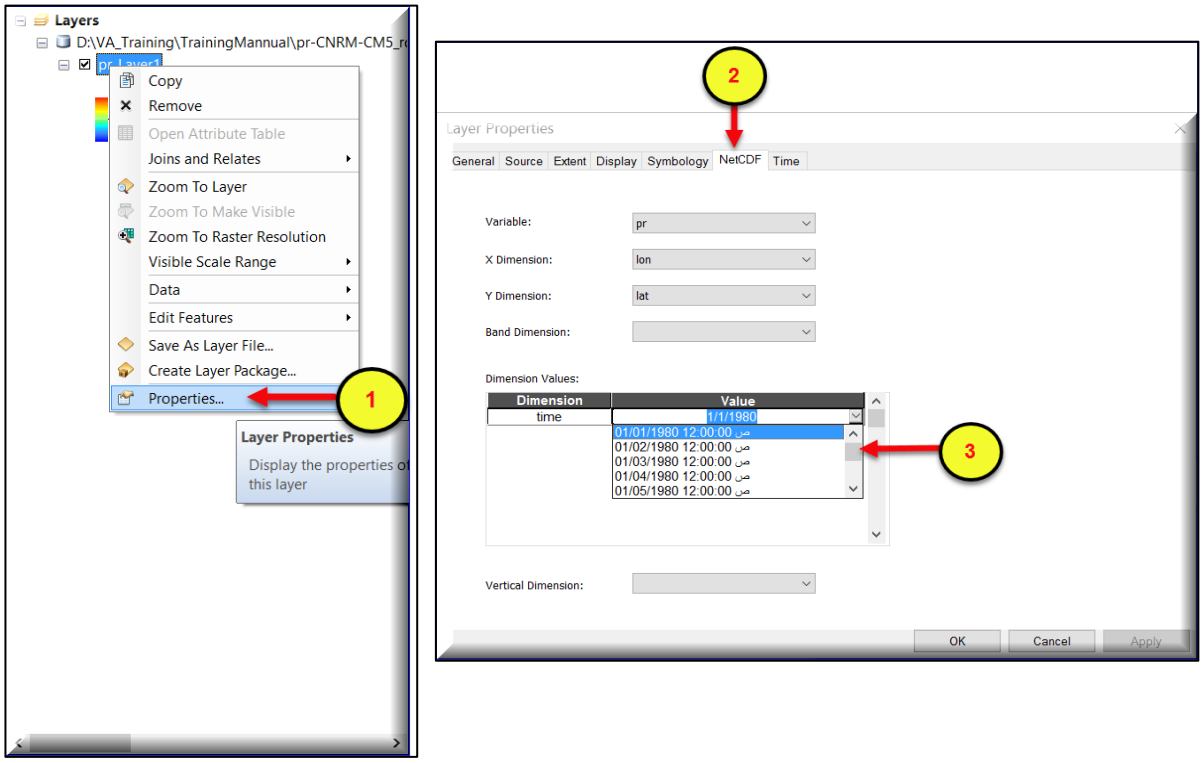
الشريحة الناتجة على واجهة ArcMap ستمثل أول فترة زمنية ضمن ملف ال NetCDF والذي سيكون عادة أول يوم في السنة 1 كانون الثاني بالنسبة لبارامترات التساقطات والحرارة



الشكل (7.1) الشريحة الناتجة وهي شريحة التساقطات اليومية لليوم 1980/1/1

من أجل استعراض باقي أيام السنة:

1. اختر *Layer Properties بالنقر باليمين على* raster layer file في قائمة المحتويات،
2. ثم اختر قائمة NetCDF
3. من Dimension Values يمكن استعراض كل الفترات الزمنية التي يتضمنها ملف NetCDF ، ويمكن للمستخدم اختيار يوم محدد.

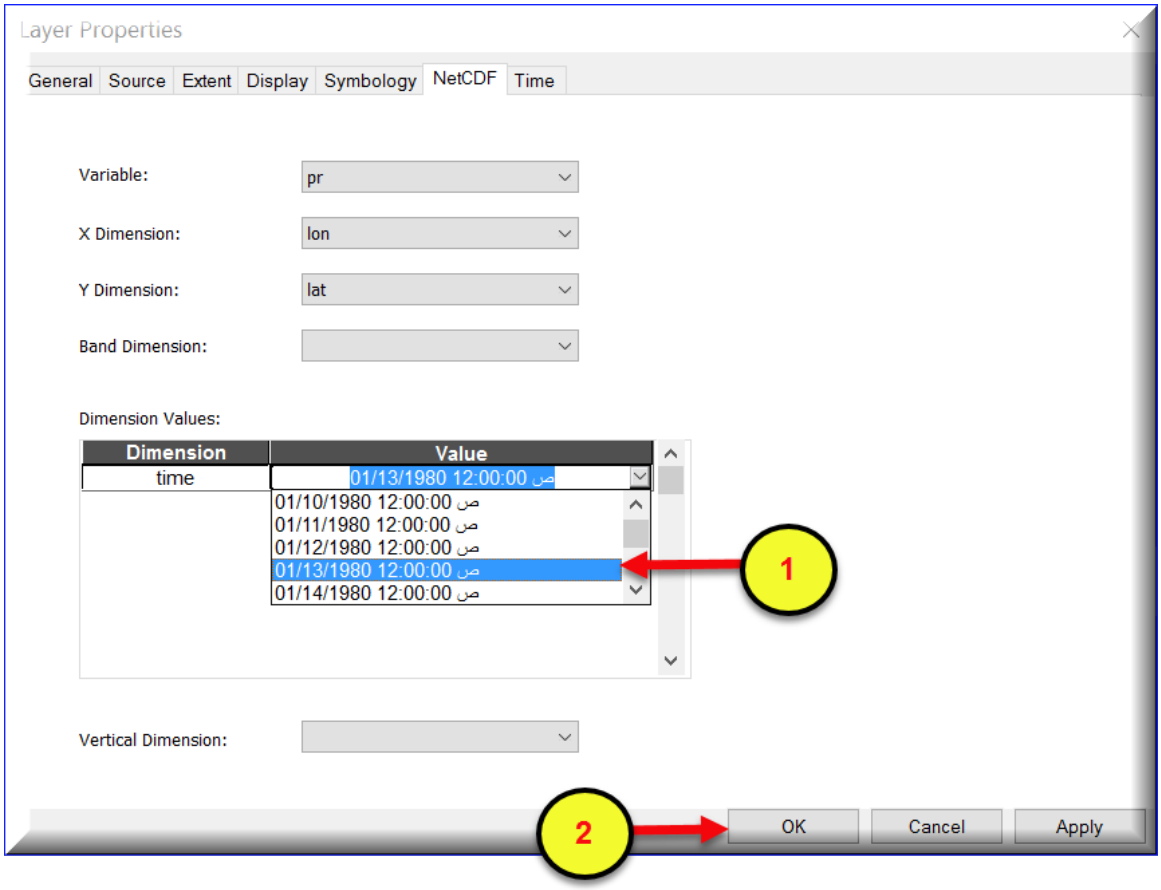


الشكل (8.1) استعراض الشرائح اليومية المختلفة خلال العام 1980

استعراض الفترات الزمنية المختلفة ضمن الشريحة الناتجة:

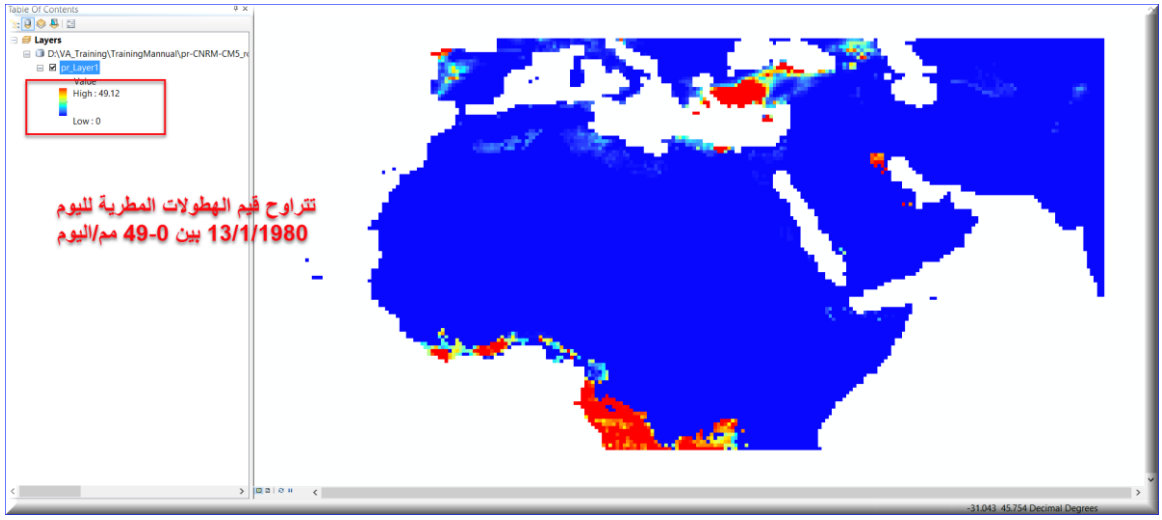
من نافذة Layer properties وتحت الأيقونة NetCDF ،وبفتح القائمة المنسدلة Dimension Values نجد أن الشـريحة الناتجة تحوي 365 شـريحة تمثل القيم اليومية للتسـاقطات للعام 1980 ابتداء من 1980/1/1 ونهاية ب 1980/12/31 ،وفيما يلي بعض الأمثلة عن هذه الشرائح.

1. سنختار من القائمة المنسدلة اليوم 1980/1/13
2. ثم ننقر Ok



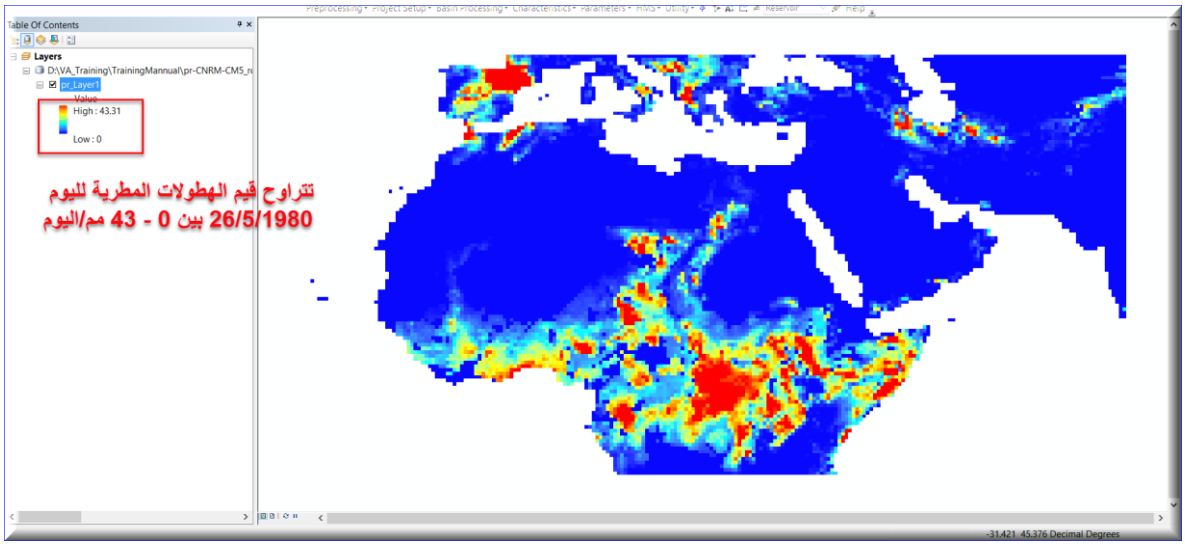
الشكل (9.1) اختيار يوم محدد لاستعراض الشريحة الخاصة به

وستظهر الشريحة التي تمثل التساقطات لليوم 1980/1/13 على شاشة ArcMap

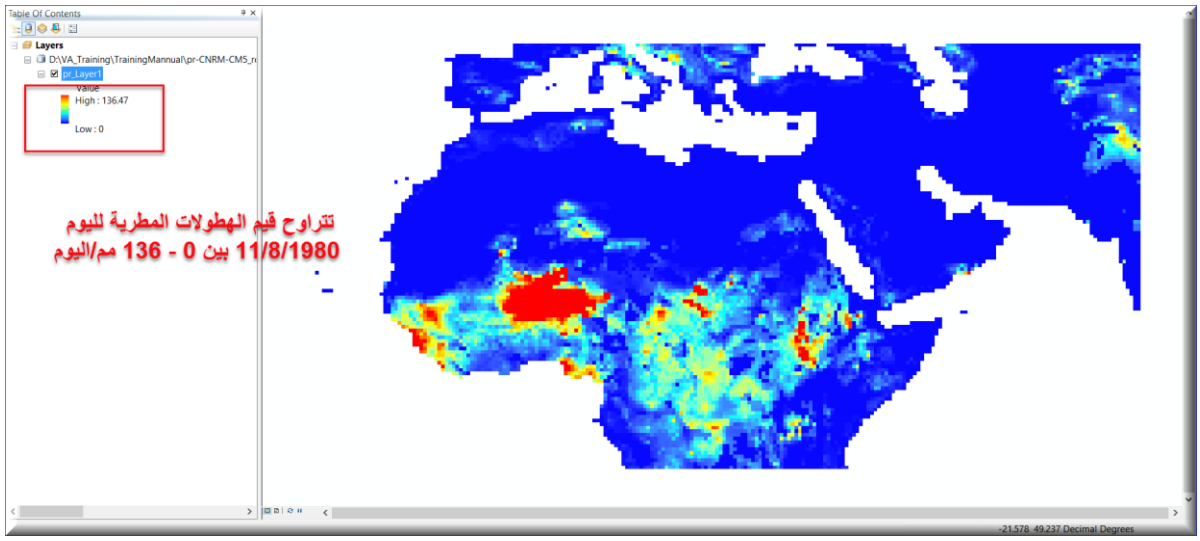


الشكل (10.1) شريحة التساقطات اليومية للتاريخ 1980/1/13

وبنفس الطريقة نختار الأيام 1980/5/26 ، 1980/8/11،



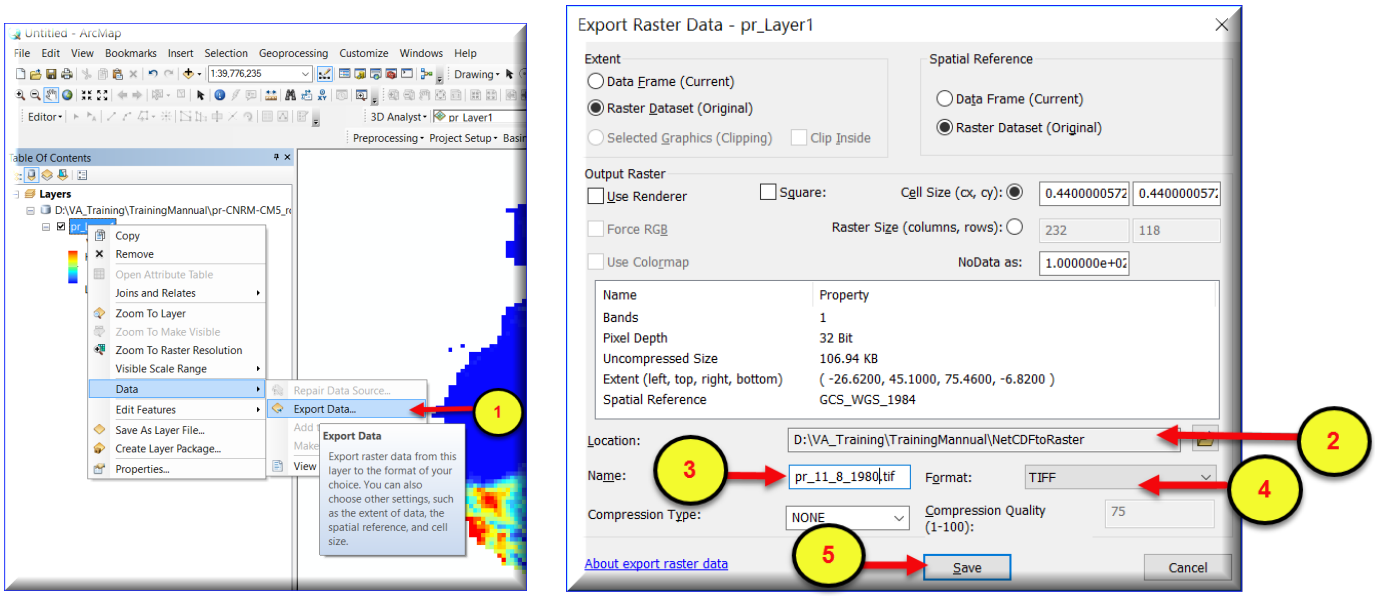
الشكل (11.1) شريحة التساقطات اليومية لتاريخ 1980/5/26



الشكل (12.1) شريحة التساقطات اليومية لتاريخ 1980/8/11

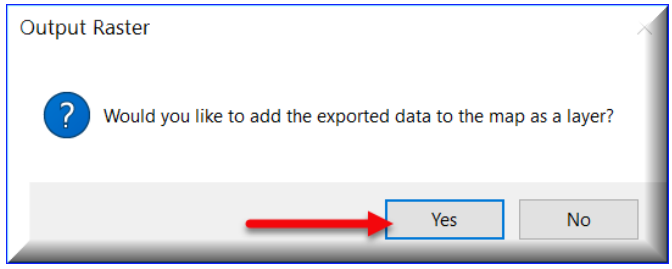
لابد من الانتباه إلى أن الشـــريحة النقطية التي تظهر على الشـــاشـــة محفوظة إلى ذاكرة الكومبيوتر بصورة مؤقتة ،لذلك ومن أجل حفظها بشكل دائم :

1. انقر باليمين على raster layer file وليكن للتاريخ 1980/8/11 في قائمة المحتويات ، ثم اختر Export Data
2. Location: اختر المجلد الذي ســـيتم تخزين الشـــريحة الناتجة داخله ، وليكن ضـــمن المجلد NetCDFtoRaster
3. Name : نعطي اسم للشريحة الناتجة وليكن pr_11_8_1980 بحيث يعبر الاسم عن التاريخ الذي تمثله الشريحة.
4. Format: نختار الصيغة Tiff
5. انقر Save



الشكل (13.1) تصدير الشريحة المؤقتة الناتجة إلى صيغة Raster .

في نافذة Output Raster نختار yes لإضافة الشريحة الناتجة إلى واجهة ArcMap الحالية.



الشكل (14.1) إضافة Raster الناتجة إلى واجهة ArcMap

التمرين العملي الثاني حول استخلاص سلسلة زمنية يومية لسنة معينة من ملفات NetCDF

المطلوب :استنتاج قيم التساقطات اليومية المتوقعة للعام 2046 بحسب نموذج المناخ العالمي CNRM-CM5 لسيناريو الانبعاثات المتوسطة rcp 4.5 لمحطة الصويري في العراق .

البيانات المتاحة:

1. إحداثيات المحطة Lat= 33.25148˚N Long = 44.770541˚E
2. ملفات تساقطات يومية للعام 2046 موجودة ضمن المجلد pr-CNRM-CM5_rcp45_50km"
3. ملف Excel باسم (Convert to nlat nlon) مجهز بالمعادلات اللازمة للتحويل بين نظام الإحداثيات الجغرافي و نظام إحداثيات RICCAR الجدولي.

في البداية لابد من تحويل إحداثيات المحطة من النظام الجغرافي إلى نظام nlat ,nlon الديكارتي باستخدام ملف الإكسل (Convert to nlat nlon)المجهز بالمعادلات اللازمة :

	A	B	C	D	E	F
1	FID	Lat	Long	nlat	nlon	
14	13	28.5098	32.9097	80	135	
15	14	28.0098	31.9097	79	133	
16	15	28.0098	32.4097	79	134	
17	16	28.0098	32.9097	79	135	
18	17	28.0098	33.4097	79	136	
19	18	27.5098	32.4097	78	134	
20	19	27.5098	32.9097	78	135	
21	20	27.5098	33.4097	78	136	
22	21	27.0098	32.4097	77	134	
23	22	27.0098	32.9097	77	135	
24	23	27.0098	33.4097	77	136	
25	24	27.0098	33.9097	77	138	
26	25	27.5098	33.9097	78	138	
27	26	29.0098	32.9097	81	135	
28		29.48	32.12	83	134	
29	الإسكندرية	29.92	31.2	84	131	
30	الصويرة	33.25148	44.77054	91	162	
31						
32						
33						
34						

Sheet1 Sheet2 Sheet3

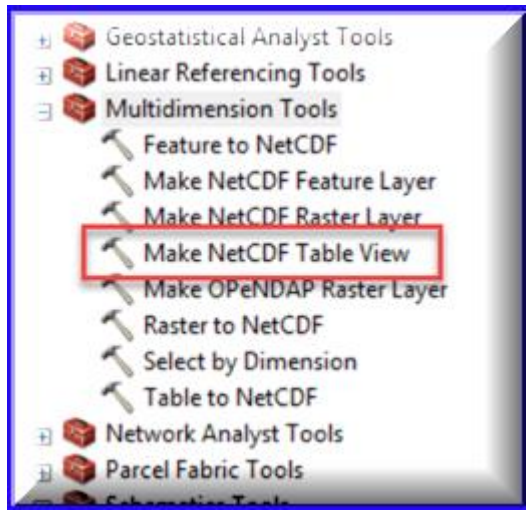
الشكل (1.2) إدخال الإحداثيات الجغرافية لمحطة الصويري إلى ملف الإكسل

والنتيجة ستكون كمايلي:

Nlon= 162

Nlat= 91

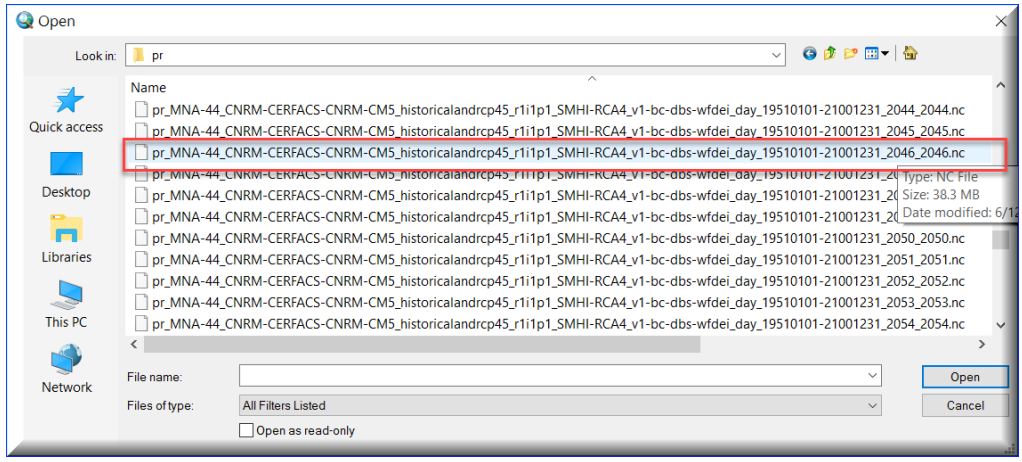
نســـتخدم الأداة **Make NetCD Table View** الموجودة تحت أدوات Multidimension Tools لإنشـاء جدول يحتوي البيانات المناخية اليومية المسـتخلصـة من ملف NetCDF عند موقعٍ معين.



الشكل (2.2) الأداة Make NetCDF Table View ضمن نافذة Arctoolbox.

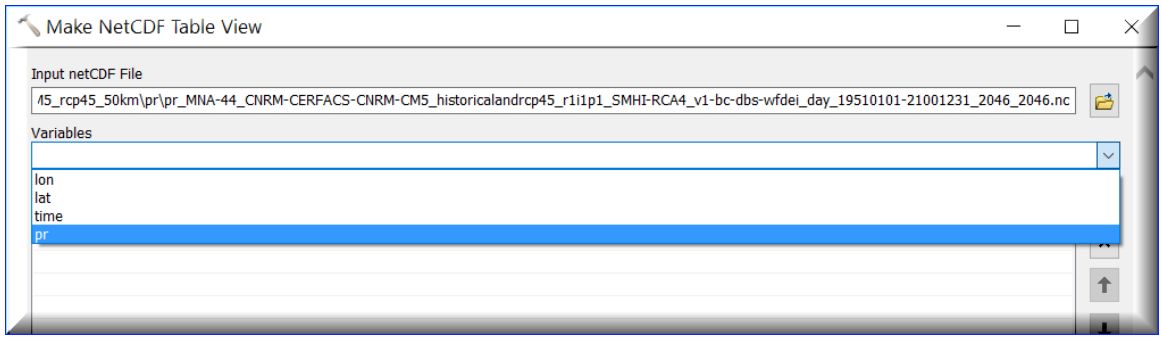
من نافذة Make NetCDF Table View نختار:

1. من أجل Input netCDF Table View : نختار ملف NetCDF الخاص بالعام 2046 من ملف التساقطات اليومية.



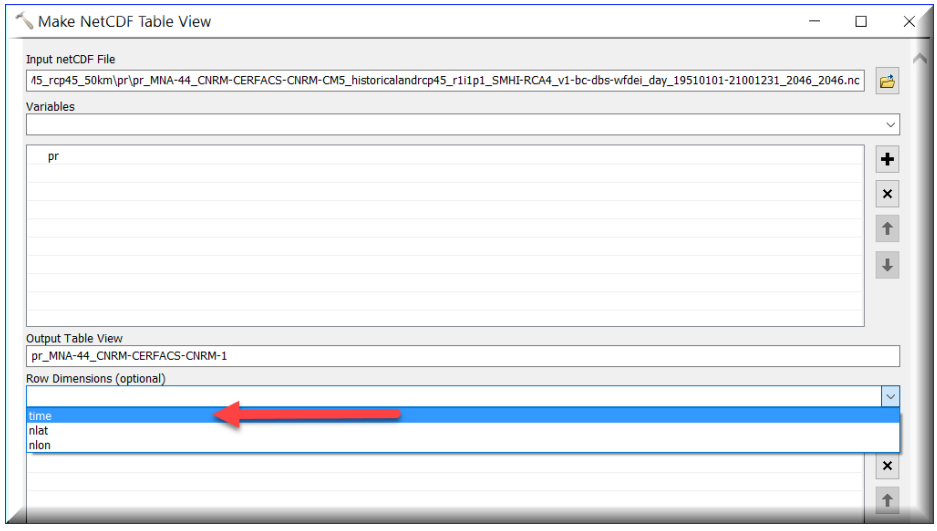
الشكل (3.2) اختيار ملف التساقطات اليومية الخاصة بسنة 2046 ضمن نافذة Make NetCDF Tablr View

2. من أجل Variables : نحدد المتحول من القائمة المنسدلة وهو Pr



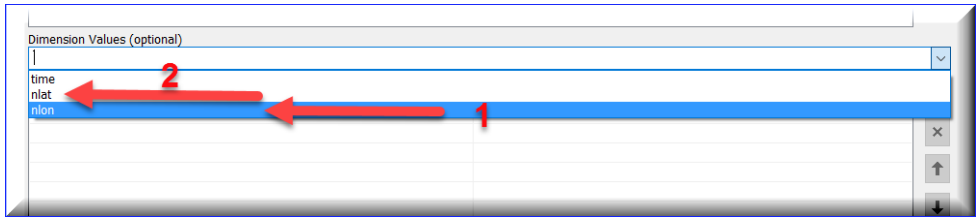
الشكل (4.2) اختيار المتحول المناخي ضمن نافذة Make NetCDF Table View

3. من أجل Row Dimensions: نختار من القائمة المنسدلة Time



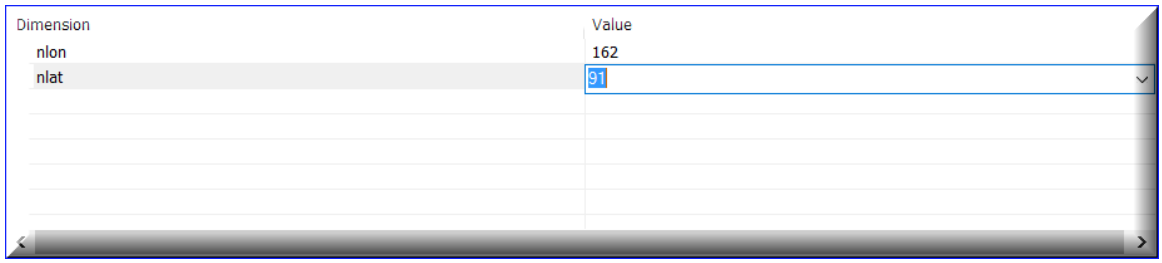
الشكل (5.2) اختيار المتحول المناخي ضمن نافذة Make NetCDF Table View

4. من اجل Dimension values : نختار أولا nlon ثم nlat .



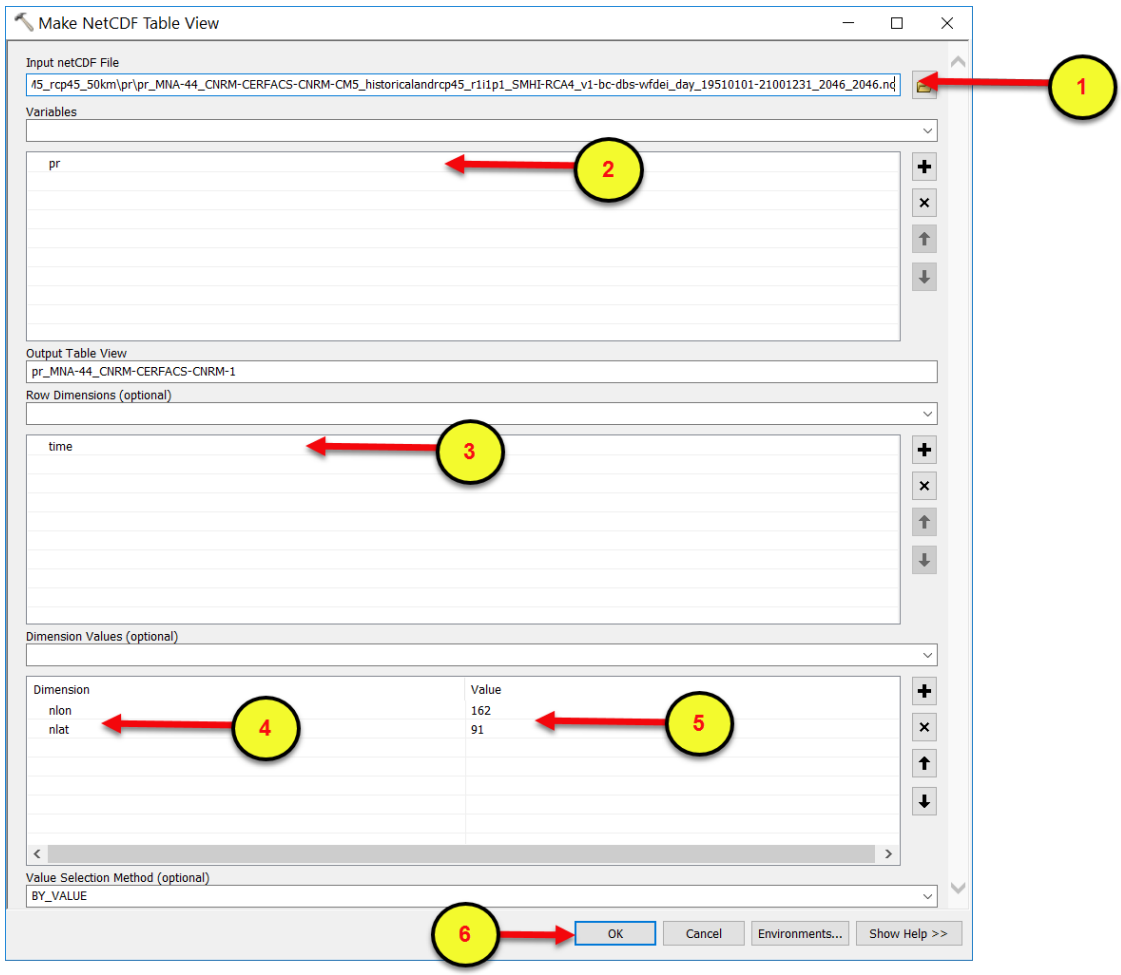
الشكل (6.2) اختيار البعدين x وy ضمن نافذة Make NetCDF Table View

5. من أجل Value : ندخل قيم إحداثيات الموقع :Nlon = 162 و Nlat= 91



الشكل (7.2) إدخال إحداثيات الموقع ضمن نافذة Make NetCDF Table View

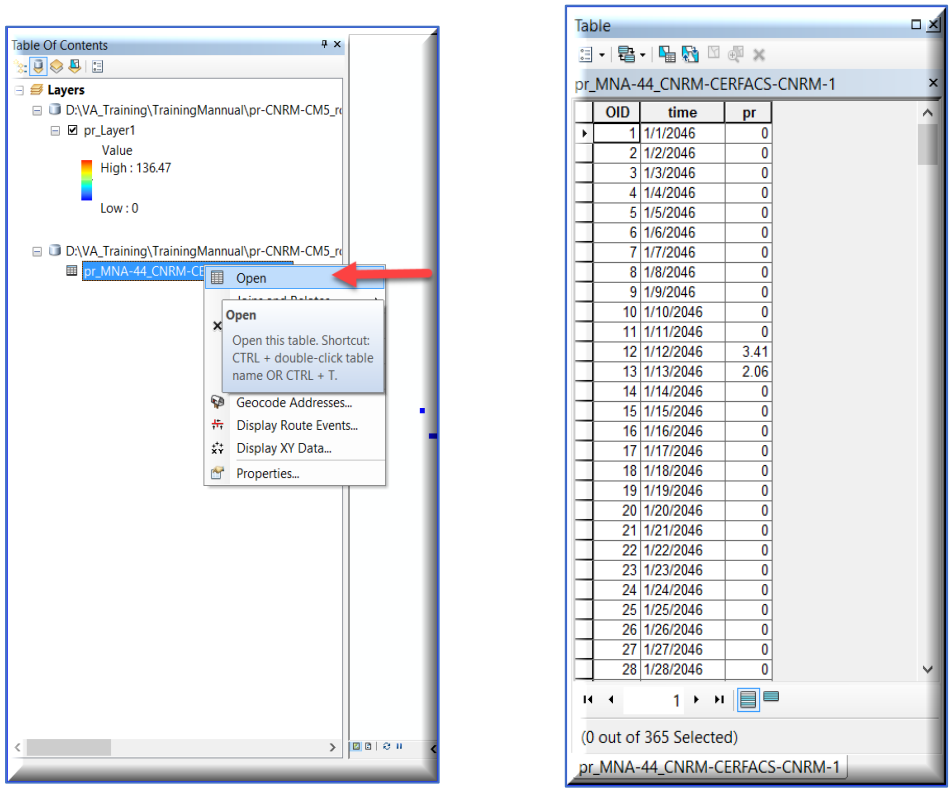
6. ننقر ok



الشكل (8.2) نافذة Make NetCDF Table View

1` استعراض النتيجة وهي جدول يبين التساقطات اليومية للعام 2046 واحدتها مم/اليوم

يظهر الجدول في قائمة المحتويات في ArcMapباسم -"pr_MNA-44_CNRM-CERFACS CNRM-1"، من أجل استعراضه ننقر باليمين ونختار Open



الشكل (9.2) استعراض جدول بيانات التساقطات اليومية الناتج.

سيتم توليد جدولٍ للقيم في الموقع المطلوب لاحظ الدقة الزمنية لملف NetCDF والتي تُستخدم في توليد القياسات الصحيحة للمتحول المناخي المدروس. على سبيل المثال، بيانات التساقطات عبارةٌ عن بياناتٍ يومية، لذلك تمثل القيم في الجدول بيانات التساقطات اليومية مم/يوم. وكذلك الأمر بالنسبة للمتحولات المناخية الموسمية، فوحدات القياس تكون على شكل يوم/فصل/سنة.

التمرين الثالث حول استخلاص سلسلة زمنية يومية لسنوات متعددة من ملفات NetCDF باستخدام Model Builder

المطلوب : استخلاص قيم التساقطات اليومية للفترة 1951 - 2100 بحسب نموذج المناخ العالمي CNRM-CM5 لسيناريو الانبعاثات المتوسطة rcp 4.5 لمحطة الصويرة في العراق للفترة الممتدة بين 1951-2100

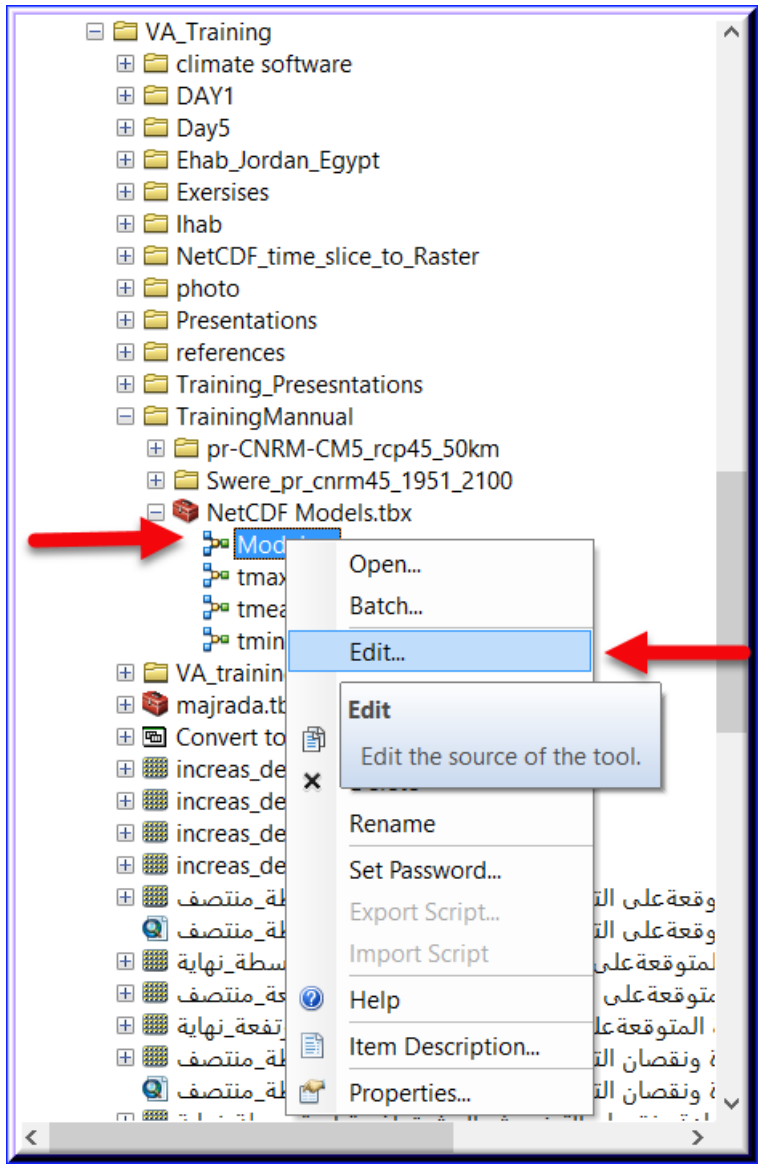
الشكل (1.3) موقع محطة الصيرة في العراق.

البيانات المتاحة:

1. إحداثيات المحطة Lat= 33.25148˚N Long = 44.770541˚E
2. المجلد "pr-CNRM-CM5_rcp45_50km" الذي يحتوي ملفات NetCDF كل ملف يحتوي بيانات التساقطات اليومية لسنة كاملة.

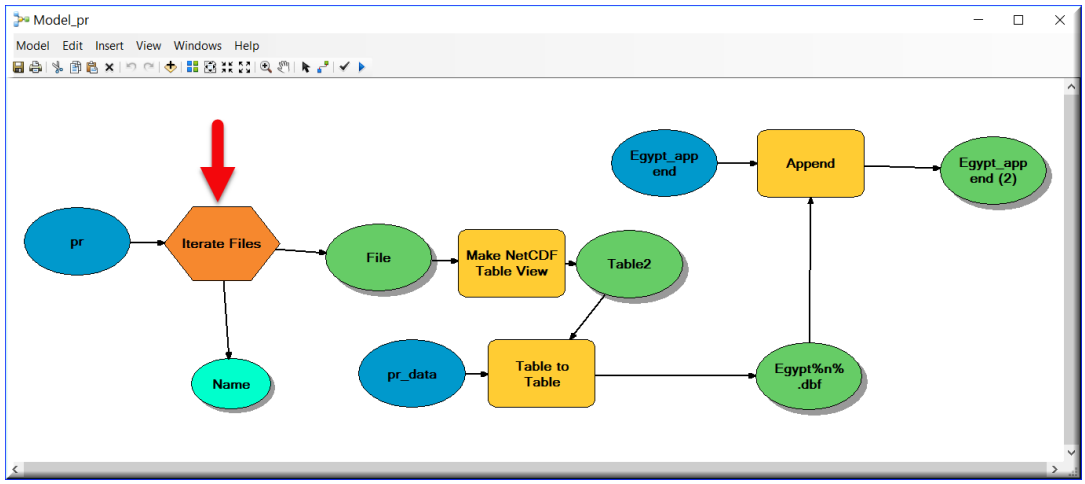
3- النموذج الذي تم بناؤه باسم Model_pr والموجود تحت الأداة NetCDF Models.tbx:

نفتح النموذج Model-Pr بالنقر عليه باليمين ثم اختيار Edit



الشكل (2.3) فتح النموذج الخاص بالتساقطات من واجهة ArcCatalog.

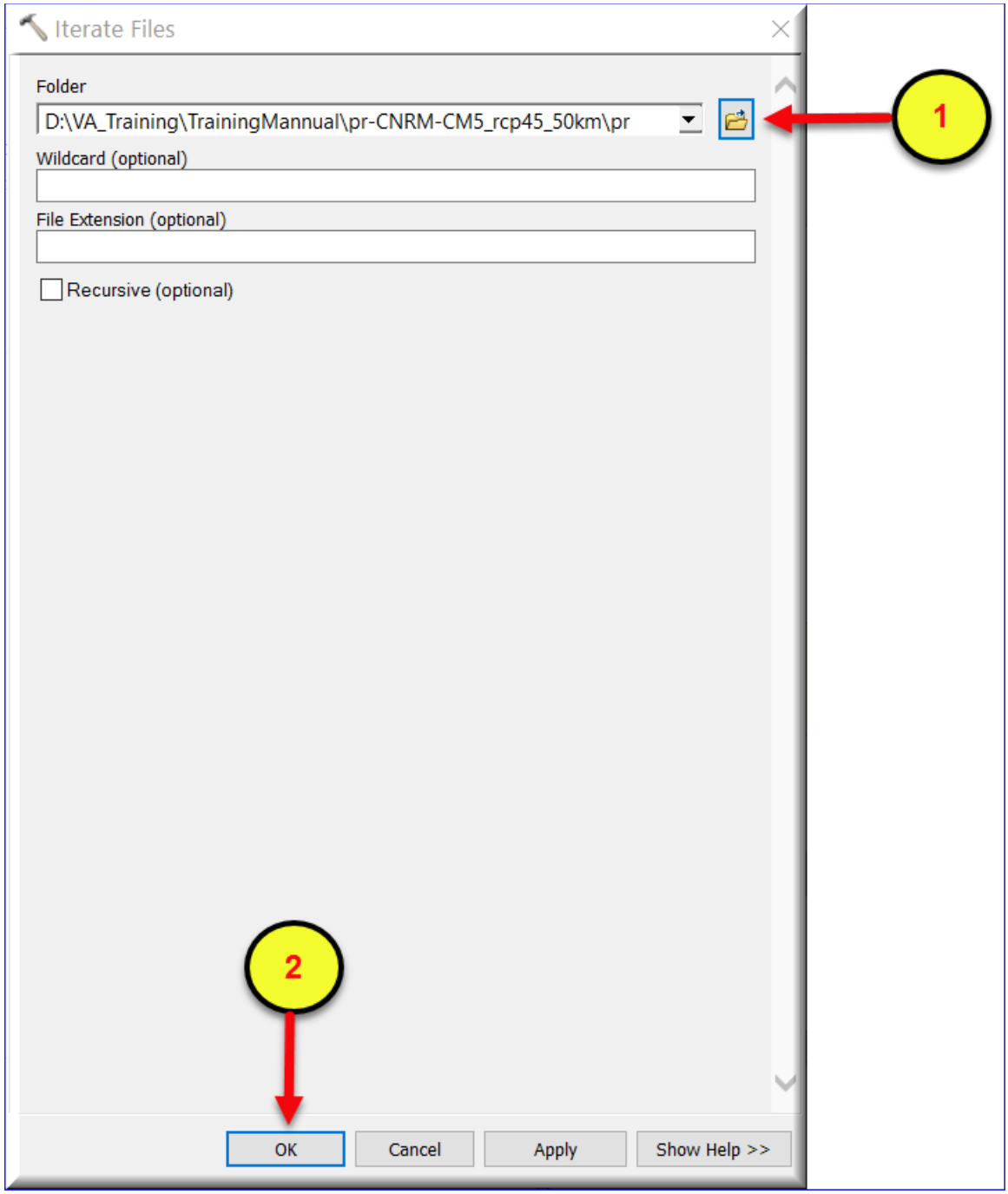
ضمن النموذج نقرة مزدوجة على أيقونة Iterate Files :



الشكل (3.3) Iterate Files ضمن نافذة Model_pr.

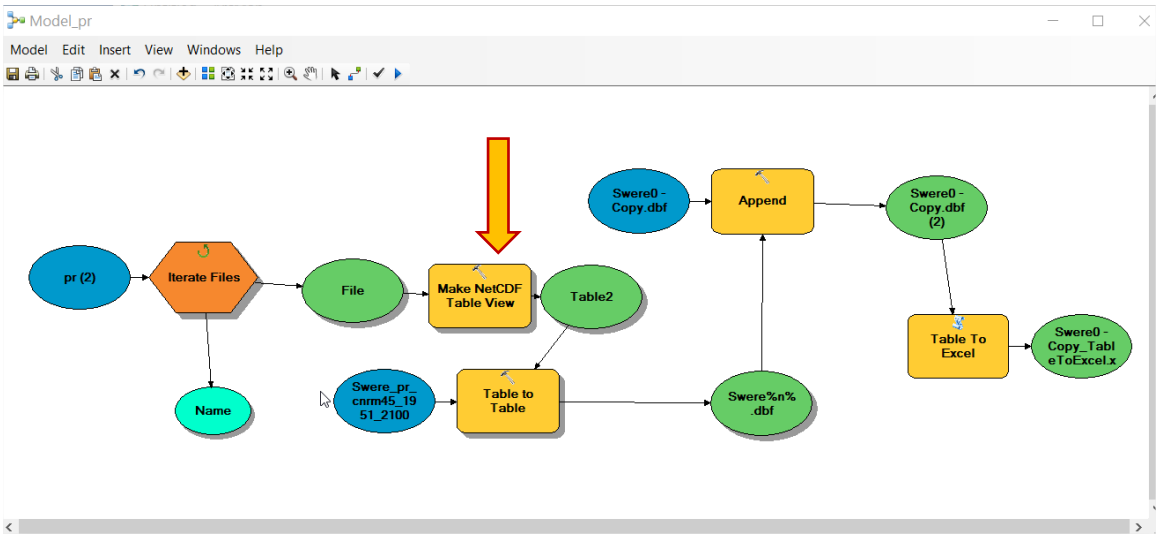
من نافذة Iterate Files:

1. نحدد من حقل Folder مكان الملف الذي يحتوي ملفات NetCDF للتساقطات خلال الفترة 1951 – 2100 وهو متواجد ضمن المجلد "pr-CNRM-CM5_rcp45_50km"
2. ثم ننقر Ok



الشكل (4.3) تحديد المجلد الذي يحوي بيانات التساقطات اليومية ضمن نافذة Iterate Files.

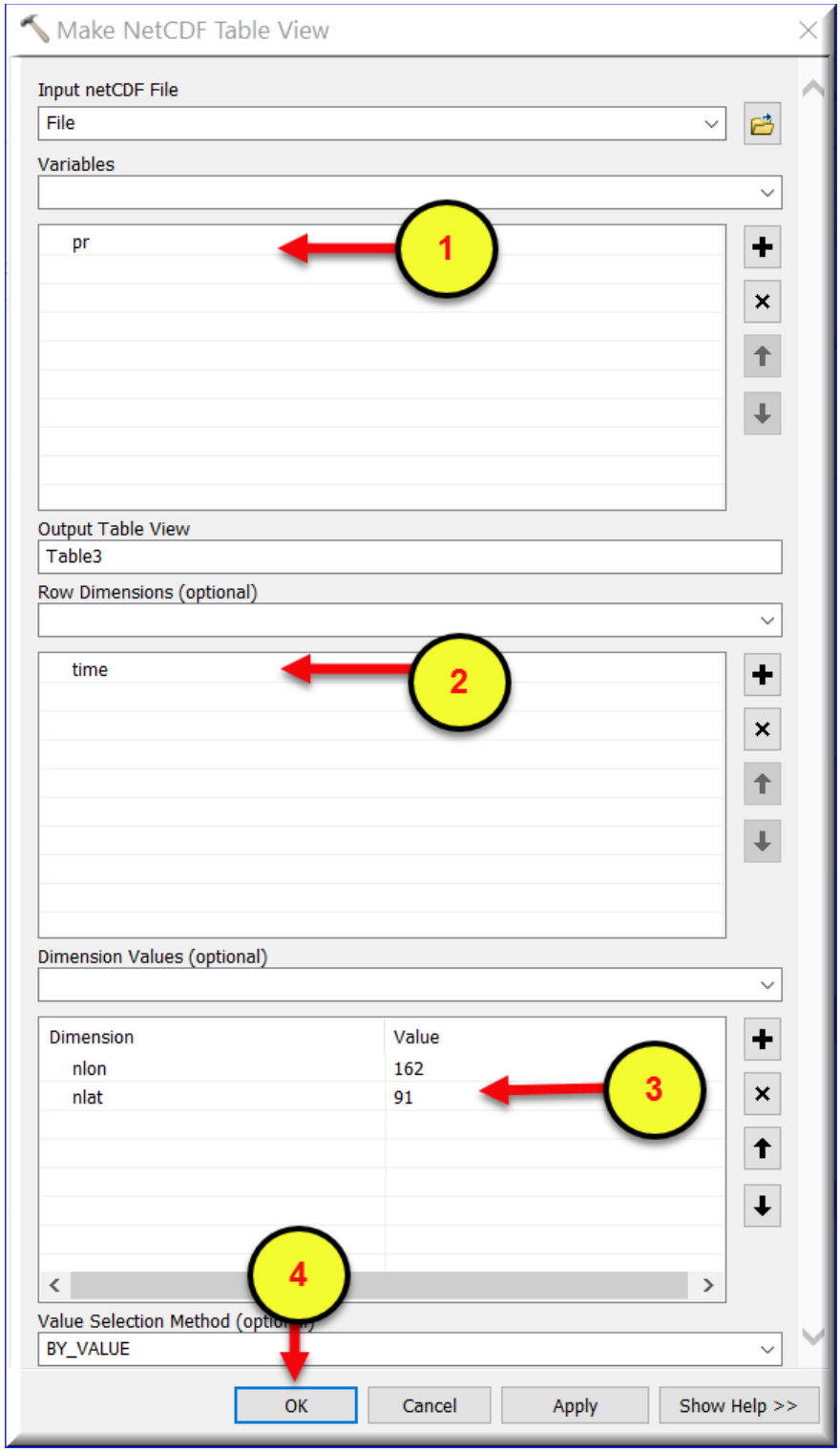
ضمن النموذج نقرة مزدوجة على أيقونة Make NetCDF Table View :



الشكل (5.3) استدعاء الأداة Make NetCDF Table View ضمن نافذة Model_pr.

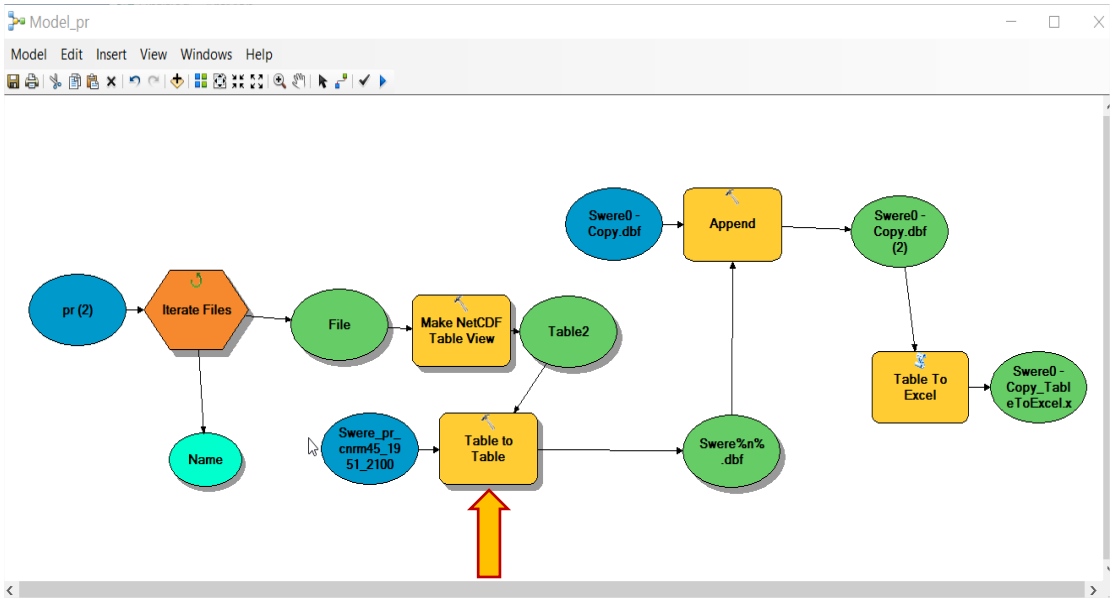
من نافذة Make NetCDF Table View

1. نختار المتحول من القائمة المنسدلة وهو التساقطات pr
2. نختار من القائمة المنسدلة Row Dimensions = Time
3. ندخل قيم إحداثيات موقع الصويرة nlon = 162 و nlat= 91
4. ننقر ok



الشكل (6.3) إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة Make NetCDF Table View

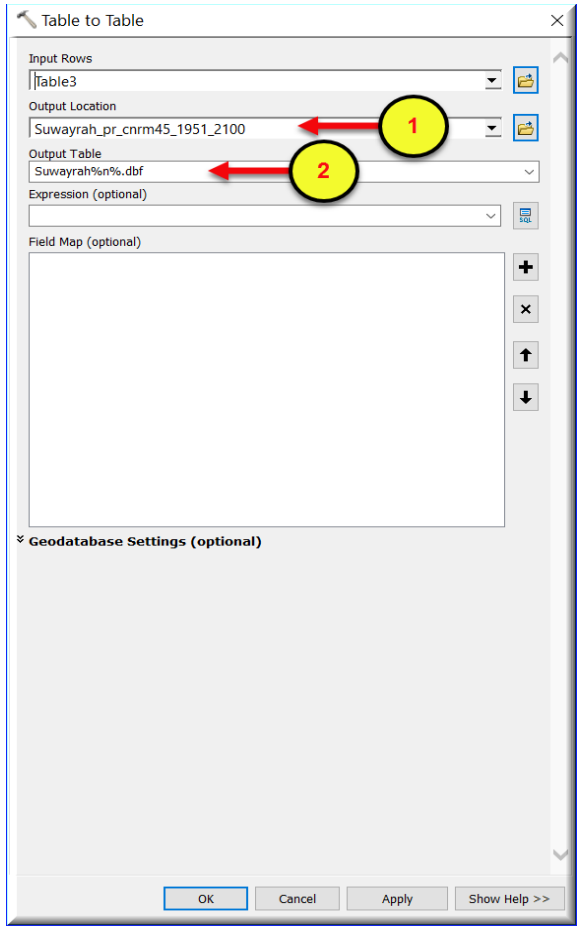
ضمن النموذج نقرة مزدوجة على أيقونة **Table to Table**:



الشكل (7.3) استدعاء الأداة Table to Table ضمن نافذة Model_pr..

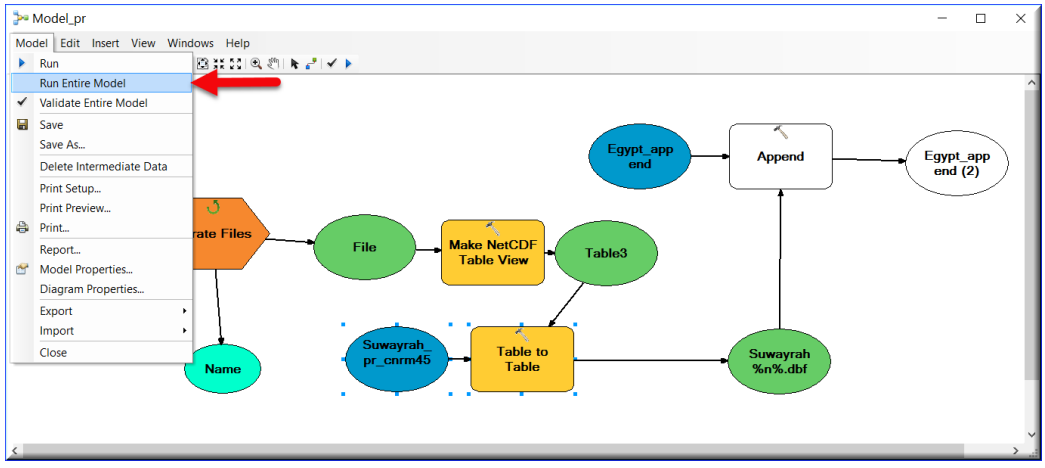
ضمن نافذة

1. نحدد الملف الذي سيتم جمع الجداول الناتجة لكل سنة من السنوات داخله ،وليكن ملف باسم Suwayrah_pr_cnrm45_1951_2100
2. نحدد أسماء الجداول الناتجة بالصيغة Suwayrah %n%.dbf



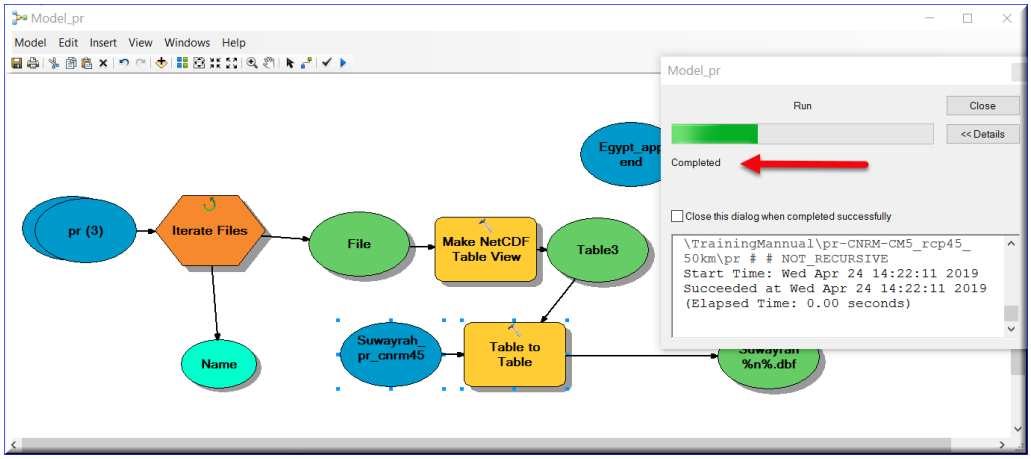
الشكل (8.3) إدخال البيانات اللازمة ضمن نافذة Table to Table .

نشغل النموذج بشكل جزئي من أجل توليد الجداول الخاصة بكل سنة من السنوات



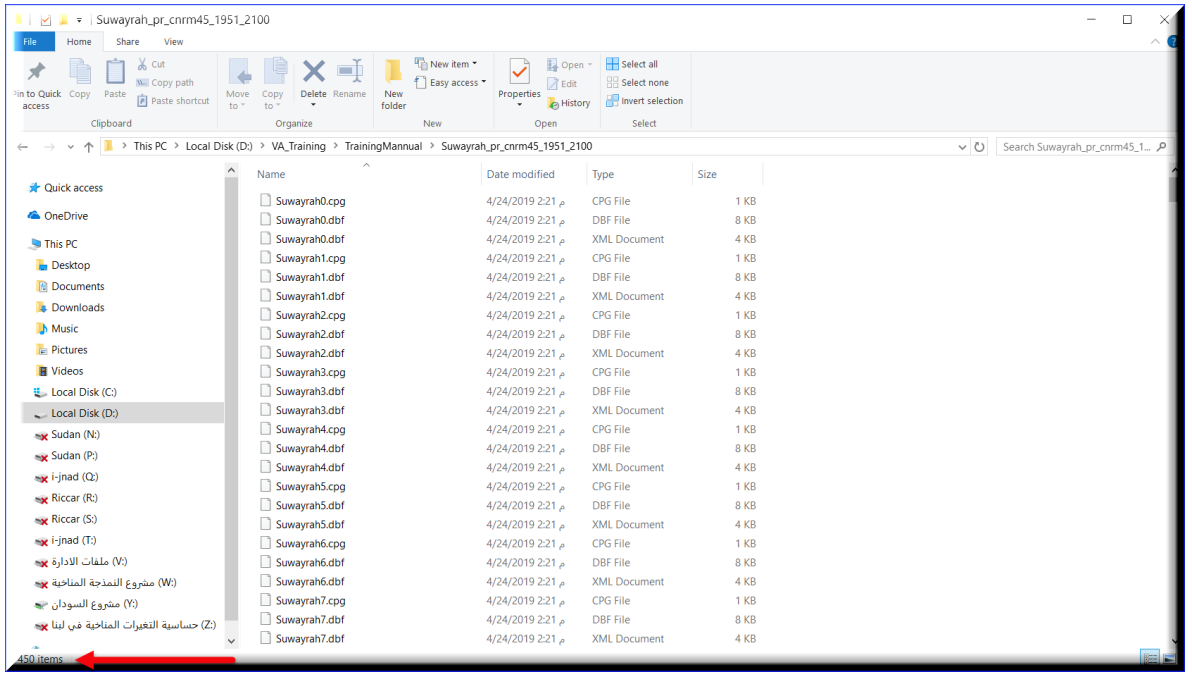
الشكل (9.3) تشغيل مرحلي للنموذج Model_pr.

عند انتهاء الشغيل تظهر النافذة مع إشارة Completed



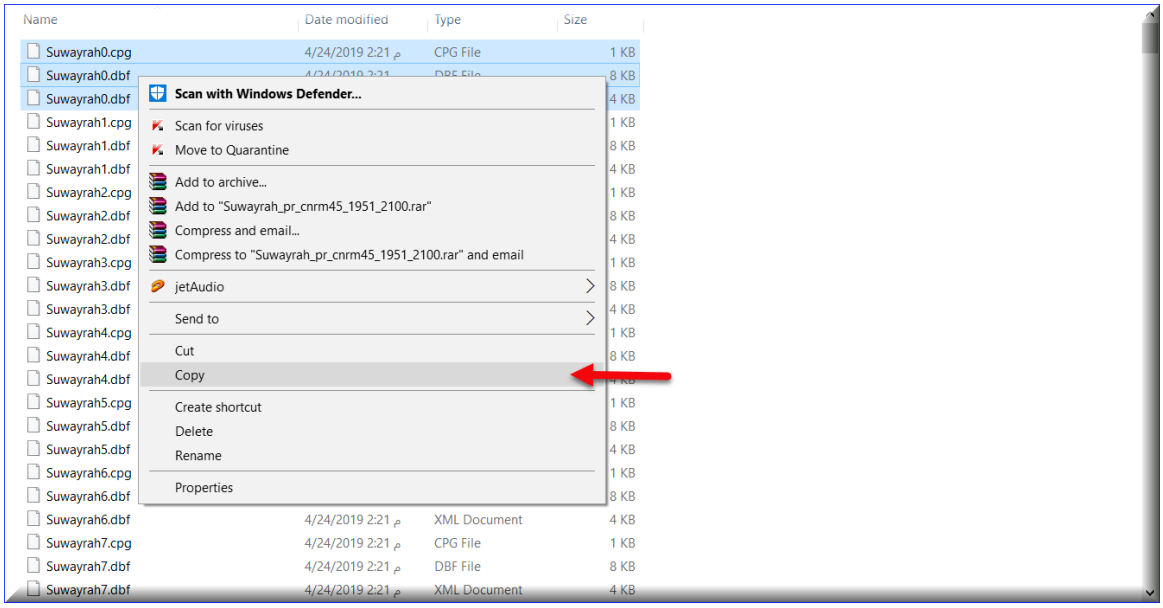
الشكل (10.3) انتهاء التشغيل المرحلي للنموذج Model_pr..

نفتح المجلد Suwayrah_pr_cnrm45_1951_2100 فنجد فيه 450 ملف ل 150 سنة (لكل سنة ثلاثة ملفات) .

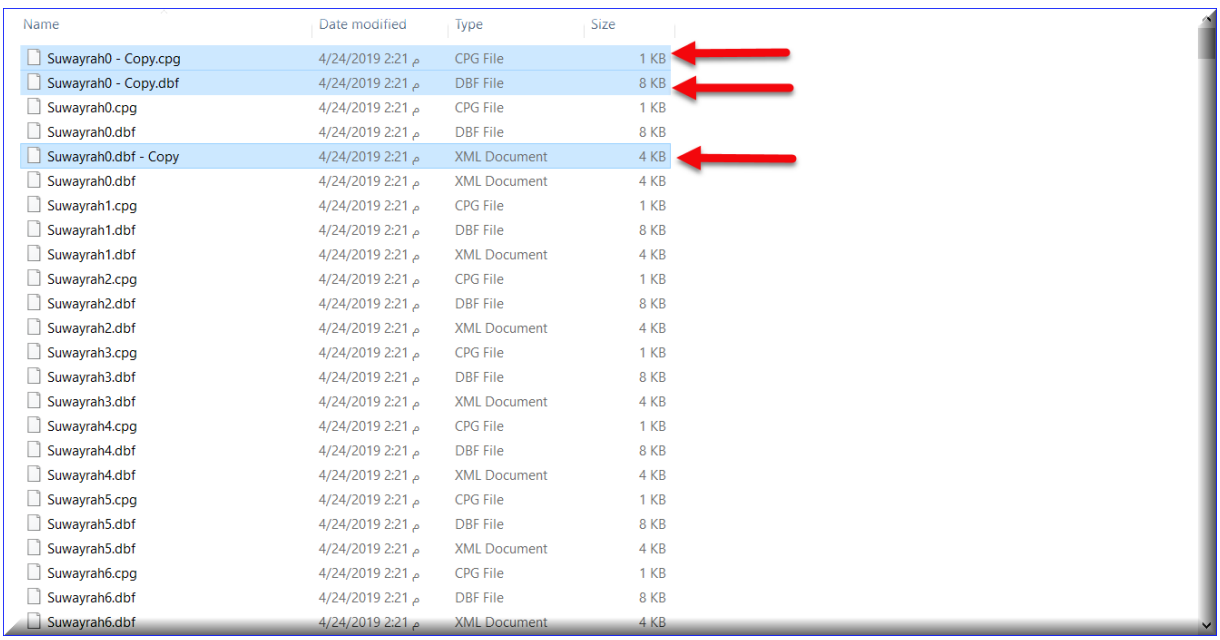


الشكل (11.3) استعراض المجلد الناتج والذي يحوي 150جدول بيانات مطرية يومية.

نقوم بنسخ أول ثلاثة ملفات والتي تمثل جدول التساقطات اليومية لأول سنة في الفترة المدروسة وهي سنة 1951 ،وتأخذ الملفات المنسوخة بشكل تلقائي الاسم Suwayrah0 – Copy

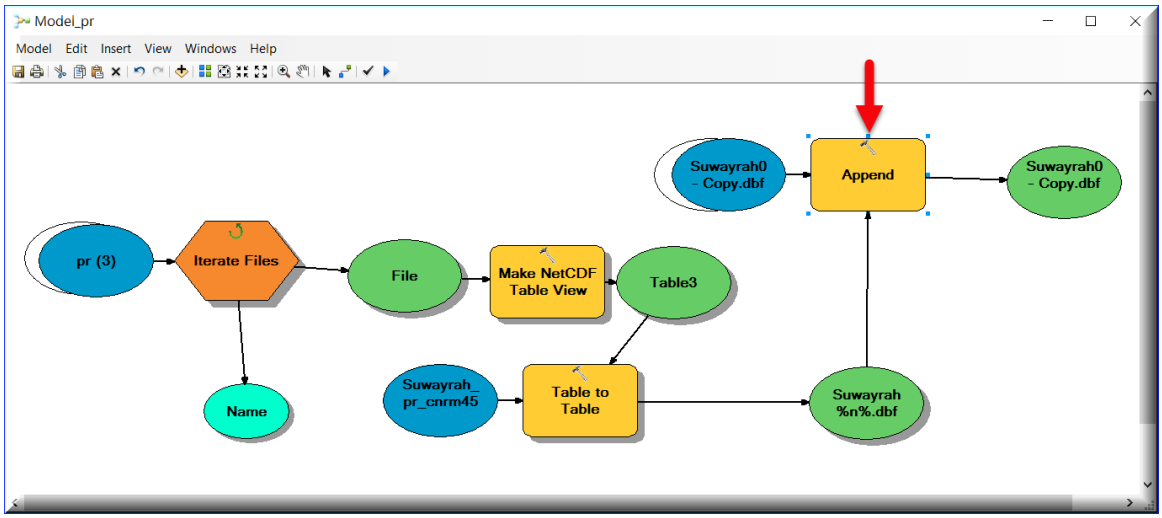


الشكل (12.3) نسخ أول جدول في المجلد.



الشكل (13.3) الجدول المنسوخ

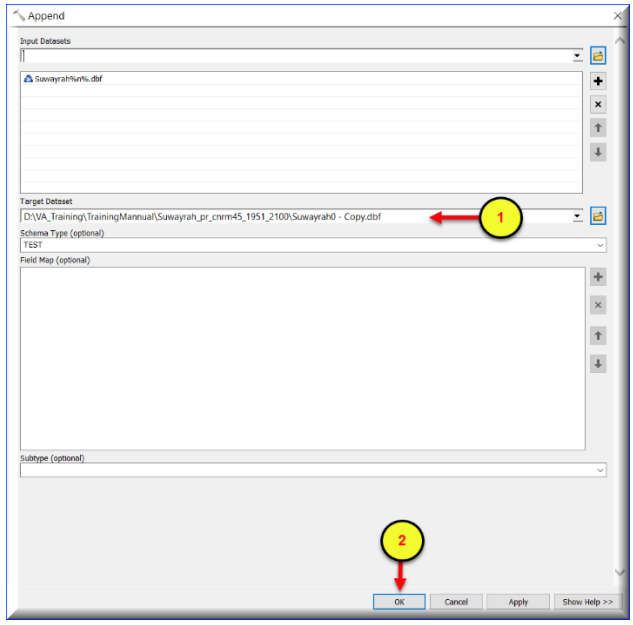
نقرة مزدوجة على Append من أجل تجميع 150 جدول تمثل 150 سنة ،ضمن جدول واحد :



الشكل (14.3) استدعاء الأداة Append ضمن نافذة Model_pr..

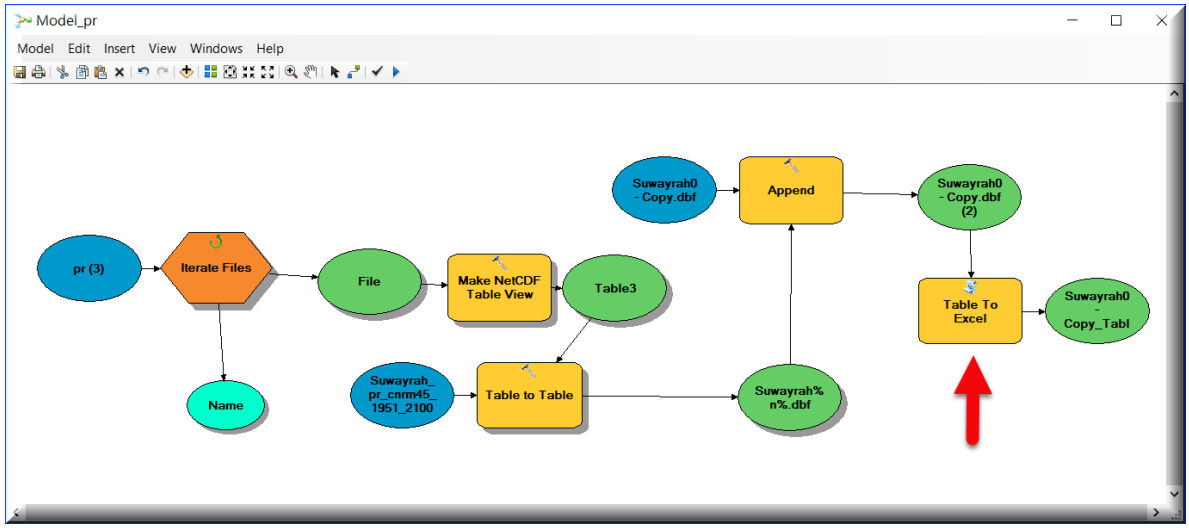
ضمن نافذة Append :

1. من أجل Target Dataset :نحدد الجدول الهدف الذي سيتم ضم جداول كل السنوات إليه (Suwayrah0 – Copy)
2. ننقر Ok



الشكل (15.3) إدخال البيانات اللازمة ضمن نافذة Append .

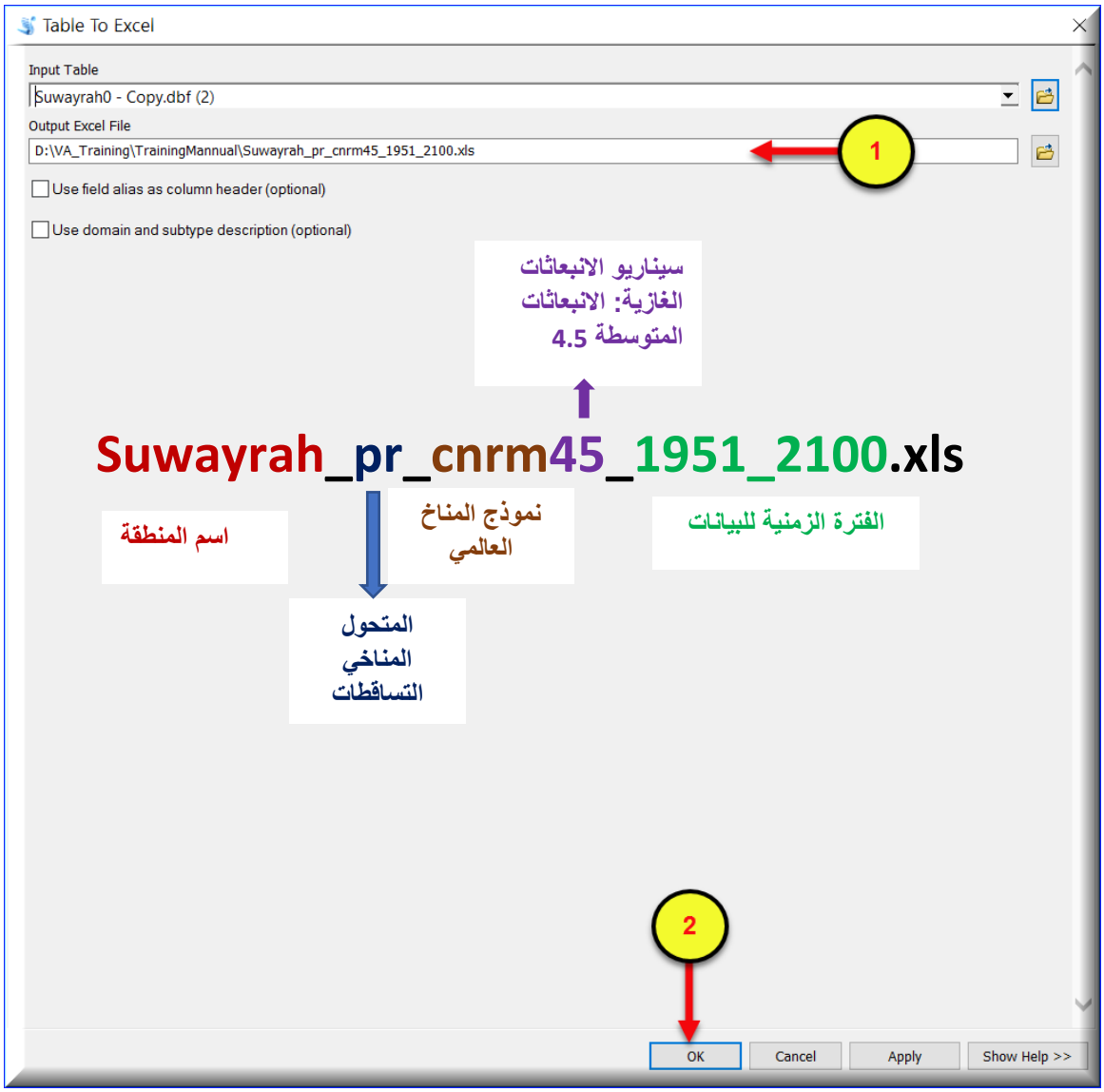
نقرة مزدوجة على أيقونة Table to Excel من أجل تحويل الجدول الناتج الذي يضـــم قيم التساقطات اليومية للفترة الممتدة بين 1951 – 2100 إلى صيغة Excel



الشكل (16.3) استدعاء الأداة Table to Excel ضمن نافذة Model_pr..

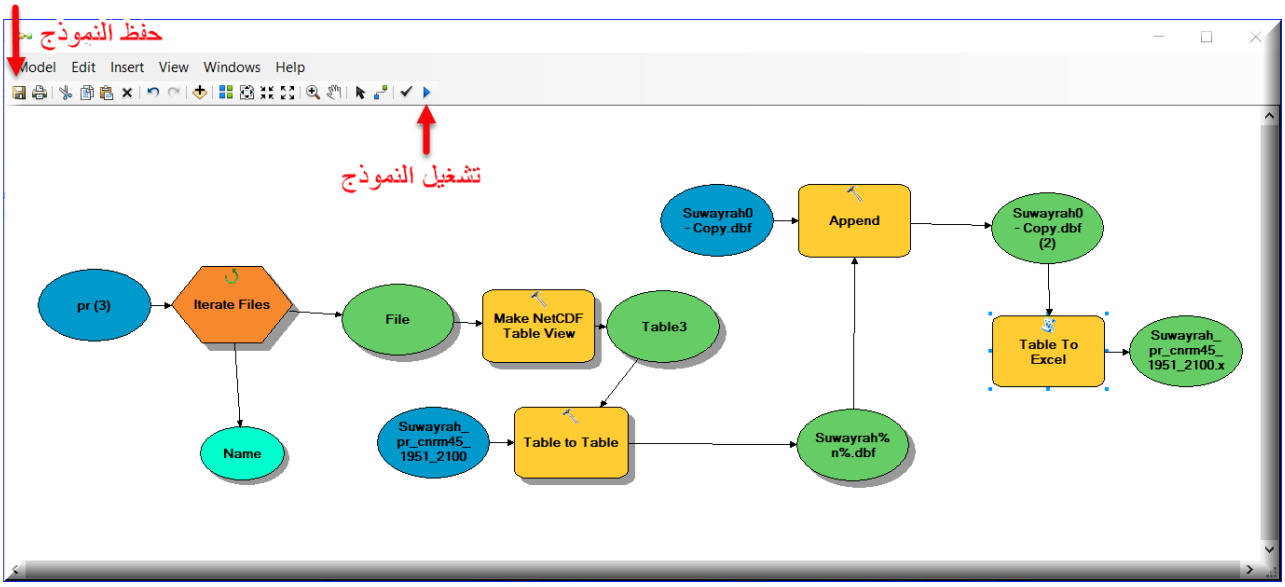
ضمن نافذة Table to Excel :

1. من اجل Output Excel File ندخل مسـار تخزين واسـم ملف الإكسـل الناتج ، يفضـل أن يتضـمن اسـم الملف كل من اسـم المنطقة، والمتحول المناخي ونموذج المناخ العالمي ،وسـيناريو الانبعاثات الغازية، و كذلك الفترة الزمنية التي تغطيها البيانات.
2. ننقر Ok



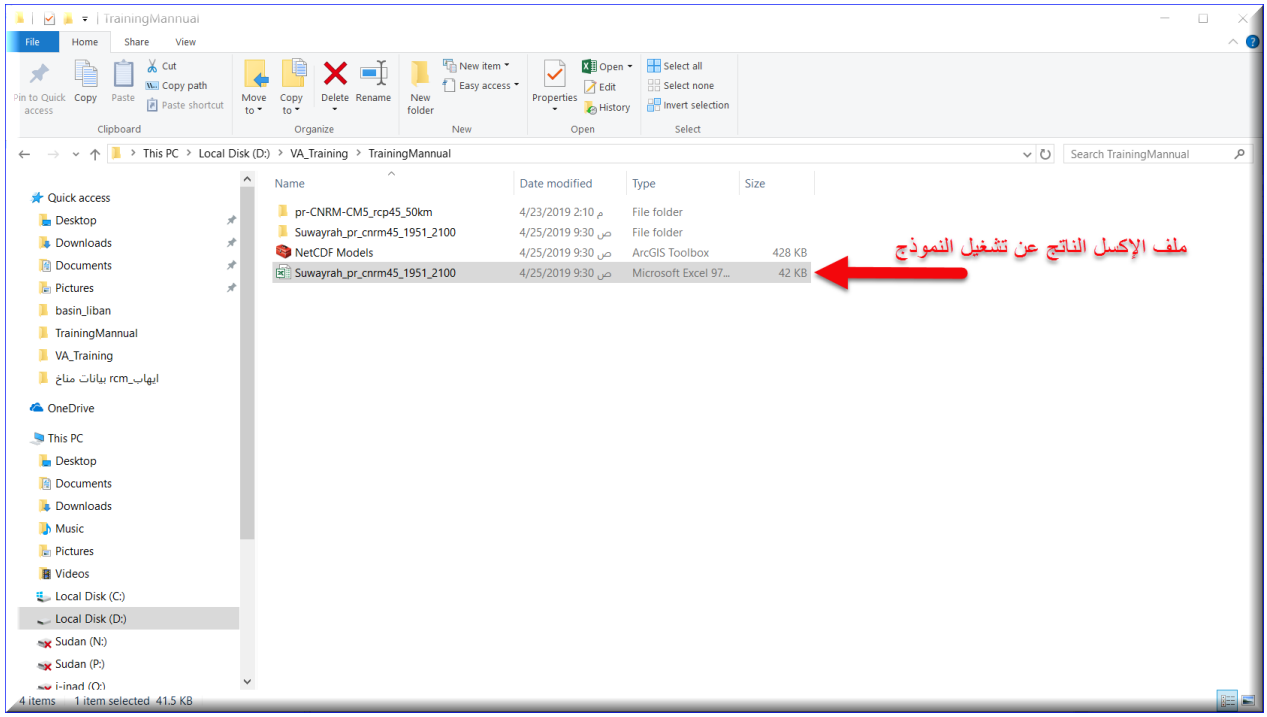
الشكل (17.3) إدخال البيانات اللازمة ضمن نافذة Table to Excel .

احفظ النموذج بأكمله ثم قم بتشغيله.



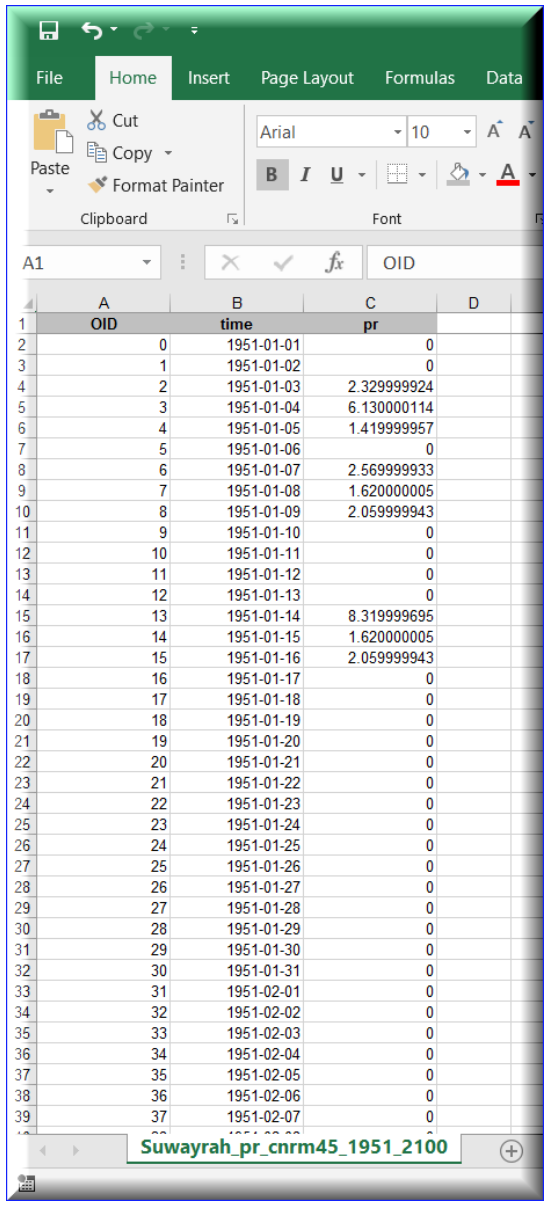
الشكل (18.3) حفظ النموذج Model_pr .

سيكون المخرج عبارة عن جدول بصيغة اكسل .



الشكل (19.3) المخرج النهائي لتشغيل النموذج.

يحتوي جدول الإكســـل على قيم التســـاقطات اليومية (مم/يوم) المأخوذة من كل ملف NetCDF في الموقع المطلوب



	A	B	C	D
1	OID	time	pr	
2	0	1951-01-01	0	
3	1	1951-01-02	0	
4	2	1951-01-03	2.329999924	
5	3	1951-01-04	6.130000114	
6	4	1951-01-05	1.419999957	
7	5	1951-01-06	0	
8	6	1951-01-07	2.569999933	
9	7	1951-01-08	1.620000005	
10	8	1951-01-09	2.059999943	
11	9	1951-01-10	0	
12	10	1951-01-11	0	
13	11	1951-01-12	0	
14	12	1951-01-13	0	
15	13	1951-01-14	8.319999695	
16	14	1951-01-15	1.620000005	
17	15	1951-01-16	2.059999943	
18	16	1951-01-17	0	
19	17	1951-01-18	0	
20	18	1951-01-19	0	
21	19	1951-01-20	0	
22	20	1951-01-21	0	
23	21	1951-01-22	0	
24	22	1951-01-23	0	
25	23	1951-01-24	0	
26	24	1951-01-25	0	
27	25	1951-01-26	0	
28	26	1951-01-27	0	
29	27	1951-01-28	0	
30	28	1951-01-29	0	
31	29	1951-01-30	0	
32	30	1951-01-31	0	
33	31	1951-02-01	0	
34	32	1951-02-02	0	
35	33	1951-02-03	0	
36	34	1951-02-04	0	
37	35	1951-02-05	0	
38	36	1951-02-06	0	
39	37	1951-02-07	0	

الشكل (20.3) استعراض ملف بيانات التساقطات اليومية الناتج.

ملاحظة هامة: بما أنه تم نسخ 150 جدول إلى جدول أساسي Suwayrah0 – Copy فلابد من الانتباه إلى أن هذا الجدول كان يحتوي بالأصل قيم التساقطات اليومية لسنة 1951 ، لذلك سنجد بيانات هذه السنة مكررة في ملف الاكسل لذلك لابد من حذف البيانات المكررة (البيانات للفترة الممتدة بين 1951/1/1 و 1951/12/31) فيتبقى لدينا في الجدول نسخة واحدة للسنة 1951.

التمرين العملي الرابع حول استنتاج 365 شريحة Raster يومية من ملف NetCDF واحد، وتصديرها كملفّات مستقلة بصيغة (*.tif) .

المطلوب استنتاج 356 شريحةRaster يومية مستقلة لقيم التساقطات للعام 2002 حسب نموذج CNRM-CM5 لسيناريو الانبعاثات المتوسطة rcp 4.5 ،انطلاقا من ملفات NetCDF .

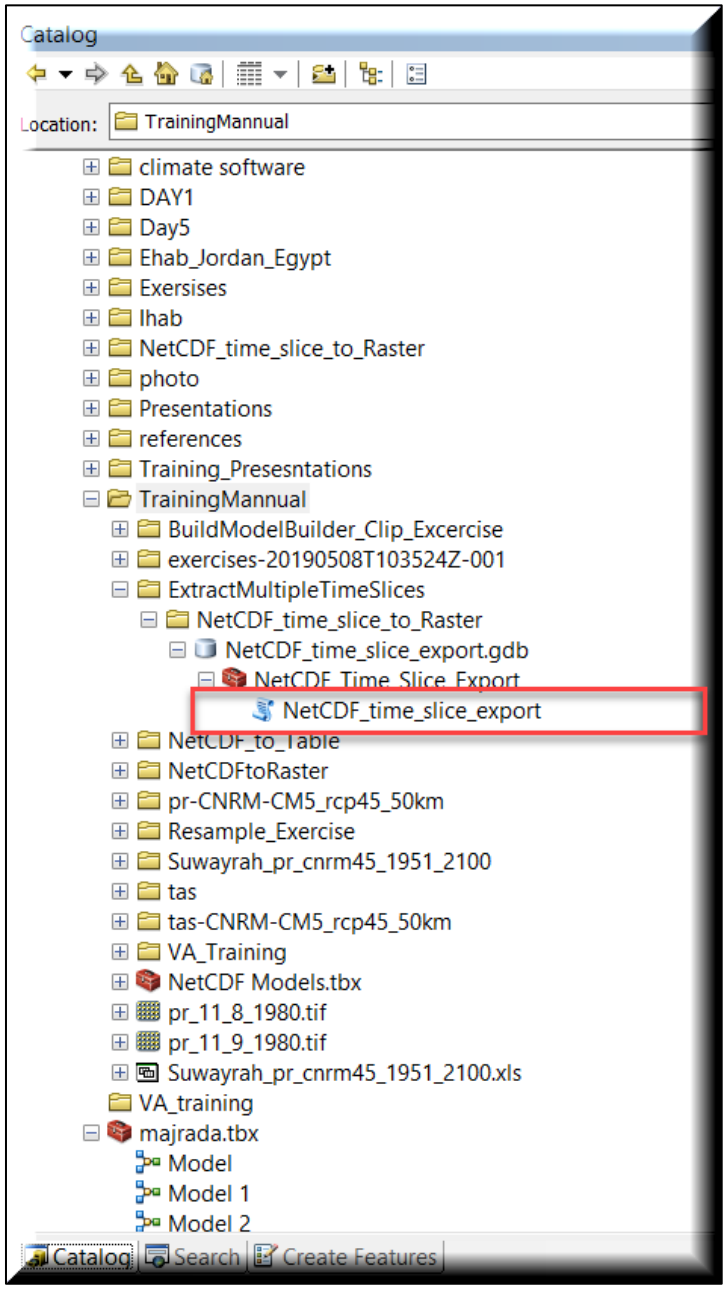
البيانات المتاحة:

مجلد (ExtractMultipleTimeSlices) الذي يتضمن:

1- السكريبت(الأداة) الخاصة بفصل الشرائح الزمنية من ملف NetCDF و اسمها NetCDF_Time_Slice_export: .

2- بيانات هطولات مطرية يومية للعام 2002 في ملفNetCDF واحد.

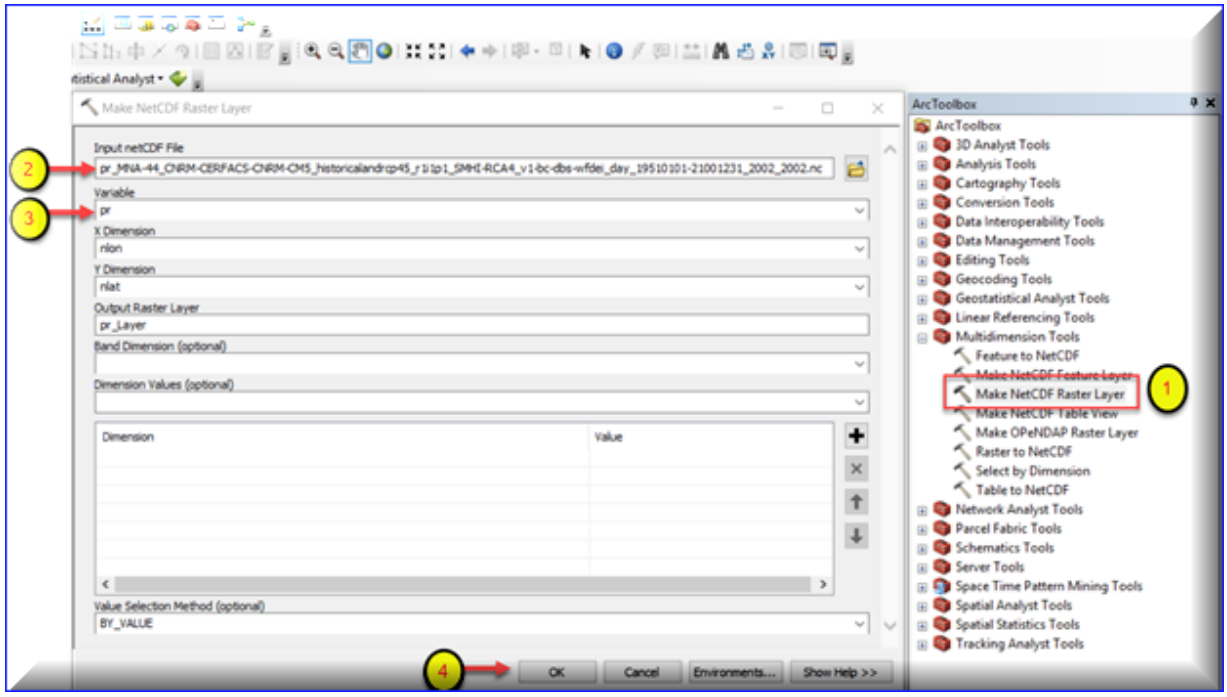
نستعرض ضمن واجهة ArcCatalog محتويات المجلد ونلاحظ كيف يظهر السكريبت الخاص باستخراج الشرائح الزمنية.



الشكل (1.4) السكريبت NetCDF_time_Slice_export الخاص بفصل الشرائح.

عرض ملف NetCDF كشريحة raster ضمن واجهة ArcMap

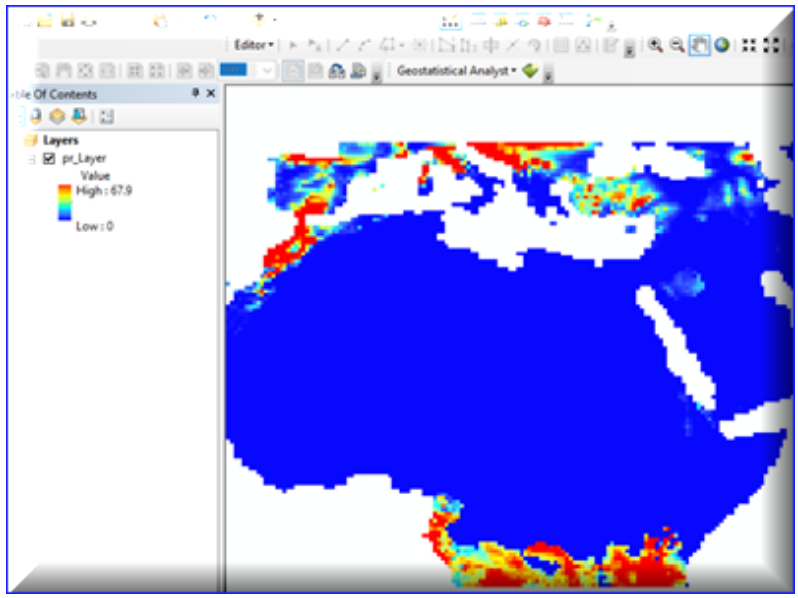
1. من صـندوق الأدوات Arc Toolbox نقرة مزدوجة على أداة Make Netcdf Raster Layer.
2. من أجل Input NetCDF File : نحدد مســار ملف NetCDF للتســاقطات اليومية لعام 2002
3. من أجل Variable : نحدد المتحول المناخي المدروس(التساقطات في هذا المثال Pr).
4. ننقر Ok



الشكل (2.4) نافذة الأداة Make Netcdf Raster Layer.

ملاحظة: بما أن الإحداثيات X-Dimension و Y-Dimension هي nlon و nlat ، ستظهر الشريحة ضمن نظام الإحداثيات الخاص ببيانات ريكار.

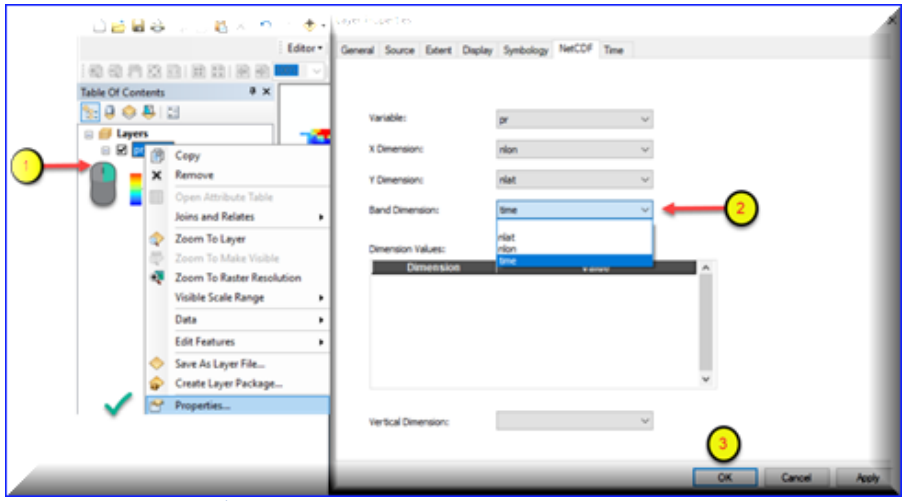
تظهر لدينا شـريحة التسـاقطات للعام 2002 وهي شـريحة مؤقتة باسـم Pr_Layer التي تغطي النطاق العربي كما في الشكل:



الشكل (3.4) شريحة Raster التي تمثل التساقطات اليومية للعام 2002.

تغيير Band Dimension في خصائص شريحة الراستر Pr_Layer:

1. نضغط بالزر اليمين على الشريحة ونختار properties.
2. من أجل Band Dimension : نختار من القائمة المنسدلة time.
3. ننقر Ok



الشكل (4.4) تحديد الزمن Time كبعد ثالث.

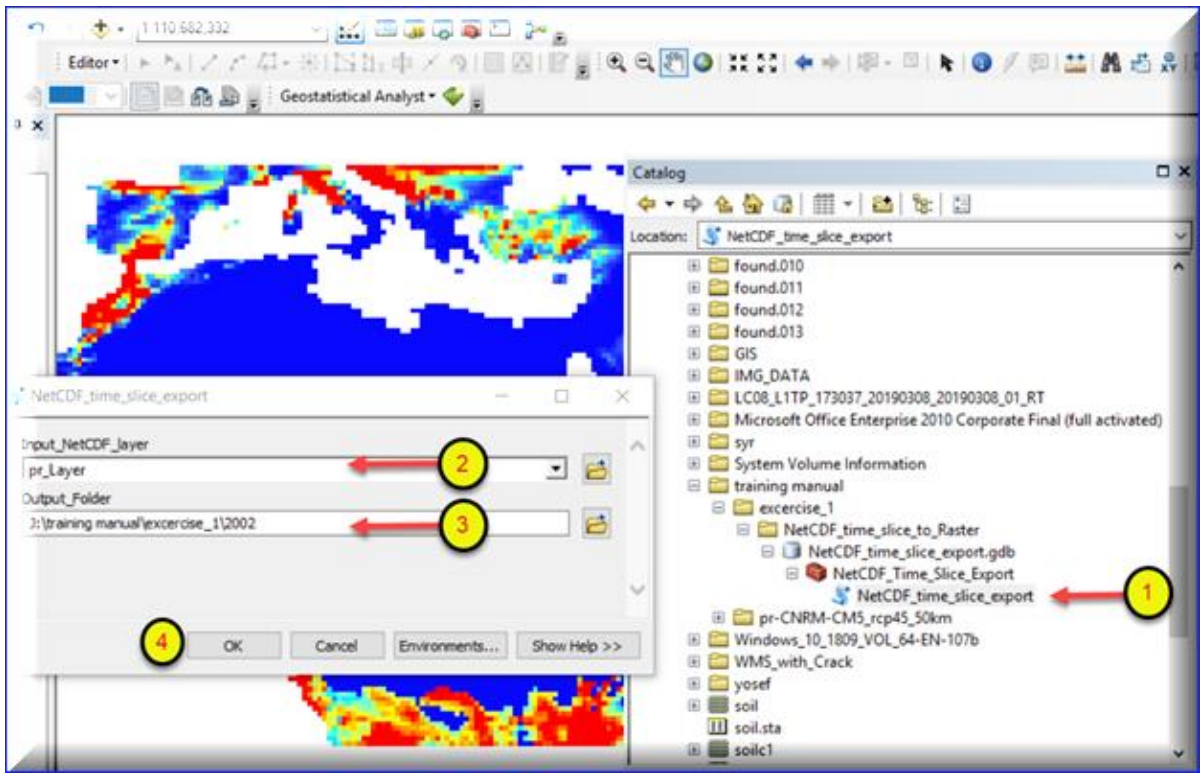
تنفيذ السكريبت لفصل شريحة التساقطات اليومية لعام 2002 إلى 365 شريحة :

1. من واجهة Arc Catalog نفتح سكريبت NetCDF_time_slice_export .

2. ضمن نافذة NetCDF_time_slice_export نحدد شريحة NetCDF المراد استخراج الشرائح الزمنية منها عبر الضغط على القائمة المنسدلة.

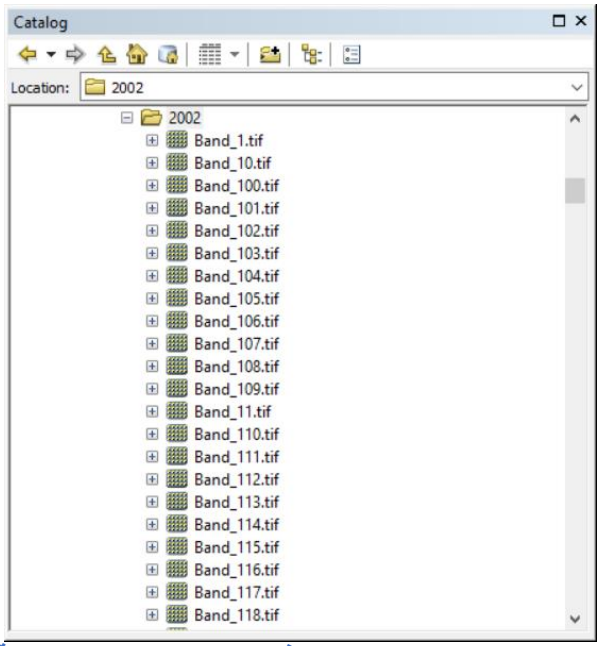
3. من أجل Output_Folder :نختار المجلد الذي سيتم تخزين المخرجات فيه . يفضّل أن نقوم بإنشاء مجلد جديد للمخرجات ونسميه باسم "2002" مثلاً ليدل على العام المقصود.

4. Ok



الشكل (5.4) تنفيذ السكريبت الخاص بفصل الشرائح.

ضـمن Catalog نفتح المجلد "2002" لاسـتعراض المخرجات على شـكل شـرائح عددها 365 شريحة لاحقتها tif.



الشكل (6.4) استعرض مخرجات تنفيذ الكريبت وهي 365 شريحة بصيغة (.tif).

يجب ملاحظة أن أسماء الشرائح المستخرجة (.....Band_1,Band_2,Band_3) تدل على رقم اليوم في السـنـة الميلاديـة والتي من الممكن الاسـتـدلال على التـاريخ الـدقيق لهـا من خلال الرابط: https://nsidc.org/data/tools/doy_calendar.html

مثلا Band_100 هو المقابل للتاريخ : 10 نيسـان 2002. يجب الانتباه للفرق ايضـا بين السـنة الكبيسة والعادية (موضّح في نفس الموقع).

Normal Year

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
1	32	60	91	121	152
2	33	61	92	122	153
3	34	62	93	123	154
4	35	63	94	124	155
5	36	64	95	125	156
6	37	65	96	126	157
7	38	66	97	127	158
8	39	67	98	128	159
9	40	68	99	129	160
10	41	69	100	130	161
11	42	70	101	131	162
12	43	71	102	132	163

الشكل (7.4) جدول بأرقم أيام السنة العادية.

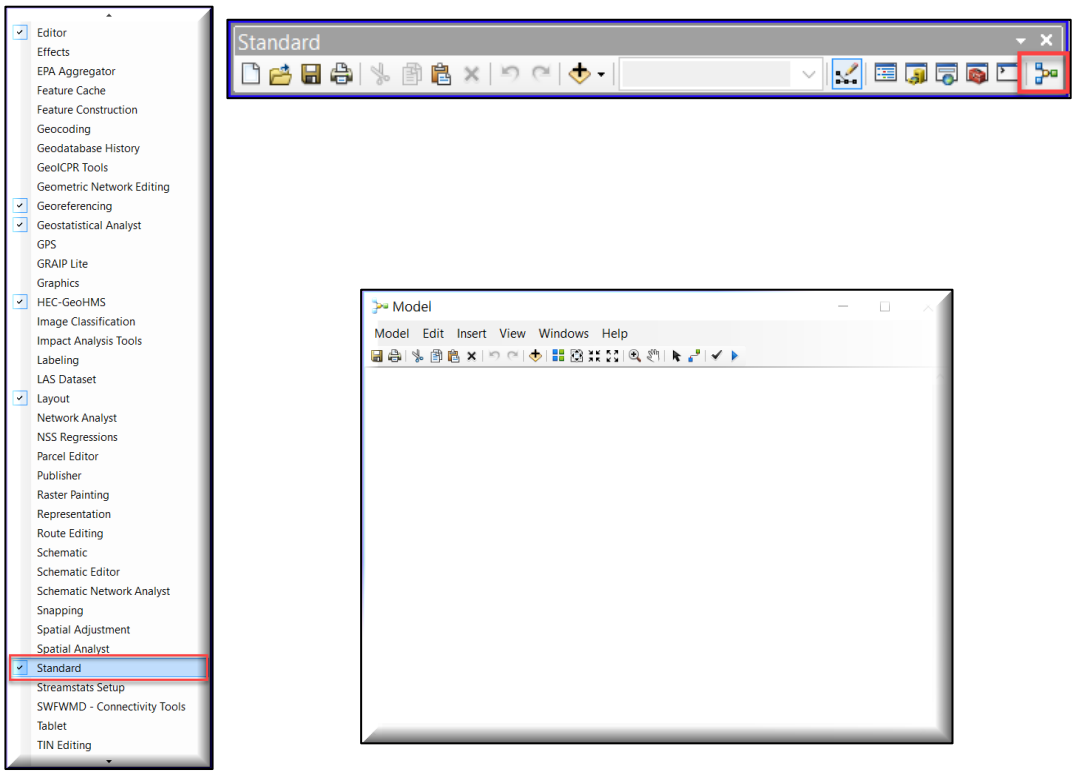
التمرين العملي الخامس حول اقتطاع بيانات RICCAR المناخية على منطقة اهتمام معينة

المطلوب : تصـــميم نموذج Model Builder لاقتطاع البيانات المناخية الخاصـــة بدرجات الحرارة اليومية للفترة 1951 – 2100 بحسب نموذج المناخ العالمي CNRM-CM5 لسيناريو الانبعاثات المتوســـطة rcp 4.5 لمنطقة اهتمام تغطي جمهورية مصـــر العربية، وذلك إنطلاقاً من ملفات NetCDF.

البيانات المتاحة

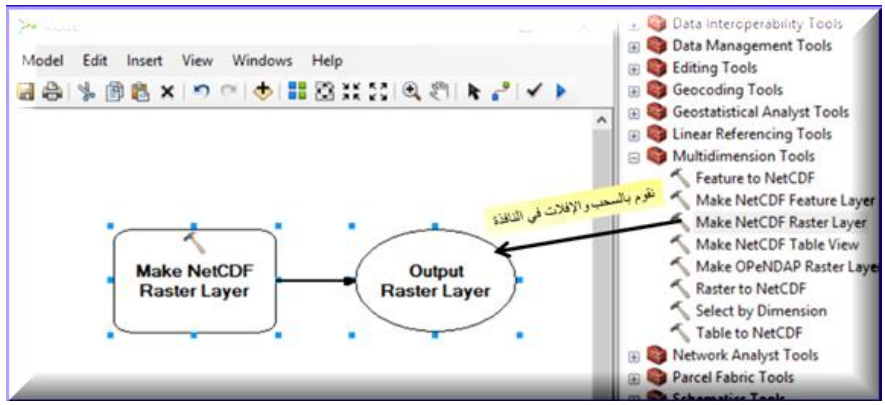
بيانات الحرارة اليومية للفترة 1951 – 2100 موجودة ضمن المجلد "Input"

افتح نافذة *Model Builder* من شريط الأدوات *Standard*



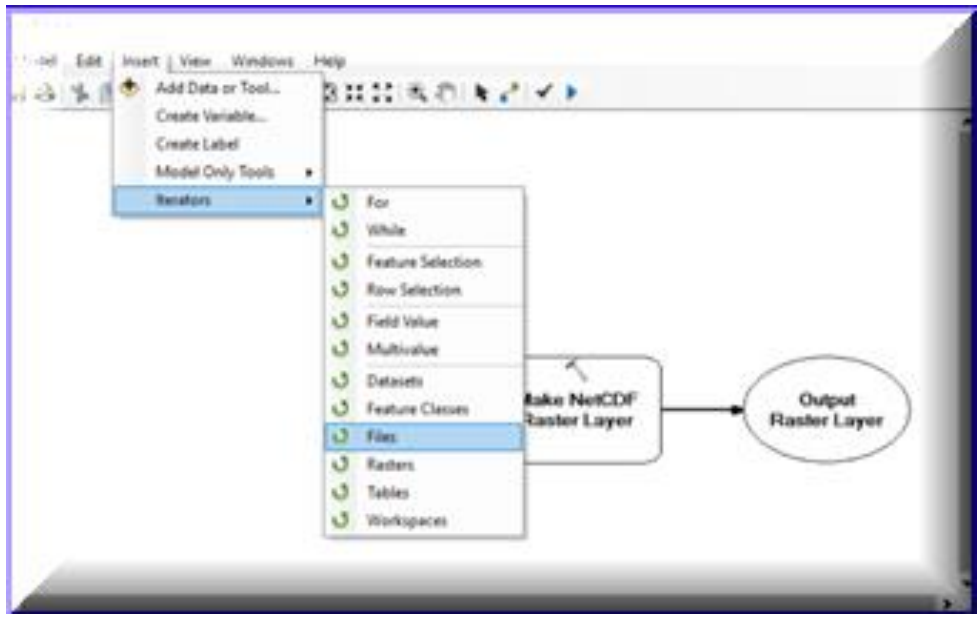
الشكل (1.5) فتح نافذة Model Builder.

ابدأ بسحب أداة Make NetCDF Raster Layer إلى واجهة ModelBuilder



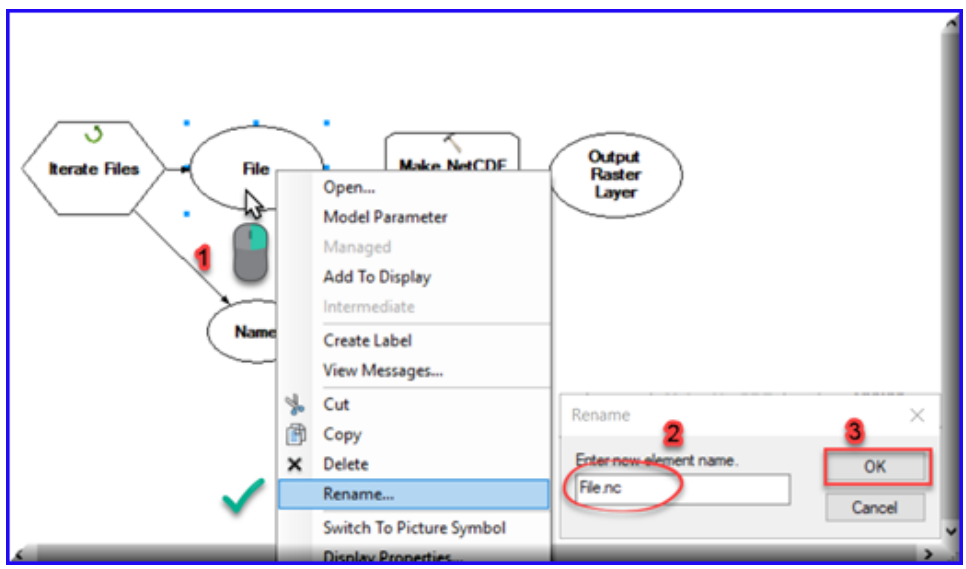
الشكل (2.5) إدخال الأداة Make NetCDF Raster Layer إلى نافذة Model Builder.

من قائمة Insert : اختر *Insert* > *Iterators* > *Files*



الشكل (3.5) إدخال الأداة Iterate Files إلى نافذة Model Builder.

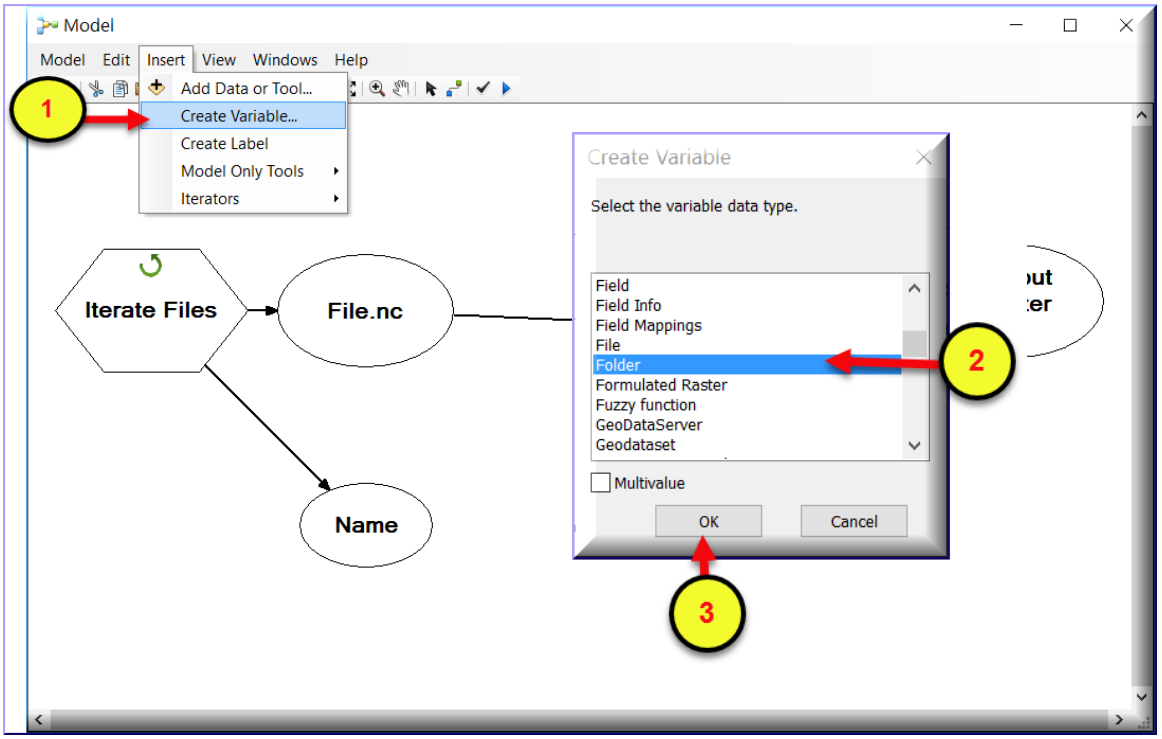
انقر باليمين على أيقونة File واختر Rename ،ثم أضـف nc. لإلزام النموذج باختيار ملفات NetCDF فقط .



الشكل (4.5) تحديد ملفات من نوع NetCDF حصرا للأداة Iterate Files

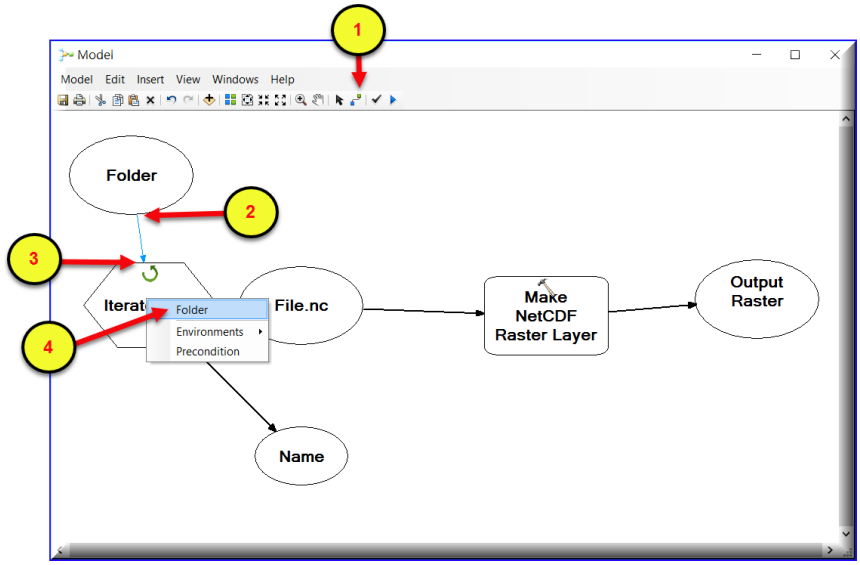
ملاحظة: لتجنب أي خلل في عمل النموذج لابد من حفظ كل ملفات NetCDF في مجلد واحد، على أن يكون اسم المجلد بما فيه أسماء المجلدات الأصل بأقصر مايمكن وبدون أي رموز (- ، .) وتجنب خلط بارامترات المناخ المختلفة أو نماذج المناخ GCMs أو السيناريو هات RCPs.

من أجل تحديد المجلد الذي سيتم داخله عملية Iterate اختر *Insert* > *Create Variable* > *Folder*



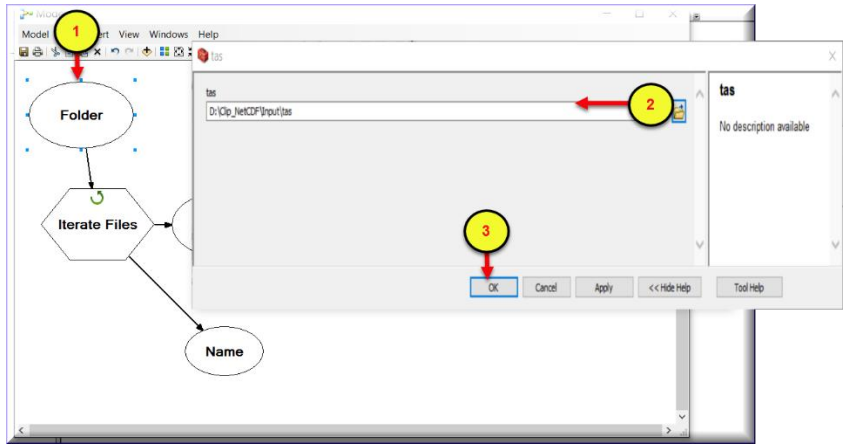
الشكل (5.5) تجهيز المجلد الذي سيتم ضمنه Iterate Files.

ثم اختر connect بين Folder و Iterate Files من أجـل الاختيـار المتكرر من Folder .



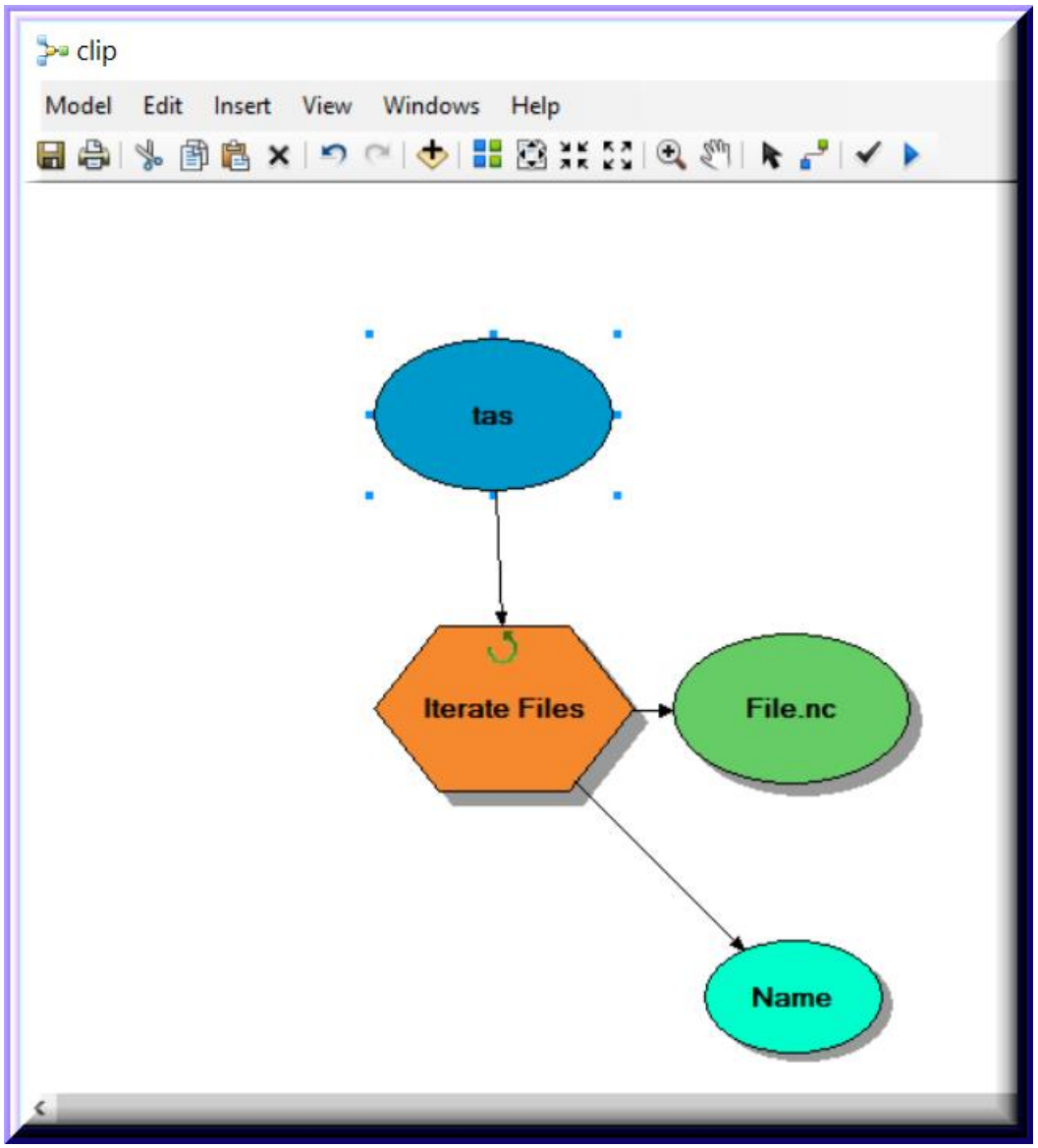
الشكل (6.5) ربط المجلد مع الأداة Iterate Files.

نقرة مزدوجـة على أيقونـة Folder واختر المجلد الخـاص الـذي تم حفظ ملفـات NetCDF داخله "Input"



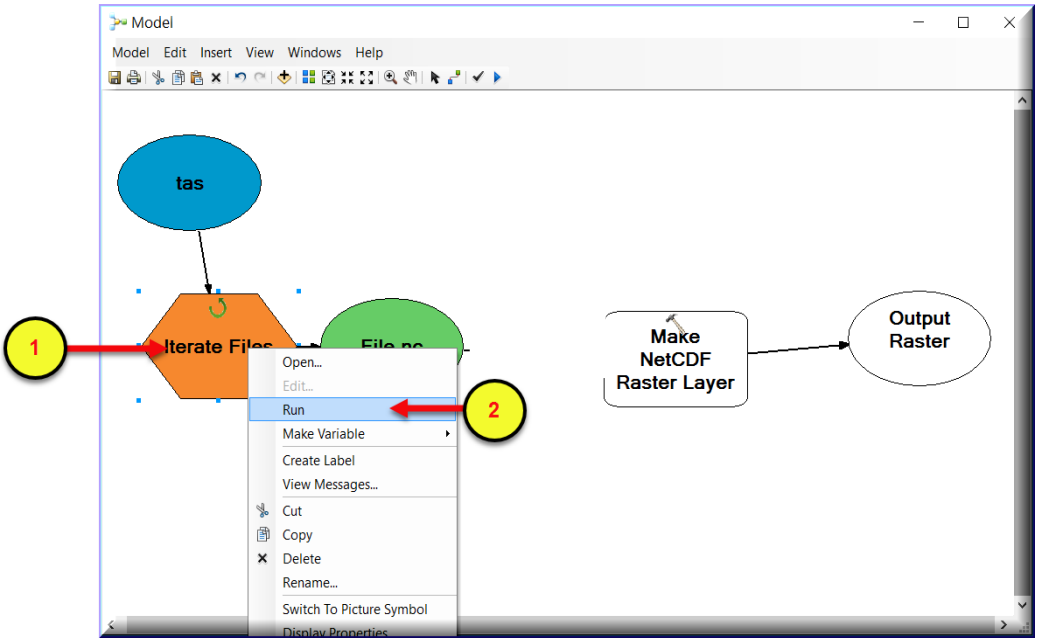
الشكل (7.5) إدخال المجلد الذي يحري ملفات NetCDF لأداة Iterate Files

عندئذ ســـتتحول الأيقونات في واجهة model builder إلى ملونة ما يدل على أن خطوة بناء النموذج الحالية تمت بشكل صـحيح. بينما أيقونة *Make NetCDF Raster Layer* وأيقونة *Output Raster Layer* تبقى بدون الوان لأنها لم تكتمل بعد.



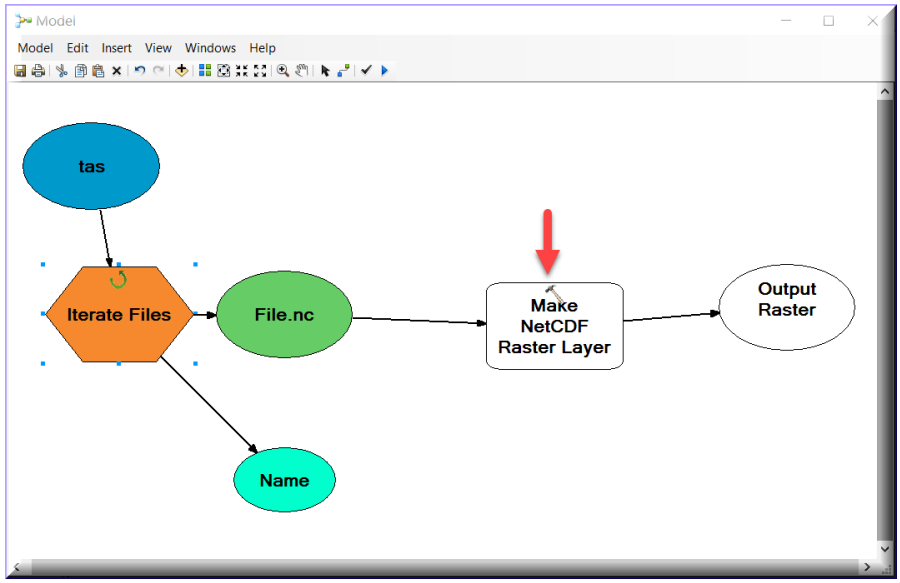
الشكل (8.5) جزئية النموذج المتعلقة بالأداة Iterate Files أصبحت جاهزة.

بعد تحديد المجلد الذي يحوي ملفات الحرارة الســـنوية للفترة 1951- 2100 ،نقرة باليمين على أيقونة Iterate Files ثم اختر Run من أجل قراءة 150 ملف NetCDF داخل المجلد.



الشكل (9.5) تشغيل الأداة Iterate Files

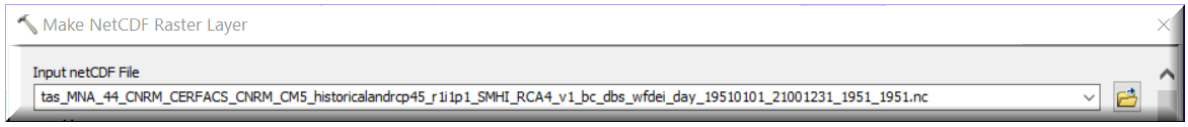
نقرة مزدوجة على أيقونة *Make NetCDF Raster Layer*:



الشكل (10.5) نقرة مزدوجة على أيقونة *Make NetCDF Raster Layer*

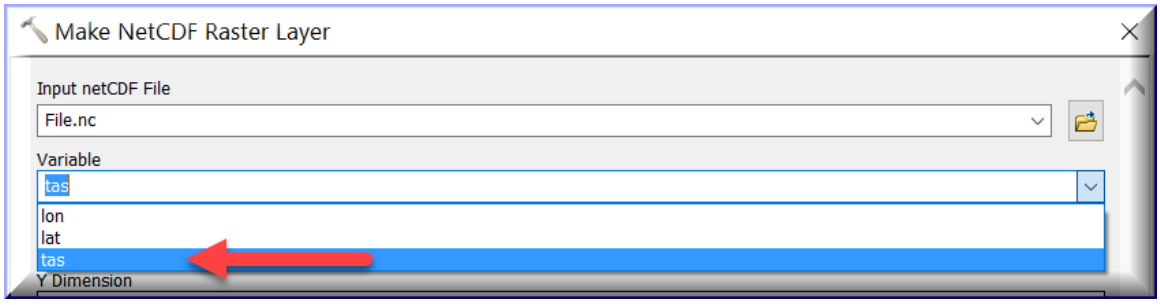
من نافذة Make NetCDF Raster Layer نتبع الخطوات التالية:

1. من أجل Input netCDF File: نختار أول ملف NetCDF موجود ضمن المجلد.



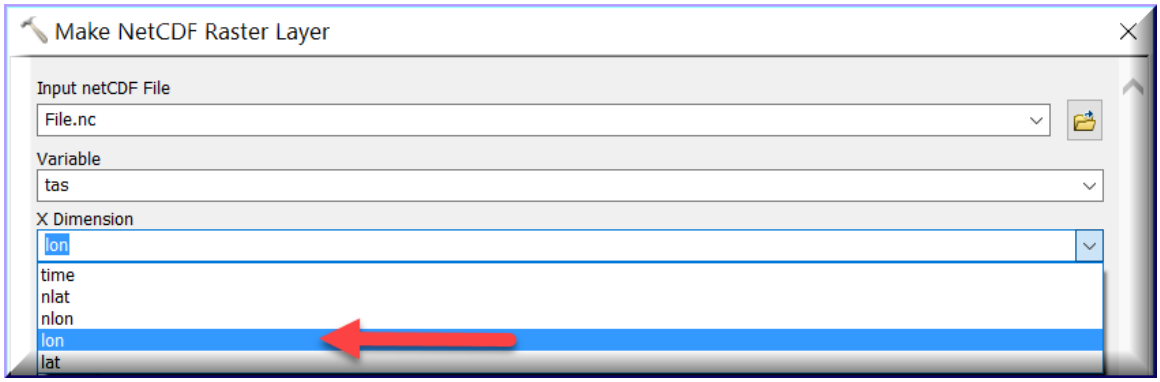
الشكل (11.5) إدخال أول ملف NetCDF ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer*

2. من أجل Variable: نختار المتحول المناخي المطلوب من القائمة المنسدلة وهو tas



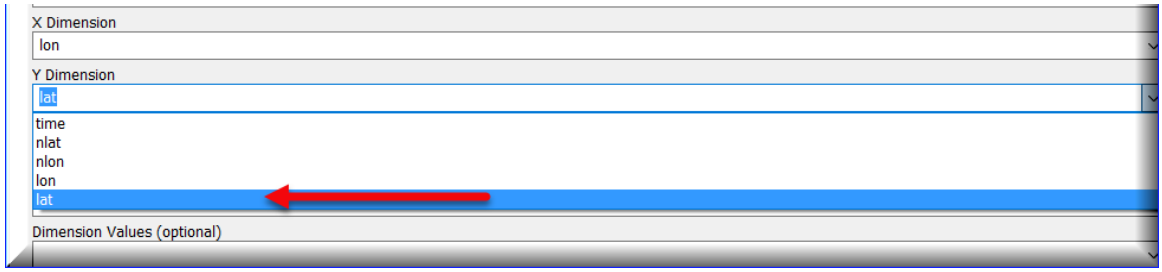
الشكل (12.5) إدخال المتحول المناخي ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer*

3. من أجل X Dimension : نختار من القائمة المنسدلة lon



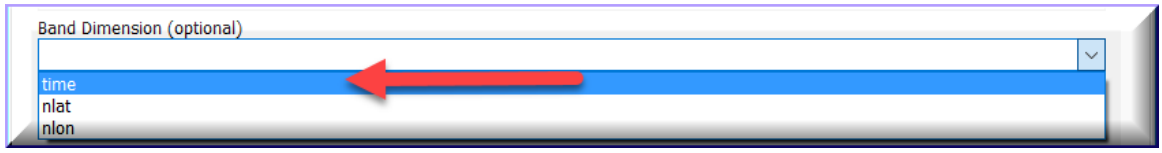
الشكل (13.5) إدخال البعد x ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer*

4. من أجل Y Dimension :نختار من القائمة المنسدلة lat



الشكل (14.5) إدخال البعد y ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer*

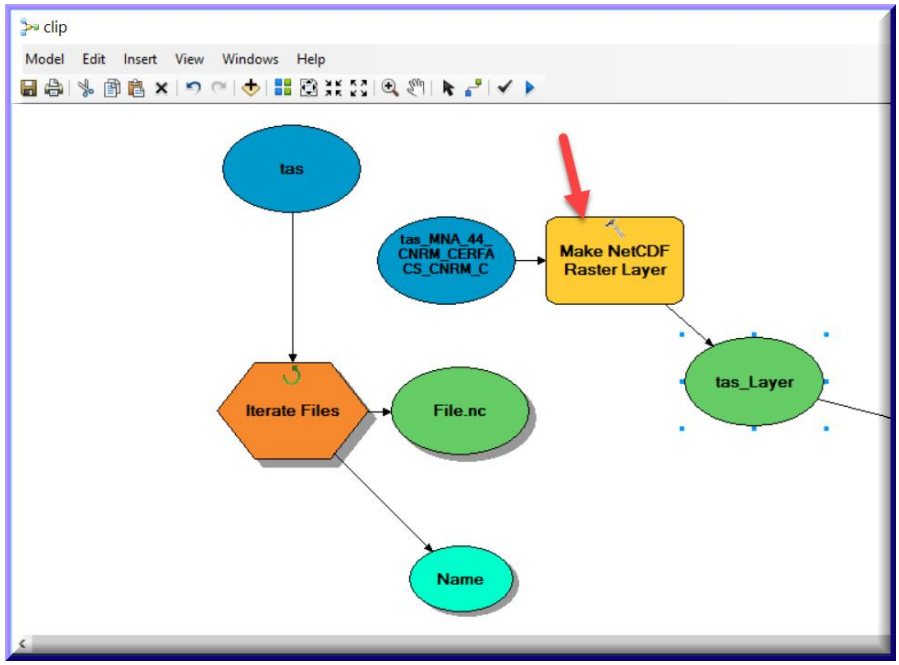
5. من أجل Output Raster Layer : نترك اسم الشريحة الناتجة بدون تغيير
6. من أجل Band Dimension : نختار من القائمة المنسدلة Time .



الشكل (15.5) إدخال البعد Time ضمن نافذة *Make NetCDF Raster Layer*

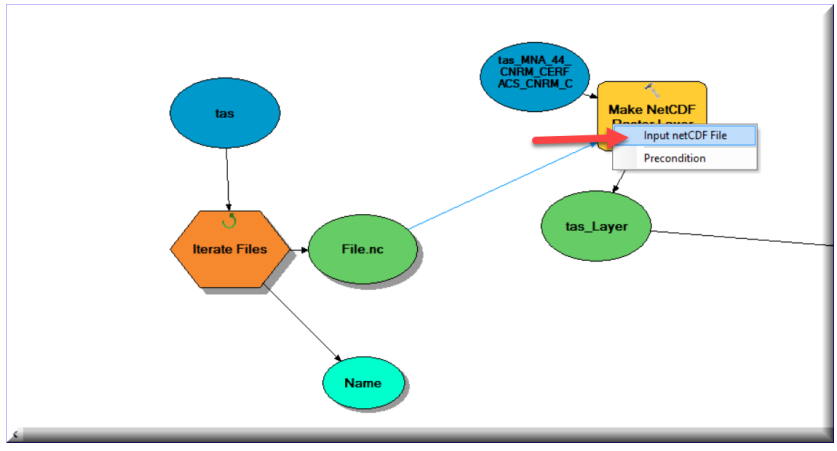
7. ننقر Ok

وبذلك نلاحظ ان جزئية النموذج المتعلقة ب Make NetCDF Raster Layer أصبحت ملونة مما يدل على انها جاهزة للتشغيل.



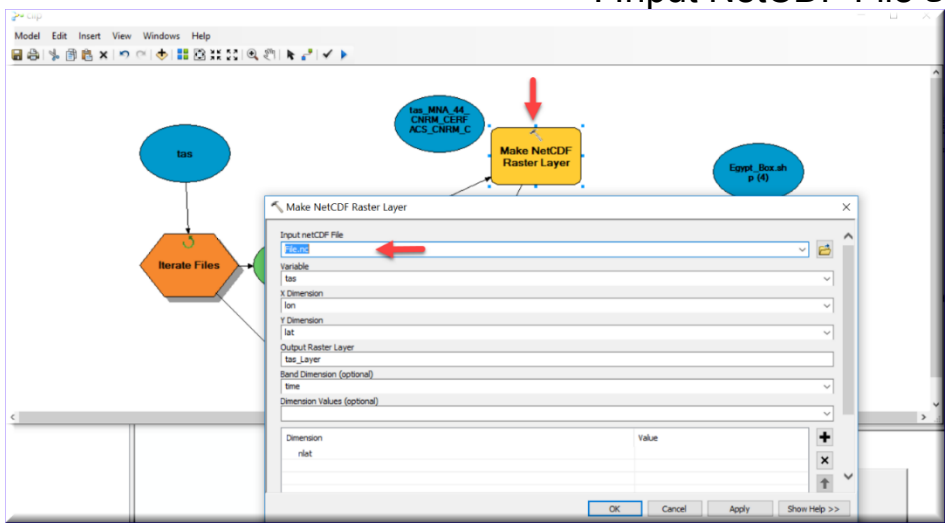
الشكل (16.5) الجزئية Make NetCDF Raster Layer جاهزة

ولكن قبل التشـــغيل لا بد من اختيار الأداة connect للربط بين File.nc والأداة Make NetCDF Raster Layer



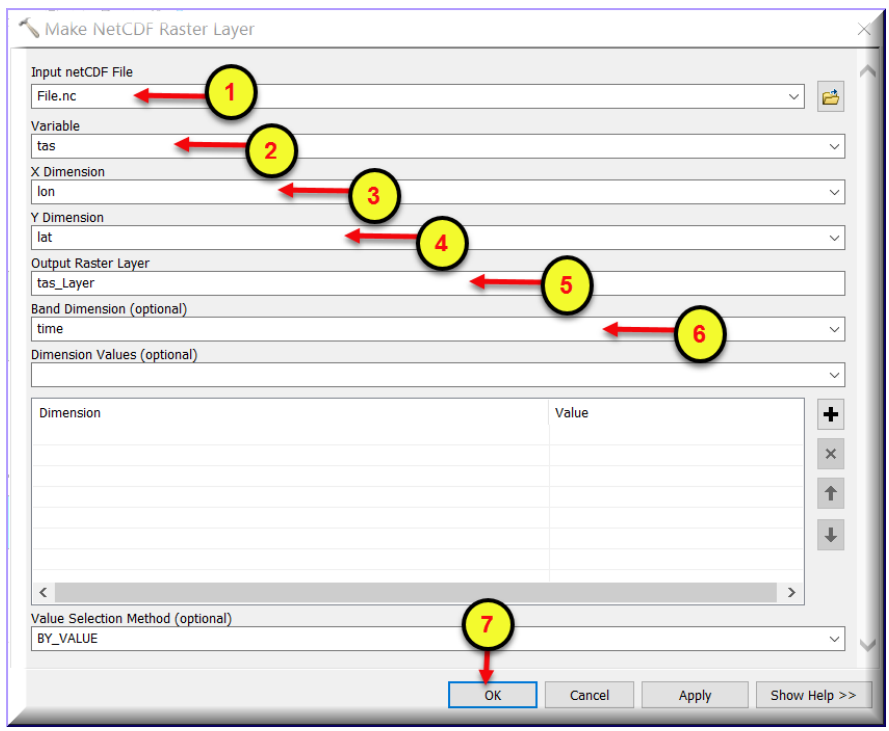
الشكل (17.5) ربط المجلد الذي يحوي ملفات NetCDF مع تعليمة *Make NetCDF Raster Layer*

ثم ننقر مرة أخرى على أيقونة Make NetCDF Raster Layer لنتأكد أن File.nc موجودة ضمن الحقل Input NetCDF File .



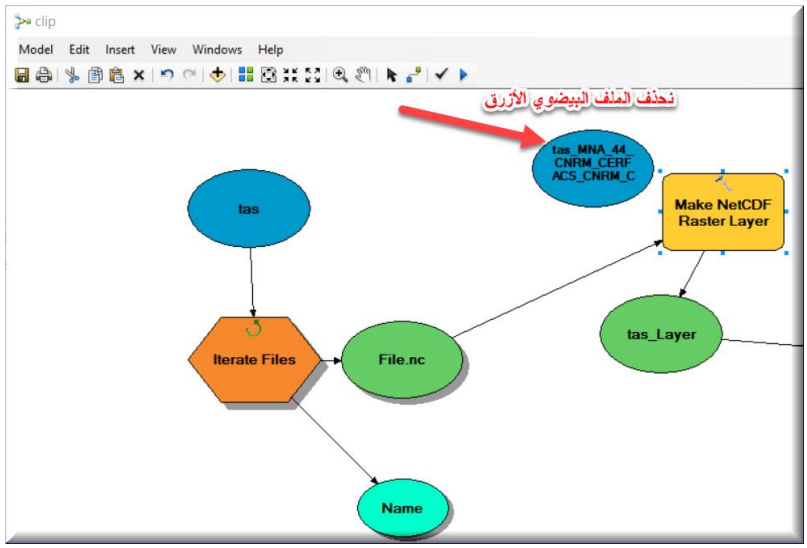
الشكل (18.5) التحقق من معلومات نافذة *Make NetCDF Raster Layer*

والشكل (19.5) يوضح الشكل النهائي للمعلومات المدخلة إلى نافذة Make NetCDF Raster Layer .



الشكل (19.5) المعلومات المدخلة إلى نافذة *Make NetCDF Raster Layer*

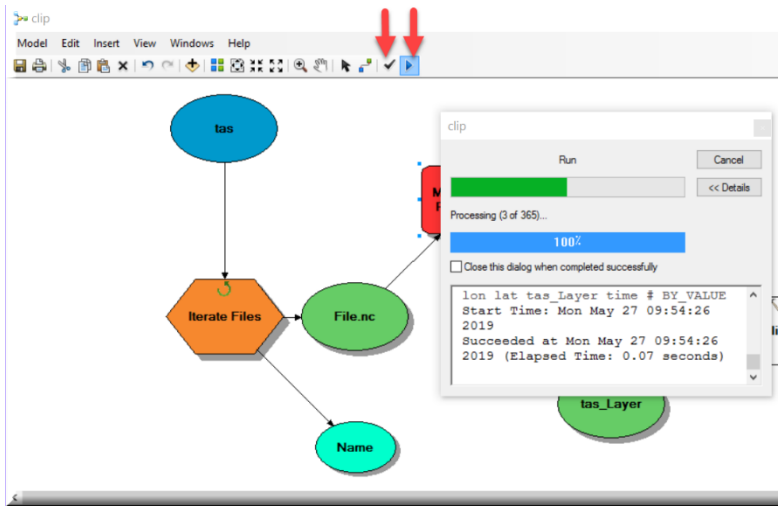
يدل الشـــكل البيضـــوي الأزرق على ان ملفات NetCDF ســـوف تتداخل مع تلك في الشـــكل البيضوي الأخضر للملف File.nc.، بكل الأحوال يمكن الاستغناء عن الملف البيضوي الأزرق بعمل Delete .



الشكل (20.5) حذف الشكل البيضوي الأزرق الذي يحوي أول ملف NetCDF تم إدخاله.

نعمل Validate Entire Model ثم Run

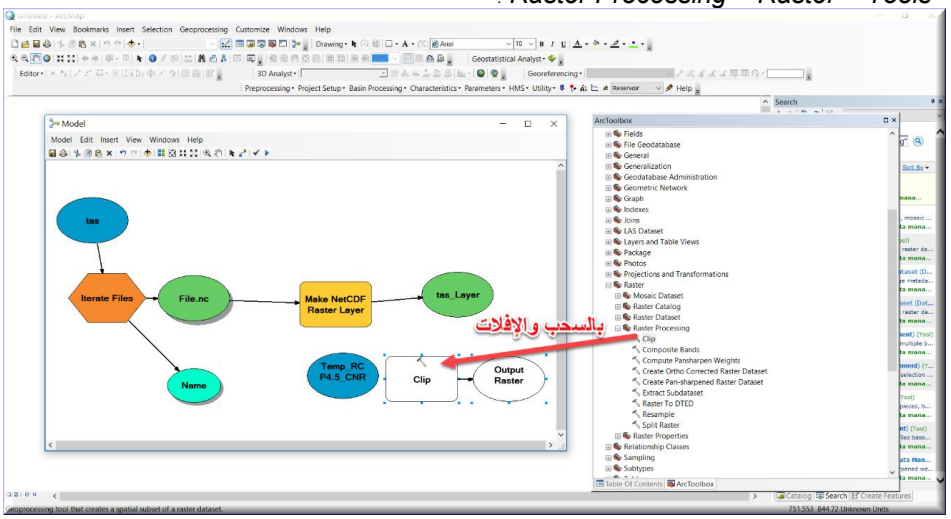
للتأكد من أن كل شيء يسير على مايرام.



الشكل (21.5) تشغيل مرحلي للنموذج

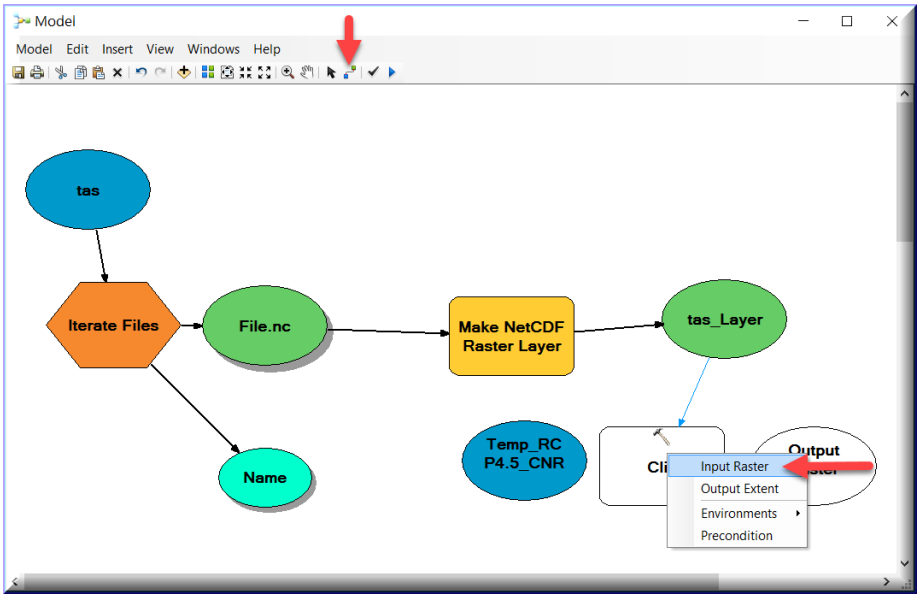
إضـــافة الخطوة الأخيرة: Clip من أجل قص الشـــرائح النقطية Rasters التي نتجت من ملفات NetCDF .

أضف إلى واجهة Model Builder الأداة Clip الموجودة في المسار *Raster Processing < Raster < Tools* .



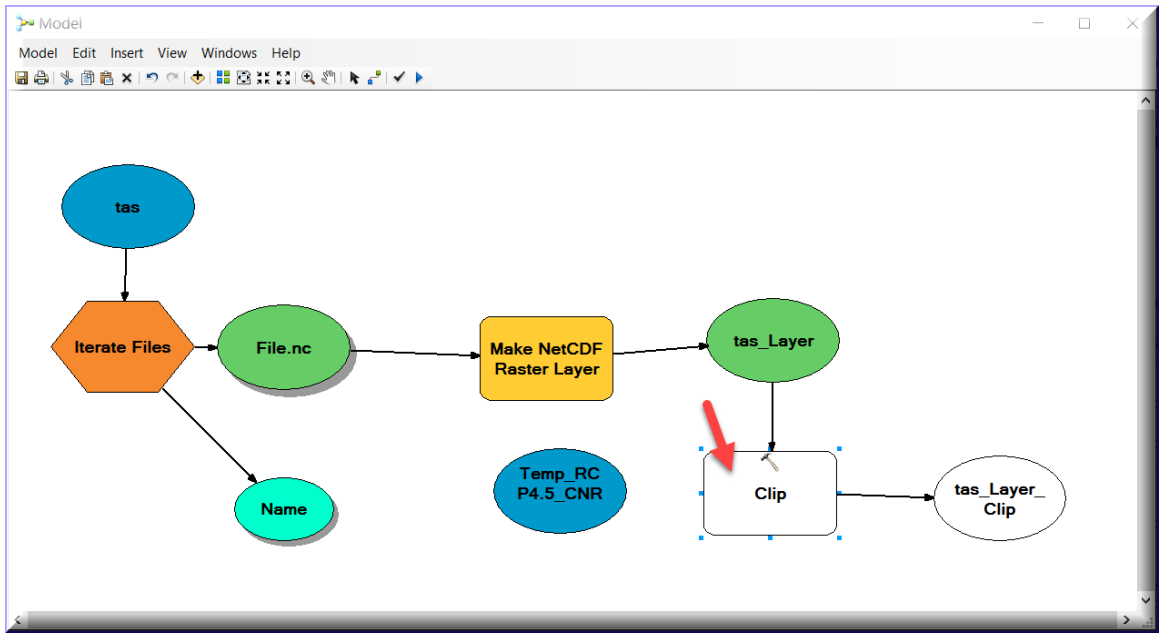
الشكل (22.5) إدخال الأداة Clip إلى نافذة النموذج

ثم اختر Connect يبدأ من الشكل البيضوي الأخضر (tas_layer) إلى التعليمة Clip



الشكل (23.5) الربط بين الشرائح الناتجة عن أداة Make NetCDF Raster Layer و الأداة Clip

نقرة مزدوجة على أيقونة *Clip* :

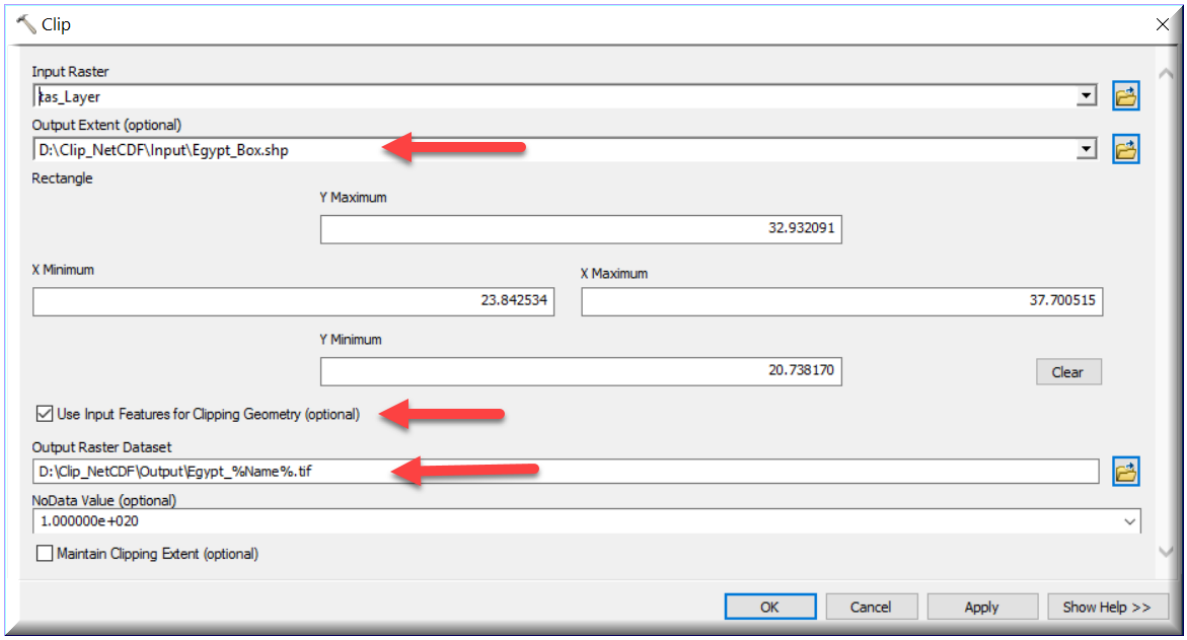


الشكل (24.5) فتح نافذة الأداة Clip

ضمن نافذة Clip:

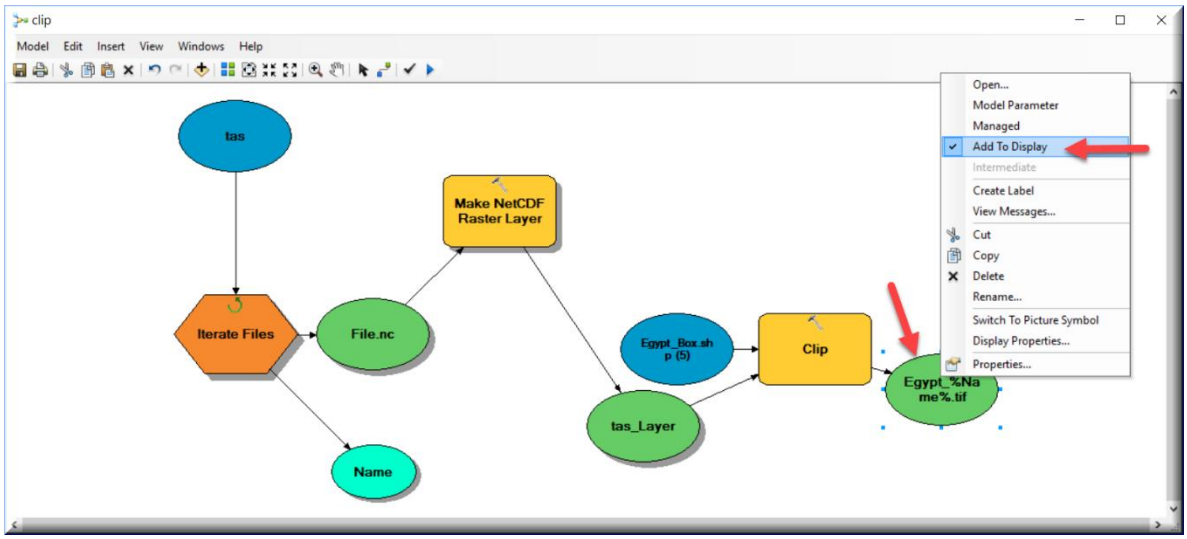
من أجل ***Output Extent*** : اختر شـــريحة Shapefile التي تمثل منطقة الاهتمام وهي Egypt_Box

من أجل ***Output Raster Dataset***: اختر المجلد output الذي تم إنشاؤه خصيصا لحفظ الشـرائح التي سـيتم اقتطاعها. وأعط للملف الناتج اسـما (**Egypt_%Name%**) هذه الطريقة في التسـمية سـوف تسـمح بإعطاء الملفات الناتجة أسـماء متوافقة مع أسـماء ملفات NetCDF (وعليه فإن أســـماء ملفات NetCDF الأصـــلية في المجلد يجب ألا تتجاوز 13 حرفا مثلا tas_2000 ، tas_2001 ...الخ، بحيث يبين الاسم متحول المناخي والتاريخ



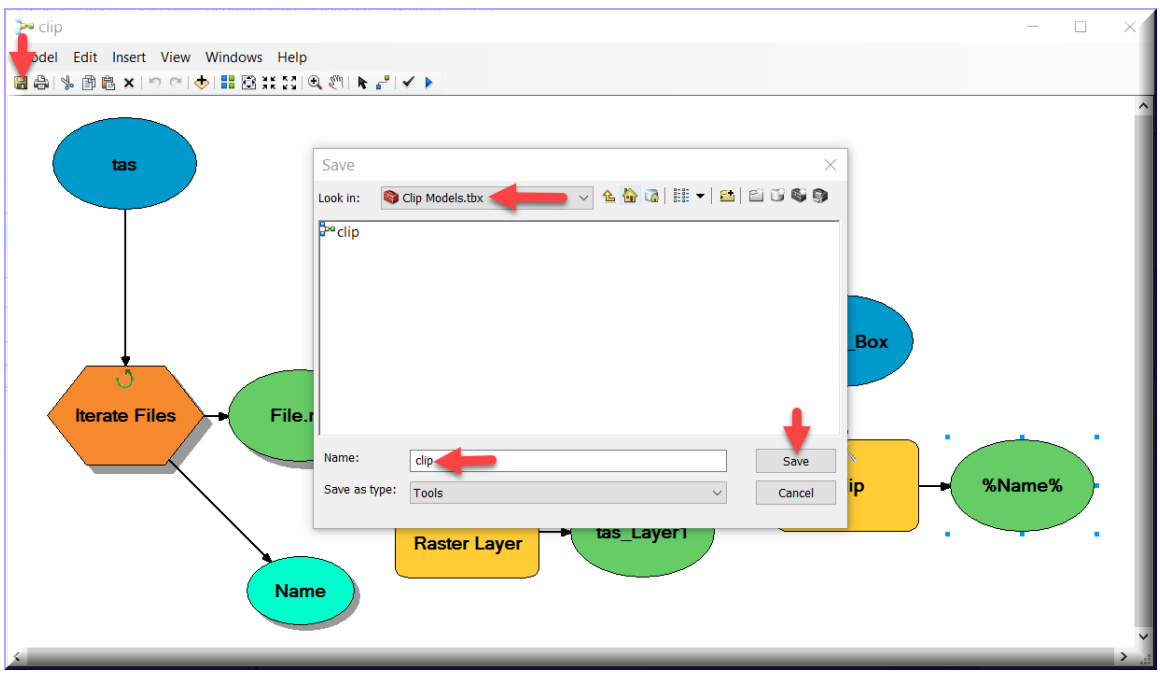
الشكل (25.5) إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Clip

من أجل إظهار مخرجات النموذج مباشـــرة على واجهة ArcMap اضـــغط بالزر اليمين على المُخرج(Egypt%Name%) وأختر (Add to display)



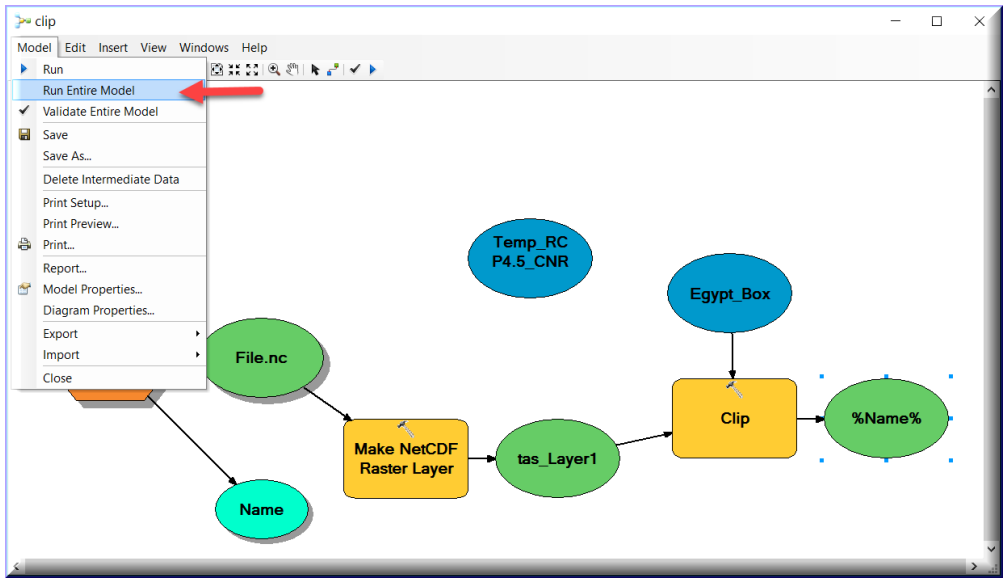
الشكل (26.5) إضافة ناتج العملية Clipإلى قائمة الإظهار.

نحفظ النموذج بعد الانتهاء من تصميمه باسم Clip وذلك ضمن أداة Clip_Models.tbx



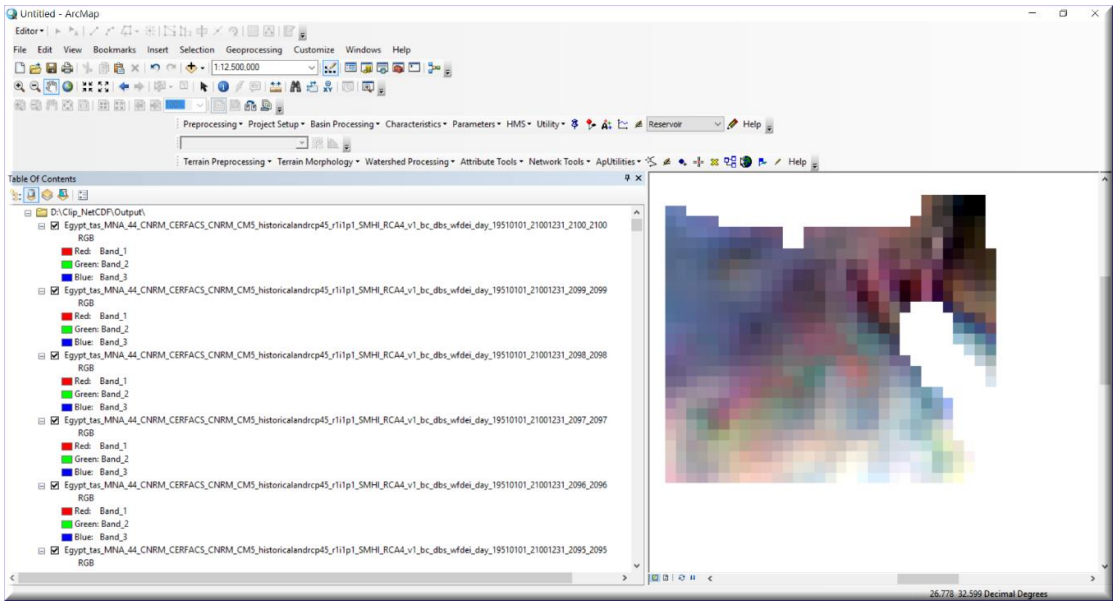
الشكل (27.5) حفظ النموذج الذي تم تصميمه.

تشغيل النموذج من خلال *Run> Run Entire Model*



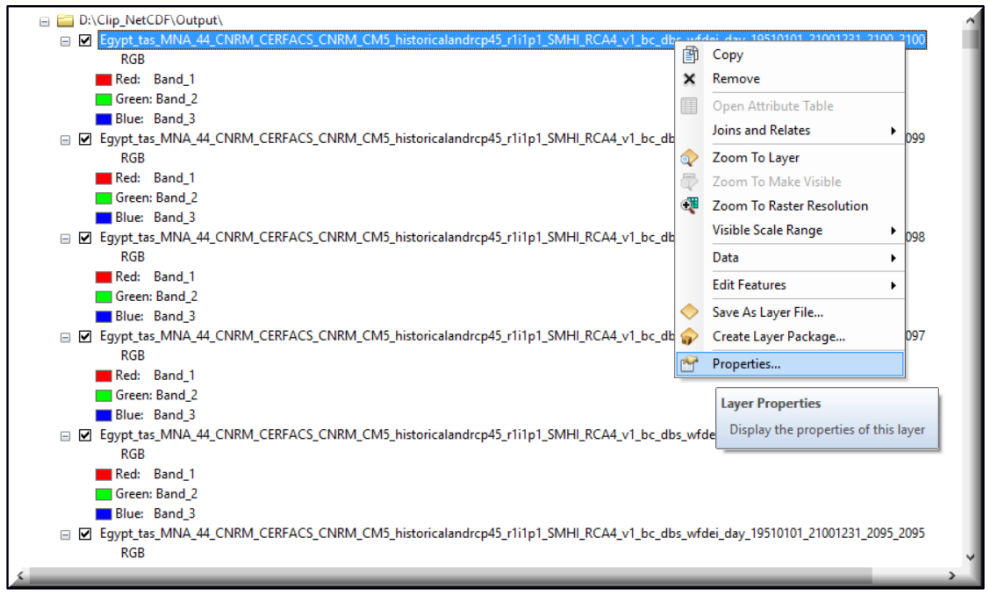
الشكل (28.5) تشغيل النموذج

المخرج عبارةٌ عن 150 شريحة Raster متعددة الباندات، حيث يمثل كلّ باند ملف NetCDF ومقتطع على منطقة الدراسة (مصر)



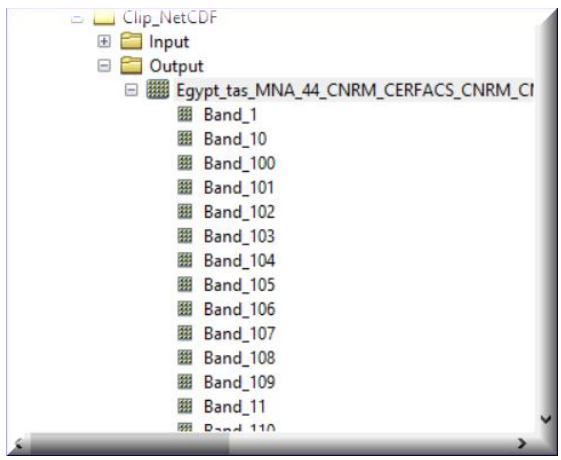
الشكل (29.5) الشرائح الناتجة عن الاقتطاع

يمكن عرض خصـــائص كل نطاق بالنقر بالزر الأيمن على شـــريحة raster المخرج، وإختيار "خصائص" .



الشكل (30.5) خصائص الشرائح المتعددة النطاقات، الناتجة عن النموذج.

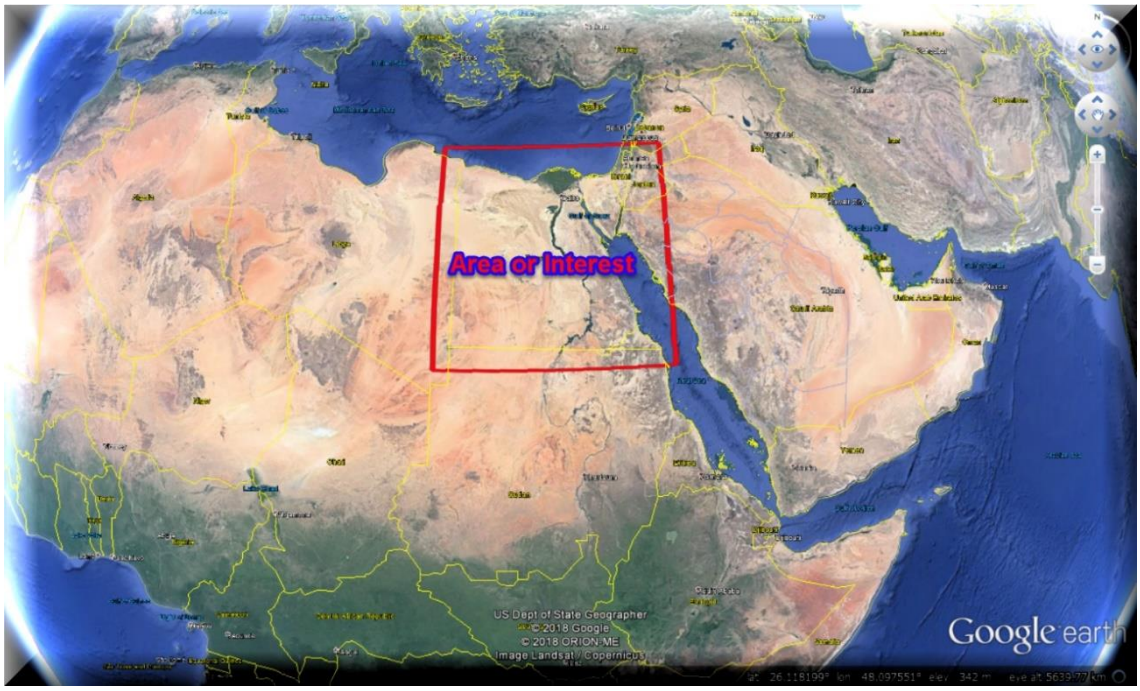
ما يمكن إستعراض خصائص كل باند زمني عن طريق ArcCatalog



الشكل (31.5) الباندات اليومية ضمن كل شريحة ناتجة.

التمرين العملي السادس حول رفع الدقة المكانية (Resample) لبيانات RICCAR المناخية .

المطلوب رفع الدقة المكانية لبيانات التســـاقطات اليومية لعام 2019 بحســـب نموذج المناخ العالمي CNRM-CM5 لسيناريو الانبعاثات المتوسطة rcp 4.5 ، من 50*50 كم إلى 25*25 كم ،وذلك لمنطقة اهتمام تغطي جمهورية مصر العربية.



الشكل (1.6) منطقة تطبيق التمرين العملي.

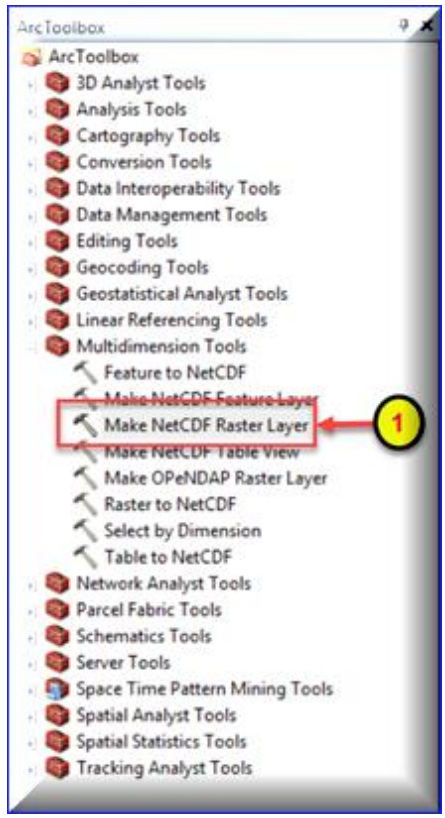
البيانات المتاحة:

1. سكريبت NetCDF_time_slice_export الموجود ضمن الملحقات.
2. مجلد "Resample_Excercise" والذي يحوي:
   - حدود منطقة الاهتمام.
   - ملف NetCDF يحوي بيانات التساقطات اليومية لعام 2019.
3. نموذج لتنفيذ تعليمة Resample في الملحقات.

(البيانات موجودة ضمن مجلد باسم Resample_Exercise)

استيراد ملف NetCDF إلى بيئة ArcMap:

1. من صـــــندوق الأدواتArcToolbpx: Multidimension tools> Make NetCDF Raster Layer.



الشكل (2.6) الأداة Make NetCDF Raster Layer .

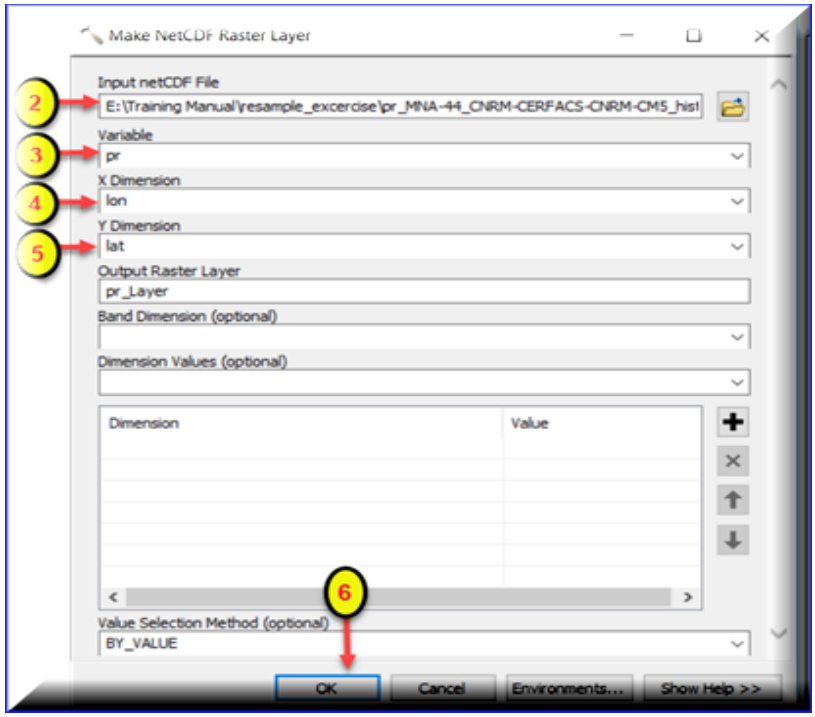
2. من أجل Input NetCDF File : نختار مســـار ملف NetCDF الموجود ضـــمن مجلد Resample_Exercise

3. من أجل Variable: ندخل المتحول المناخي المدروس (معدل التساقطات: Pr).

4. من أجل X Dimension: نختار lon.

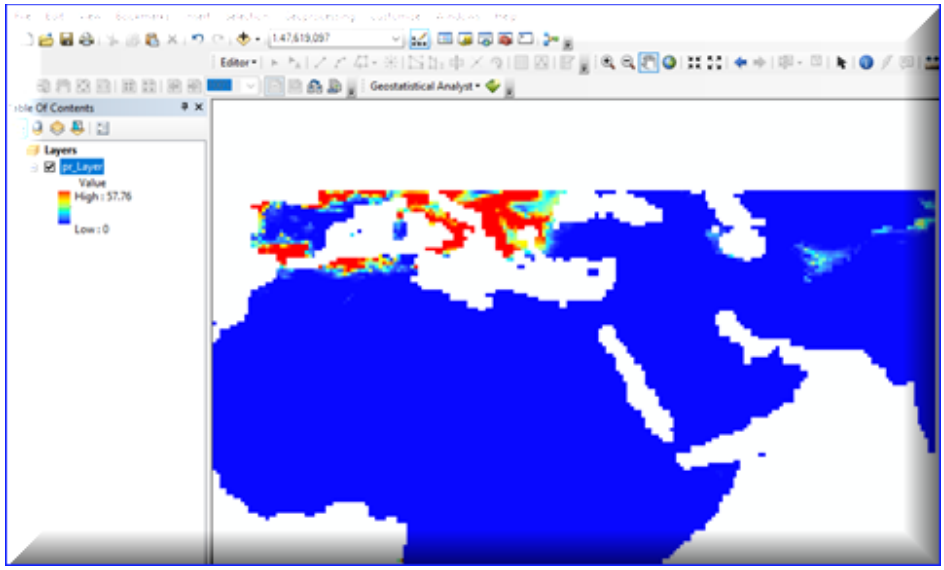
5. من أجل Y Dimension: نختار lat

6. ننقر Ok



الشكل (3.6) إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة Make NetCDF Raster Layer .

تظهر شريحة Raster باسم Pr_Layer ضمن واجهة ArcMap، وهي شريحة مؤقتة.



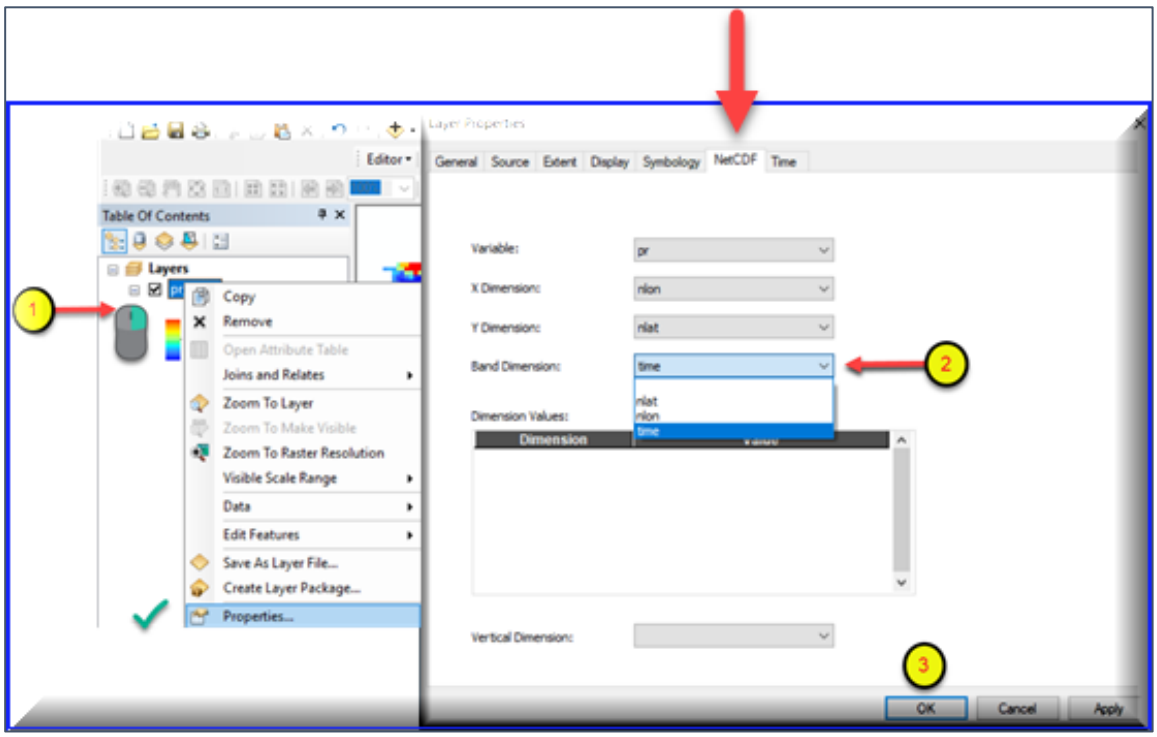
الشكل (4.6) شريحة Raster المؤقتة المستنتجة من ملف NetCDF .

تغيير Band Dimension في خصائص الشريحة pr_Layer

1- ننقر بالزر اليمين للفأرة على الشريحة النقطية ونختار Properties.

2- ضمن نافذة NetCDF ننقر على القائمة المنسدلة من Band Dimension ونختار Time

3- Ok



الشكل (5.6)تحديد الزمن Time كبعد ثالث لشريحة Raster المؤقتة.

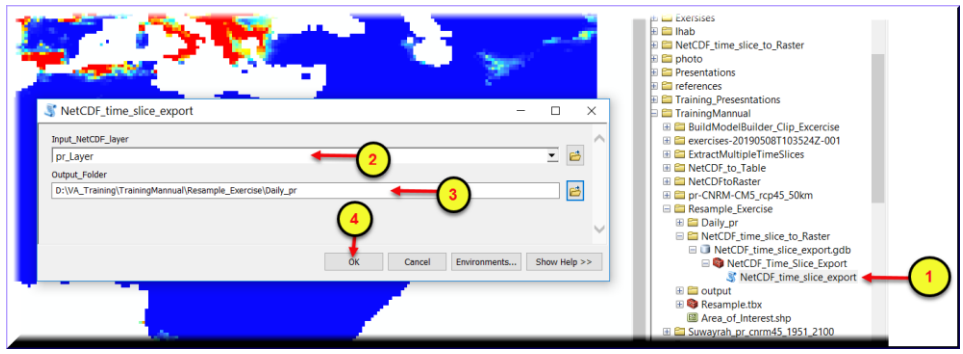
تصدير الشرائح اليومية لمعدلات التساقطات بصيغة tif. مثلاً لكي يسهل التعامل معها نستخدم سكريبت NetCDF_time_slice_export لهذه الغاية(موجود في الملحقات)

1- من واجهة ArcCatalog نقرة مزدوجة و نفتح السكريبت

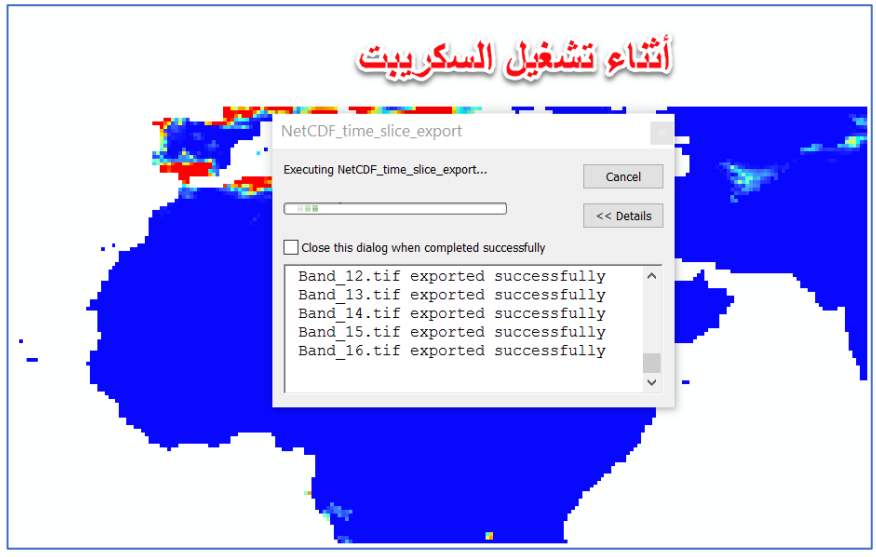
2- Input_NetCDF_Layer : نختار المُدخل الذي هو عبارة عن الشـريحة الراسـتر المؤقتة Pr_Layer الموجودة في قائمة المحتويات

3- Output Folder :نحدد مجلد الإخراج وليكن "Daily_pr"

4- ننقر Ok



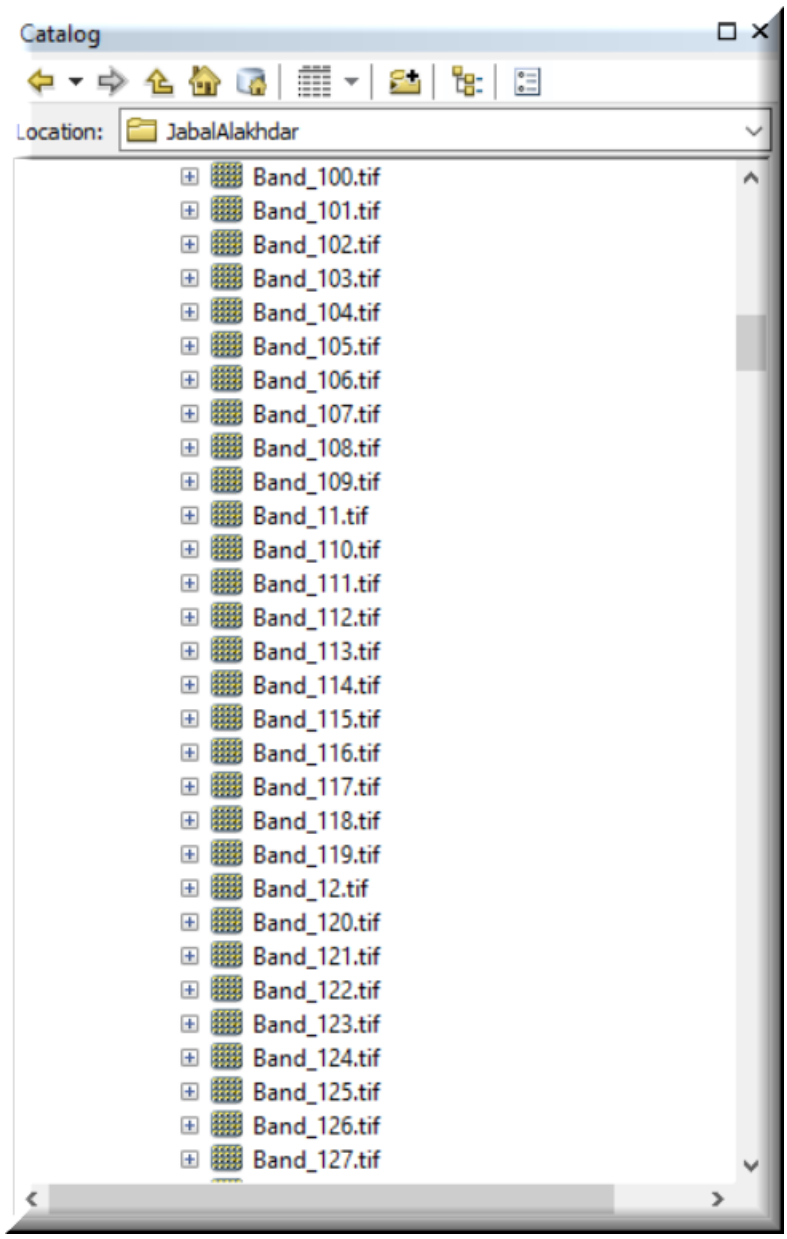
الشكل (6.6) تشغيل السكريبت الخاص بفصل الشرائح.



الشكل (7.6) لقطة اثناء تشغيل السكريبت.

ملاحظة : يمكن أن تستغرق هذه العملية وقتا ، وهذا يعتمد على إمكانيات معالج الحاسب.

ينتج لدينا بعد الإنتهاء من العملية 365 ملف بلاحقة tif. كل ملف يعبر عن يوم في السنة.



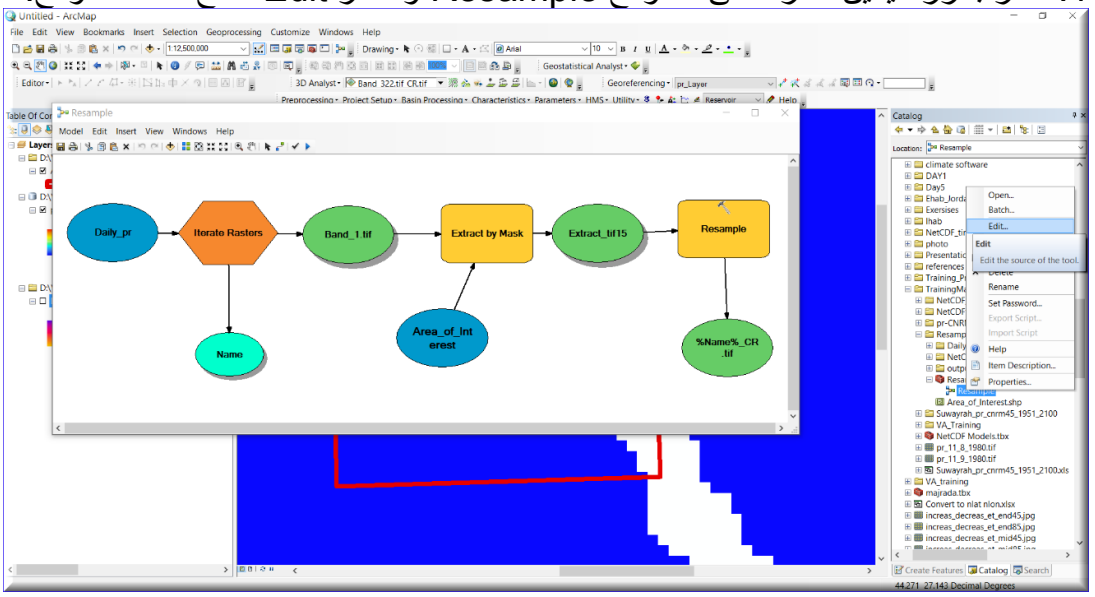
الشكل (8.6) شرائح Rasters التساقطات اليومية للعام 2019 بعد فصلها.

رفع الدقة المكانية Resample للشـــرائح اليومية لمعدل التســـاقطات، من خلال تنفيذ خطوتين الأولى قص الشرائح المُستخرجة على حدود منطقة الاهتمام، والثانية عملية Resample:

ولكي نقوم بالعملية على شرائح متعددة (افتراضياً 365 شريحة) ولتوفير الوقت والجهد نعمل نموذج بسيط باستخدام model builder (موجود مع الملحقات) يتضمن العمليتين معاً،

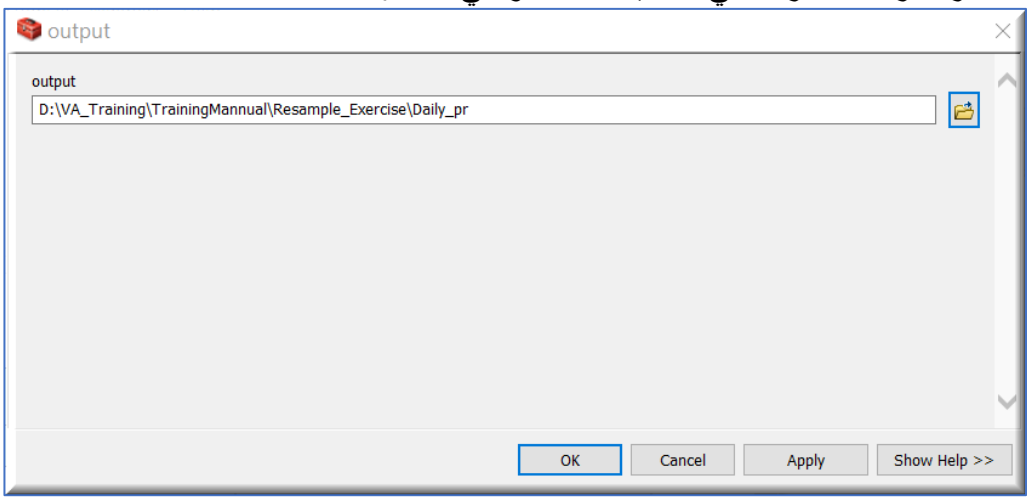
ضمن واجهة ArcCatalog ، نقف على ايقونة النموذج Resample

1. ننقر بالزر اليمين للفأرة على النموذج Resample ونختار Edit لتفتح نافذة النموذج.



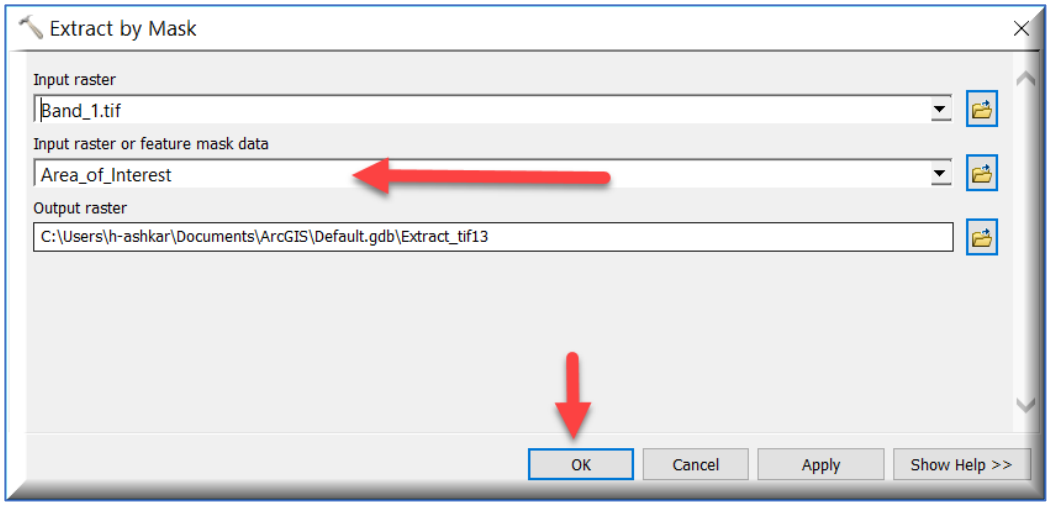
الشكل (9.6) فتح النموذج Resample.

2. ننقر نقرة مزدوجة على الأيقونة Output لإختيار المجلد "daily_pr " الذي يحوي ملفات الراستر المستخرجة في العملية السابقة والتي لاحقتها tif.



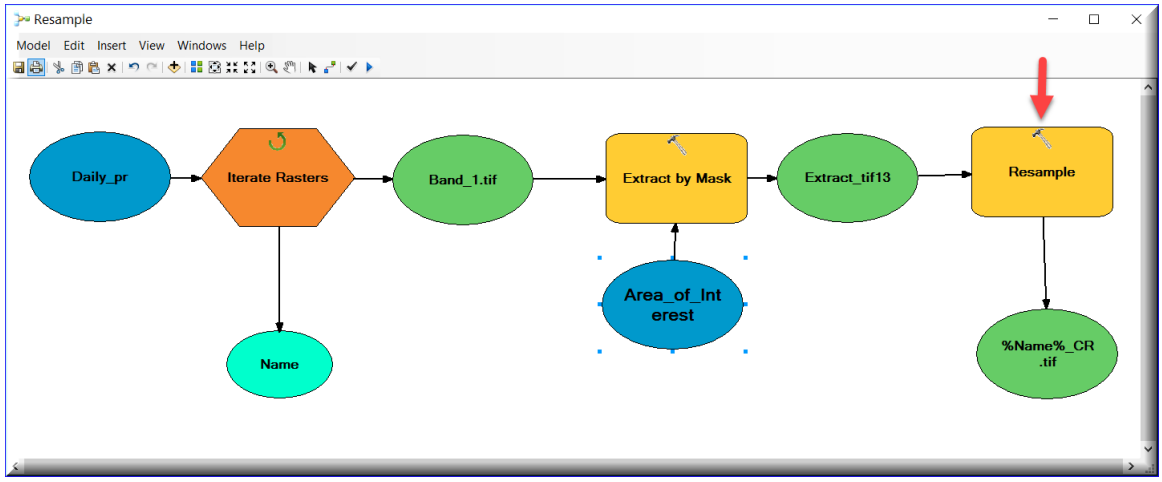
الشكل (10.6) إدخال مجلد الشرائح اليومية ليعمل النموذج عليها.

3. نقرة مُزدوجة على أيقونة Extract by mask، والمدخل الوحيد سيكون ضمن سطر Input raster or feature mask data حيث ندخل Area_of_Interest.shp الموجود ضمن مجلد Resample_ Exercise ، ثم ننقر Ok.



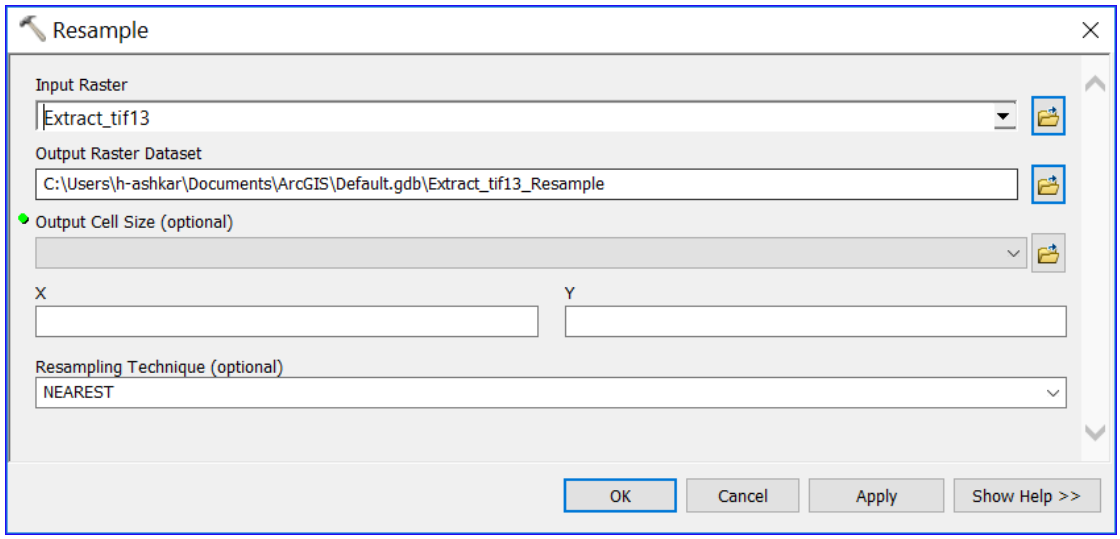
الشكل (11.6) تنفيذ التعليمة Extract by mask

نقرة مزدوجة على أيقونة Resample



الشكل (12.6) استدعاء الأداة Resample ضمن النموذج.

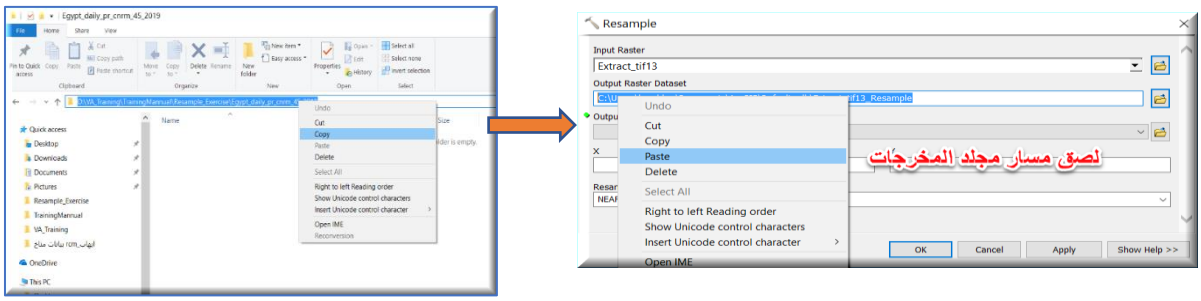
فتفتح نافذة تعليمة Resample



الشكل (13.6) إدخال المعلومات اللازمة اضمن لأداة Resample .

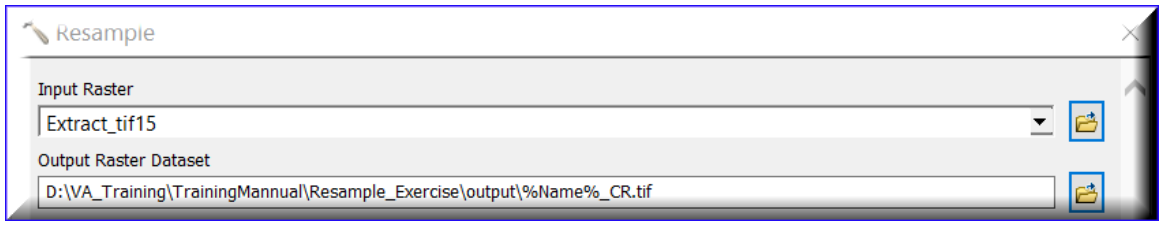
نافذة تعليمة Resample

1. من أجل Output Raster Dataset : ندخل مسار المجلد الذي سيحتوي المخرجات ، وذلك من خلال نسخ هذا المسار ثم عمل لصق له مكان المسار الافتراضي.



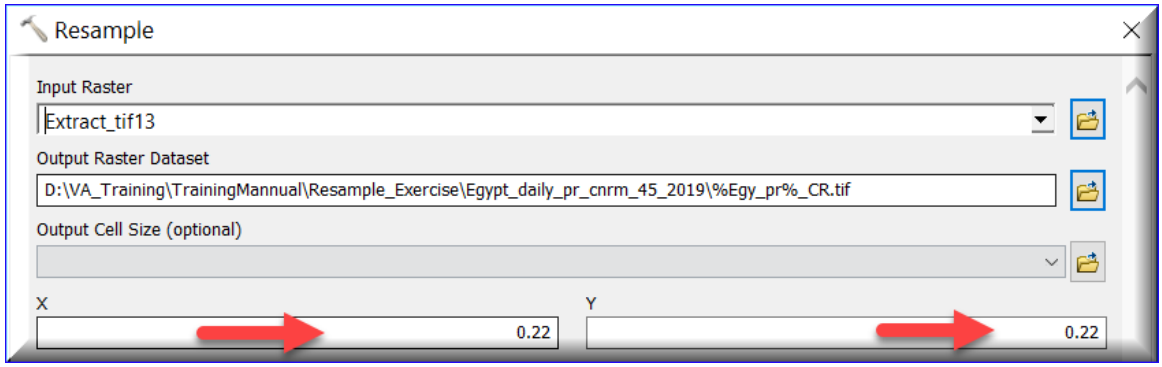
الشكل (14.6) إدخال مسار المجلد الذي سيحتوي نتائج عمل الأداة Resample .

بعد اسم المسار مباشرة نكتب (\)، ثم نكتب اسم الملفات الناتجة على الشكل %Name% ثم نكتب اللاحقة **_CR.tif** ، وبذلك يكون الاسم النهائي المكتوب ضمن هذا الحقل " **D:\VA_Training\TrainingMannual\Resample_Exercise\output\%Name%_CR.tif**



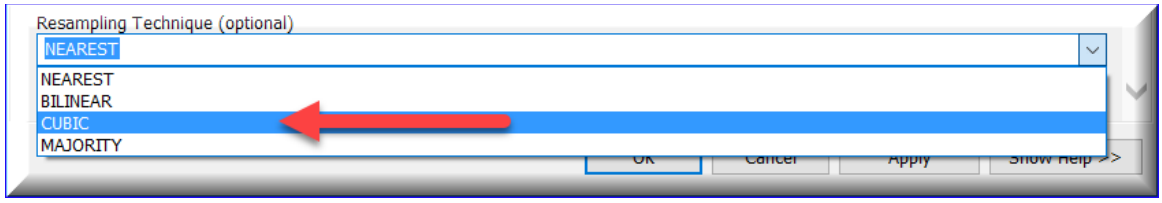
الشكل (15.6) تحديد أسماء الملفات الناتجة عن الأداة Resample .

2. من أجل Output Cell Size ،نحدد قيمة الدقة المكانية الجديدة وهي كما أسلفنا 0.22 درجة والتي تعادل 25 كم مربع.



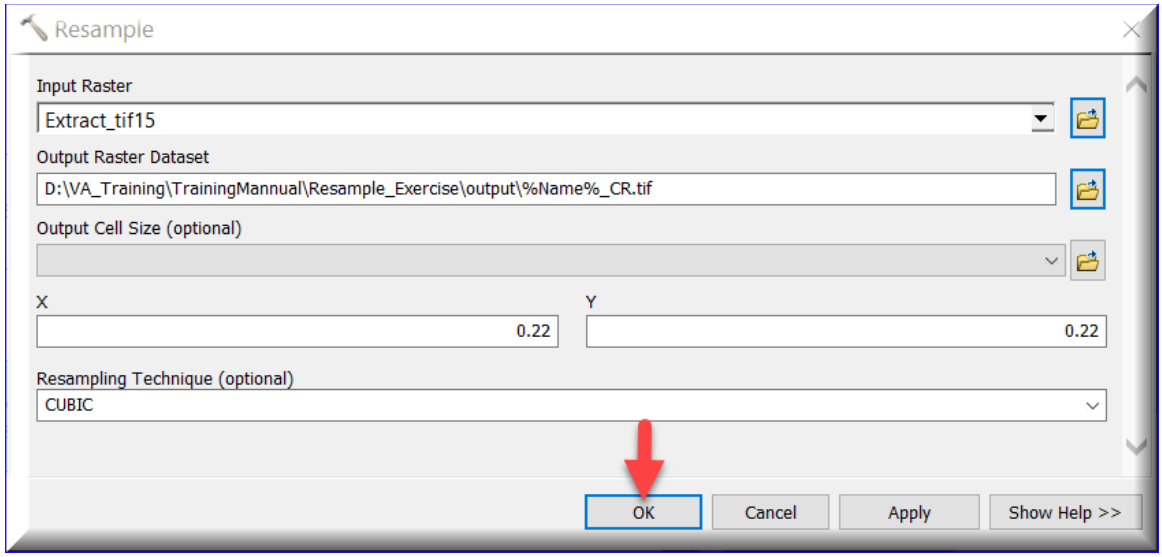
الشكل (16.6) تحديد الدقة المكانية الجديدة .

3. من أجل Resampling Technique تتوفر أربع خيارات لطرق تطبيق Resample نختار منها طريقة CUBIC .



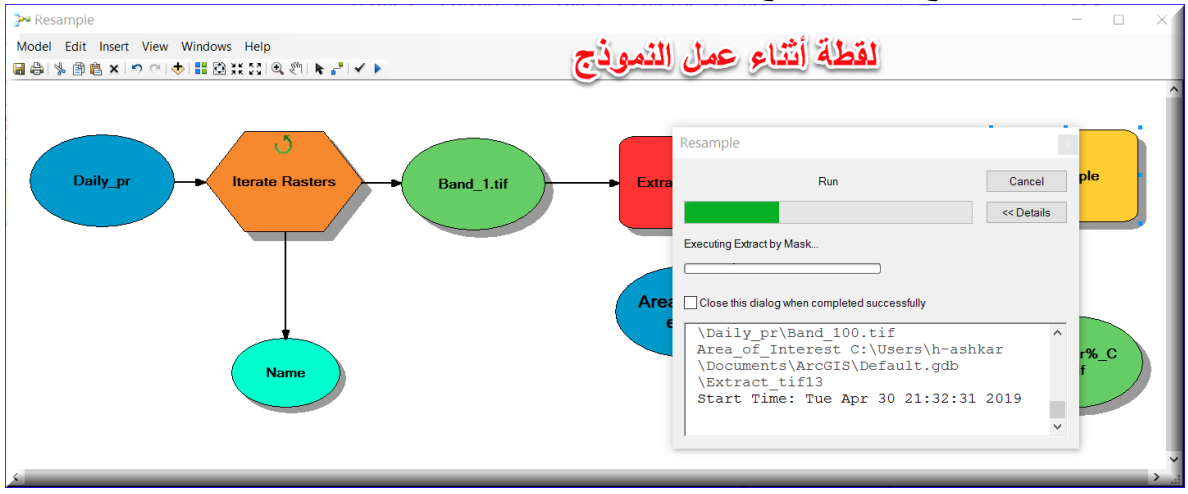
الشكل (17.6) اختيار الطريقة الإحصائية لتنفيذ Resample.

4. ننقر Ok



الشكل (18.6) إدخال المعلومات اللازمة إلى نافذة Resample.

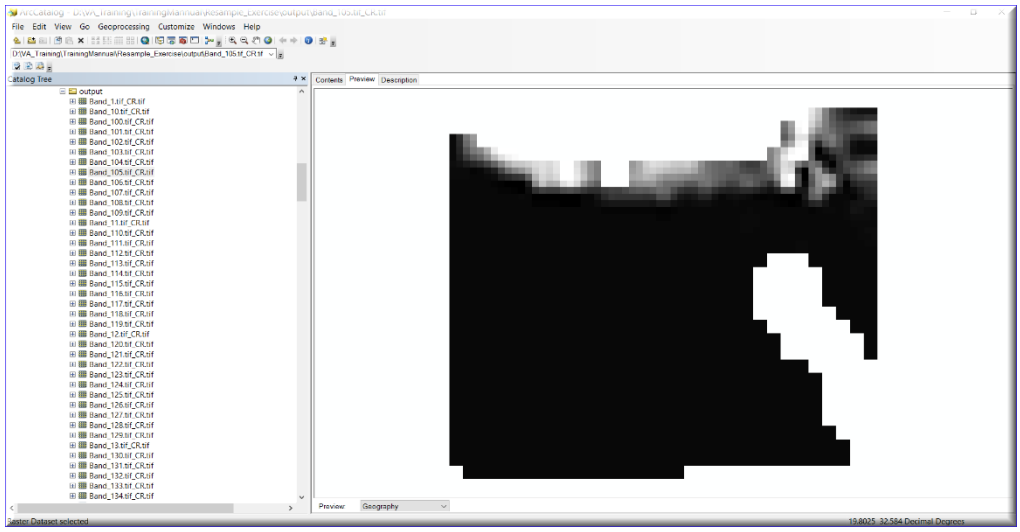
تشغيل النموذج بعد أن أصبح جاهزا



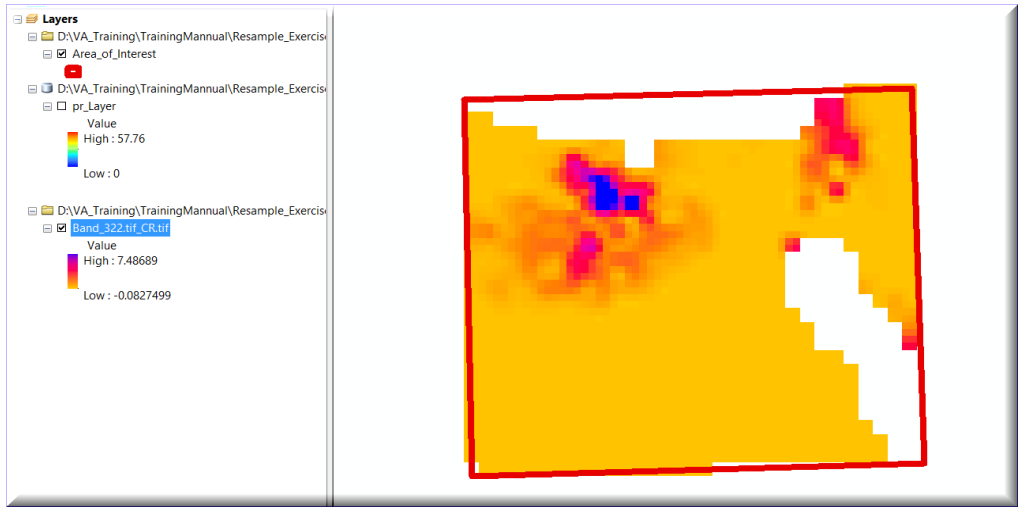
الشكل (19.6) تشغيل النموذج Resample .

مخرجات النموذج :

هو 365 شريحة مُقتطعة على حدود منطقة الاهتمام وذات دقة مكانية تبلغ 25 كم مربع، تبدو كما في الشكل:



الشكل (20.6) تحديد أسماء الملفات الناتجة عن الأداةResample



الشكل (21.6) أمثلة عن نتائج عمل Resample على منطقة اهتمام.

التمرين العملي السابع حول كيفية استنتاج المعدلات الشهرية او السنوية ...الخ للبيانات المناخية

المطلوب استنتاج شريحة متوسط درجات الحرارة لشهر آذار لعام 2035 حسب نموذج المناخ العالمي CNRM-CM5 لسيناريو الانبعاثات المتوسطة rcp 4.5 للمجال العربي، وذلك إنطلاقاً من البيانات اليومية شهر آذار والمتمثلة بلمفات tif.

البيانات المُتاحة:

ضمن مجلد ensample_exercise:

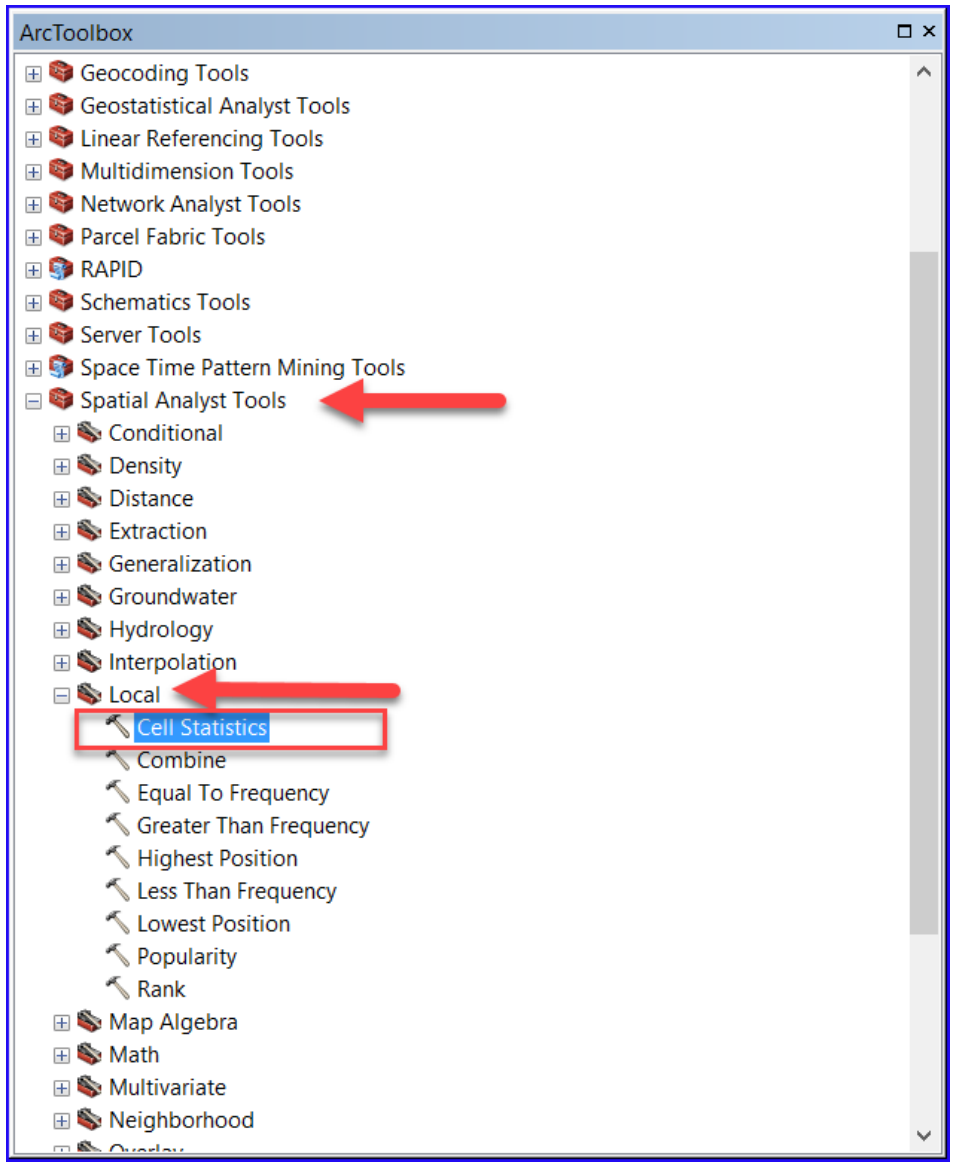
1. شرائح Rasters لدرجات الحرارة اليومية اليومية لشهر آذار للعام 2035 بصيغة .tif ضمن المجلدا mar_daily, وهي أصلا شرائح الحصول عليها من خلال عمل Time Slice كما في التمرين الثالث

الخطوة الأولى هي التأكد من أن السنة المطلوبة كبيسة أم عادية ، ويمكن أن يتم ذلك من خلال العديد من المواقع نذكر هنا مثالا عنها https://kalender-365.de/leap-years.php

حيث تم التأكد ان سنة 2035 هي سنة عادية ، وبالتالي ومن الموقع https://nsidc.org/data/tools/doy_calendar.html

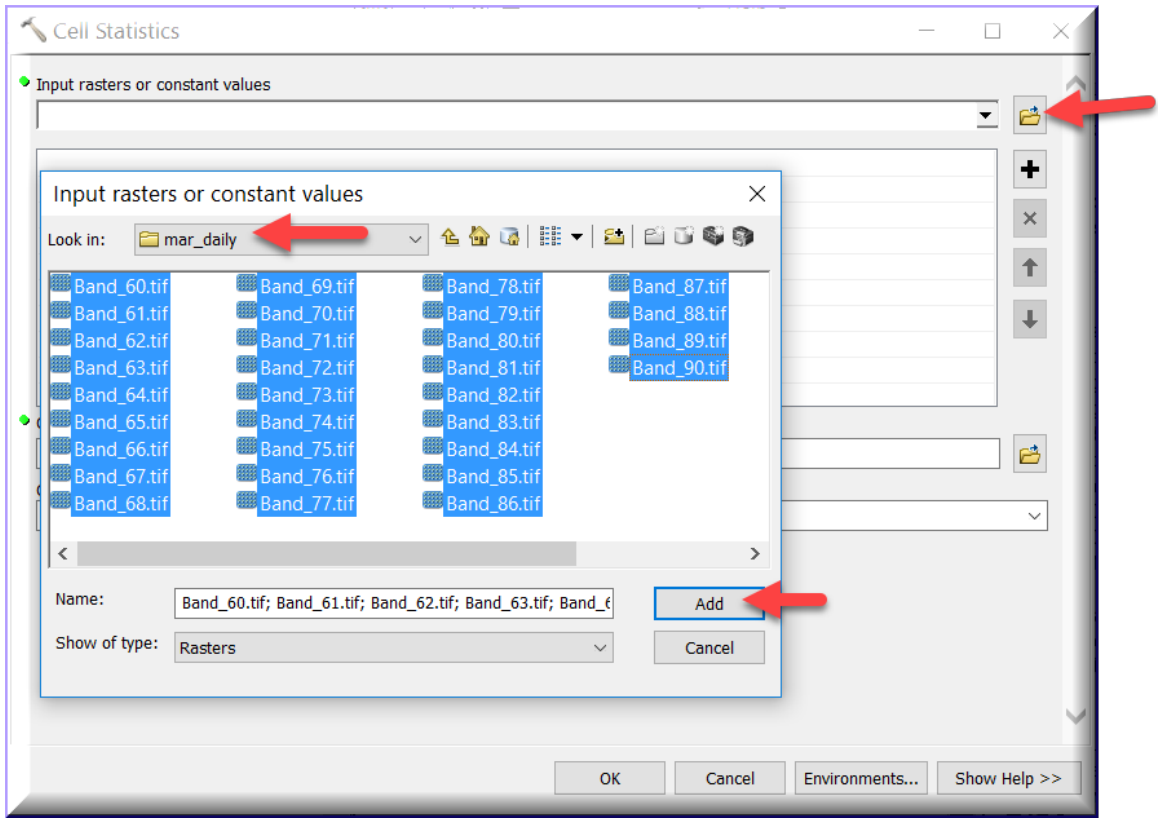
تم تحديد أرقام الباندات التي تغطي شهر آذار وهي المجال بين Band 30 إلى Band60

1. نفتح أداة Cell Statistics من صـــندوق الأدوات الموجودة على الموجودة تحت أدوات التحليل المكاني "Spatial Analyst" في صندوق الأدوات، حيث يمكننا من خلالها حساب المجموع أو المتوســـط وغيره من البيانات الإحصـــائية لعددٍ من ملفات "raster"، وفق المســـار: Spatial Analyst Tools>Local>Cell Statistics



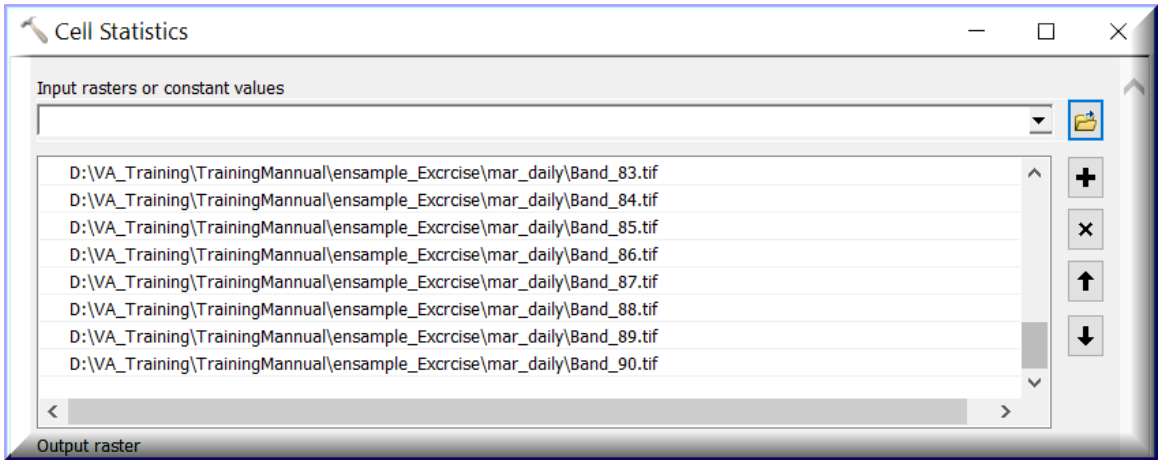
الشكل (1.7) الأداة Cell Statistics ضمن واجهة ArcToolbox.

2. من أجل Input Raster or Constant Values: نضيف الملفات من مجلد Mar_daily



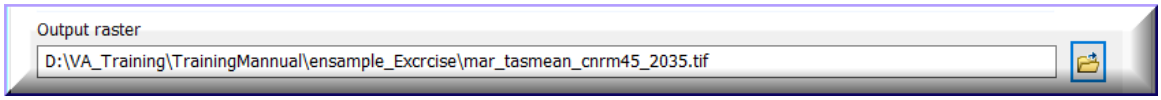
الشكل (2.7) إدخال شرائح الحرارة اليومية لشهر آذار .

بعد اختيار 30 ملف وعمل Add ستظهر ضمن النافذة بالشكل التالي



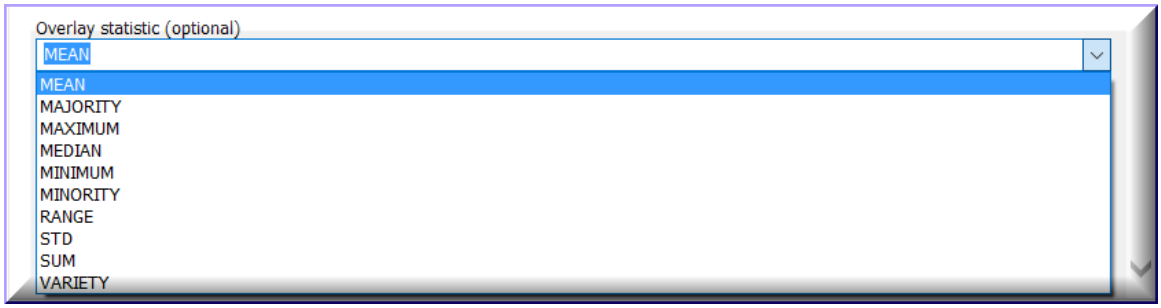
الشكل (3.7) إضافة الشرائح اليومية لشهر اذار ضمن نافذة Cell Statistics.

3. من أجل Output Raster : نحدد مكان تخزين المخرج وليكن ضمن المجلد ensample_Exrcise ونعطي للمخرج اسمٍ ذو دلالة وليكن : mar_tasmean_cnrm45_2035.tif والذي يمثل متوسط درجات الحرارة للنطاق العربي في شهر آذار من عام 2035.



الشكل (4.7) تحديد مكان تخزين واسم شريحة المعدل الناتجة.

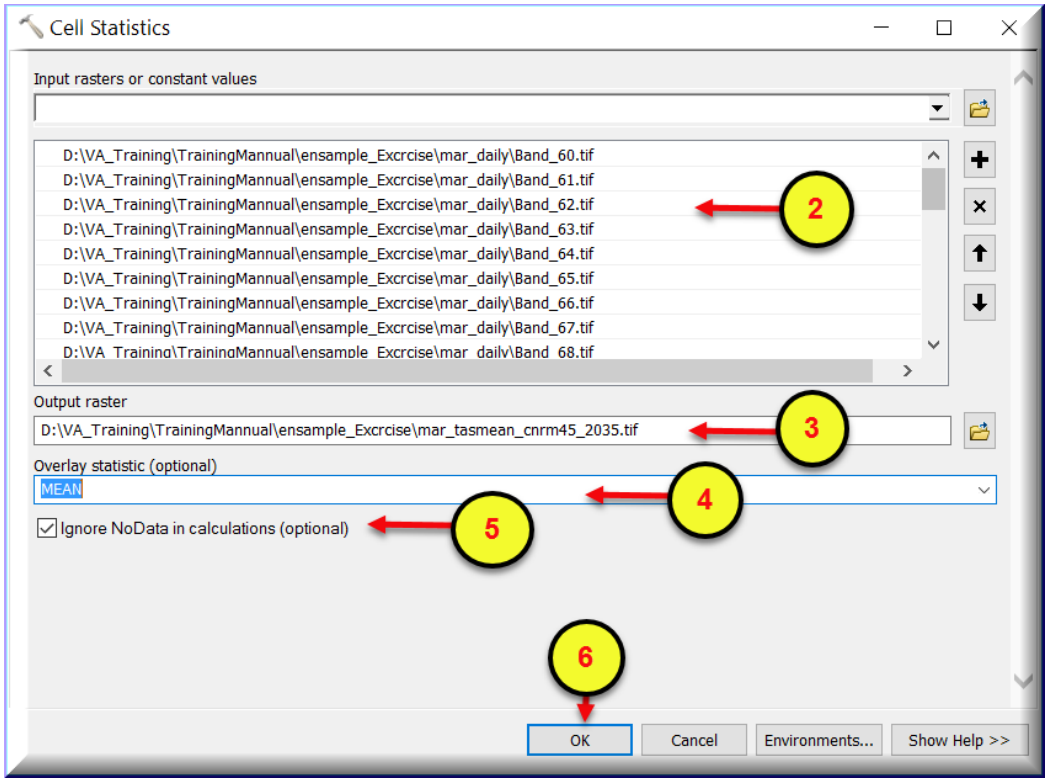
4-من أجل Overlay Statistic: نختار من القائمة المنسدلة MEAN والتي تمثل القيمة الإحصائية لمتوسط درجات الحرارة للشرائح المُختارة.



الشكل (5.7)اختيار الطريقة الإحصائية Mean لحساب شريحة المعدل.

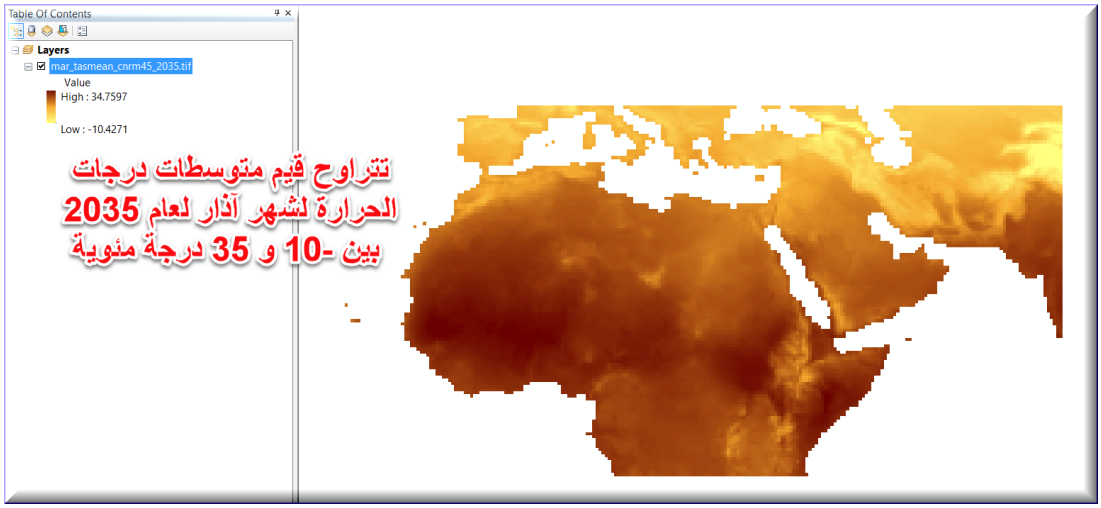
5- نفعّل خيار Ignore NoData in calculation

6- نضغط OK



الشكل (6.7) نافذة الأداة Cell Statistics.

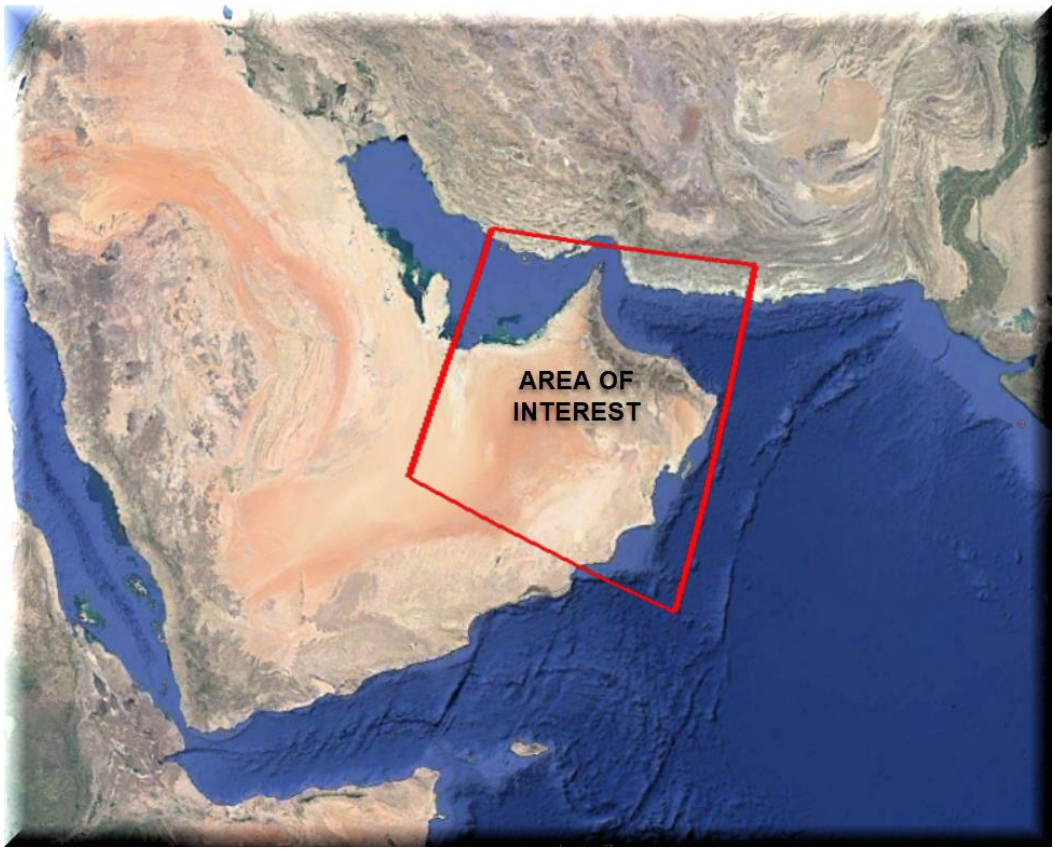
سـيكون المُنتج شـريحة باسـم mar_tasmean_cnrm45_2035.tif تحمل القيم المتوسـطة لدرجات الحرارة في شهر آذار.



الشكل (7.7) شريحة معدل درجات الحرارة لشهر آذار 2035.

التمرين العملي الثامن حول إجراء عملية الإستقراء (Interpolation) للبيانات المناخية المفقودة في المناطق الساحلية نتيجة Bias Correction

المطلوب استقراء بيانات الحرارة المفقودة لشهر آذار عام 2035 بحسب نموذج المناخ العالمي CNRM-CM5 لسيناريو الانبعاثات المتوسطة rcp 4.5 لمنطقة اهتمام تغطي جُزءاً من الخليج العربي، وذلك إنطلاقاً من شريحة تمثل متوسط درجات الحرارة لشهر آذار محسوبة مُسبقاً.



الشكل (1.8) منطقة تطبيق عملية الاستقراء.

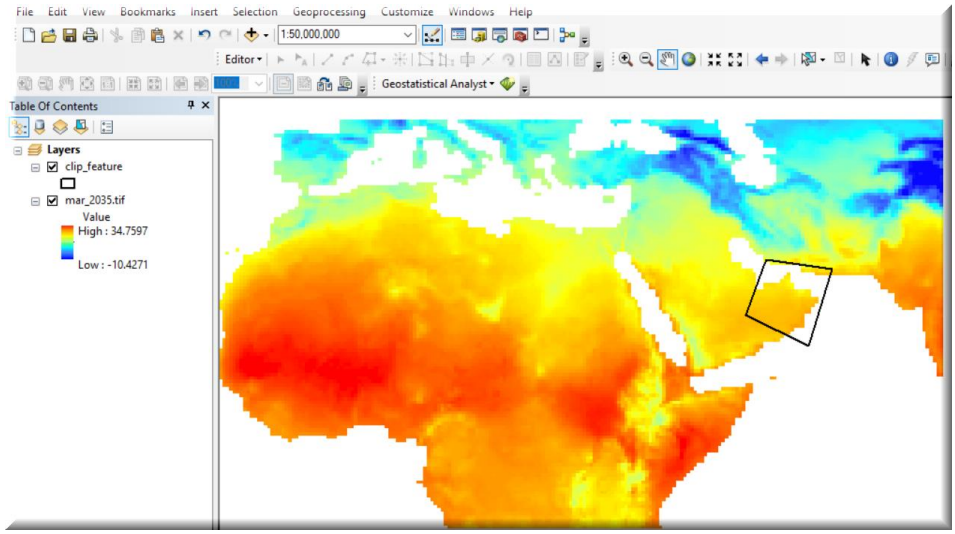
البيانات المُتاحة:

مجلد Interpolation_excercise والذي يضم:

- حدود منطقة الإهتمام Clip_feature.shp.
- ملف mar_tasmean_cnrm45_2035.tif والذي يمثل متوسط درجات الحرارة لشهر آذار عام 2035.

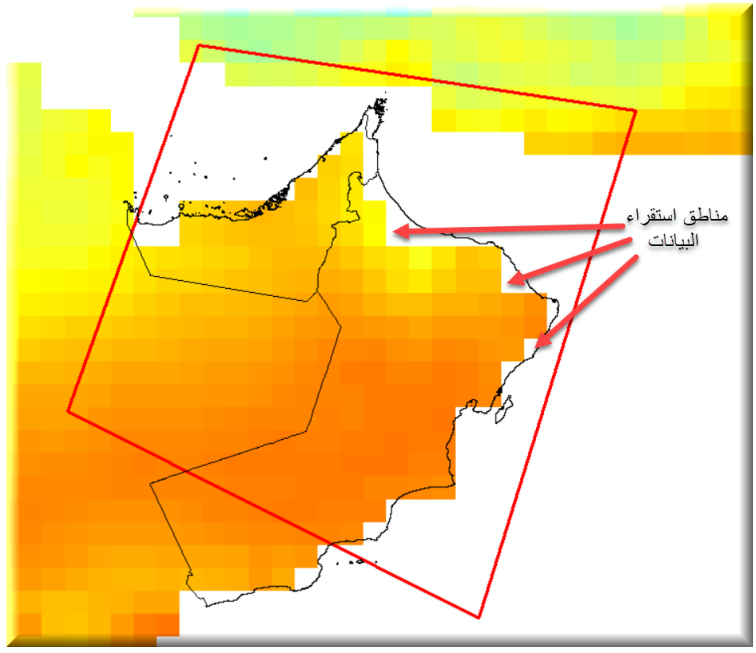
استيراد الملف إلى بيئة ArcMap:

نضغط لإضافة شريحة درجات الحرارة وشريحة الإقتطاع.



الشكل (1.8) شريحة معدل درجات الحرارة لشهر آذار 2035.

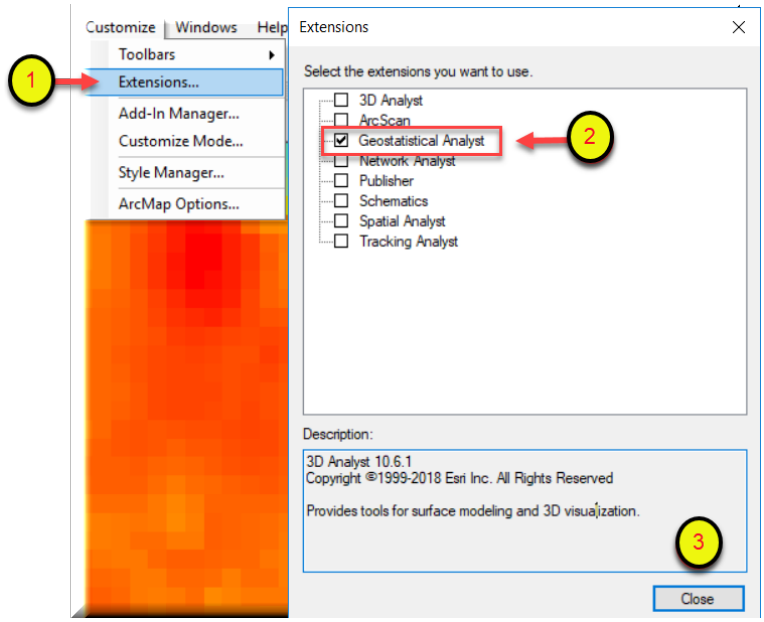
تكبير على المناطق الساحلية التي سيتم استقراء بياناتها الحرارية المفقودة.



الشكل (2.8) المناطق الساحلية التي سيتم استقراء بياناتها المفقودة

تفعيل إمتداد Geostatistical Analyst وإضافة شريط الأدوات الخاص به.

1. من قائمة Customize نختار Extensions
2. نقوم بتفعيل خيار Geostatistical Analyst
3. Close



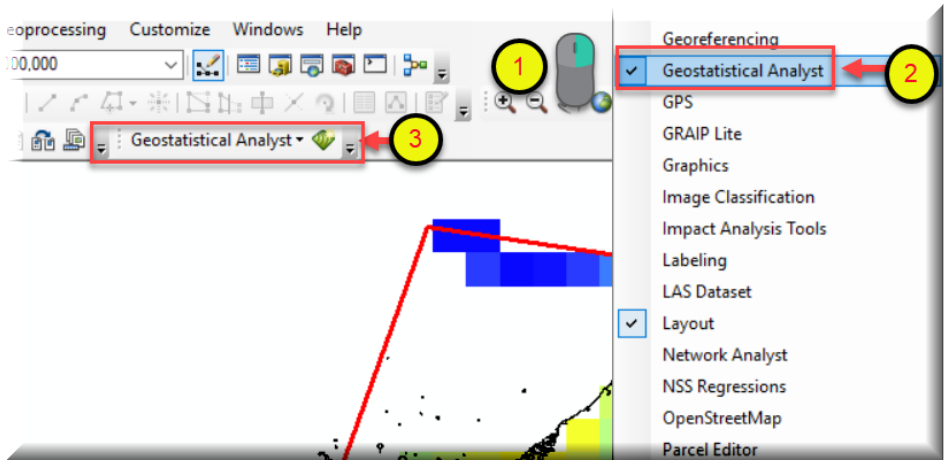
الشكل (3.8) تفعيل الامتداد Geostatistical Analyst ضمن نافذة Extension.

إظهار شريط أدوات Geostatistical Analyst

1- نضغط بالزر اليمين للفأرة في الأعلى.

2- نختار إظهار شريط الأدوات Geostatistical Analyst.

3- يبدو الشريط كما في الشكل أعلاه.



الشكل (4.8) إظهار شريط الأدوات Geostatistical Analyst ضمن واجهة ArcMap.

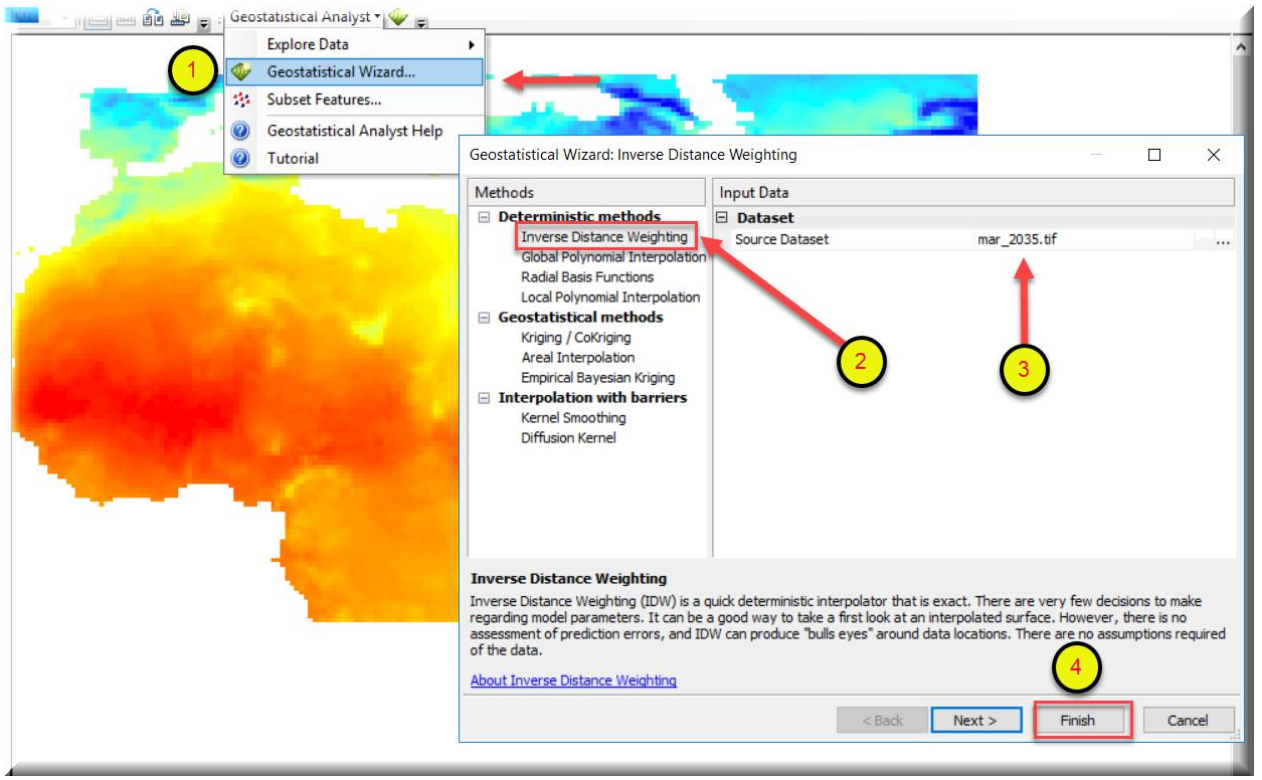
اجراء عملية interpolation:

1- نضغط على قائمة Geostatistical Analyst في شريط الأدوات ونختار Geostatistical Wizard

2- نختار طريقة الـ Interpolation وهي في المثال IDW: Inverse Distance Wighting

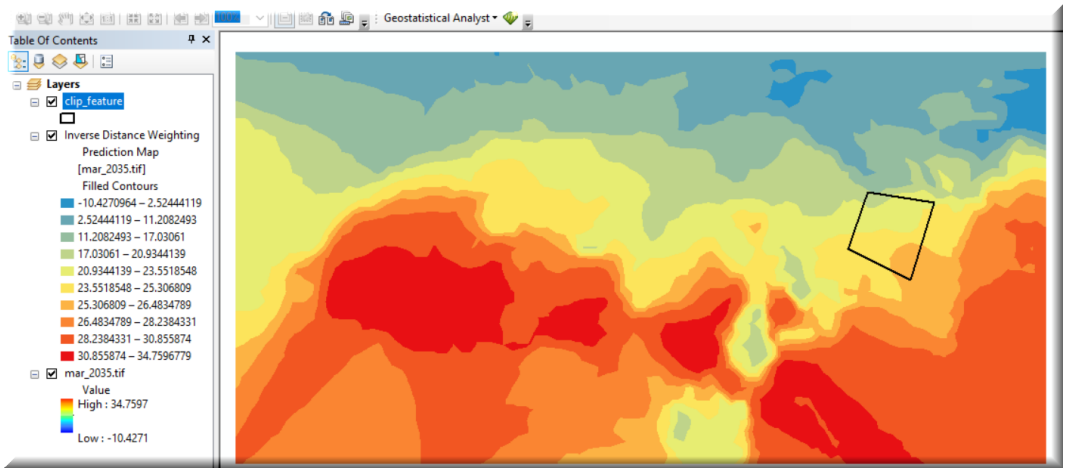
3- نختار الشريحة الممثلة لمتوسط درجات الحرارة لشهر آذار

4- Finish.



الشكل (5.8) خطوات إجراء عملية Interpolation.

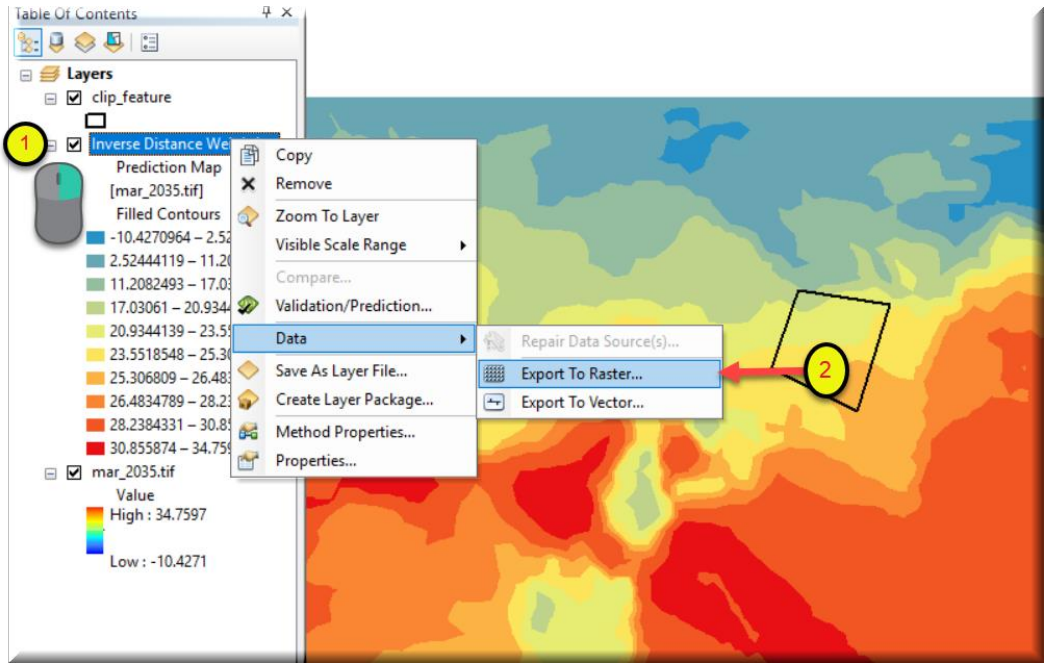
تظهر الشريحة المُستقرأة كما في الشكل:



الشكل (6.8) الشريحة الناتجة عن الاستقراء.

وهي شـــريحة مؤقتة محفوظة على ذاكرة الحاســـب ولا يمكن العمل عليها، لذلك ينبغي تحويل منتج الإستقراء "interpolation" إلى صيغة "raster" باستخدام أداة " GA Layer to Grid" .

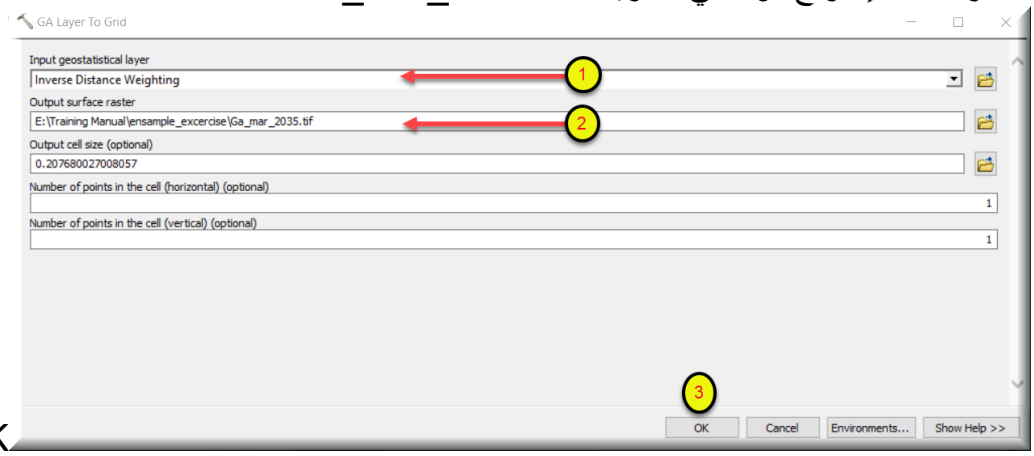
لتفعيل أداة " GA Layer to Grid" إضـغط بالزر اليمين على شـريحة IDW الناتجة في Table of Contents، ثم Data>Export to Raster.



الشكل (7.8) تصدير الشريحة الناتجة إلى Raster.

حيث تمثل Export to Raster الأداة GA Layer to Grid فتظهر كما في الشكل:

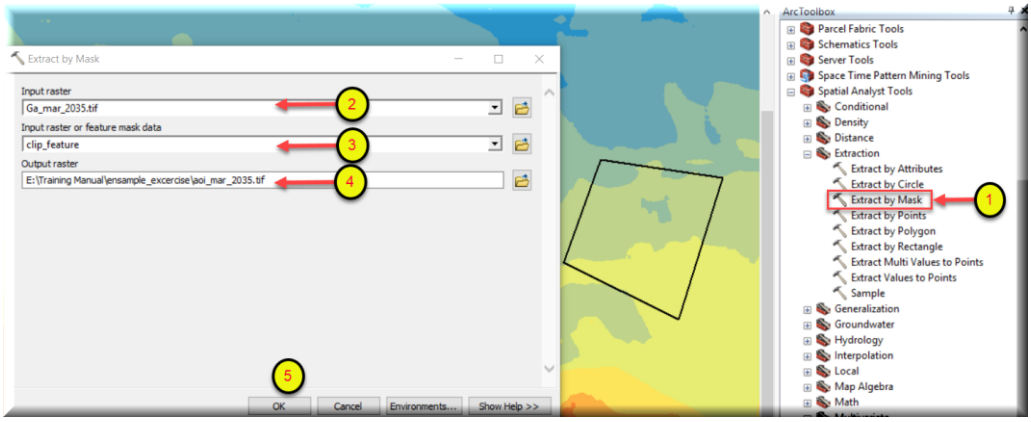
1. نختار شريحة IDW
2. نختار مجلد الإخراج، ونسمي الشريحة Ga_Mar_2035.tif
3. OK



الشكل (8.8) إدخال المعلومات اللازمة ضمن نافذة GA Layer to Grid .

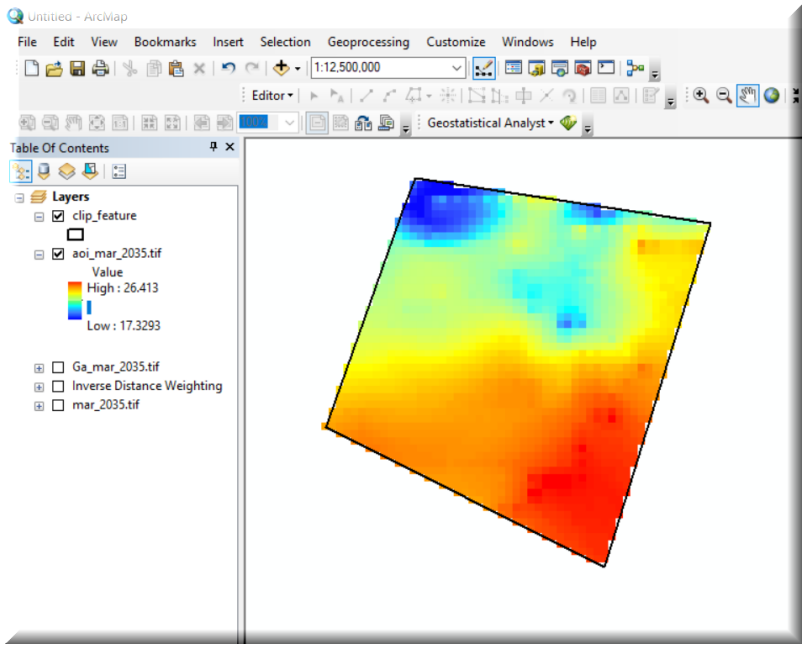
اقتطاع الشريحة على منطقة الإهتمام:

1. من صندوق الأدوات نفتح أداة الإقتطاع: Spatial Analyst Tools>Extraction>Extract by mask
2. من أجل Input Raster : نحدد الشريحة Ga_Mar_2035.tif .
3. من أجل Input raster or feature mask data: نحدد شريحة الإقتطاع clip feature.
4. من أجل Output raster: نحدد مجلد الإخراج واسم الشريحة مع اللاحقة ولتكن aoi_mar_2035.tif
5. Ok



الشكل (9.8) خطوات إجراء عملية الاقتطاع على منطقة الاهتمام.

يظهر المخرج المُقتطع على منطقة الإهتمام كما في الشكل:



الشكل (10.8) الشريحة الناتجة عن الاقتطاع.

التمرين العملي التاسع حول تقدير التغير في متحولات المناخية خلال فترة معينة بالمقارنة مع فترة مرجعية .

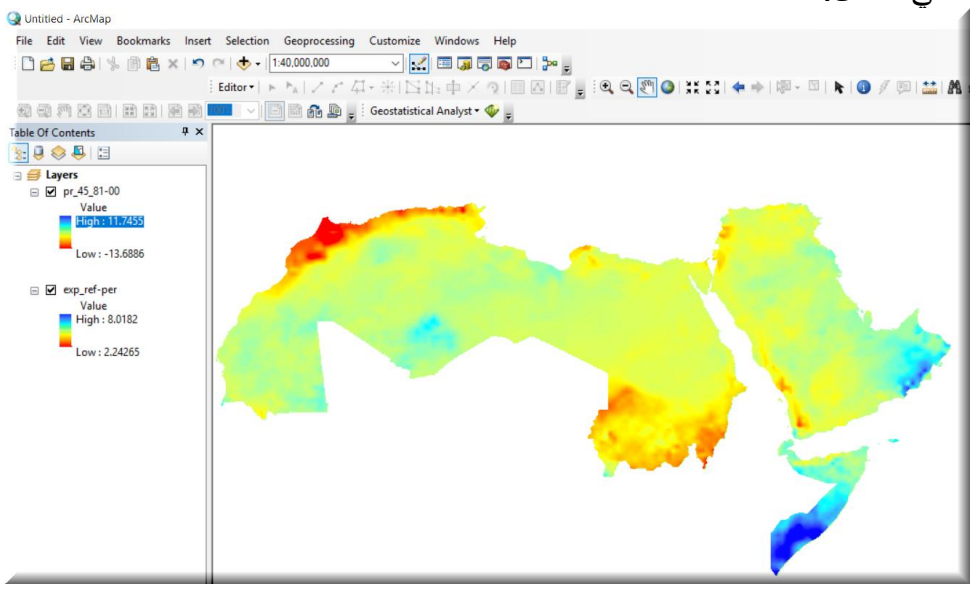
المطلوب حســـاب التغير المتوقع في مُعدل التســـاقطات لفترة نهاية القرن(2081-2100) بالمقارنة مع معدل التســـاقطات للفترة المرجعية (1986-2005) حســـب نموذج المناخ العالمي CNRM-CM5 لســـيناريو الانبعاثات المتوســـطة rcp 4.5 للمجال العربي

البيانات المُتاحة:

مجلد compare exercise والذي يحوي:

1. شريحة pr_ref يمثل معدل التساقطات في الفترة المرجعية 1985-2005
2. شريحة pr_45_81-00 تمثل معدل التساقطات في الفترة المستقبلية نهاية القرن 2081-2100

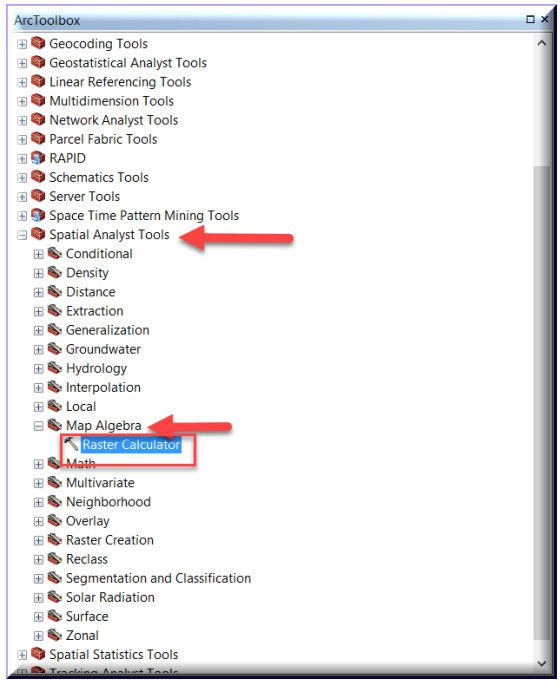
نقوم بإضافة الشريحتين إلى واجهة ArcMap
فتظهر كما في الشكل:



الشكل (1.9) إضافة الشريحتين اللتين سيتم حساب قيمة التغير بينهما.

1. نفتح الأداة من صندوق الأدوات وفق المسار

Spatial Analyst Tools>Map Algebra>Raster Calculator



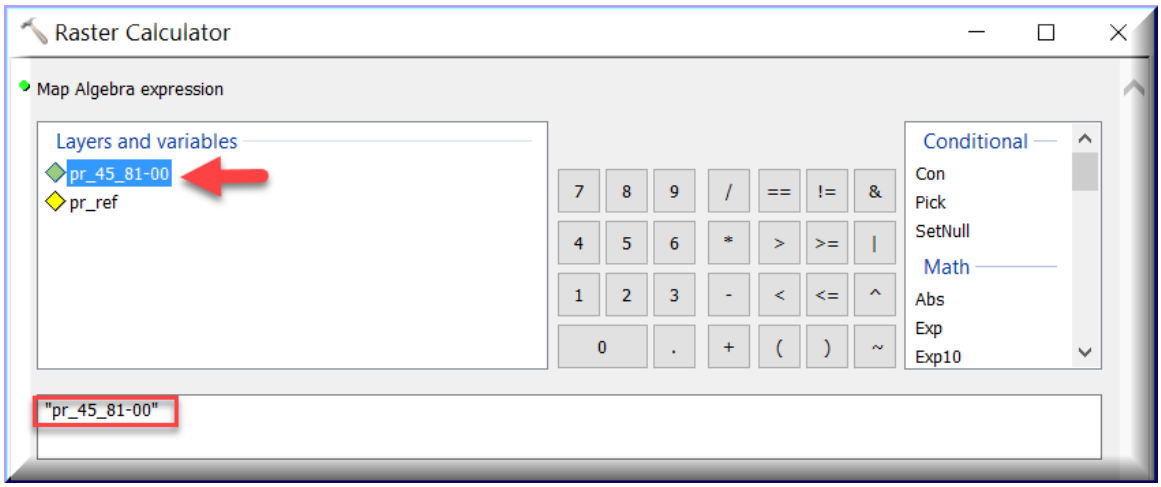
الشكل (2.9)الأداة Raster Calculator ضمن نافذة ArcMap.

ضمن نافذة Raster Calculator

2. نقوم بكتابة المعادلة التي تعبر عن الفرق بين معدل ا في فترة التســـاقطات نهاية القرن والفترة المرجعية:

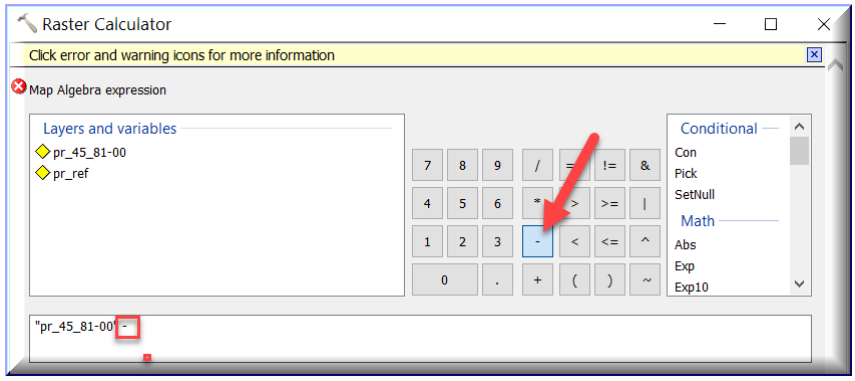
"pr_45_81-00"-"Pr_ref"

نقرة مزدوجة على شـريحة معدل التسـاقطات خلال فترة نهاية القرن "pr_45_81-00 " فتنزل إلى النافذة السفلية الخاصة بكتابة المعادلات



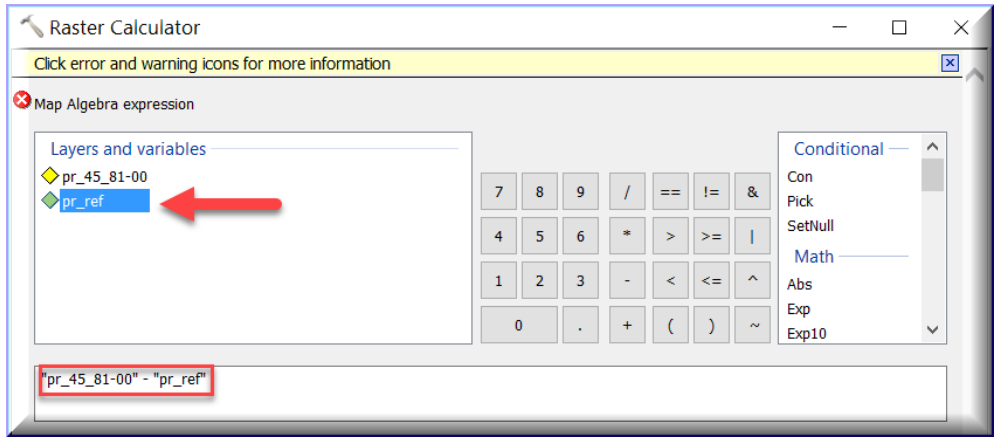
الشكل (3.9) إدخال الشريحة الأولى (pr_45_81_100) إلى نافذة raster calculator.

ثم نقرة واحدة على زر Subtract (-) ضـــمن مجموعة الازرار فتنزل إشـــارة الطرح (-) إلى نافذة المعادلات.



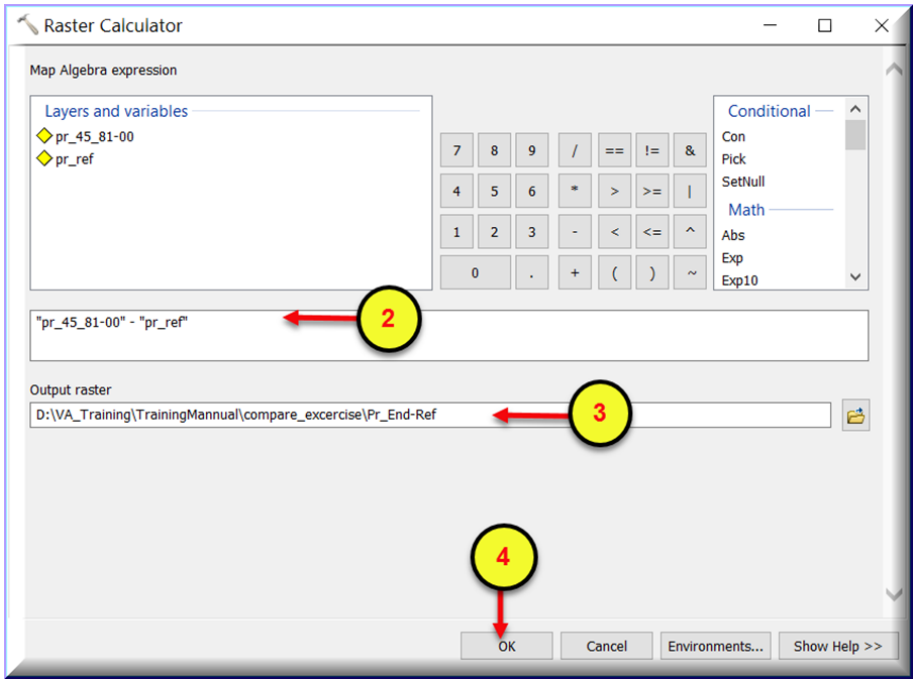
الشكل (4.9) إدخال عملية الطرح إلى نافذة raster calculator.

نقرة مزدوجة على شـــريحة معدل التســـاقطات خلال الفترة المرجعية "pr_ref " فتنزل إلى النافذة السفلية الخاصة بكتابة المعادلات



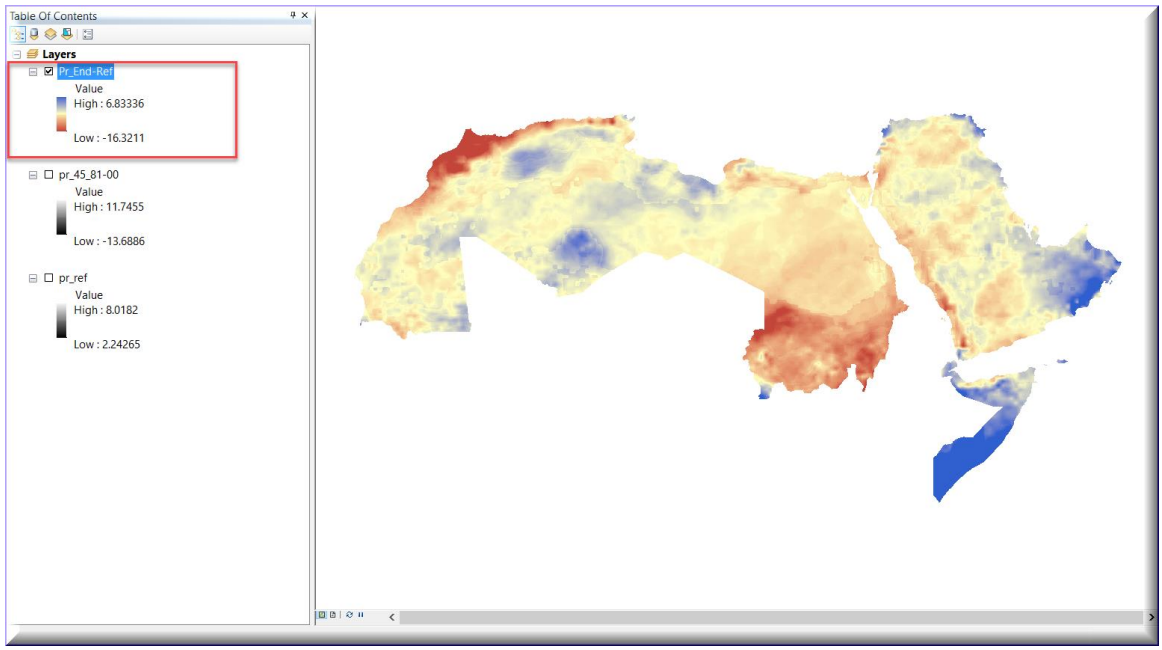
الشكل (5.9)إدخال الشريحة الثانية (pr_ref) إلى نافذة raster calculator.

3. نختار مجلد الإخراج واسم المخرج بحيث يدل على المنتج، مثلاً: Pr_End-Ref
4. Ok



الشكل (6.9) نافذة raster calculator.

تحوي الشريحة الناتجة قيم التغيرات المتوقع ان تطرأ على معدلات التساقطات خلال فترة نهاية القرن بالمقارنة مع الفترة المرجعية حيث يلاحظ أن قيم التســـاقطات من المتوقع ان تتناقص على ســـواحل المغرب العربي مثلا بينما يتوقع زيادة في التساقطات في الصومال وعمان على سبيل المثال.



الشكل (7.9) الشريحة الناتجة Raster تعبر عن التغير المتوقع على التساقطات خلال فترة نهاية القرن بالمقارنة مع الفترة المرجعية.

المراجع:

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.

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.

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