أقلمة معلومات التغيرات المناخية لتقييم التأثيرات وعمل إجراءات التكييف المناخى

بقلم فليبو جورجى - معهد عبد السلام للفيزياء النظرية، تريستا - ايطاليا

مقاله منشوره فى النشرة الدورية الصادرة عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية عدد أبريل ٢٠٠٨ المجلد ٥٧ (٢).

ترجمة:
أ / درويش محمد أحمد
مدير عام البحث العلمى

لقد أصبحت الآن القضايا المتعلقة بتأثير النشاط البشرى على التغييرات المناخية وتأثيراتها على المجتمعات البشرية والنظم البيئية الطبيعية من بين أهم القضايا البيئية والتحديات العلمية لهذا القرن.

إن تنمية سياسات مناسبة للتكييف مع التغييرات المناخية والوصول إلى تركيزات غازات الصوبة إلى تركيزات أقل من التركيزات الحرجة تعتمد تماماً على المعلومات المناخية المتاحة فى النطاقات من الإقليمية إلى الوطنية وحتى المحلية. هذه المعلومات ودرجة عدم اليقين المصاحبة لها تحتاج إلى الاتصال الواضح مع المستخدمين النهائيين ومتخذى القرارات حتى يتم اتخاذ الخطوات الفعلية لمواجهة التغييرات المناخية بمعلومات كاملة.

فى النطاقات العالمية والإقليمية فإن مؤشرات التغييرات المناخية سوف تتاثر بنوعين من العمليات : النوع الأول هو : التغييرات فى الدورات الكبيرة(الدورة العامة للرياح) والتى تؤثر بدورها على حوادث الطقس وتعطى سمات لمنطقة مناخيه معينه (على سبيل المثال وضع مسارات العواصف) أما النوع الثانى فهو التاثيرات الناتجة عن القسر (Forcing) الإقليمى والمحلى والتى تقوم بتعديل مؤشرات النطاق الاكبر (على سبيل المثال التعقيدات الطبوغرافية، خطوط السواحل، استخدامات الأرض طبقة سطح الأرض). بالإضافة إلى أنه كلما صغر النطاق فإن التقلبية المناخية سوف تزيد والتى من الصعب معها التفريق بين التاثير البشرى على المناخ والتقلبية الطبيعية، وبالإضافة إلى أن المناخ فى منطقة ما قد يتاثر بالعمليات التى تحدث فى مناطق بعيده من خلال أنظمه متصلة وكنتيجة لكل هذه العوامل السابقة فإن الإسقاطات من النطاق الإقليمى للمناخ للنطاقات المحلية سوف يكون أمراً فى منتهى الصعوبة وغالباً ما يصاحب هذه العملية درجات كبيره من عدم التعيين.

لقد أصبحت النماذج العالمية (الكوكبية) المناخية المزدوجة بين الغلاف الجوى والمحيط هى الأداة الأولية المتاحة اليوم لتمثيل التغيير المناخى بالإضافة إلى التقدم الحديث فى مجال الحواسب ومقدرتها على تحمل حسابات أكثر واسرع أصبح الآن من الممكن تشغيل هذه النماذج بدرجة استبانه أفقيه كبيره. إن أغلب النماذج من هذا النوع المستخدمة حالياً لإنتاج إسقاطات التغييرات المناخية (على سبيل المثال أنظر ميل Meehl ٢٠٠٧) فإن درجة الإستبانة الأفقى ما زالت تتراوح بين ١٠٠ - ٣٠٠ كم والتى تعتبر واسعة بشكل كبير للاستخدام فى معرفة معلومات التغييرات المناخية من قبل مستخدمى تقييم تأثيرات التغييرات المناخية.

إن درجة الإستبانة أيضا تحول دون التمثيل الدقيق لظواهر الطقس الأساسية التى تساهم فى عملية تقييم التغيير المناخى. لهذا فإنه منذ ثمانينيات وتسعينات القرن الماضى فإن تقنيات

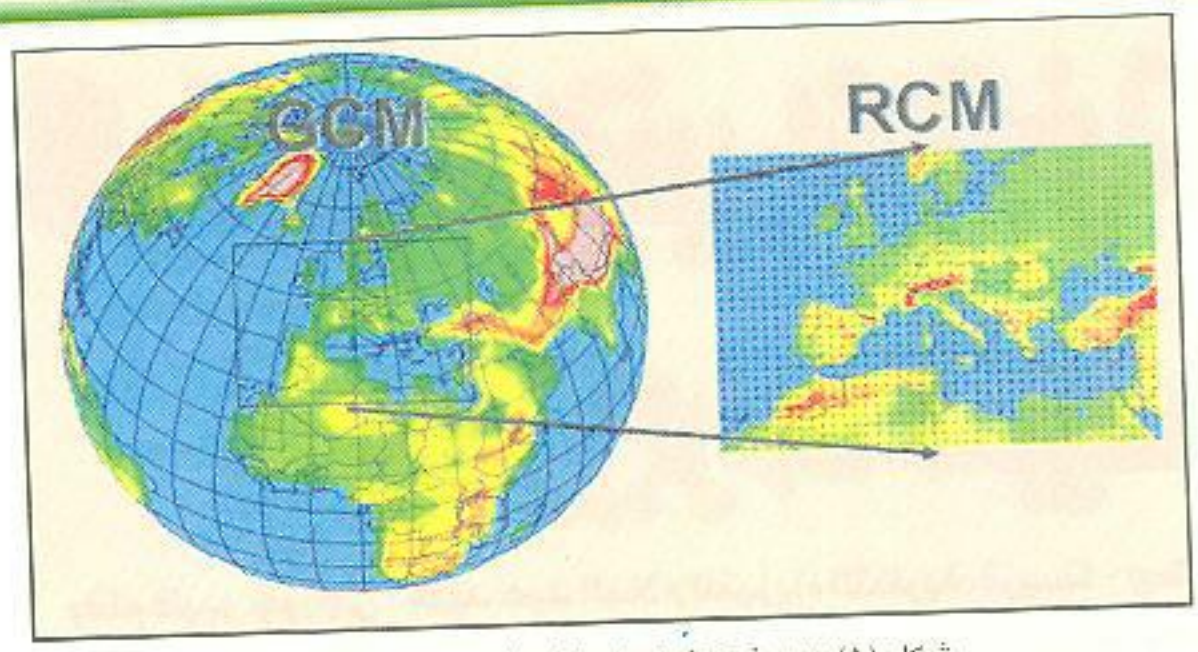
أقلمة نماذج المناخ تم تطويرها لإعطاء بيانات أكثر دقه من الناحية المكانية ودرجة الإستبانة عن النماذج العالمية المزدوجة بين الغلاف الجوى والمحيط (AOGCMs)،هذه البيانات يمكن استخدامها فى دراسات تقييم التاثيرات الناتجة عن التغييرات المناخية (جورجى Giorgi) شكل (١).

لقد زادت تطبيقات أدوات الأقلمة على مدى واسع فى فهم مشاكل التغييرات المناخية واثبتت أنها مصدر مهم لبحوث التغييرات المناخية. ولتطبيق هذه التقنيات فمن الضرورى فهم الفروض المستخدمة فيها فهماً كاملاً بالإضافة إلى معرفة إمكانياتها والحدود التى تعمل فيها مما يجعل لها أهميه خاصة فى الحسابات الخاصة بالتغييرات المناخية أكثر من النماذج المناخية العالمية المزدوجة بين الغلاف الجوى والمحيطات AOGCMs. إن عملية الأقلمة يمكن استخدامها فى تطبيقات كثيرة فى الوسط العلمى وتمثل الخطوة النهائية للمعلومات المناخية وتاثيرها على متخذى القرارات. إذا اخذنا فى الاعتبار المعلومات السابقة فهذا البحث يقدم نظريه عامه نحو التقنيات المستخدمة حالياً فى عمليات الأقلمة وتركز بصفه خاصة على الفروض المتاحة واهم التطورات الحديثة فى هذا المجال وإمكانيات هذه النماذج وحدود عملها وما يتبع ذلك من وصف لتطبيقات هذه التقنيات لإمدادنا بمعلومات التغييرات المناخية لدراسة تقييم أثر التغييرات المناخية فى المناطق المختلفة.

تقنية الأقلمة : الفروض الأساسية المتاحة،التطوير الحديث، إمكانياتها وحدود عملها.

توجد فى الوقت الحالى اربع طرق عامه ومتاحة للأقلمة تنتج من النماذج العالمية المناخية المزدوجة بين المحيط والغلاف الجوى تستخدم لعملية التدقيق (Down Scaling)، وهى:

١ - التدقيق العالى للدورة العامة للغلاف الجوى " الشرائح الزمنية " High-resolution "time-slice" Atmosphere-Ocean General Circulation Models(AGCMs)



شكل (١): وصف تخطيطى لنموذج المناخ الإقليمى

٢- درجة الاستبانة المتغيرة للنماذج العالمية للتغييرات المناخية المزدوجة بين الغلاف الجوى والمحيط Variable resolution AOGCMs (VarGCMs)

٣- التدقيق المتتابع لنماذج المناخ الإقليمية. Nested Regional Climate Models (RCMs)

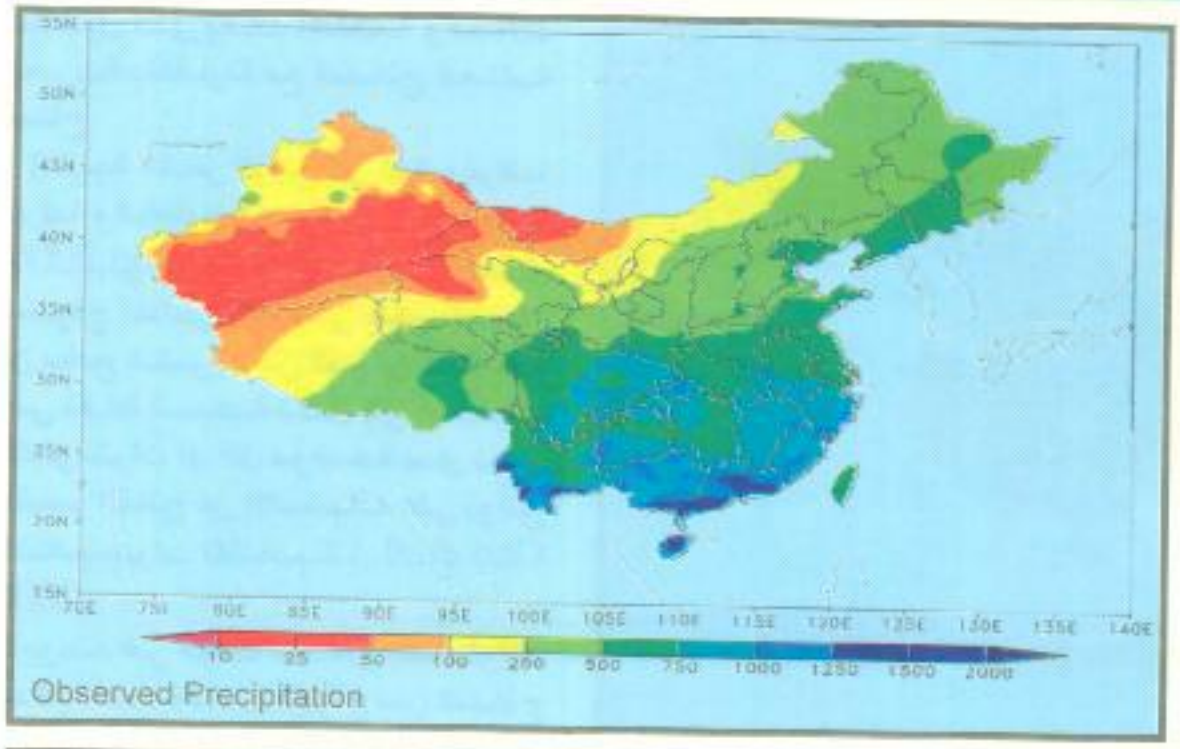
٤- طرق التدقيق الإحصائية. Statistical downscaling (SD) methods

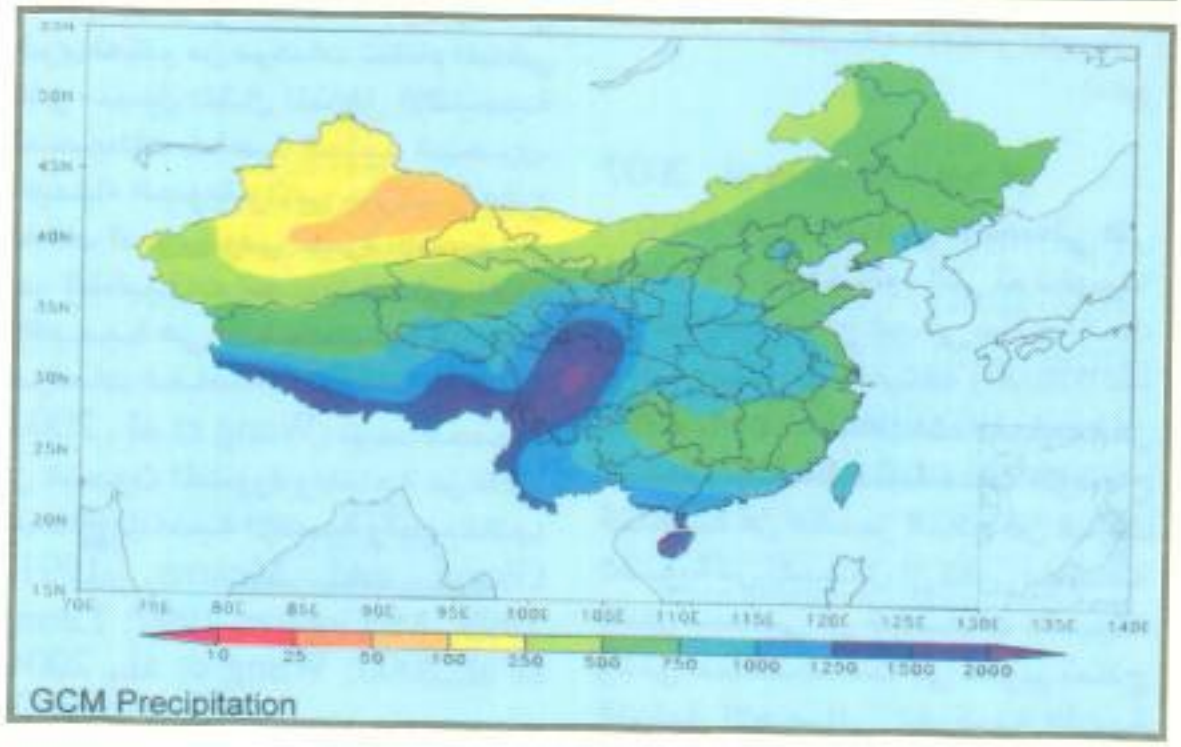
إن التدقيق العالى للدورة العامة للغلاف الجوى " AGCMs الشرائح الزمنية " (أنظر Cubasch et al.,1995) يتكون من محاكاة الغلاف الجوى فقط فى نموذج عالمى فى فترات محدده سابقاً أو شرائح زمنيه لمخرجات نموذج مناخى كوكبى مزدوج بين الغلاف الجوى والمحيط AOGCMs على سبيل المثال للاوقات الحالية (الفترة من ١٩٦٠ إلى ١٩٩٠) وأخرى فى المستقبل (٢٠٧١ - ٢١٠٠).

إن درجة حرارة سطح البحر SST الضرورية لهذه المحاكاة يتم اخذها من النموذج AOGCM حيث يتم تشغيل النموذج الخاص بالغلاف الجوى فقط لفترة محدودة. إن النموذج AOGCM يمكن تشغيله بدرجة استبانه عاليه تصل إلى بضع عشرات من الكيلومترات تساعد بشكل واضح فى تحسين أداء النموذج بزيادة درجة الإستبانه.

إن الزمن الأساسى المستخدم فى نموذج الشرائح الزمنية AGCM هو أن قسر(Forcing) درجة حرارة سطح البحر التى يستعان بها من النموذج AOGCM تكون متناسبة مع المناخ الناتج عن نموذج الدورة العامة للغلاف الجوى ذو الاستبانه العالية، ومع أن هذا ليس بالضرورة متحقق فى جميع الأوقات فإن عدم التناسب يمكن تقييمه دائماً فى تحليل نتائج النموذج. إن أهم ميزه فى هذا النموذج AGCM، أنه يغطى الكره الأرضية وقابليته فى تمثيل البيانات فى المناطق النائية التى لا توجد بها أرصاد. ومن ناحية أخرى فإن النموذج العالمى المزدوج هو الأصعب والاغلى فى عملية الأقلمة حيث تحتاج إلى حاسبات ضخمه جداً للتشغيل للحصول على درجة استبانه عاليه.

يعمل تقريب نموذج درجة الإستبانه المتغيرة للنماذج العالمية المناخية المزدوجة بين الغلاف الجوى والمحيط VarGCM مثل نموذج الشرائح الزمنية AGCM لكن مع استخدام نموذج عالمى مع زيادة الاستبانه الأفقية تدريجياً ناحية المنطقة المراد عمل تنبؤ مناخى لها (على سبيل المثال Deque and Piedelievre, 1995) وكمثال للنموذج AGCM فهناك عدم تناسب بين توزيعات درجة حرارة سطح البحر ولكن يمكن التحايل على هذه المشكلة بالمقارنة بين هذه التوزيعات وبين مخرجات النموذج العالمى المناخى المزدوج بين الغلاف الجوى والبحر AOGCM وتصحيحها بناء عليه





وذلك باستخدام بيانات ذات استبانه عاليه لدرجة حرارة سطح البحر.

كما يوجد تحذير آخر مهم فى هذه النماذج وهى ان المعاملات الطبيعية المستخدمة فى هذه النماذج يجب أن تعمل فى نطاقات فضائيه ذات مدى متغير بشكل كبير والتى فى بعض الأحيان من الممكن أن تعيق حدود تطبيقات عمل النموذج. يوجد الآن مجموعه من نماذج الاستبانه المتغيرة VarGCMلتمثيل المناخ على نطاقات إقليميه مختلفة وباستبانه تصل إلى بضع عشرات من الكيلومترات كما يوجد مشروع لمقارنة هذه النوعية من النماذج (Fox-Rabinowitz et al., 2006).

يعمل نموذج التنبؤ المناخى لإقليم RCMمثل نموذج الاستبانه المتغيرة للنماذج العالمية المناخية ولكن لمساحه محدودة حيث يتم عمل تدقيق متتابع (nested) للإقليم المراد عمل تنبؤ مناخى له (Giorgi and Mearns 1999) ويمكن لهذا النموذج الوصول لدرجة استبانه عاليه جدا لأنه يعمل على مساحه محدودة ولتشغيل هذه النوعية من النماذج فإنها تحتاج إلى بيانات ارصاد جوية للحدود الجانبية للإقليم (Lateral Boundary Condition LBC). فى حالة التدقيق المتتابع يتم تغذية النموذج بهذه البيانات من النموذج العالمى المناخى المزدوج بين الغلاف الجوى والبحر AOGCMاو بيانات الأرصاد الجوية بعد تحليلها.

إن معظم الدراسات الحالية التى تستخدم هذا التدقيق فى اتجاه واحد ولا تستخدم البيانات الناتجة من هذا النموذج فى عملية تغذيه عكسية لتصحيح بيانات النموذج العالمى بالرغم من أنه تم مؤخراً استكمال بعض التجارب فى عملية التدقيق فى اتجاهين وعملية تغذيه عكسية لتصحيح بيانات النموذج العالمى GCMوقد أعطت نتائج مشجعه (Lorenz and Jacob., 2005).

إن النموذج المناخى الإقليمى هو الأكثر استخداماً فى عملية التدقيق الديناميكى والفرضية الأساسية لهذا النموذج، ان النموذج العالمى AOGCMيمثل الدورة العامة مع الأخذ فى الاعتبار مقياس كبير للقسر (القسر الإشعاعى الناتج عن غازات الصوبة). أما التدقيق المتتابع للنموذج الإقليمى RCMفإنه يأخذ مقياس أصغر للقسر على المستوى الإقليمى (القسر الناتج عن الطبوغرافيا). لذا فإنه من المهم التنبيه إلى ان النموذج المناخى الإقليمى لا يتوقع منه تصحيح الأخطاء الكبيرة فى مجال القسر للنموذج العالمى للمناخ GCMولكن من الممكن أن يؤدى إلى إضافة معلومات مناخيه مهمة إلى النموذج العالمى لذا فإنه يجب الأخذ فى الاعتبار دائماً أن نبدأ بمراجعة مجالات نواتج النموذج العالمى خاصة بالنسبة للحدود الجانبية للنموذج الإقليمى قبل عمل تجارب تشغيلية له.

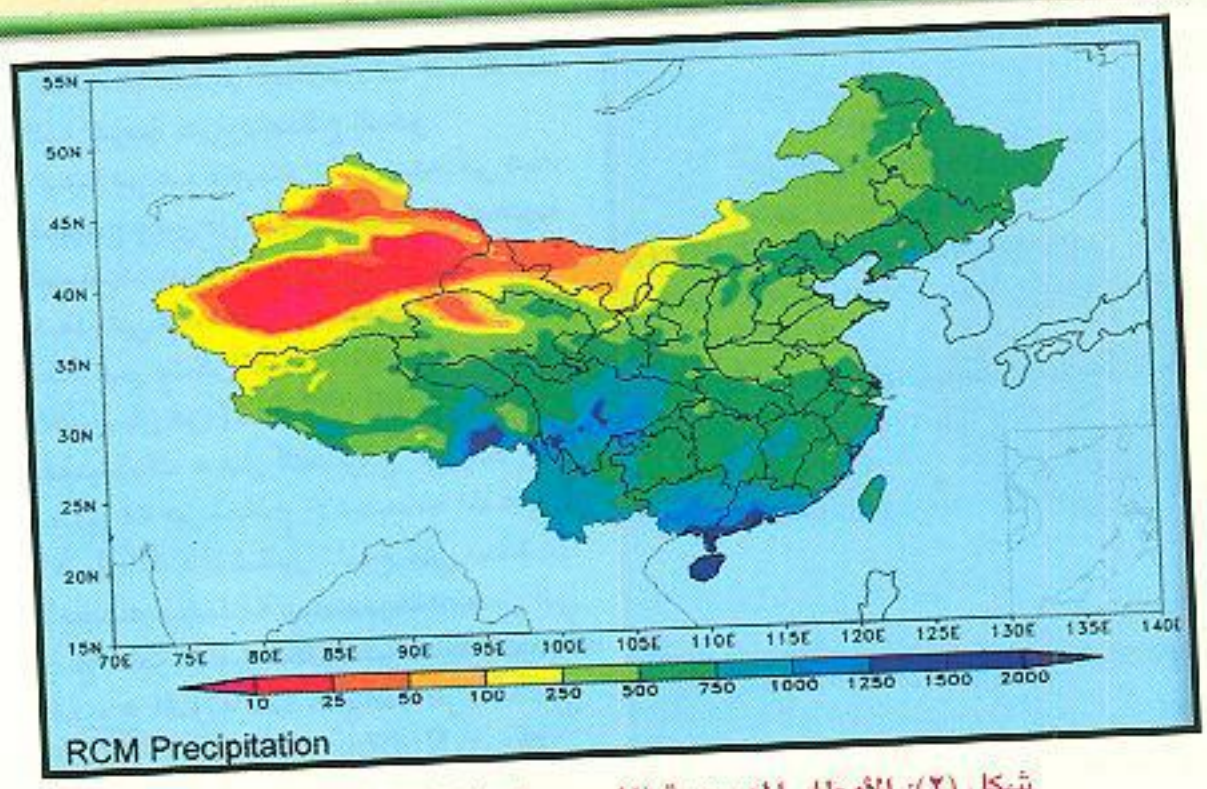
لقد تم تطوير عشرات من انظمة نماذج المناخ الإقليمية فى المعامل فى جميع انحاء العالم وايضاً قد تم عمل مشاريع مقارنات لها فى مناطق عديدة (Takel et al., 2007) هذه المشاريع سمحت لنا بفهم أحسن مجموعة من التقنيات ذات علاقة باختيار النطاق والمعالم الفيزيائية المستخدمة للتقنيات المختلفة لتمثيل القسر الناتج عن تاثير الحدود الجانبية (LBC) على المتغيرات المناخية داخل النموذج والفروق بين الاستبانة المثالية لحقول القسر ونتائج النموذج وإمكانية تطبيق النموذج فى أكثر من إقليم. ينظر إلى النماذج المناخية الإقليمية (RCM) على أساس انها قد حسنت تمثيل

تفاصيل التوزيعات المناخية والحالات الحرجة بالمقارنة مع النماذج العالمية للمناخ.

(نتيجة القسر الناتج عن الطبوغرافيا المركبة والخطوط الساحلية) أنظر شكل ٢ (Giorgi,2006) بالإضافة إلى أن تمثيل النموذج المناخى الإقليمى يمكن تشغيله من بضع عشرات من السنين لمائة سنة على نقاط شبكية تصل إلى عشرات الكيلومترات أو أقل موضحة مدى تأثير القسر الناتج عن الاستبانه على نواتج التغييرات المناخية (Gao et al., 2006)

يوجد فى الوقت الحالى محاولات بحثيه عديدة لعمل ازدواج بين النماذج المناخية الإقليمية للغلاف الجوى ونماذج أخرى تعتبر من مركبات النظام المناخى (على سبيل المثال المناطق الإقليمية للمحيطات خاصة الجليد البحرى، الكيمياء الجوية والأيروسولات ونماذج الغلاف الجوى) وفى الفترة الاخيرة فإن أحد التطبيقات الجديدة لنماذج المناخ الإقليمية هى استخدامها فى عمل الدراسات الخاصة بالتنبؤات الفصلية (Wang et al., 2004) توجد مجموعة من البحوث المنشورة والمتاحة عن تطور النماذج المناخية الإقلمية وتطبيقاتها (Giorgi and Mearns, 1991; 1999; McGregor, 1997; Leung et al.,2003; Wang et al., 2004; Giorgi, 2006)

إن الإستراتيجية الأساسية فى عملية التدقيق الإحصائى (Hewitson and Crane, 1996) هى تطوير علاقات إحصائية بين العناصر المراد التنبؤ بها فى أماكن محدده على سبيل المثال الأمطار وعناصر أخرى يمكن الحصول عليها كنواتج للنموذج العالمى مثل ارتفاع مستوى ٥٠٠ هـ.ب هذه العلاقات يمكن بنائها باستخدام البيانات المقاسة ثم يمكن تطبيقها على تمثيل البيانات المستقبلية لنموذج عالمى مناخى مزدوج بين الغلاف الجوى والمحيط AOGCM للحصول على معلومات عن التغييرات المناخية المحلية وبالرغم من أن هذه هى الفلسفة الأساسية للتدقيق الإحصائى فإنه توجد بعض التغييرات الأخرى المتاحة (Giorgi et al., 2001;



شكل (٢): الأمطار الموسمية (المرصودة والمحاكاة) على الصين (مايو - سبتمبر)

Christensen et al., 2007).

تعتمد طريقة التدقيق الإحصائى على أن العلاقات الإحصائية التى تم تطويرها من معلومات المناخ الحالى صالحة تحت أوضاع مناخية مختلفة (Hewitson and Crane, 1996) هذه الفرضية من الصعب التحقق منها حيث الأوضاع الناجمة عن القسر الناتج عن غازات الصوبة من المحتمل أن تكون مختلفة بشكل أساسى عن البيانات المسجلة والتى استخدمت فى تطوير نماذج التدقيق الإحصائى. الفرضية الثانية الرئيسية فى هذه النماذج أن العناصر التى يتم التنبؤ بها يجب أن تمثل تماماً مؤشرات التغيير المناخى والتى قد تتطلب حزمة من العناصر المركبة والتى يمكن التنبؤ بها والتى تعتمد على الهدف المحدد من التنبؤ المناخى.

إن تقنية التدقيق الإحصائى لا تستلزم أجهزة حاسب ضخمة مما يجعل استخدام تطبيقاتها بشكل أسهل مع مخرجات النماذج العالمية للمناخ بالإضافة إلى ميزتها الأكبر بأنها توفر معلومات محلية أو معلومات تخدم هدف محدد فى إيجاد معلومات مرتبطة بتأثير التغيير المناخى والتى من الصعب الحصول عليها من النماذج العددية لكن هذه النماذج تتطلب وفرة من القياسات المتاحة ولفترات كبيرة لتكوين قاعدة بيانات جيدة لتطوير علاقات إحصائية قوية.

توجد فى الوقت الحالى مجموعة ضخمة من طرق نماذج التدقيق الإحصائى تحتوى على نماذج الانحدار، جداول تصنيف الطقس، الشبكات العصبية، طرق التماثل وطرق مقاييس التوزيعات.

Giorgi et al., 2001; Christen-) (sen et al., 2007. إن إتاحة عدد ضخم من طرق التدقيق الإحصائى يجعل عملية التقييم لها من الموضوعات الصعبة حيث أن هذه النماذج مرتبطة بتطبيقات محددة ولكن هذه الطرق قد تم تطويرها بشكل كبير للدرجة التى تسمح لنا فى هذا الوقت باستخدامها فى مدى كبير من دراسات تأثيرات التغييرات المناخية فى المدى المحلى والإقليمى (Christensen et al., 2007) كما أمدنا (Wilby et al., 2004) بمناقشات موسعة عن الموضوعات التى تكون فيها التطبيقات محددة ومخصصة.

استخدام أدوات الأقلمة للتزود بالمعلومات المناخية المطلوبة لدراسات تقييم التأثيرات وعمليات التكييف.

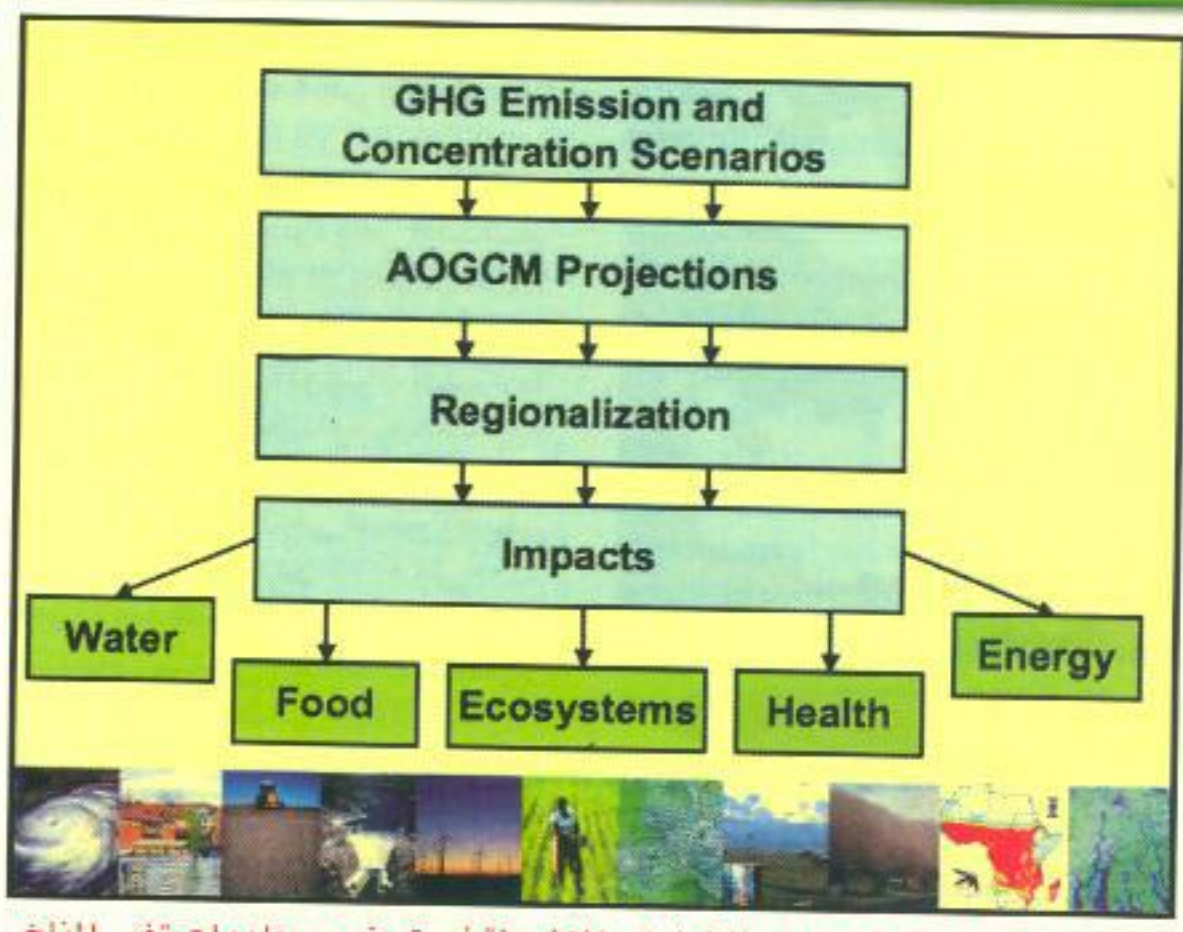
لقد تطورت جميع طرق الأقلمة وزادت استخداماتها فى مدى كبير من التطبيقات من دراسة العمليات الجارية

إلى التغييرات المناخية وتمثيل المناخ فى العصور القديمة.

شكل رقم (٣) يوضح تتبع الخطوات اللازمة لأقلمة سيناريو تغيير مناخى لاستخدامها فى دراسات تقييم التأثيرات (Giorgi 2005) أولاً يتم استخلاص إنبعاثات غازات الصوبة وعمل سيناريو لتركيزاتها بناءاً على فرضية التطور الاجتماعى والاقتصادى أو سيناريوهات الهدف الثابت. هذه السيناريوهات بالتتابع يتم تغذيتها إلى النموذج الكوكبى المناخى المزدوج بين الغلاف الجوى والمحيطات AOGCM لإنتاج تمثيل تتابع التغيير المناخى خلال القرن الواحد والعشرين أو بعد ذلك. التوزيعات الناتجة من هذه النماذج يتم استخدام معلوماتها فى أدوات الأقلمة لإنتاج معلومات يمكن استخدامها فى نماذج التأثيرات وأخيراً عمل خطط التكييف.

إن كل خطوة من العمليات السابقة تتسم بدرجة محددة من عدم اليقين والتى تتجمع فى عمليات متتابعة من خطوة إلى الأخرى التى تليها. إن أكبر مصادر عدم اليقين هى الناتجة من استخدام سيناريوهات مختلفة لإنبعاثات غازات الصوبة والتغيير فى تراكيب النماذج المختلفة الكوكبية بالإضافة إلى الطرق العديدة لعملية الأقلمة ونماذجها (Giorgi 2005) ونتيجة لهذه العمليات المتتابعة فإن درجة عدم اليقين المتعلقة بالإسقاطات الإقليمية تعتبر عالية جداً وتتحقق لعدد محدود من المناطق الوضع الذى يجعلنا نتساءل : هل نحن فى الوقت الحالى موقنون من إسقاطات التغيير المناخى المنتج من النماذج الإقليمية (Giorgi et al., 2001; Christensen et al., 2007).

يواجه مستخدمى تقنية الأقلمة موضوعين حرجين وهما القيمة المضافة نتيجة استخدام أداة الاقلمة والأخرى هى اختيار الوسيلة المستخدمة فى الأقلمة لو أخذنا فى الاعتبار الموضوع الأول فإنه لتطبيق معين نحتاج إلى التحديد الدقيق لما إذا كانت عملية التدقيق يمكن أن تمدنا بمعلومات مفيدة، إن تحسين التنبؤ هذا ممكن خاصة فى المناطق ذات الطبيعة الطبوغرافية المعقدة أو فى دراسة الحالات الحرجة وفى تطبيقات أخرى



شكل (٣): وصف تخطيطى للخطوات المتضمنة فى تحضير معلومات تغير المناخ التى يمكن استخدامها فى تقييم الأثر الإقليمى عبر أساليب الأقلمة

يمكن استخدام المعلومات الناتجة من النموذج الكوكبى مباشرة.

والموضع الثانى وهو استخدام تقنيات مختلفة للأقلمة تتيح لنا فرص مختلفة لإمدادنا بالمعلومات المحددة للتطبيقات المختلفة المطلوبة وحسب الإمكانيات الحاسوبية المتاحة. وبالرغم من قلة المقارنات المتاحة عن طرق الأقلمة المستخدمة فإن التجارب القليلة تفيد بأن طرق الأقلمة الديناميكية والإحصائية تظهر تطابق كبير فى تمثيل المناخ الحالى، ولكن تمثيل التغيير المناخى المستقبلى قد يكون مختلف بشكل كبير عند استخدام التدقيق الإحصائى وذلك لاستخدام متغيرات محددة وفرضيات وعلاقات إحصائية استخدمت أصلاً بالنسبة للبيانات القديمة.

ما الذى يتوقعه المستخدم النهائى للطرق المختلفة للنماذج التى تعتمد على الأقلمة هل هى تتبع زمنى لتوزيعات عناصر المناخ الأساسية (مثل درجات الحرارة، الأمطار، والرياح) فى مقياس زمنى يصل إلى جزء من اليوم واستبانه معقولة للقرن الواحد والعشرين بالكامل، أو فترات محددة منه. إن المتبع فى الوقت الحالى أن الاستبانة من النماذج الفيزيائية للأقلمة هى بضعة عشرات قليلة من الكيلومترات وإذا أردنا الوصول إلى استبانه أعلى فيجب استخدام نماذج المناخ الإحصائية للأقلمة للوصول إلى استبانه تصلح للمستوى المحلى واستنتاج سلسلة زمنية من المتغيرات المناخية.

لو أخذنا فى الاعتبار هذه النقاط السابقة فإنه يمكننا مناقشة هل التنبؤ المناخى المثالى هو استخدام عدد مركب من تقنيات الأقلمة على سبيل المثال فإنه يمكن استخدام التدقيق العالى للدورة العامة للغلاف الجوى، الشرائح الزمنية AGCM للحصول على معلومات ذات استبانه متوسطة من النموذج الكوكبى للمناخ المزدوج بين الغلاف الجوى والمحيط AOGCM ثم تستخدم هذه المعلومات كمرحلة انتقالية فى النماذج «درجة الاستبانة المتغيرة للنماذج العالمية VarGCM»، أو النموذج «المناخى الإقليمى RCM» والذى يمكن عن طريقه إنتاج معلومات مناخية ذات استبانه عالية تمدنا بوسيلة أكثر تفصيلاً وأكثر تناسقاً للمعلومات المناخية والتى يمكن استخدامها بعد ذلك فى عملية التدقيق الإحصائى الذى يعطينا معلومات يمكن

استخدامها بدرجة ثقة عالية فى دراسات تقييم الآثار الناجمة عن التغييرات المناخية.

شكل رقم (٤) يوضح مثال على ذلك بدون الخطوة الأخيرة وهى التدقيق الإحصائى SD(Diffenbaug et al., 2007) والشكل يوضح التغيير فى عدد حدوث مؤشرات الموجات الحرارية الخطيرة (مقياس الموجات شديدة الحرارة تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة النسبية) على البحر الأبيض المتوسط للفترة من ٢٠٧١ إلى ٢١٠٠ بالمقارنة مع الفترة من ١٩٦١ إلى ١٩٩٠ باستخدام سيناريو الانبعاث A2للتقرير العالمى المناخى الثالث (IPCC 2000) وقد تم الحصول عليه أولا باستخدام التدقيق العالى للدورة العامة للغلاف الجوى AGCMواستخدام درجة حرارة سطح البحر من نموذج مناخى كوكبى مزدوج بين الغلاف الجوى والمحيطات AOGCMوقد استخدمت التوزيعات الخاصة بالنموذج AGCM لتغذية الحدود لنموذج مناخى إقليمى باستبانة ٥٠كم على نقط شبكية ومن هذا التوزيع تم تدقيق أكثر باستخدام نموذج مناخى وتم تغذية الحدود من النموذج الأول حيث وصلت الاستبانة إلى ٢٠ كم على نقط شبكية. إن أهم مفهوم بالنسبة للشكل رقم (٤) أن هذا التدقيق المتتابع يمكن أن يمدنا بمعلومات ذات قيمة عن الموجات الحرارية (انظر على سبيل المثال فى الشكل الخطوط الحادة للمناطق الساحلية) والتى يمكن استخدامها فى عمليات التكييف المناسبة.

شكل (٥) يبين مثال آخر على تطبيقات الأقلمة وقد تم فيه استخدام الأقلمة بنموذج التدقيق الإحصائى لمجموعة من النماذج الكوكبية المزدوجة بين الغلاف الجوى والمحيط لعمل خرائط عن التغيير فى الأمطار على أفريقيا خلال شهور يونيو ويوليو وأغسطس. هذا المثال خاصة يبين مقدرة التدقيق الإحصائى فى التعامل مع خرج نماذج كوكبية مختلفة.

الإمكانيات والاحتياجات المستقبلية لاستخدام تقنيات الأقلمة فى دراسات التغيير المناخى

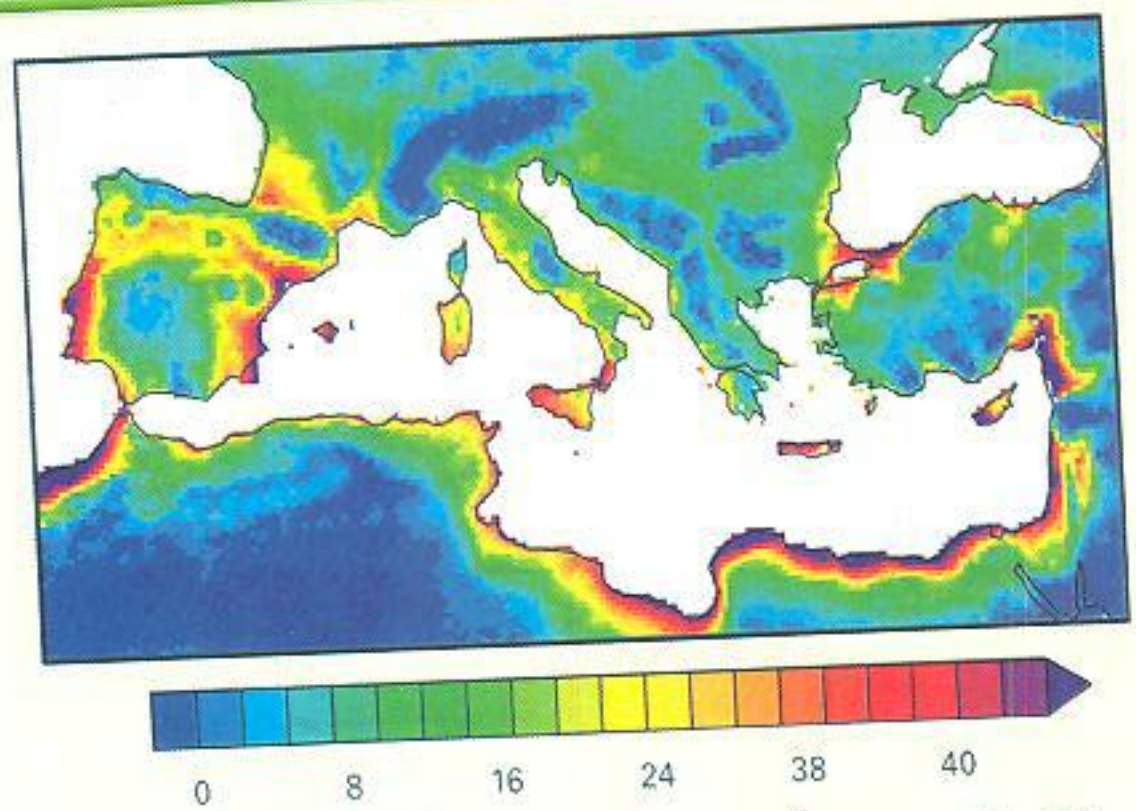
إن أدوات الأقلمة فى الوقت الحالى أصبحت أساسية ورسخت مفاهيم بحوث التغيرات المناخية فمعظم تقنيات الأقلمة لا تحتاج إلى كمبيوترات ضخمة فى الوقت الحالى ولكن يمكن تشغيلها على حاسبات شخصية أو كلاستر ذو عدد محدود من المعالجات وهذا يدعو إلى استخدامها بشكل واسع ومن ناحية فإن هذا الانتشار يساعد على فهم أحسن وتقييم لتطبيقات النماذج ومن ناحية أخرى يتطلب تركيز أكبر على خصائص متطلبات التطبيقات.

ما هى الاحتياجات التى يجب أن نركز عليها عندما نزيد من استخدام تقنيات الأقلمة ؟

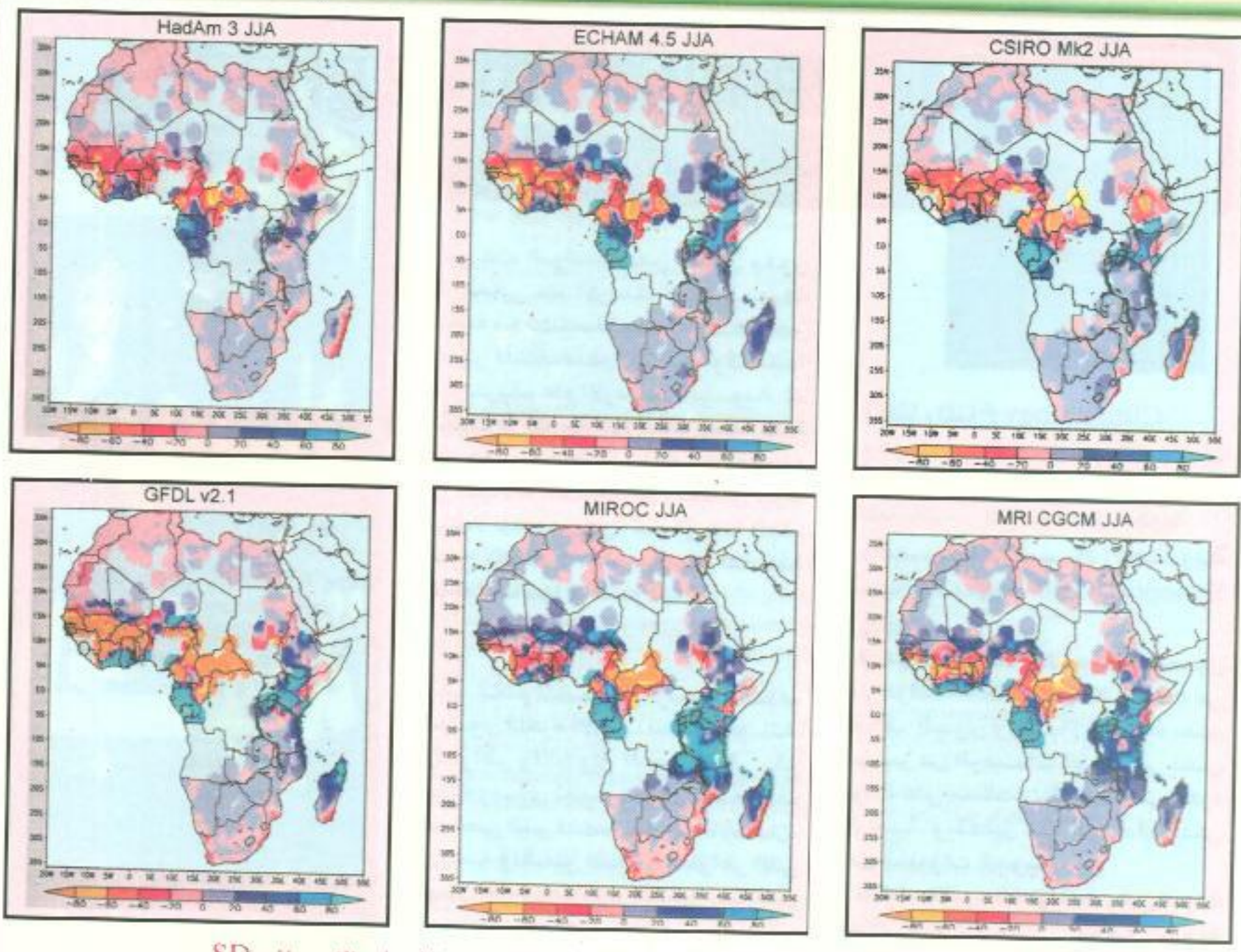
أولاً التأكد من وجود قاعدة بيانات مدققة للرصدات يمكن استخدامها للتحقيق ومعايرة النماذج الديناميكية والإحصائية المستخدمة.

فى الوقت الحالى نستطيع تشغيل نماذج المناخ الإقليمية حتى استبانة تصل إلى ١٠ كم أو أقل على نقط شبكية ونماذج الأقلمة الإحصائية يمكن استخدامها حتى تصل إلى التدريج المحلى. بالإضافة إلى الإحتياجات المتزايدة لتطبيقات هذه النماذج لكل المناطق فى العالم بما فى ذلك المناطق النائية والمناطق الجبلية وهذا يتطلب قاعدة بيانات عالية الجودة وذات استبانة عالية تغطى العالم لاستخدامها فى التحقق من النماذج الديناميكية واختبار النماذج الإحصائية ومعايرتها. وفى هذا الخصوص فإن شبكة الرصد المناخى العالمى GCOSالتابعة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية يمكن أن تعتبر الإطار الأساسى لتحسين جودة قاعدة البيانات الرصديه فى الوقت الحالى.

إن الهدف الذى تم التوصل إليه بالنسبة للنماذج الفيزيائية بسرعة وهو الوصول إلى استبانة افقية تصل إلى ١٠ كم أو اقل هذه الاستبانة فى بعض النظم الموجودة حالياً نحتاج إلى زيادتها للمركبات الديناميكية والفيزيائية ولو فكرنا مليا فسنجد أن النماذج (AGCMs. VarGCMs, RCMs) تستخدم فرضية التقريب الهيدروستاتيكى ويتم استخدام نظام لتيارات الحمل يعتمد على الفصل الواضح بين التدريج الخاص بالسحب وتدريج النقط الشبكية للنموذج لا توجد اى فرضية من ذلك تتحقق مع الاستبانة الأفقية التى تصل إلى ١٠ كم أو أقل. أيضاً فإن الطبقة الحدية من الغلاف الجوى قد تحتاج إلى رفع الإستبانة بشكل مماثل، فى السنين القليلة القادمة سوف تشاهد مجهودات متميزة فى تطور النماذج.



شكل (٤): محاكاة حدوث زيادة كبيرة فى الأيام التى ترتفع فيها دليل الحرارة لدرجة الخطر باستخدام نموذج المناخ الإقليمى



شكل (٥): محاكاة للتغير فى الأمطار فوق أفريقيا ناتج من النموذج الإحصائى SD
(يونيو - يوليو - اغسطس)

إن فهم عدم اليقين المصاحب لعمليات أقلمة التغيير المناخى يعتبر حجر الزاوية للمعلومات التى يتم عن طريقها قياس التاثير الكمى للتغير المناخى (Giorgi,2005) كما نوهنا سابقاً فإن المصدر الأساسى لعدم اليقين هو استخدام نماذج مختلفة لأدوات الأقلمة. إن تقييم عدم اليقين يتطلب التعاون والتكامل لاستخدام التنبؤ المناخى بالمجموعات لتمثيل السيناريوهات المختلفة للتغير المناخى سواء النماذج أو الأدوات. هذا التعاون ليس سهلاً من خلال البحوث الإقليمية وذلك لأنه غالباً ما يكون المشاركون المختلفون لهم اهتمامات مختلفة وأيضاً يهتمون بمناطق مختلفة وفى هذا السياق فإن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية يمكنها القيام بدور محورى وهام فى توفير فرص التفاعل بين المجموعات المختلفة العاملة فى مجال النمذجه لبناء إطارات مشتركه لعمل المقارنات والربط بين الطرق والأدوات.

أخيراً فإن أدوات الأقلمة تستطيع أن تلعب دور أساسى ومباشر لاحتواء العلماء من الدول النامية فى حلبة نمذجة التغيرات المناخية (Huntingford and Gash,2005). وهذه الدول هى الأكثر تاثرا بالتغيرات المناخية ولهذا فإنها تحتاج بشكل كبير لعمل سياسات للتكيف. يجب على هذه الدول بناء قدرات داخليه للمعرفة آخذه فى الاعتبار تطور استخدام معلومات التغييرات المناخية التى لها تأثير مباشر على احتياجاتها الخاصة وهذا يتطلب مجهودات ضخمه فى مجال التعليم وعمل شبكات اتصال لفهم واستخدام جميع أنواع النماذج التى تم وصفها فى هذه المقالة وأيضاً كيفية استخراج المعلومات من النماذج المتاحة المستخدمة فى المشاريع العالمية لدراسة التغييرات المناخية. ويمكن الوصول لهذا الهدف عن طريق المشاركة المنتظمة فى التدريب وورش العمل والتعاون المشترك سواء بين الجنوب والجنوب أو بين الجنوب والشمال. بالرغم من أن هذه المحاولات موجودة الآن أنظر (Pal et al.,2007; http://www.aiaccproject.org/; http://precis.metoffice.com/) فإن دور المنظمة العالمية للأرصاد الجوية يعتبر أساسياً فى هذا المجال.