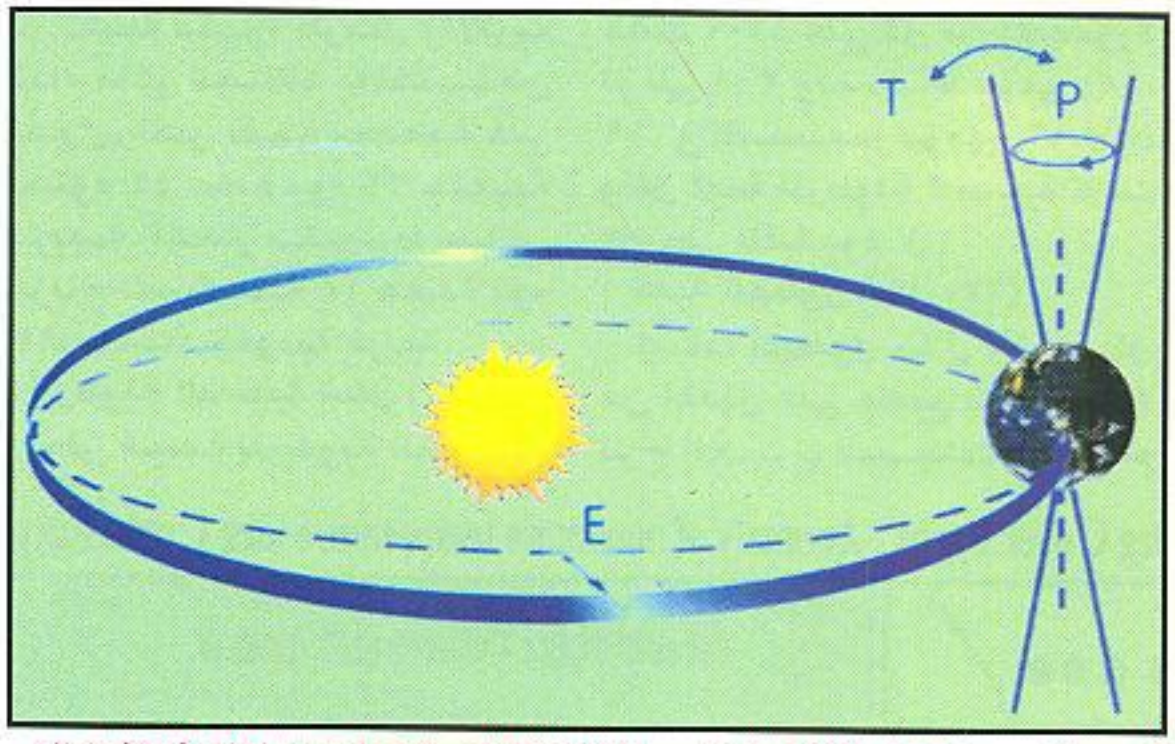
قاعدة العلوم الفيزيائية

العلاقة بين تغير المناخ والطقس

إعداد:
أسرة التحرير



الرسم ١. رسم حول التغيرات فى حلقات الأرض (دورات ميلانكوفيتش) التى أدت إلى دور العصر الجليدى. T يدل على (الانحناء) فى محور الأرض. E يدل على تغير الاختلاف المركزى للحلقة (بسبب التغيرات فى المحور الصغير لشكلها البيضاوى). P يدل على التغيرات فى اتجاه انحناء المحور فى نقطة معينة من الحلقة. المصدر رامسفورت وشالونبر (٢٠٠٦).

استكمالاً لما طرحناه من أسئلة من العدد السابق

أولاً: ما الذى تسبب بالعصور الجليدية والتغيرات المناخية الهامة الأخرى قبل الثورة الصناعية؟

لقد تبدل المناخ على الأرض فى مختلف الأوقات بما فيها فترات لم يكن يؤدى الإنسان خلالها أى دور. وحصل تطور كبير فى معرفة أسباب التغيرات المناخية وآلياتها. وكانت التغيرات فى ميزان الأرض الإشعاعى السبب الرئيسى خلف التغيرات المناخية، ولكن أسباب هذه التغيرات مختلفة ومتعددة وهى: العصور الجليدية والحرارة فى زمن الديناصورات وتقلبات الألفيات السابقة. وينبغى تفصيل كل سبب من الأسباب على حدة يمكن القيام بهذا الأمر بمصداقية فى هذه الأيام، إذ بات مستطاعاً تجسيد عدد كبير من التغيرات السابقة بواسطة نماذج تحليلية.

يتحدد المناخ العالمى من خلال ميزان الإشعاع الأرضى يمكن أن يتغير الميزان الإشعاعى وبالتالى يتغير المناخ من خلال ثلاث طرق هى: أولاً، التغير فى الإشعاع الشمسى الوارد «من خلال التغيرات فى حلقة الأرض أو فى الشمس بحد ذاتها»، ثانياً: التغيرات فى كسر الإشعاع الشمسى المعكوس «ويسمى هذا الكسر البياض، ويمكن أن ينتج هذا التغير من جراء التغيرات فى غلاف السحب أو فى سلائف صغيرة تدعى الهباء الحيوى أو فى غطاء الأرض»، ثالثاً: تبدل الطاقة الطويلة الموج المنعكسة مجدداً إلى الفضاء «من خلال التغيرات فى تركيزات غاز الدفيئة مثلاً». ومن جهة أخرى، يعتمد المناخ المحلى على كيفية توزيع الحرارة من قبل الغيوم وعلى تيارات المحيط وقد أدت هذه العوامل كلها دوراً فى التغيرات المناخية السابقة.

فى البداية العصور الجليدية:

نشأت العصور الجليدية وتلاشت فى دورات طبيعية على مدى ٣ ملايين سنة خلت. وتدل حقائق قوية على ارتباط هذه العصور بالتقلبات الدورية لحلقات الأرض حول الشمس، وتعرف هذه الأخيرة باسم دورات ميلانكوفيتش «راجع الرسم١» تبدل هذه الحلقات كمية الإشعاع الشمسى الوارد إلى كل خط عرض فى كل موسم «ولكنها بالكاد تؤثر على النسبة السنوية العالمية». ويمكن قياسها بواسطة بعض التحديدات الفلكية. لا يزال النقاش دائراً اليوم حول كيفية حصول العصور الجليدية وانتهائها ولكن تفيد دراسات عدة بأن كمية سطوح الشمس فى الصيف فى القارات الشمالية هامة جداً، فإذا لم تصل هذه الكمية إلى القيمة الخطر سيؤدى ذلك إلى عدم ذوبان الثلج المتراكم من الشتاء الماضى خلال الصيف وسيبدأ الغلاف الجليدى بالنمو وبالتالى سيتراكم الثلج. وتؤكد نماذج المناخ المركبة إمكانية بدء العصر الجليدى بهذه الطريقة فى حين تم استخدام نماذج بسيطة مفهومة بغية تجسيد بدء هذه التجلدات بالاستناد إلى التغيرات فى الحلقات. وستحد المرحلة الثانية من تقلص التشميس فى الصيف فى المناطق الشمالية المشابهة لتلك التى حصلت فى العصور الجليدية السابقة بعد ٣٠ ألف عام.

وأدى ثانى أكسيد الكربون دوراً فى الغلاف الجوى فى العصور الجليدية على الرغم من عدم كونه مسببها الرئيسى. وتدل المعلومات حول القلنسوة الجليدية فى القطب الجنوبى إلى أن تركيز ثانى أكسيد الكربون كان قليلاً فى الفترات الجليدية الباردة «~١٩٠ جزءاً بالمليون» فى حين كان عالياً فى الفترات البينية الجليدية الحارة «~٢٨٠ جزءاً بالمليون». ويتبع ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى تغيرات الحرارة فى القطب الجنوبى بفارق مئات السنين.

تحصل التغيرات المناخية فى بداية العصور الجليدية وفى نهايتها وتتطلب مئات السنين لتأخذ مجراها، ولهذا السبب تتأثر معظم التغيرات المناخية بالتأثير التفاعلى الإيجابية لثانى أكسيد الكربون. وبنتيجة هذا التأثر، يتعزز التبريد الأولى البسيط بفضل دورات ميلانكوفيتش فى حين ينخفض تركيز ثانى أكسيد الكربون. وبالتالى تنتج نماذج المناخ المركب نتائج واقعية عندما يتم استخدام ثانى أكسيد الكربون كمسبب.

خلال العصر الجليدى الأخير، حصل أكثر من عشرين تبدلاً مناخياً مفاجئاً ودرامياً برز بشكل ملحوظ فى تسجيلات المحيط الأطلسى وتختلف هذه التبدلات عن التجلدات فى دورات الفترات البينية الجليدية. وعلى الأرجح يبدو أنها لا تؤدى إلى تغيرات واسعة فى الحرارة النسبية العالمية: لا تتزامن التغيرات فى غرينلاند والقطب الجنوبى فى حين أنها متزامنة فى شمال وجنوب المحيط الأطلسى. وتدل هذه النتيجة على أن هذه التغيرات لا تحتاج إلى تغير كبير فى ميزان الإشعاع العالمى بل تكتفى بإعادة توزيع الحرارة داخل نظام المناخ. ومن المؤكد أن التبدلات فى دوران المحيط وفى نقل الحرارة يمكن أن تشرح عدداً كبيراً من مميزات هذه الظواهر المفاجئة. تظهر المعلومات حول ترسبات الأنهار ونماذج تركيب المناخ أنه كان بالإمكان حدوث بعض هذه التغيرات من جراء عدم الاستقرار الموجود فى الغلافات الجليدية المحيطة بالمحيط الأطلسى آنذاك، ويفضى ذلك إلى تدفق الماء العذب فى المحيط.

وقد شهد تاريخ المناخ فترات أكثر حرارة، حصل معظمها منذ ٥٠٠ مليون سنة، ومن المرجح أن الأرض كانت خالية تماماً من الغلافات الجليدية فى تلك الفترة «يستطيع علماء الجيولوجيا تأكيد ذلك من خلال الآثار التى يتركها الجليد على الصخر»، على عكس ما هى عليه فى الوقت الحالى حيث يغطى الثلج غرينلاند والمحيط الأطلسى. وتعود المعلومات حول كثافة غاز الدفيئة إلى ملايين السنين، وبالتالى فإن التوصل إلى ما بعد القلنسوات الجليدية فى القطب الجنوبى غير مؤكد بعد. ولكن تفيد تحليلات بعض العينات الجيولوجية تزامن الفترات الدافئة الخالية من الجليد مع مستويات مرتفعة لثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. واستناداً إلى مقياس مليون عام، تغيرت مستويات ثانى أكسيد الكربون بسبب النشاط التكتونى، ما يؤثر على معدلات تبادل ثانى أكسيد الكربون بين الغلاف الجوى والمحيط على اليابسة.

تشكل التقلبات فى الطاقة الصادرة عن الشمس أحد أسباب التغيرات المناخية. تشير القياسات فى العقود القريبة إلى أن الصادرات الشمسية اختلفت قليلاً «نحو ٠,١ ٪» فى دورات مؤلفة من ١١ عاماً. وتدل البقع الشمسية «العائدة إلى القرن السابع عشر» والمعلومات حول النظائر الناتجة عن تأثير الإشعاع الكونى على حصول تغيرات بعيدة الأمد فى الحركة الشمسية. ويشير ترابط المعلومات ونموذج المناخ المركب إلى أن التقلبية الشمسية الموجودة والنشاط البركانى كانا من الأسباب المؤدية إلى التقلبات المناخية خلال

الألفية قبل بدء الحقبة الصناعية.

تسلط هذه الأمثلة الضوء على التغيرات المناخية المختلفة فى الماضى وأسبابها المختلفة. والحقيقة هى أن العوامل الطبيعية تسببت بتغيرات مناخية فى الماضى لا تعنى أن التغير المناخى الحالى مرده طبيعى. وعليه، فإن وجود الصواعق المسببة للحرائق فى الغابات لا يفضى إلى القول إنه من المستحيل أن يكون سبب الحريق بعض المخيمين المهملين.

ثانياً: هل يعتبر تغير المناخ الحالى غير اعتيادى مقارنة بالتغيرات السابقة التى حدثت فى تاريخ الكرة الأرضية؟

تغير المناخ فى جميع السنوات طوال تاريخ الكرة الأرضية، وتعتبر بعض مظاهر تغير المناخ الحالى اعتيادية، أما بعضها الآخر فيعتبر غير اعتيادى. وحققت تركيزات ثانى اكسيد الكربون الموجودة فى الغلاف الجوى رقماً قياسياً عالياً مقارنة بالنصف مليون سنة الماضية مسجلة بذلك معدلاً سريعاً واستثنائياً. أما درجات الحرارة العالمية الحالية فهى أكثر دفئاً من درجات الحرارة التى سجلت فى خلال القرون الخمسة الماضية، لا بل فى خلال أكثر من ألفية. وفى حال استمر الاحترار على ما هو عليه اليوم، فستكون لتغير المناخ فى خلال هذا القرن نتائج غير اعتيادية على الأصعدة الجيولوجية. ويعتبر السبب فى تغير المناخ مظهراً آخر من مظاهر تغير المناخ الحالى، كون تغيرات المناخ السابقة كانت طبيعية المنشأ، أما معظم الاحترار الذى سُجّل فى خلال الخمسين سنة الماضية فمرده الأنشطة البشرية.

ويجب تسجيل ثلاثة اختلافات عندما تتم مقارنة تغير المناخ الحالى مع المناخ السابق أى الطبيعى المنشأ. أولاً: يجب تحديد العامل المتقلب الذى تتم مقارنته، هل هو تركيز غاز الدفيئة أو درجة الحرارة أو بعض معايير المناخ، وهل يركز هذا العام على القيمة المطلقة أم على معدل التغير؟

ثانياً: من الضرورى التمييز بين التغيرات المحلية والتغيرات العالمية. فغالباً ما تكون تغيرات المناخ المحلية أوسع من التغيرات العالمية كون العوامل المحلية كالتغيرات فى دوران المحيطات والغلاف الجوى يكمن فى تحول اتجاه وصول الحرارة أو الرطوبة من مكان إلى آخر فضلاً عن تغيير التغذية المرتدة المحلية كالتغذية المرتدة للجليد البحرى. ومن جهة أخرى، تتطلب التغيرات الواسعة فى نسب درجات الحرارة العالمية بعض المجهود العالمى كتغير تركز غاز الدفيئة أو النشاط الشمسى.

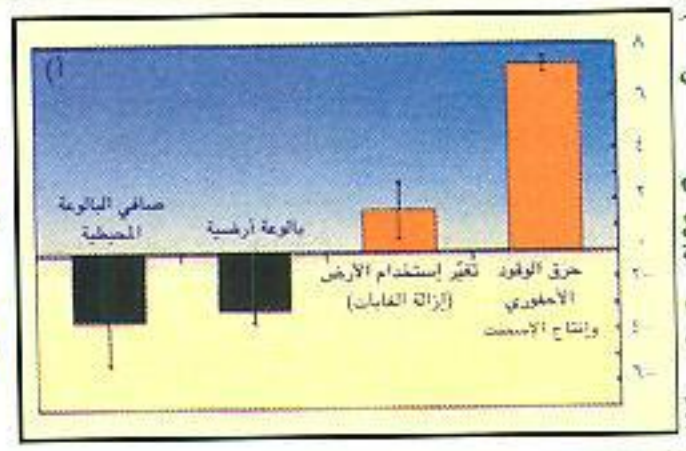
ثالثاً: من المهم التمييز بين الأطر الزمنية. فمن الممكن أن تكون تغيرات المناخ عبر ملايين السنين أكبر ولها أسباب مختلفة كالإنجراف القارى مقارنة بتغيرات المناخ فى خلال مئة عام.

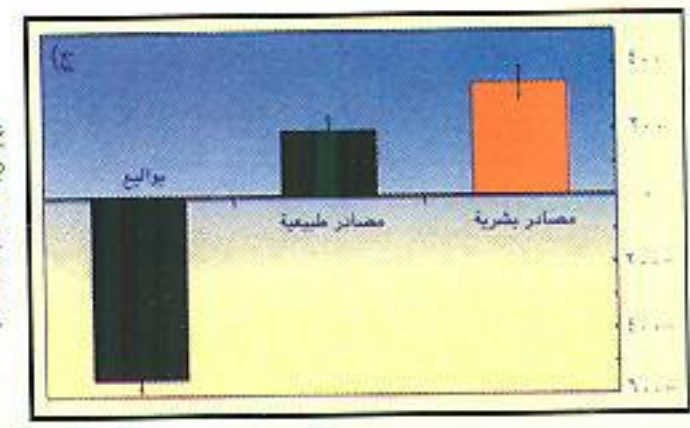
ويعزى السبب الرئيسى للقلق الحالى على تغير المناخ إلى ارتفاع نسبة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فضلاً عن زيادة بعض غازات الدفيئة، وهو أمر غير اعتيادى بالنسبة إلى الزمن الرابع الكواتيرنى أى فى خلال مدة المليونى عام الماضية. ويعرف حالياً تركيز ثانى أكسيد الكربون بشكل دقيق عبر الـ ٦٥٠٠٠٠ سنة الماضية من خلال العينات الجليدية الجوفية أنتاركتيكا. وتفاوت تركيز ثانى أكسيد الكربون فى خلال هذه الفترة بين ١٨٠ جزءاً فى المليون خلال الأزمنة الجليدية الباردة و٣٠٠ جزء فى المليون خلال الاحترار بين عصرين جليديين. وقد ارتفع بشكل سريع فى خلال القرن الأخير حتى بلغ حالياً ٣٧٩ جزءاً فى المليون. ومن باب المقارنة أن ارتفاع نسبة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٠ جزءاً فى المليون خلال نهاية العصر الجليدى الماضى قد استغرق تقريباً أكثر من ٥٠٠٠ عاماً. وسجلت نسب أعلى من النسب الحالية خلال عدة ملايين من السنوات. وتشكل درجة الحرارة متقلباً يصعب إعادة تصويبه مقارنة بإعادة تصويب ثانى أكسيد الكربون وهو غاز مخلوط بشكل جيد، لأنها غير متوفرة بالنسب نفسها فى أنحاء الكرة الأرضية بحيث يكون تسجيل درجة الحرارة محدوداً مثل عينة جوفية من الجليد القطبى. ومن الممكن أن تبلغ تقلبات درجات الحرارة المحلية، بما فى ذلك تلك التى سجلت خلال القرون السابقة، عدة درجات مئوية، وهى تساوى ٠.٧ درجة مئوية أعلى من نسبة الاحترار العالمى على مر القرون السابقة.

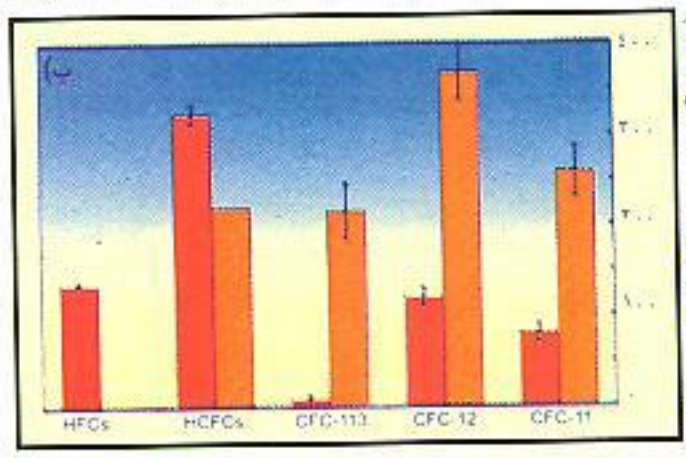
ويعتبر التحليل الذى أجرى على صعيد معدلات النطاق الواسع أى على المستوى العالمى أو النصف الكروى، أكثر إفادة بالنسبة إلى التغيرات العالمية، بحيث يكون التقلب المحلى متساوياً وتكون التقلبية أقل، وتعود التغطية الكافية التى تتم من خلال التسجيلات عن طريق الآلة إلى حوالى ١٥٠ عاماً فحسب.

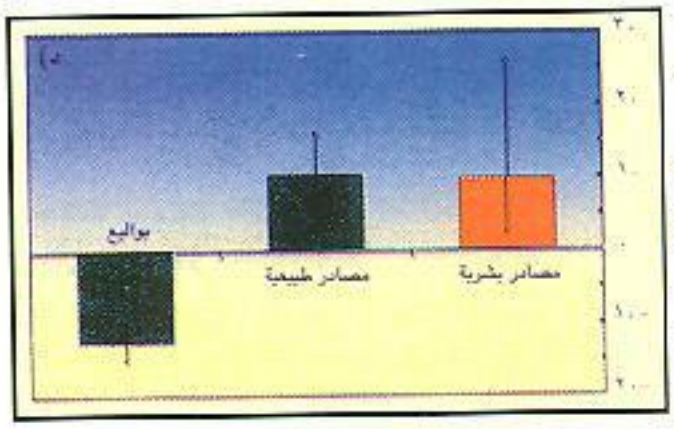
وبالعودة إلى الماضى، يعود تجميع البيانات غير المباشرة من حلقة شجرية ومن عينة جوفية من الجليد القطبى «إلخ». إلى آلاف السنين مع انخفاض الغطاء الفضائى فى فترات سابقة، فى الوقت الذى تبرز فيه الاختلافات بين هذه التحليلات وتبقى بعض الشكوك المهمة موجودة، وجدت

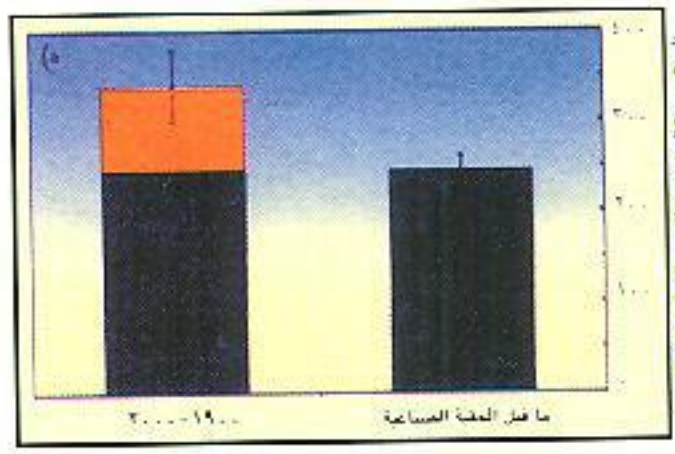
جميع التحليلات التى نشرت أن درجات الحرارة كانت دافئة فى خلال القرون الوسطى ومن ثم بردت فى خلال القرن السابع عشر والثامن عشر والتاسع عشر ومن ثم دفئت سريعاً بعد ذلك. يبقى مستوى احترار القرون الوسطى غير أكيد ولكن من الممكن أن يكون قد تم التوصل إليه مرة أخرى فى منتصف القرن العشرين، لأنه فى تزايد مستمر منذ ذلك الوقت. كما تدعم هذه النتائج وضع النماذج المناخية. وقبل ألفى عام، لم يتم تكديس تغيرات درجات الحرارة فى معدلات على صعيد واسع، لكنها لا تقدم أى دليل على ارتفاع نسب درجات الحرارة العالمية السنوية الحالية والعائدة إلى زمن الهولوسين أى إلى ١١٦٠٠ عام. وتتوفر دلائل قوية تشير إلى أن المناخ الأكثر احتراراً والمرفق بتقليص للعينات الجوفية من الجليد القطبى وبارتفاع مستوى البحر. هو الذى يسيطر منذ حوالى ٣ ملايين عام. ولذلك، يظهر الاحترار الحالى غير اعتيادى فى خلال الألفية الماضية، لكنه لا يظهر غير اعتيادى على المدى البعيد وتصبح التغيرات فى النشاط التكتونى الذى بإمكانه أن يؤدى إلى تغيرات بطيئة فى تركيز غاز











الرسم ٢. تحليل الإسهامات فى التغيرات فى تركيزات غاز الدفيئة الموجود فى الغلاف الجوى. من الرسم (أ) إلى الرسم (د) تظهر المصادر التى تسبب بها البشر باللون البرتقالى فيما تظهر المصادر الطبيعية والترسبات باللون الأخضر. فى الرسم (ه) تظهر نسب الأوزون التروبوسفيرى الذى يتسبب به البشر باللون البرتقالى فيما تظهر نسب الأوزون الطبيعى باللون الأخضر. (أ) مصادر ثانى أكسيد الكربون وترسباته (جيجا طن من الكربون). فى كل عام، ينبعث ثانى أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوى من جراء الأنشطة البشرية بما فى ذلك احتراق الوقود الأحفورى وتغير استخدام الأراضى. ويبقى ٥٧ إلى ٦٠٪ من ثانى أكسيد الكربون المنبعث من الأنشطة البشرية موجوداً فى الغلاف الجوى. ويذوب البعض فى المحيطات ويدخل البعض الاخر فى نمو النبات. وتعود التدفقات المتعلقة إلى التسعينيات. وإن الوقود الأحفورى وصهر الأسمنت والامتصاص الصافى للمحيط يتراوح من العام ٢٠٠٠ إلى العام ٢٠٠٥.
(ب) الإنبعاثات العالمية للمركب الكربونى الفلورى الكلورى والمركبات الاخرى التى تحتوى على الهالوجين للعام ١٩٩٠ (البرتقالى الفاتح) و٢٠٠٢ (البرتقالى الداكن). وينتج البشر هذه المواد الكيميائية حصرياً. وتضم المركبات الكربونية الفلورية الهيدروليجية الكلورية المركب الفلورى الهيدروليجى الكلورى - ٢٢- ١٤١ب و- ١٤٢ب فيما تضم المركبات الكربونية الفلورية الهيدروليجية المركب الكربونى الفلورى الهيدروليجى -٢٣، -١٢٥، -١١٣٤ و-١١٥٢. واحد جيجا غرام = ١٠٩ غرام (١٠٠٠ طن). (ج) مصادر الميثان وترسباته للفترة الممتدة بين العام ١٩٨٣ والعام ٢٠٠٤. تضم مصادر الميثان المتأتية من البشر إنتاج الطاقة وردم الأراضى والحيوانات المجترة كالماشية والخراف وزراعة الأرز وحرق الكتلة الإحيائية. واحد تيرا غرام = ١٠١٢ غرام (مليون طن). (د) مصادر أكسيد النتروز وترسباته. تضم مصادر أكسيد النتروز المتأتية من البشر تحول السماد النتروجينى إلى أكسيد النتروز وإنبعاثه من التربة الزراعية وحرق الكتلة الإحيائية والمواشى وبعض الأنشطة الصناعية بما فى ذلك صناعة النيلون. (ه) الأوزون التروبوسفورى فى القرن التاسع عشر والقرن العشرين وفى الفترة الممتدة بين العام ١٩٠٠ والعام ٢٠٠٠. يتسبب البشر بتزايد تكوين الأوزون التروبوسفيرى الناتج من تفاعلات الملوثات الكيميائية الموجودة فى الغلاف الجوى المنبعثة من حرق الوقود الأحفورى أو الوقود البيولوجى. وإن القيمة التى تسبق العصر ما قبل الصناعى.

الدفيئة، مناسبة.

ويشكل معدل الاحترار الحالى مشكلة أخرى. هل تم تسجيل تغيرات المناخ العالمى السريعة فى بيانات غير مباشرة؟ وسجلت أكبر نسبة فى تغيرات درجات الحرارةفى المليون سنة الماضية على صعيد الدورات الجليدية حيث انتقلت درجة الحرارة من ٤ درجات مئوية إلى ٧ درجات مئوية بين عصر جليدى ومرحلة ما بين عصرين جليديين. وكانت التغيرات المحلية أوسع بكثير بقرب الطبقات الجليدية القارية مثلاً. ومن جهة ثانية، تشير البيانات إلى أن الاحترار العالمى الذى حصل فى نهاية العصر الجليدى قد جرى بشكل تدريجى استغرق ٥٠٠٠ عام وبالتالى، من الواضح أن معدل تغير المناخ الحالى هو أسرع بكثير وغير اعتيادى مقارنة مع التغيرات الماضية، ولا تشكل تغيرات المناخ القاسية التى حصلت فى خلال العصور الجليدية أمثلة مضادة لأنها من المحتمل أن تكون قد حصلت بفضل تغيرات فى نقل درجة حرارة المحيط التى لا يمكن أن تؤثر على نسب درجات الحرارة العالمية.

وبالعودة إلى الماضى، وباستثناء بيانات العينات الجوفية من الجليد القطبى، فإن زمن انحلال الترسبات المركزية وغيرها من العوامل لا يؤدى إلى تحول هذه التغيرات بالسرعة التى يسجلها الاحترار الحالى. ولذلك، وعلى الرغم من أن تغيرات المناخ الواسع سجلت فى الماضى، لا وجود لأى دليل يثبت أن هذه التغيرات قد تمت بنسبة أسرع من الاحترار الحالى. وفى حال تحققت التوقعات فى أن يبلغ الاحترار ٥ درجات مئوية فى هذا القرن «المعدل الأعلى»، فعندها ستكون الكرة الأرضية قد اختبرت النسبة نفسها من الاحترار العالمى الذى عرفته فى نهاية العصر الجليدى، ما من وجود لأى دليل يثبت أن معدل التغير المستقبلى العالمى المحتمل هذا يتلاءم مع أى ارتفاع فى درجات الحرارة العالمية التى سجلت فى مدة ٥٠ مليون عاماً.

ثالثاً: هل تعتبر الأنشطة البشرية فى العصر الصناعى مسئول عن زيادة نسب ثانى أكسيد الكربون وسائر الغازات الدفيئة الموجودة فى الغلاف الجوى؟

نعم، ان مرد الزيادة فى نسب ثانى اكسيد الكربون الموجودة فى الغلاف الجوى وفى سائر غازات الدفيئة فى خلال العصر الصناعى هو الأنشطة. البشرية. فى الواقع ان الزيادة الحاصلة فى تركيزات ثانى اكسيد الكربون الموجودة فى الغلاف الجوى لا تكشف عن الانبعاثات كافة التى يتسبب بها النشاط البشرى الذى يشكل نسبة ٥٥ بالمائة فقط من نسبة ثانى أكسيد الكربون المنبعث منذ العام ١٩٥٩. أما النسبة المتبقية فتأتيه من النباتات الموجودة على سطح الارض ومن المحيطات. وفى كل الاحوال، تحدد تركيزات غازات الدفيئة الموجودة فى الغلاف الجوى ونسب ارتفاعها عن طريق التوازن ما بين مصادر اى انبعاثات للغاز من الانشطة البشرية ومن الانشطة الطبيعية وبين ترسبات أى إزالة للغاز من الغلاف الجوى عن طريق تحوله إلى مركب كيميائى آخر. وإن إحراق الوقود الحفورير بالإضافة إلى مساهمة صغيرة من صناعة مادة الإسمنت هما مسئولان عن نسبة تفوق الـ٧٥ بالمائة من انبعاثات ثانى اكسيد الكربون البشرى المنشأ. اما تغيير استخدام الأراضى وبشكل اساسى ازالة الغابات فهو المسئول عن النسبة المتبقية. اما بالنسبة إلى الميثان وهو غاز دفيئة آخر هام فإن الانبعاثات التى سببتها الأنشطة البشرية قد تخطت الانبعاثات الطبيعية على مر ٢٥ عاماً وفيما يتعلق بأكسيد النيتروز فإن الانبعاثات التى سببتها الانشطة البشرية تساوى الانبعاثات الطبيعية فى الغلاف الجوى. ومعظم الغازات التى تحتوى على هالوجين والتى تعيش طويلاً كالكلور وفليوروكربون هى ناتجة عن الانشطة البشرية وهى لم تكن موجودة فى الغلاف الجوى. قبل العصر الصناعى. وبالإجمال فإن الأوزون الثروبوسفيرى قد ارتفع إلى نسبة ٣٨ بالمائة منذ العصور ما قبل الثورة الصناعية وترد الزيادة إلى التفاعلات فى الغلاف الجوى لملوثات لا تعيش طويلا منبعثة من جراء النشاط البشرى. ويبلغ تركيز ثانى أكسيد الكربون حالياً ٣٧٩ جزءاً فى المليون والميثان من ١٫٧٧٤ جزءاً فى المليار وكليهما بنسب مرتفعة لم تسجل من قبل، منذ على الاقل ٦٥٠ ألف عام وذلك عندما تراوحت نسب ثانى اكسيد الكربون بين ١٨٠ و٣٠٠ جزء فى المليون والميثان تراوح بين ٣٢٠ و٧٩٠ جزءاً فى المليار. أما معدل التغير الحالى فهو درامى ولم يسبقه مثيل فالزيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون لم تتخط يوماً ٣٠ جزءاً فى المليون خلال آلاف الأعوام، ومع ذلك فإن ثانى أكسيد الكربون قد ازداد بنسبة ٣٠ جزءاً فى المليون فى خلال ١٧ عاماً فقط.

وفيما يلى نفصل ما أجملنا لكل غاز:

١- ثانى أكسيد الكربون:

تعتبر انبعاثات ثانى أكسيد الكربون «الرسم ٢أ» الناتجة عن احراق الوقود الاحفورى فضلا عن الاستهامات الناتجة عن صناعة

الاسمنت مسئولة عن اكثر من ٧٥٪ من زيادة تركيز ثانى اكسيد الكربون الموجود فى الغلاف الجوى منذ ما قبل الثورة الصناعية اما النسبة المتبقية من الزيادة فهى ناتجة عن تغير استخدام الاراضى وبشكل خاص عن ازالة الغابات وحرق الكتلة الإحيائية بالاضافة إلى الإسهامات الناتجة عن تغيير الممارسات الزراعية. وتشكل الانشطة البشرية سبب كل هذه الزيادات. ومن غير الممكن لدورة الكربون الطبيعية تفسير الزيادة التى حصلت فى الغلاف الجوى، والتى انتقلت من ٣.٢ إلى ٤.١ جيجا طن من الكربون فى السنة الواحدة على شكل ثانى أكسيد الكربون خلال الخمس وعشرين سنة الأخيرة «يساوى واحد جيجا طن من الكربون ١٠١٥ غ من الكربون مثلا مليار طن».

وتقود العمليات الطبيعية كالتمثيل الضوئى والتنفس والانحلال فضلا عن تبادل الغاز عن سطح البحر إلى تبادلات مكثفة ومصادر وترسبات من ثانى اكسيد الكربون بين سطح الارض والغلاف الجوى وتقدر بحوالى ١٢٠ جيجا طن من الكربون فى السنة الواحدة وبين المحيط والغلاف الجوى المقدرة بنحو ٩ جيجا طن من الكربون وتنتج ترسبات الكربون الطبيعى من امتصاص كمية صغيرة من ثانى أكسيد الكربون بحوالى ٣.٣ جيجا طن من الكربون فى السنة الواحدة على مر الـ١٥ سنة الأخيرة معوضا بشكل جزئى الانبعاثات الناتجة عن الانشطة البشرية ولولا الترسب الطبيعى الذى يمتص نصف كمية ثانى أكسيد الكربون الناتجة من الأنشطة البشرية على مر ١٥ سنة لكانت الترسبات الطبيعية الموجودة فى الغلاف الجوى ازدادت بشكل درامى.

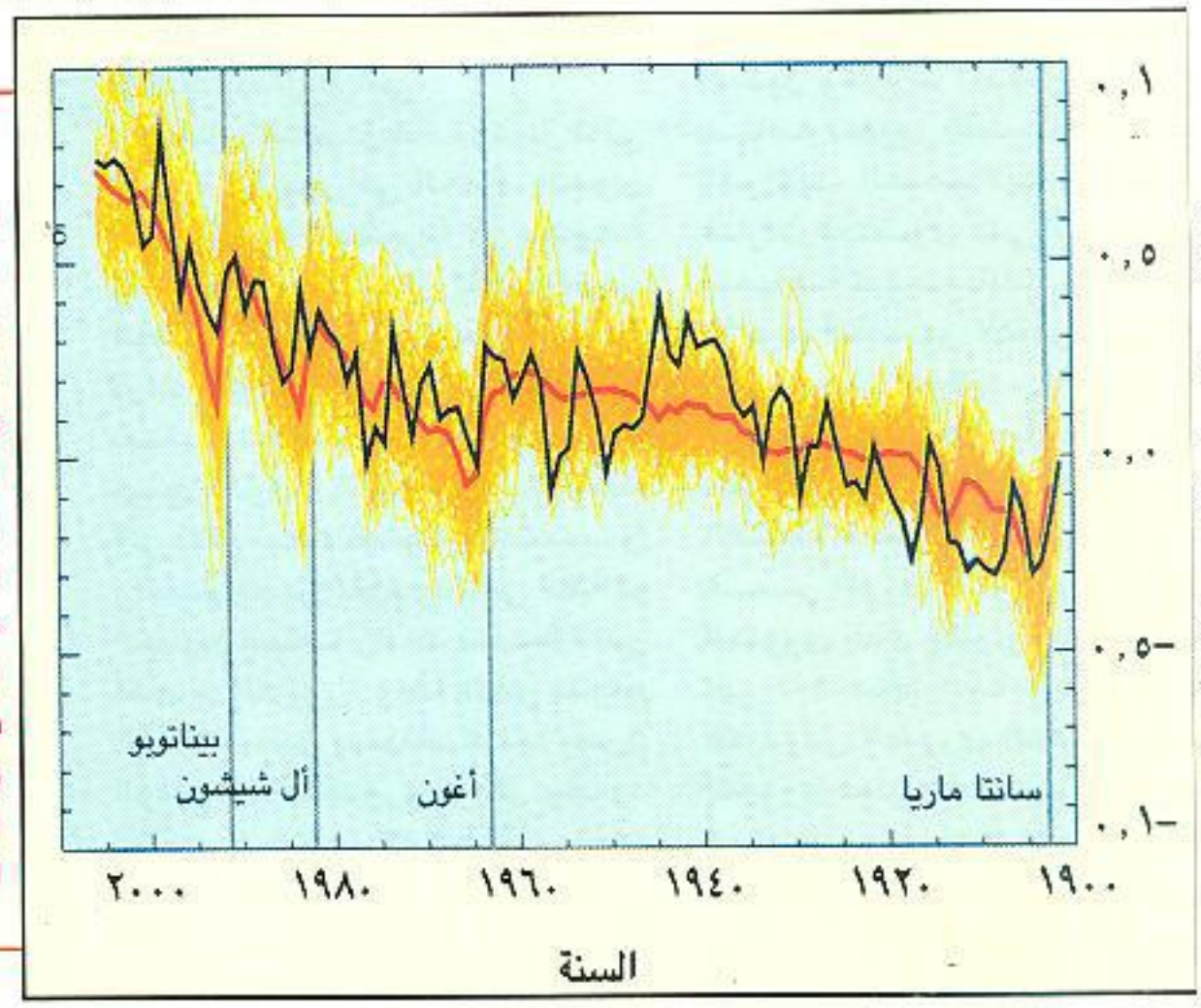
ويعزى سبب زيادة تركيز ثانى اكسيد الكربون فى الغلاف الجوى إلى الانشطة البشرية لأن طبيعة ثانى اكسيد الكربون الموجودة فى الغلاف الجوى وبشكل خاص نسبة ذرات الكربون الثقيلة والخفيفة قد تبدلت بشكل يمكن ربطه بإضافة كربون الوقود الاحفورى. بالإضافة إلى ذلك، تدنت نسبة الاكسجين والنيتروجين الموجودة فى الغلاف الجوى فيما زادات نسبة ثانى اكسيد الكربون. وهذا الامر متوقع لأن الاكسجين يستنفد عندما يحرق الوقود الاحفورى. ويقل وجود نظير الكربون ١٣ فى النباتات بينما يكثر فى النباتات والوقود الاحفورى الذى يتشكل من النباتات ويكثر الكربون فى المحيطات وفى الفورات البركانية وفى الانبعاثات الحرارية الارضية وقد تدنى مستوى وجود نظير الكربون ١٣ فى الغلاف الجوى مشيرا إلى أن الكربون الاضافى يتأتى من الوقود الاحفورى ومن النباتات فضلا عن ذلك يملك الكربون نظيرا اشعاعيا نادرا وهو الكربون ١٤ المتوفر فى ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الغلاف الجوى ولكنه غائب عن الوقود الأحفورى. وأظهر التناقص فى كمية الكربون ١٤ أن كربون الوقود الأحفورى قد أضيف إلى الغلاف الجوى وذلك قبل تجربة الأسلحة النووية فى الغلاف الجوى.

٢- غازات تحتوى على الهالوجين.

تعتبر الأنشطة البشرية مسئولة عن مظم تركيزات الغازات التى تحتوى على الهالوجين التى تعيش طويلا والموجودة فى الغلاف الجوى. وتوفر قبل الثورة الصناعية القليل من الغازات التى تحتوى على الهالوجين كبروميد الميثيل وكلوريد الميثيل. مثلا وقد ساهم تطوير تقنيات جديدة للتراكيب الكيميائية فى انتشار غازات تحتوى على الهالوجين مصنعة كيميائيا وذلك خلال الأعوام الخمسين الأخيرة فى القرن العشرين. ويظهر «الرسم ٢ب» انبعاثات لغازات أساسية تحتوى على الهالوجين والناتجة عن الأنشطة البشرية. ويحدد هنا مدى عمر المركب الكربونى الفلورى الكلورى الذى يتراوح ما بين ٤٥ إلى ١٠٠ عام. أما عمر المركب الكربونى الفلورى الهيدروليجى الكلورى فيتراوح ما بين العام و١٨ عاما ويتراوح عمر المركب الكربونى الفلورى الهيدروليجى ما بين العام و٢٧٠ عاما. ويبقى مركب الكربونى الفلورى والهيدروليجى المشبع بالفليور غير المذكور هنا فى الغلاف الجوى مئات السنين. وتستقر أو تنخفض حاليا تركيزات عدد كبير من الغازات التى تحتوى على الهالوجين بما فيها المركب الكربونى الفلورى الكلورى على سطح الأرض كنتيجة لبروتوكول مونتريال المتعلق بالمواد المستنفدة لطبقة الأوزون وتعديلاته. وترتفع حاليا تركيزات المركب الكربونى الفلورى الهيدرولجى الكلورى الذى يجب أن يتوقف إنتاجه فى العام ٢٠٢٠، فضلا من غازات المركب الكربونى الفلورى الهيدروليجى المشبع بالفليور وهى غازات بروتوكول كيوتو.

٣- الميثان

تفوق مصادر الميثان الموجودة فى الغلاف الجوى المتأتية من الأنشطة البشرية مصادر الميثان المتأتية من الأنظمة الطبيعية «الرسم ٢ج» بين العام ١٩٦٠ والعام ١٩٩٩، ازادات تركيزات الميثاق بمعدل حوالى ست مرات



الرسم٣. درجة حرارة سطح الأرض العالمية على مر القرن العشرين من المراقبات (الأسود) كما تم الحصول عليها من المحاكاة الـ ٥٨ المتأتية من ١٤ نموذجاً مختلفاً عن المناخ تسبب بها العوامل البشرية والطبيعية التي تؤثر على المناخ (الأصفر). يتم إظهار معنى هذه التقييمات (الخط الأحمر العريض). يظهر شذوذاً في درجة الحرارة بين العام ١٩٠١ والعام ١٩٥٠. وتدل الخطوط العمودية الرمادية إلى توقيت الفورات البركانية المهمة.

أسرع من الأربعين سنة الماضية في الألفيتين قبل العام ١٨٠٠ على الرغم من انعدام أي معدل نمو منذ العام ١٩٨٠، وتشكل الأراضي الرطبة المصدر الطبيعي الرئيسي لوجود الميثان في الغلاق الجوي. وتضم المصادر الطبيعية الاضافية النمل الأبيض والمحيطات والنبتات وهيدرات الميثان .وتضم الأنشطة البشرية التي تنتج الميثان إنتاج الطاقة من الفحم والغاز الطبيعي وجمع النفايات في الردم الأرضي وتربية الحيوانات المجترة كالمواشي والخراف وزراعة الأرز وحرق الكتلة الاحيائية وعندما ينبعث الميثان يبقى حوالي ٨٠٤ سنة في الغلاف الجوي قبل أن يزول عبر الأكسدة الكيميائية في التروبوسفير بشكل خاص. وتضم ترسبات الميثان الأقل أهمية امتصاص التربة والتدمير النهائي في الستراتوسفير.

٤- أكسيد النتروز

تتساوى تقريبا مصادر أكسيد النتروز الموجودة في الغلاف الجوي من جراء الأنشطة البشرية ومصادر أكسيد النتروز المتأتية من الأنظمة الطبيعية «الرسم ٢د» بين العام ١٩٦٠ والعام ١٩٩٩ ازدادت تركيزات أكسيد النتروز مرتين أسرع من الأربعين سنة في الألفيتين التي سبقت العام ١٨٠٠ وتضم المصادر الطبيعية لأكسيد النتروز المحيطات وأكسدة الأمونيا الكيميائية الموجودة في الغلاف الجوي والتربة. وتشكل التربة الاستوائية مصدرا هاما لأكسيد النتروز الموجودة في الغلاف الجوي. وتضم الأنشطة البشرية التي تبعث أكسيد النتروز تحول السماد النتروجيني إلى أكسيد النتروز وانبعاثه تاليا من التربة الزراعية وحرق الكتلة الاحيائية وتربية المواشي وبعض النشاطات الصناعية بما في ذلك صناعة النيلون. وعندما ينبعث أكسيد النتروز يبقى في الغلاف الجوي لمدة ١١٤ سنة قبل أن يزول عن طريق التدمير في الستراتوسفير.

٥- الأوزون التروبوسفيري

يتأتى الأوزون التروبوسفيري من التفاعلات الكيميائية الضوئية الموجودة في الغلاف الجوي التي تدخل فيها المواد الكيميائية المتقدمة كأول أكسيد الكربون والميثان والمركبات العضوية المتطايرة وأكسيد النيتروجين وتنبعث هذه المواد الكيميائية من العمليات الاحيائية الطبيعية ومن الأنشطة البشرية بما في ذلك تغيير استخدام الأرض واحتراق الوقود. وبما أن الأوزون التروبوسفيري لا يعيش وقتا طويلا إذ يدوم لبضعة أيام أو أسابيع في الغلاف الجوي، تختلف نسب توزعه وتتصل بوفرة المركبات المتقدمة وبخار الماء وأشعة الشمس وتبدو تركيزات الأوزون التروبوسفيري أعلى بشكل

ملحوظ فى الهواء الحضرى والرياح باتجاه المناطق الحضرية وفى مناطق حرق الكتلة الاحيائية وتسبب البشر بزيادة ٣٨٪ (٢٠ - ٥٠٪» فى الأوزون التربوسفيرى منذ العصر ما قبل الصناعى «الرسم ٢هـ».

ومن المحتمل أن الزيادة فى الدفع الاشعاعى المشترك من ثانى أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروز هوست مرات أسرع بين العام ١٩٦٠ والعام ١٩٩٠ من الأربعين سنة خلال الالفيتين التى سبق العام ١٨٠٠.

رابعا: إلى أى مدى يمكن الاعتماد على النماذج المستخدمة للتنبؤ بتغير المناخ فى المستقبل»؟

برزت ثقة كبيرة بنماذج المناخ التى تقدم تقديرات عددية موثوقة لتغير المناخ فى المستقبل خاصة على المستويات القارية وعلى نطاق أوسع. ويعزى سبب هذه الثقة إلى إنشاء النماذج من مبادىء فيزيائية مقبولة ومن قدرتها على نقل الخصائص التى رصدت فى تغيرات المناخ الحالية والسابقة. وتعتبر نسبة الثقة فى تقديرات النموذج أعلى بالنسبة إلى التقلبات المناخية كدرجة الحرارة مثلا أكثر من الآخرين كالهطول مثلا، وعلى مر عدة عقود من التطور قدمت النماذج دوما صورة كبيرة وواضحة من احترار المناخ من جراء ازدياد غازات الدفيئة.

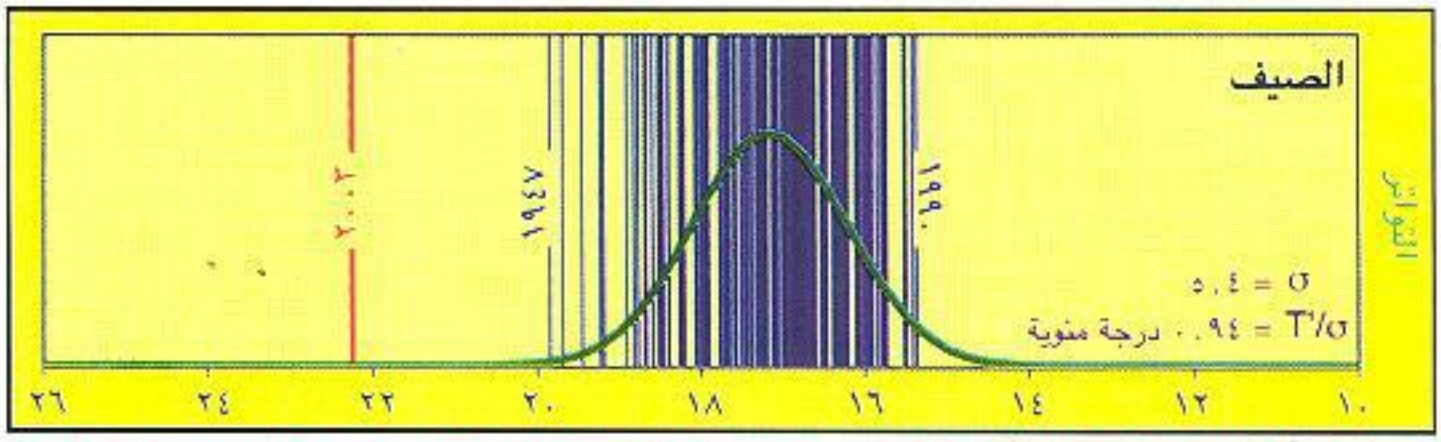
وتأتى النماذج المتعلقة بالمناخ دقيقة على شكل رموز حاسوب معتمدة على الحواسيب القوية. ويأتى مصدر الثقة الأول فى النماذج من واقع أن أساسيات النموذج تعتمد على قوانين فيزيائية رسمية كالمحافظة على الكتلة والطاقة وكمية الحركة بالترافق مع وفرة فى المراقبات.

ويأتى مصدر الثقة الثانى من قدرة النماذج على محاكاة خصائص هامة فى المناخ الحالى. ويتم تقييم النماذج بشكل روتينى ومكثف عبر مقارنة المحاكاة مع مراقبات الغلاف الجوى والمحيط والتروبوسفير وسطح الأرض. وقد تم إجراء مستويات تقييم لا سابق لها فى خلال العقد الماضى أتت على شكل مقارنات منظمة لنموذج متعدد. وتظهر النماذج مهارة واضحة ومتزايدة فى نقل خصائص المناخ الهامة كالتوزيعات فى نطاق واسع لدرجة حرارة الغلاف الجوى والهطول والاشعاع والرياح فضلا عن درجة حرارة المحيطات والأنهار وغطاء الجليد البحرى. وتستطيع النماذج أن تحاكى خصائص هامة لعدد من الأمثلة المتعلقة بتقلبية المناخ الذى رصد على مدى أطر زمنية وتضم الأمثلة تقدم وتراجع أنظمة الرياح الموسمية الهامة وتغيرات درجة الحرارة الموسمية ومسارات العواصف وأحزمة المطر وتارجح المستوى النصفى الكروى لضغط السطح فوق المدارى «الأنماط الحلقية الجنوبية والشمالية» وقد تمت تجربة بعض نماذج المناخ أو متقلبات أخرى تتعلق بها عبر استخدامها لتوقع حالة الطقس وإجراء التوقعات الموسمية وتبرهن هذه النماذج عن مهارة فى التوقعات المماثلة فتظهر أنها تبين خصائص هامة للدوران العام من خلال الأطر الزمنية الأقصر فضلا عن خصائص التقلب الموسمى والحلقى وتزيد قدرة النماذج على اظهار ذلك وعلى اظهار خصائص المناخ الهامة الأخرى من ثقتنا بأنها تمثل العملية الفيزيائية الأساسية لمحاكاة تغير المناخ فى المستقبل «إن التغييرات فى قدرة النماذج على توقع حالة الطقس أبعد من بضعة أيام لا تحد من قدرتها على توقع تغيرات المناخ على المدى الطويل فضلا عن أن هذه هى أنواع مختلفة من التوقعات.

ويأتى مصدر الثقة الثالث من قدرة النماذج على إظهار خصائص المناخات السابقة وتغيرات المناخ.. واستخدمت النماذج لمكافحة المناخات السابقة كالإحترار فى منتصف زمن الهولوسين منذ ٦٠٠٠ سنة أو العصر الجليدى الأخير منذ ٢١٠٠٠ سنة كحد أقصى ومن الممكن أن تظهر خصائص عديدة، ما يسمح للشكوك بإعادة بناء المناخات السابقة كالمقدار والمثل الواسع المدى للتبريد المحيطى فى خلال العصر الجليدى الأخير.

وتستطيع النماذج أن تحاكى أيضاً خصائص عديدة رصدت لتغير المناخ من خلال آلة التسجيل، والمثل المعطى هو أنه من الممكن رسم ميل درجة الحرارة العالمية على مر القرن الماضى «الرسم ٣» بمهارة كبيرة عندما يتم أخذ العوامل البشرية والطبيعية التى أثرت على المناخ، بعين الاعتبار.. وتظهر النماذج تغيرات أخرى رصدت كالتزايد السرى فى درجة حرارة الليل أكثر من درجة حرارة النهار فضلاً عن الدرجة الأوسع للاحترار فى القطب الشمالى والتبريد العالمى القصير المدى «والاسترداد التالى» التى تلت الإنفجارات البركانية الكبيرة كالتى حدثت فى جبل بيناتوبو فى العام ١٩٩١. وجاءت توقعات نموذج درجة الحرارةالعالمية فى خلال العقدين الماضيين على توافق كامل مع المراقبات التالية فى خلال تلك الفترة.

لكن لاتزال النماذج تحتوى على أخطاء كبيرة.. وعلى الرغم من أن هذه الأخطاء اكبر على المستويات



الرسم ٤. بلغت درجات الحرارة الصيفية فى سويسرا فى الفترة الممتدة من العام ١٨٦٤ إلى العام ٢٠٠٣ معدل ١٧ درجة مئوية كما يظهره الخط المنحنى الأخضر. تخطت درجات الحرارة خلال الصيف الحار جداً فى العام ٢٠٠٣ معدل ٢٢ درجة مئوية كما يشير الخط الاحمر (يشيرالخط العمودى إلى كل عام من ١٣٧ عاماً من التسجيل). ويشار إلى توزيع كاوسين باللون الأخضر. تمت الإشارة إلى الأعوام ١٩٠٩ و١٩٤٧ و٢٠٠٣ لأنها تمثل السنوات الأعنف فى التسجيل. وتشير النسب فى أدنى زاوية اليسار إلى الانحراف المعيارى وشذوذ العام ٢٠٠٣ الذى عاد إلى وضعه الطبيعى من جراء الانحراف المعيارى ما بين العام ١٨٦٤ والعام ٢٠٠٠

الأصغر، تبقى المشاكل الهامة على المستوى الأوسع موجودة.. فمثلاً، يبقى النقص على صعيد محاكاة الهطول الاستوائى، أى التذبذب الجنوبى/. النينيو وتذبذب مادن جوليان «تغير رصد فى الرياح الاستوائية والمطر فى فترة زمنية تمتد بين ٣٠ و٩٠ يوماً»

ويكمن مصدر معظم الأخطاء المماثلة فى أن العمليات الهامة على النطاق الصغير لا يمكن أن تظهر بوضوح فى النماذج، وبالتالى يجب أن تدخل فى شكل تقريبى ثم تتفاعل مع خصائص على نطاق أوسع ويعزى سبب ذلك إلى التقييدات فى قوة الحاسوب ولكنه ناتج أيضاً عن التقييدات فى الفهم العلمى أو توافر المراقبات المفصلة لبعض العمليات الفيزيائية.. وتتصل الشكوك بنقل صورة السحب واستجابة السحب إلى تغير المناخ.. وبالتالى، لاتزال النماذج تظهر نسبة حقيقية لتغير درجة الحرارة العالمية بسبب تأثير غازات الدفيئة.. وعلى الرغم من شكوك مماثلة، تأتى النماذج مجمعة فى تنبؤ احترار المناخ الحقيقى بسبب تزايد غازات الدفيئة ويأتى هذا الاحترار على مدى كبير مع التقديرات المستقلة المتأتية من المصادر الأخرى كتغيرات المناخ المرصودة وإعادة بناء صورة المناخ السابق.

وبما أن الثقة فى التغيرات التى تظهرها النماذج تقل على المستويات الأصغر، تم تطوير تقنيات أخرى كاستخدام نماذج المناخ الإقليمية أو طرق تخفيض المستوى لدراسة تغير المناخ على المستوى المحلى والإقليمى.

تتطور النماذج العالمية وتمسى أكثر وضوحاً، فتصبح هامة للتحقق من الخصائص على المستوى الأصغر كالتغيرات فى أحداث الطقس الكبيرة، ومن المتوقع أن يتحسن نقل الصورة على المستوى الإقليمى مع زيادة قوة الحاسوب.. وأصبحت النماذج أكثر شمولية فى تعاملها مع نظام المناخ فتظهر بوضوح اكبر عمليات فيزيائية إحيائية وفيزيائية وتفاعلات تعتبر هامة جداً لتغير المناخ، خاصة فى أطر زمنية أطول.. والمثال عن ذلك هو إدخال استجابة النباتات وتفاعلات المحيط الاحيائية والكيميائية وديناميةطبقة الجليد فى بعض نماذج المناخ العالمى.

باختصار، تأتى الثقة فى النماذج من جراء قاعدتها الفيزيائية ومهارتها فى إظهار صورة المناخ المرصود وتغيرات المناخ السابقة.. وأظهرت النماذج أنها أدوات هامة للغاية لمحاكاة المناخ وفهمه.. وبرزت الثقة بها لأنها قادرة على تقديم تقديرات عددية حقيقية لتغير المناخ فى المستقبل خاصة على المستويات الأوسع.. ولاتزال النماذج تعانى من تقييدات هامة كنقل صورة السحب التى تؤدى إلى شكوك على صعيد المدى والتوقيت فضلاً عن التفاصيل الإقليمية لتغير المناخ المتوقع.. ولكن على مر عقود عدة من تطوير النموذج، قدمت النماذج صورة كبيرة وواضحة لاحترار المناخ بسبب زيادة غازات الدفيئة.

خامساً: هل من الممكن تفسير وقوع الأحداث المتطرفة الفردية عن طريق الإحترار الدفيئى؟

يتوقع أن تكون التغيرات المناخية العنيفة متعلقة بإحترار المناخ وذلك نتيجة ارتفاع كمية غازات الدفيئة فى الغلاف الجوى والناتجة عن الأنشطة البشرية كاستخدام الوقود الأحفورى مثلا. لذلك، إن تحديد ما إذا كان لحادثة متطرفة معينة سبباً محدداً كارتفاع غازات الدفيئة، هو أمر صعب لا بل مستحيل لسببين أولاً، يكون اشتراك العديد من العوامل هو السبب فى حصول الأحداث المتطرفة، ثانياً، يعتبر حدوث سلسلة واسعة من الأحداث المتطرفة أمراً طبيعيا حتى فى المناخات غير المتغيرة. وفى جميع الأحوال، يشير تحليل الاحترار

على مدى القرن الماضى إلى أن نسبة احتمال وقوع بعض الأحداث المتطرفة كالأمواج الحرارية قد ارتفعت بسبب الاحترار الدفيئى، كما أن نسبة احتمال وقوع بعض الأحداث الأخرى كالتجمد أو الليالى الباردة جداً قد انخفضت وعلى سبيل المثال، تشير دراسة حديثة إلى أن التأثيرات البشرية قد ضاعفت خطر حدوث صيف أوروبى حار جداً مثلما جرى فى العام ٢٠٠٣.

غالباً ما يتساءل الاشخاص المتأثرون بحادثة طقس عنيفة ما إذا كانت التأثيرات البرية على المناخ هى المسئولة عما جرى. وقد شهدت السنوات الماضية الأخيرة وقوع أحداث متطرفة، ربطها بعض المعلقين بارتفاع غازات الدفيئة، ومن بين هذه الأحداث،، يحضر الجفاف المستمر فى استراليا والصيف الحار جداً فى أوروبا فى العام ٢٠٠٣ «الرسم ٤» فضلا عن موسمى ٢٠٠٤ و٢٠٠٥ للأعاصير فى المحيط الأطلسى الشمالى وأحداث تساقط الأمطار العنيفة فى مومباى فى الهند فى خلال شهر يوليو ٢٠٠٥. هل من الممكن أن تكون التأثيرات البشرية كارتفاع تركيزات غازات الدفيئة الموجودة فى الغلاف الجوى هى السبب فى حصول أى من هذه الأحداث؟

تنتج الأحداث المتطرفة عادة عن مجموعة عوامل. فعلى سبيل المثال، ساهم العديد من العوامل فى حدوث صيف أوروبى حار جداً فى العام ٢٠٠٣، بما فى ذلك نظام متواصل من الضغط العالى رافقته سماء نقية جداً وتربة جافة، ما أدى إلى توفر كمية من الطاقة الشمسية الكافية لتسخين الأرض، لأن نسبة أقل من الطاقة قد استهلكت فى تبخر الرطوبة من التربة. بالإضافة إلى ذلك، يتطلب تكوين الإعصار درجات حرارة عالية عند سطح البحر فضلا عن شروط محددة لدوران الغلاف الجوى. ومن غير السهل اكتشاف التأثير البشرى على ظاهرة محددة لأنه من الممكن أن تتسبب الانشطة البشرية، كدرجات حرارة مياه سطح البحر، ببعض العوامل، ولكن قد لا يكون بعضها الآخر بشرى المنشأ.

وعلى الرغم من ذلك، يمكن استخدام النماذج المناخية لتحديد ما إذا كانت التأثيرات البشرية قد بذلت بعض أنواع الأحداث المتطرفة، فعلى سبيل المثال، وفى ما يتعلق بموجة الحر التى ضربت أوروبا فى العام ٢٠٠٣، لم يتضمن النموذج المناخى سوى التغيرات التاريخية فى العوامل الطبيعية التى أثرت على المناخ كالنشاط البركانى فضلا عن تغيرات فى التوليد الشمسى. كما اشتمل النموذج على العوامل البشرية والطبيعية معاً التى انتجت محاكاة لتطور المناخ الأوروبى الذى بدأ قريبا جداً مما حصل حالياً، وبناء على هذه التجارب. يقدر أن تكون التأثيرات البشرية على مدى القرن العشرين قد ضاعفت خطر حدوث صيف أوروبى حار كصيف العام ٢٠٠٣، ومع غياب التأثيرات البشرية فإن الخطر قد يكون واحداً فى خلال مئات السنين، وقد تطرح الحاجة إلى تصميم نموذج مفصل بغية تقدير التغير فى الخطر لوقوع أحداث، متطرفة محددة كظهور سلسلة من الليالى الحارة جداً فى منطقة حضرية كباريس.

ومن الممكن استخدام مقاربة مبنية على أرجحية - «هل يغير التأثير البشرى فى مسار أرجحية حادثة ما؟» - لتقدير تأثير العوامل الخارجية كارتفاع غازات الدفيئة، على تواتر أنواع محددة من الاحداث كالأمواج الحرارية أو الجليد وعلى الرغم من ذلك تبقى التحليلات الاحصائية الدقيقة مطلوبة كون الاحداث المتطرفة التى من الممكن ان تحصل كجليد فى ربيع متأخر، قابلة لتبدل بسبب التغيرات فى التقلبية المناخية فضلا عن التغيرات فى الشروط المناخية وتعتمد مثل هذه التحليلات على النموذج المناخى المبنى على التقلبية المناخية، ويجب تالياً على النماذج المناخية المستخدمة ان تمثل بشكل صحيح هذه التقلبية.

ومن الممكن استخدام هذه المقاربة التقريبية لتفحص التغيرات فى تواتر تساقط الامطار العنيف او الفيضانات، وتتوقع النماذج المناخية ان التأثيرات البشرية ستسبب ارتفاعاً فى عدة انواع من الظواهر المتطرفة بما فيها التساقط الحاد للأمطار ويوجد دليل على انه فى العصور الحالية إزداد تساقط الامطار الحاد فى بعض الناطق ما أدى إلى ارتفاع فى نسب القيضانات.

وإن شاء الله ننتهى فى العدد القادم من بحث العلاقة بين تغير المناخ والطقس وذلك بالاجابة على التساؤلات الآتية:

١ - هل من الممكن تفسير اضرار القرن العشرين عن طريق التقلبية الطبيعية؟

٢ - هل يتوقع ان تتغير الظواهر المتطرفة، كموجات الحر والجفاف والفيضان؟

٣ - ما هى أرجحية تغيرات المناخ الرئيسى والمفاجئ كفقدان الاغطية الجليدية اوتغيرات الدوران العالمى للمحيطات؟

٤ - إذا تم خفض معدل انبعاث غازات الدفيئة، بأى سرعة يتراجع معدل تركيزها فى الغلاف الجوى؟

٥ - هل تختلف التغيرات المناخية المرتقبة من منطقة إلى اخرى.