الفصل الثاني عشر

المناخ في المستقبل

توطئة

قد ظهرت أهمية المناخ بوضوح من خلال العديد من التأثيرات السلبية التي أدت إلى اختلاف الأحوال المناخية عن خصائصها العادية والمتوقعة . فإذا كان المناخ في إتجاه نحو التغير مستقبلاً ، فبلا شك ، سيتبع ذلك تأثيرات واسعة . ويتناول هذا الفصل دراسة مختلف الآراء التي تبحث في كيفية تغير المناخ ، وماهية البحوث والاجتهادات القائمة لمحاولة وضع تصورات دقيقة لمثل تلك التنبوءات ، وأخيراً ، بحث الاتجاهات المستقبلية الأكثر احتمالاً فيما بين تلك السيناريوهات المناخية .

مقدمة

كما أتضح في الفصل الحادي عشر، أن السنوات المعاصرة قد تميزت بحدوث انخفاض في درجة الحرارة في نصف الكرة الشمالي. هذا ، وبالرغم من إنه ليس مجدياً محاولة الاستقراء من خلال سلسلة من الملاحظات المحلية ، ومحاولة تطبيقها على المستوى العالمي ، فإن الأدلة العامة تشير إلى اتجاهات التبريد في وقتنا الراهن . إن انخفاض درجة الحرارة في الأجزاء الوسطى من الولايات المتحدة الأمريكية ،تظهر بوضوح من خلال زيادة عدد أيام التدفئة . وعلى سبيل المثال ، في مدينة تيري هوتي Tree Haute في ولاية أنديانا كنموذج لمدينة تقع في غرب الوسط ، فإن المتوسط السنوي لعدد أيام التدفئة خلال ١٠ سنوات (١٩٦٩/١٩٥٩م) قد بلغ ٥٥٣٨ يوماً. وقد كان هذا المتوسط أعلى من مثيله خلال العقود السابقة ، حين بلغ ٥١٧٥ يوماً (١٩٢٩/١٩١٩) ، كما بلغ ٥١٠٩ يوماً (١٩٣٩/١٩٢٩) ، وقد كانت أكبر مشكلة مرتبطة بذلك الانخفاض هي نقص إمدادات الوقود { بمعنى توفير الطاقة الحرارية اللازمة للتدفئة } . أما على مستوى المناطق القطبية ، فإن استمرار الثلوج في جزيرة بافن { في أقصى شمالي كندا } واتساع ذلك النطاق الثلجي حول سواحل أيسلندة قد أدى إلى العديد من الأخطار

الملاحية . على ما يبدو، فقد انعكست آثار درجات الحرارة المنخفضة على المملكة الحيوانية. حيث هاجرت الأحياء الحيوانية المحبة للدفء نحو الشمال {الحيوانات التي تعيش في بيئات دافئة } وقد أتسع نطاقها للتوغل في غرب الوسط في النصف الأول من القرن العشرين ، وقد رجعت حالياً إلى حدودها الأولى ضمن المناطق الأدفأ في مقاطعة تكساس .

ويستدل معظم الباحثين من هذا على استمرار تزايد البرودة . وبخلاف ذلك ، وعلى أية حال ، فإن اتفاق لعلماء حول هذه الرؤية محدوداً بل وضعيفاً، إذ تعج المحاضرات والأبحاث والمقالات بالعديد من وجهات النظر حول مستقبل المناخ . ولتوضيح أحد تلك الآراء ، نضرب مثالاً بما كتبه هايز Hays: " إذا كانت جميع المؤشرات صحيحة ، فإن الأسوأ لم يأتِ بعد . وعند التسليم بما حدث في الماضي ، فإن التبريد يسمح بتكوين ثلاجات بسمك عدة آلاف من الأقدام تغطي أمريكا الشمالية وتتوغل جنوباً حتى جزيرة لونج Long Island " . أما وجهة النظر الأخرى ، فقد شرحها بروكر Broeckerإذ يقول : " إن حقيقة كون المتوسط العالمي لدرجة الحرارة قد أنخفض على مدار عدة عقود ماضية لم يتيح للباحثين فرصة حصر آثار الدفء ..... وأن هذا القول ليس مؤكداً. وإنه من المحتمل أن نكون على مشارف تسخين سريع لفترة تمتد لعدة عقود طويلة ". هذا، وما يمكن أن نصرح به، هو الاستعداد لغياب العصر الجليدي، ومن جهة أخرى، نتوقع حدوث المزيد من الدفء.هذا وليس مجدياً القول، بأنه سواء إن طال الدفء أو التبريد فآثارهما العنيفة ستلقي بظلالها على المحيط البيئي. وهكذا ، فإن وجهتي النظر المتناقضتين قد استندت على أدلة من المناخات الماضية والحديثة . وإنه لمن المفيد تحليل وفحص الأدلة بهدف تقييم تلك التنبوءات .وينبغي عند النظر إلى مختلف التفسيرات ، أن نأخذ في الاعتبار أن تطبيقاتها تؤخذ كتوطئة للأسباب الجوهرية التي أدت إلى حدوث التغير المناخي خاصة تلك التي ترتبط بالتاريخ الجيولوجي . ومجمل القول أن، الفكرة السائدة، ترجع أغلب تغيرات مناخ الأرض أساساً إلى تغيرات مسارات دوران الأرض حول الشمس، وتغيرات في توزيع وكمية الطاقة الشمسية الواصلة لسطح الأرض. وباستثناء الأفكار الحديثة المؤيدة لكون أغلب التغيرات ستؤدي إلى التقلص السريع للغطاء الجليدي فوق مساحات واسعة خلال فترة زمنية قصيرة جداً ، فإن الدليل على مثل هذه الآراء يعد ضعيفاً . وهكذا ، فإن جوهر هذه الاعتراضات تنحصر في خصائص المناخ ، وإن كان الزمن يعمق فكرة الاتجاهات المناخية Climatic Trends .

إن وجهة النظر التي ترمي إلى أن الاتجاه العام للمناخ نحو التبريد تركز بشكل أساسي على كون الأرض على مشارف عصر جليدي، تستقي أدلتها على ذلك من الأحداث الماضية { الظروف المناخية في العصور التاريخية } . إذ تشهد الفترات بينجليدية مناخات معتدلة وأخرى تميل للبرودة تماثل تلك التي نعيشها اليوم . وأن الامتداد الزمني للفترات المعتدلة يبلغ حوالي ١٠,٠٠٠ سنة. وإذا كان التاريخ يعيد نفسه، فإن الفترة الزمنية التي نحياها ونتمتع بمناخها المعتدل، قد شارفت على الانتهاء، ومن ثم ينبغي أن نتوقع بعض التغير. وتعتمد وجهة النظر هذه على حقيقة يرجع تاريخها إلى حوالي ٧٠,٠٠٠ سنة، وتتمحور في كون متوسط درجة الحرارة قد ارتفع لمدة لا تتجاوز ٥% من الزمن وهي الفترة التي نعيشها الآن. ومن منطلق التوزيع التكراري لمتوسط درجات الحرارة، فإن قيم درجة الحرارة تظهر انتقالاً طويل الأمد في خصائص الحرارة، أو أن قيم درجة الحرارة التي حدثت هي الأكثر تكراراً.وبالرغم من اعتناق أغلب المناخيين بفكرة الجليد القادم{ فترة برودة قادمة } ولكنهم في الوقت ذاته ، يرفضون التصديق بقسوة الفترات القادمة الأبرد . وقد أعتقد البعض بتوسع حدود العصر الجليدي ، مقابل البعض الذي يعتقد بحدوث عصر جليدي محدود على اعتبار أن انخفاض درجات الحرارة لن يسمح بحدوث تراكم جليدي كثيف . وثانية، فإن السبب وراء بداية ذلك العصر الجليدي المحدود، قد أستند على ملاحظة الأحداث الماضية وتتبعها. وقد أثبتت الأعمال البحثية في أوروبا ، أنه خلال الفترة ١٤٣٠ / ١٨٥٠ ، كانت مناخات أوروبا على نحو ما أبرد مما عليه الآن . فقد كان هناك اعتقاداً بأن نصيب الجزء الأخير من الفترة الفاصلة كانت برودته أوضح، ومن ثم صنفت على كونها فترة عصر جليدي محدود. ومن هذا المنطلق ، يعتقد هؤلاء بأن الفترات الباردة هي مقدمة حقيقية لتنبوءاتهم وتوقعاتهم .أما وجهة النظر التي تعتقد في دفء مناخ المستقبل فتستند على دور الإنسان في تعديل دورة التدفئة والتبريد التي حدثت في الماضي. ويؤكد هذا الرأي بروكر الذي يعتقد بأن الملوثات التي أطلقها الإنسان – عن غير قصد – إلى الغلاف الجوي ، خاصة ثاني أكسيد الكربون ستحدث تأثيراً واضحاً في درجة الحرارة على المستوى العالمي . بينما يصعب توثيق تأثير الجزئيات العالقة بالهواء بسبب عدم التأكد من كميتها ، وتوزيعها ، وخصائصها . أما التلوث الحراري Heat Pollution الناتج عن التحضر والتصنيع – وإن كان يلقى المزيد من الاهتمام – إلا أن تأثيراته غالباً ما تنحصر في نطاق محلي.

يؤدي ثاني أكسيد الكربون إلى إحداث تغيراً مناخياً من خلال ما يسببه من تأثير البيوت الزجاجية Greenhouse Effect . إذ يسمح بتوغل الإشعاع الشمسي ، ولكنه في نفس الوقت ، يمتص الإشعاع الأرضي ويمنع انتقال بعض موجاته الإشعاعية إلى الفضاء . خاصة، وإن الطاقة الناتجة عن امتصاصه للإشعاع أكبر من تلك التي يشعها نحو الفضاء ثم تعود في أغلبها ثانية للأرض. وقد تبع زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ،حدوث ارتفاع في درجة الحرارة . وتضاف كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي نتيجة حرق الوقود الحفري . ويوضح جدول (١٢-١) تقدير كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي خلال الفترة ١٩٠٠/٢٠١٠ . وقد قدر البعض ارتفاع درجة الحرارة الناتج عن تلك الكميات المضافة من ثاني أكسيد الكربون . وقد اختلفت تلك التقديرات، وإن كانت تكاد تتفق في أن كميته لو تضاعفت ٣ مرات، فسترتفع درجة الحرارة بمقدار ٢,٤ °م . وعلى أية حال ، فإن العلاقة بين ثاني أكسيد الكربون وبين ارتفاع درجة الحرارة ، ليست علاقة بسيطة في مجملها . ويوضح جدول (١٢-١) ارتفاع درجة الحرارة بسبب إضافة ثاني أكسيد الكربون للغلاف الجوي .

جدول (١٢-١) كميات ثاني أكسيد الكربون والدفء العالمي المرتقب

السنة	تركيز ثاني أكسيد الكربون (جزء في المليون)	ارتفاع درجة الحرارة على المستوى العالمي (م)
١٩٠٠	٢٩٥	٠,٠٢
١٩١٠	٢٩٧	٠,٠٤
١٩٢٠	٢٩٩	٠,٠٧
١٩٣٠	٣٠٢	٠,٠٩
١٩٤٠	٣٠٥	٠,١١
١٩٥٠	٣٠٩	٠,١٥
١٩٦٠	٣١٤	٠,٢١

١٩٧٠	٣٢٢	٠,٢٩
١٩٨٠	٣٣٥	٠,٤٢
١٩٩٠	٣٥١	٠,٥٩
٢٠٠٠	٣٧٣	٠,٨٠
٢٠١٠	٤٠٣	١,١٠

ويتضح من جدول (١٢-١) أن البيانات تركز على ارتفاع درجة الحرارة كنتيجة لارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي فقط. وليكن واضحاً أن، مثل ذلك الارتفاع في الحرارة على المستوى العالمي يقع ضمن منظومة التغيرات الطبيعية في المناخ. وتظهر بعض البيانات المتاحة كون مثل تلك التغيرات تتبثق من مراكز الجليد Ice Cores في شمالي غرب جرينلند خلال قرن المناجم Camp Century.

وتظهر التسجيلات التاريخية على مر آلاف السنين، إن الجليد قد تكون طبقة تلو الأخرى، وسنة تلو الأخرى. وأن هذا الجليد يحوي الأكسجين ونظائره. وبأخذ النسبة بين أحد نظائر الأكسجين (O^{18}) إلى (O^{16}) الموجود في طبقات في طبقات الجليد ، يمكن تقدير درجة الحرارة البيئية في أثناء تكون طبقات الجليد . وقد ساعد استخدام طريقة نظائر الأكسجين Oxygen Isotope Method في إحداث تطوراً واضحاً في تسجيل تغيرات درجة الحرارة على مدار التاريخ .

وقد أعد بروكر صورة مركبة حينما ربط التغيرات في درجة الحرارة الناتجة عن الأسباب الطبيعية بالتغيرات الأخرى الناتجة عن زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في العروض الوسطى لتنسجم مع البيانات المناخية التي تم تسجيلها ١٨٧٠م كما أتضح في شكل (١٢-١ب) . حيث أتضح وجود علاقة اعتبارية فيما بينهما خلال فترة من الزمن. ويمكن أن نستقي من هذه الصورة أن اتجاه درجة الحرارة نحو الانخفاض قد توقف منذ الثمانينيات من القرن العشرين. ثم ما لبثت أن اتجهت درجات الحرارة نحو الارتفاع مرة أخرى . وتتعلق الخطوة الثانية في تحليل مستقبل هذا الارتفاع في درجة الحرارة حين ربطه بتزايد كمية ثاني أكسيد الكربون، كما في شكل (١٢-١ب). أما الخطوة الأخيرة فتتمثل في

تجميع تغيرات درجة الحرارة طبيعياً مع التغيرات الناتجة عن كمية ثاني أكسيد الكربون كما في شكل (١٢-١ج). حيث يتضح في الرسم البياني (ج) أن ، دورة قرن المناجم ستبقى ولكن سيطراً عليها بعض التعديلات . إذ أن اتجاه الانخفاض في درجة الحرارة قد توقف في السبعينيات من القرن العشرين ، وأن الاتجاه الصاعد في درجة الحرارة سيبقى تبعاً لزيادة كمية ثاني أكسيد الكربون المضافة للهواء . وفي الحقيقة، فإن الجزء الأخير من التغير الطبيعي يبدو أكثر ارتفاعاً، كما أن اتجاه ارتفاع درجة الحرارة سيستمر بمعدلات أعلى.

ونستنتج مما سبق أن وجهتي النظر فيما يتعلق بمستقبل درجة الحرارة على المستوى العالمي متناقضتين تماماً. وتتعدد وجهات النظر الأخرى ويصبح الوضع أكثر تعقيداً خاصة لدى أصحاب الرؤية التي تتلخص في كون ثاني أكسيد الكربون ليس بالغاز الوحيد الذي يتزايد تركيزه في الهواء، بل أن الهواء يستقبل كميات كبيرة من ملوثات عديدة من جراء النشاط البشري. ونخلص مما سبق إلى ، إنه لا يمكن التنبوء الدقيق بمستقبل المناخ . ويبقى التساؤل الذي طرحه هاري حينما كتب يقول : " إن شرح اختلافات المناخ يجب أن يستند على نظرية ملائمة للمناخ الحالي . وطالما استمرت مناقشة الاتجاهات السابقة والاتجاهات المستقبلية عبر الزمن وفقاً لأساس مجهول لدينا، سنبقى وكأننا أعمى يقوده أعمى ".

البحث في مناخ المستقبل

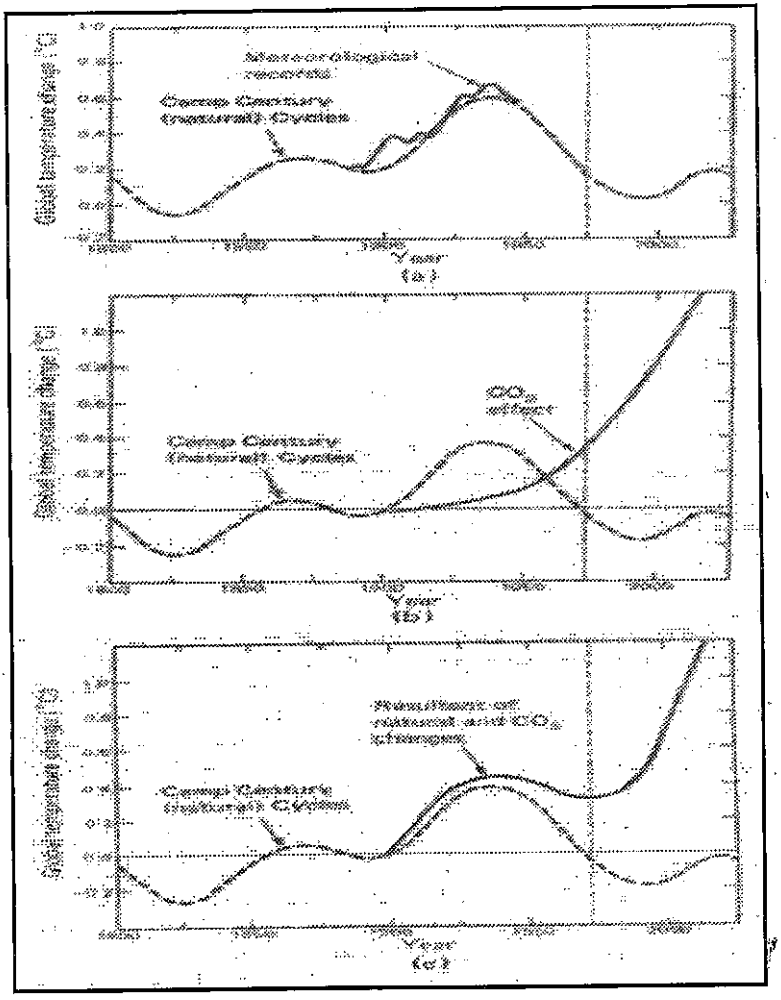
لابد أن نأخذ في الاعتبار إننا في حاجة لفهم اتجاه المناخ { مسار المناخ Current Climate } حتى يعيننا على فهم مستقبل المناخ الذي يحمل في ثناياه بعضاً من الاتجاهات الحالية. وبينما يعد من الصعب الإلمام بجميع المشاريع البحثية التي أصدرتها الهيئة الفيدرالية ، والجامعات ، والمجموعات البحثية الخاصة ، فإن انتقاء بعض الأمثلة التي تبحث في الجغرافيا المناخية الديناميكية يعطينا بعض المؤشرات التي تلقي بالضوء على مستقبل المناخ . وليس هناك أسوء فيما يتعلق بهذه النقطة من كون أي بحثٍ في الجغرافيا المناخية يحتاج لكم كثيف من البيانات المجمعة يتم تحليلها بواسطة حاسبات آلية بتقنيات هائلة.

شكل (١٢-١) التنبوء بالدفء العالمي

أ : البيانات المناخية الحديثة ومقارنتها ببيانات قرن المناجم

ب : الدفء العالمي نتيجة زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي

ج : الإتجاه المرتقب كنتيجة لزيادة ثاني أكسيد الكربون والدورات الطبيعية



المصدر : Broecker ,١٩٧٥

تستخدم الأبحاث المتطورة في الجغرافيا المناخية مختلف أشكال نماذج الحساب بالقياس Analogue Mode ، وهي طريقة بحثية تعتمد على النماذج التي تستخدم القياس في تمثيل الظروف المناخية الفعلية . وتستخدم أحد هذه النماذج الحسابات القياسية الالكترونية التي تستخدم القوة المحركة الكهربائية ، ومختلف المقاومات { جمع مقاوم ، وهو أداة تستعمل في دائرة كهربائية } ، والامبيرات التي تعمل على توضيح مكونات الغلاف الجوي . وعند استخدام مثل تلك النماذج ، يمكن أن يظهر انسياب الطاقة من الشمس القوة الفولتية الساكنة ، بينما تتضاعف الاختلافات الفصلية في المكان مستخدمة المقاومات الكهربائية المختلفة . وتعد نماذج الحاسبات الرقمية التي تعتمد على المعادلات الحسابية هي الأكثر استخداما. ويفيد بعض هذه النماذج في تأسيس معادلات الديناميكا الحرارية Thermodynamic { وهي فرع من فروع الفيزياء يبحث في العلاقة بين الحرارة والطاقة الديناميكية } والديناميكا المائية Hydrodynamic التي تصف حركة الغازات وقوتها داخل الجزئي والحركة المضطربة للسوائل . ويطلق على المعادلات المطورة " نماذج المعادلة الأولية Primitive Equation Models " وهي شديدة التعقيد وتعتمد على أسس عالمية لدرجة أن أجهزة الحاسوب العددية لا يمكن أن تستوعبها بسهولة . ويمكن القول بأن أبسط الطرق الشبيه بهذه النماذج العددية هي المعادلة التي تستند على قيم لعدد محدود من النقاط موزعة على شبكة مقسمة لخطوط عرضية وأفقية. ومن المؤكد أن ذلك يعد بسيطاً جداً عند تحليله بواسطة الحاسوب ولكنه في نفس الوقت يصف العديد من المتغيرات في النموذج .

ويمكن استخدام نماذج الحاسوب العددية ، وأكثرها فاعلية هي تلك النماذج التي تهتم بنماذج الدورة العامة General Circulation Models (GCM) للغلاف الجوي ، وكذلك جيل النماذج الإحصائية الديناميكية – Statistical Dynamical models ، بالإضافة لنماذج الغلاف الجوي والمحيطات معا Ocean – Atmosphere Models .

وتهدف نماذج (GCM) إلى محاكاة نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي باستخدام المعادلات الأصولية. هذا، وبالرغم من التطور الهائل الذي حدث في تلك

النماذج ، إلا أن عمليات محاكاة النماذج تختلف عند مقارنتها بالحركة والمسار الطبيعي للغلاف الجوي .

أما النماذج الإحصائية الديناميكية التي تستخدم بعض مكونات الحركة الدائرية للتسخين والرطوبة كمؤثرات إحصائية تستخدم في نماذج المحاكاة Simulation Model ما يجعلها أكثر شبهاً مقارنة بنماذج (GCM) عند نمذجة الغلاف الجوي إذ تستغني عن ضرورة تتبع البعد التاريخي لأي اضطراب قد حدث من قبل . ومن ثم لا تتجاهل التنوع في النموذج بما أن عنصر الزمن الذي أخذ في الاعتبار أطول من مدة بقاء الدورة .

وبما أنه من المستحيل محاكاة جميع أسس المناخ العالمي دون أن نأخذ في الاعتبار دور المحيطات، فإنه كان من الضروري أن يتم تطوير نماذج المحيطات والغلاف الجوي. ويحتاج الفهم المتكامل للتفاعلات الداخلية إلى دراسة متعمقة في الجغرافيا المناخية للمحيطات ، وفي وقتنا الحاضر ، فإن قاعدة البيانات البنكية الضرورية غير متاحة . هذا ولسوء الحظ ، أن عدداً من أكبر البرامج البحثية لا تستطيع تغطية البيانات المفقودة . وتحديداً فيما يتعلق بالبرنامج العالمي لأبحاث الغلاف الجوي Global Atmospheric Research Program (GARP) ، فقد تم تطويره في عهد الرئيس الأمريكي كيندي President Kennedy ١٩٦١ . وقد كان من المفترض أن يركز البحث الأول على النطاق المداري Tropics، وقد كان من ثماره برنامج الأطلنطي المداري التجريبي Atlantic (GATE) Tropical Experiment الذي بدأ ١٩٧٤م. أما على المستوى العالمي، فقد تم تجميع البيانات ضمن البرنامج العالمي لأبحاث الغلاف الجوي(GARP) وأطلق عليه برنامج أبحاث الغلاف الجوي التجريبي الأول First GARP (FGGE) Global Experiment ١٩٧٩ واستخدم المتغيرات العددية. وقد تم استكمال مختلف الأنشطة البحثية كجزء من برنامج (GARP)، ونشرت تقاريرها ونتائجها في مجلة شهرية أمريكية مرموقة Bulletin of American Meteorological Society.

وتعد نمذجة الحاسوب وتجميع البيانات جزءاً من الأبحاث التي تساعد على فهم تأثير المحيطات في التنبوءات المناخية Climatic Predictions . ومما يذكر أن ، الملاحظات والسجلات الإحصائية تلعب دوراً أساسياً وفعالاً فيما يتعلق ببحث تأثير المحيطات في التنبوء بالمناخ العالمي .

علاقات المحيط / الغلاف الجوي

تعتبر أبحاث علاقات المحيط / الغلاف الجوي – Atmosphere Ocean Relationships من أمتع الأبحاث التي تبحث في النطاق الهامشي الذي يفصل بين المسطحات المائية { المحيطات } وبين الغلاف الجوي ، إذ تبحث في مجال يختلف عن مجالات الأبحاث سابقة الذكر . ولعل من أهم المساهمات في هذا المضمار ما قامت به إحدى الجهات البحثية تحت مسمى" عقد الاستكشاف الدولي للمحيط International Decade of Exploration (IDOE) "، وقد قدمت أبحاثاً متعددة المحاورعن المحيطات. ويعتبر برنامج التنبوء البيئي Environmental Forecasting Program أحد أهم تلك الجهات البحثية . ويهدف هذا البرنامج إلى تطوير وتحسين قدرات التنبوء البيئي من خلال فهم أفضل للتغيرات التاريخية في المناخ ، وتأثير المحيطات في الغلاف الجوي ، فضلاً عن الدور الذي تلعبه المحيطات في تشكيل الطقس والمناخ . وسيعرض هذا الفصل بعض نماذج من تلك الأعمال البحثية . ويجدر التنويه، إلى أن تلك الأمثلة البحثية قد تبدو للوهلة الأولى غير مناخية ، على اعتبارها أحداث خاصة أكثر من كونها أبحاث طويلة الأمد . وعلى أية حال ، فإن ما يهم في ذلك الأمر ، أن هذه الأحداث وإن كانت تبدو وكأنها مرتبطة بفترات زمنية قصيرة Short – term events ، إلا إنها ترتبط بالنظام البيئي العالمي الذي يحدد مستقبل المناخات .

الأحواض الباسيفيكية ومناخ الولايات المتحدة الأمريكية

قد حدث في عام ١٩٥٧م دفء غير عادي في الأحواض المحيطية الضخمة لدرجة ذوبان المحيط المتجمد الشمالي وظهور المياه الباردة . ويتراوح اتساع هذه الأحواض ما بين ٦٠٠–١٢٠٠ ميل وبعمق يتراوح ما بين ٦٠٠–١٠٠٠ قدم، وقد ارتفعت درجة حرارتها حوالي ٢,٠ °م عن معدلها الطبيعي في هذا الوقت من السنة . ويشير اختلاف متوسط درجة حرارة المياه في تلك الأحواض الواسعة إلى زيادة أو نقصان في صافي كميات الطاقة. وقد كان الاعتقاد بأن تلك الأحواض تنشأ حيثما

تحدث اضطرابات في الغلاف الجوي فتؤدي لتعديل مسار حدود التيارات في المحيط الباسيفيكي ، ويتبعه حدوث انقطاع حيث تتكسر الكتل المائية وتلتوي بعيداً عن مسارها .وقد درس جيروم ناميس Jerome Namias أهمية تلك الأحواض بالنسبة للطقس والمناخ مع طلابه في معهد خاص بجغرافية المحيطات Scripps Institute of Oceanography . وقد أستنتج ناميس أن تلك الأحواض هي بمثابة آلة لتوجيه حركة الهواء من فوقها . وعلى سبيل المثال ، فإن الرياح التي تهب من الغرب فوق حوض دافئ ، فإنها تُدفع دفعاً نحو الارتفاع ، أو أنها تتزحزح في اتجاه الرياح نحو الشمال { بمعنى أن المياه هي التي تحرك الرياح وتسيطر على اتجاهها } . ومن ثم يمكن القول بأن تلك الأحواض هي المتسبب في حدوث فصول الشتاء الباردة حديثاً في وسط وشرق الولايات المتحدة الأمريكية ، كما إنها مسئولة عن بعض فصول الشتاء الدافئة التي أمكن التنبوء بها .ووفقاً لتلك النظرية، قد تسبب الحوض البارد في وسط الباسيفيكي في الستينيات في زحزحة لاتجاه الرياح السائدة نحو الجنوب كما يتضح في شكل (١٢-١أ). وقد أدى ذلك إلى سيادة البرودة والهواء الجاف في النصف الشرقي من الولايات الأمريكية ، وأن تحل هذه الكتل الهوائية الباردة محل الأخرى الدفيئة السائدة . وقد تكرر نفس المشهد في شتاء ١٩٧٧/٧٦ (كما أتضح من قبل) مما نتج عنه حدوث شتاء شديد البرودة في العديد من أجزاء الولايات الأمريكية . بينما حدث العكس في فصول الشتاء خلال الفترة ١٩٧٥/١٩٧١ التي تميزت باعتدال درجة حرارتها. إذ أنه خلال تلك السنوات، حلت كتلة هواء دافئة محل أخرى باردة في وسط المحيط الهادي كما يتضح في شكل (١٢-٢ب). وقد أدى ذلك بشكل أساسي إلى زحزحة الغربيات (الرياح الغربية) نحو الشمال ، ونتج عن ذلك سيادة الدفء والهواء الرطب القادم من الخليج والمحيط الأطلنطي ليغطي النصف الشرقي من الولايات الأمريكية .وقد أمكن فهم هذه الحركة الميكانيكية التي تؤثر في الأحواض المحيطية Pacific Pools . وفي الواقع ، يعتقد بعض الباحثين ، بأن تأثير تلك الأحواض محدوداً ، أو قد لا تؤثر على الإطلاق في الدورة العامة للهواء والأحوال الجوية خلال فصل الشتاء . وبوضوح ، فإن بعض الباحثين قدموا أدلة وبراهين كافية يمكن تعقبها ومتابعتها . ومما يذكر ، أن بعض المؤشرات عن طبيعة الشتاء القادم يمكن التنبوء بها ، وتفسير الآلية التي تتيح استنباط بعض الإشارات عن الأحوال الجوية لفترة معينة من السنوات القادمة .

إن مياه الجنوب الشرقي من المحيط الهادي على شواطئ بيرو، هي واحدة من أغنى مناطق الصيد في العالم. وتساعد عملية تقليب المياه Up Welling الباردة على انتقال النيتروجين من الأعماق إلى المياه السطحية على توفير الغذاء لعدد من الدول التي تعاني نقصا في الثروة السمكية. وفي الواقع، تعد هذه المنطقة من سواحل بيرو غنية لدرجة أنه يتم صيد طن من الأسماك مقابل ٥ طن من الأسماك التي يتم صيدها من جميع أنحاء العالم. وفي فترة ما ، تتوقف عملية تقليب المياه بسبب طبيعية المياه الدافئة التي تندفع جنوبا على طول الساحل . ويطلق على هذا التيار النينو El Nino { ويعني الطفل ، وقد تم شرح هذه الظاهرة بالتفصيل من قبل } لكونه يظهر في فترة أعياد الميلاد Christmas Time .

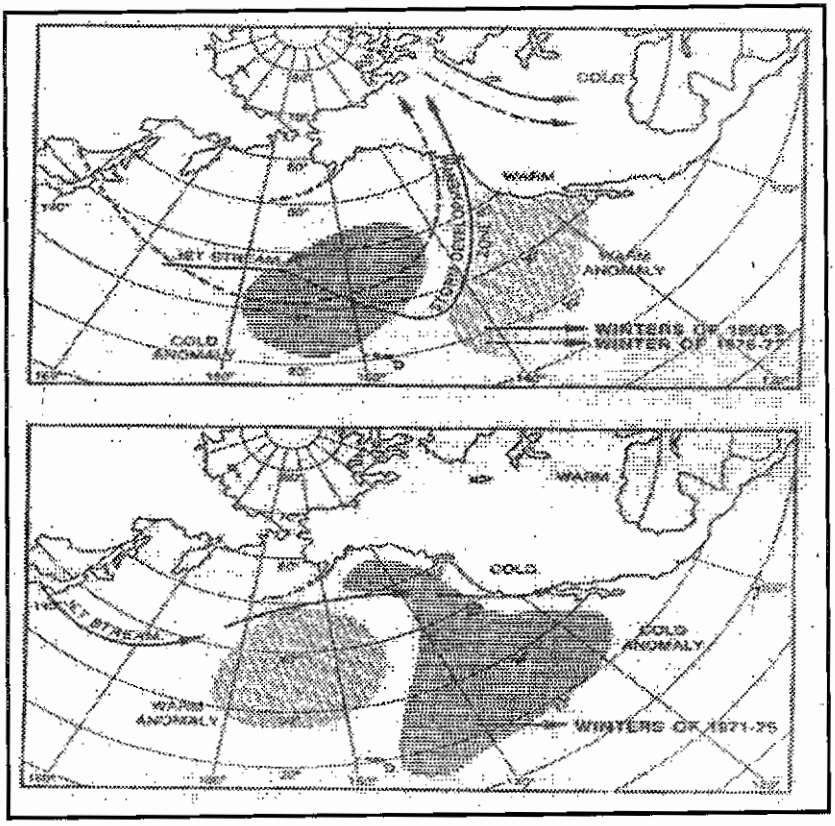
وتعطل ظاهرة النينو سلسلة الغذاء ، فحينما تتوقف عملية تقليب المياه الغنية ، تختفي الأسماك والطيور أو قد تموت . وحينما يحدث ذلك ، تتأثر صناعة الأسماك في بيرو – التي تعد الأضخم عالميا – فتؤثر بدرجة خطيرة على اقتصاد الدولة .وبوضوح ، حينما نعرف الظروف التي تؤدي إلى حدوث ظاهرة النينو ، فإنه يمكن التنبوء بسنوات حدوثها ، وبالتالي تحديد آثارها السلبية المحتملة على الثروة السمكية . وكما هو في حالة أحواض الباسيفيكي ، فإن الهدف هو التنبوء بالمناخ لمدة سنة أو أقل ، ولكن ، إذا لم يتم فهم التغيرات ، تقل فرصة التوقع أو التنبوء بالتغيرات طويلة الأمد بحيث لا تتعدى كونها تخمينات فقط على أحسن تقدير.وفي محاولة للتنبوء بحدوث النينو ١٩٧٥م حينما كانت جميع الأدلة والشواهد متوقعة . قد أسهم البحث في السجلات التاريخية للنينو خلال الفترة ١٩٥٨/٥٧ – ١٩٧٣/٧٢ في تحديد كيفية التفاعل بين الرياح والمحيطات وما يتبعه من دفء المياه . وتظهر الدراسة المتأنية لتغيرات الرياح أن الرياح التجارية تزيد في السنوات التي يتوقع خلالها حدوث النينو . ويقودنا ذلك إلى استنتاج مفاده أن ارتفاع سرعة الرياح التجارية الجنوبية لتصبح أعلى من معدلها يؤدي إلى زيادة كمية المياه المنقولة نحو الغرب بفعل التيارات البحرية من المحيط الهادي في المنطقة الاستوائية . وبالتبعية ، فإن التيارات المحيطية العالمية تتحرك بهدوء في اتجاه الشمال بسبب الرياح التي تهب من جنوب أمريكا إلى غرب الباسيفيكي . ويبرهن هذا على حالة حدوث ارتفاع في مستوى البحر التي تعكس ارتفاع مستوى المياه في المنطقة. ونلاحظ موقع التيار النفاث Jet Stream وعلاقته بحالات الشذوذ في درجة

حرارة المحيطاتOceanic temperature Anomaliesالمحصورة بين ساموا ونيوزيلندة حينما تكون سرعة الرياح أشد . وحينما تنخفض سرعة الرياح التجارية ، تنسحب المياه وتتراجع للخلف في اتجاه أمريكا الجنوبية لتؤدي إلى انسياب المياه الدافئة نحو الشرق بالقرب من خط الاستواء ، ومن ثم تصل جنوبا بعيداً لتصل للسواحل الأمريكية الجنوبية . كما أتضح أيضاً أن ضغط الهواء بين جزيرة إيستر ومنطقة داروين في أستراليا ،يرتبط بتلك الأحداث . فحينما يرتفع الضغط الجوي في داروين ، ينخفض في جزيرة إيستر . ويعد ذلك دليلا على تبعات تيار النينو فيما يتعلق بالتغيرات التي تحدث عبر المحيط الهادي .

شكل (١٢-٢) العلاقة بين الأحواض المحيطية والدورة العامة للهواء

أ : يوضح فصلين للشتاء القاسي

ب: شتاء معتدل



وباستخدام النماذج المتعددة ، أمكن التنبوء بحدوث تيار نينو ضعيف ١٩٧٥م . وقد وصلت سفن الأبحاث إلى المنطقة ، ووجدت دليلاً واضحاً على تأثير النينو ، وبالرغم من كونه ضعيفاً ، إلا أن الأبحاث المكثفة قد ساعدت على التنبوء به ، كما أمكن التنبوء بالأحوال الجوية المعقدة . هذا ، وعلى الرغم من كون مدة التنبوء كانت وما تزال قصيرة ، إلا أنها خطوة في الاتجاه نحو تنبوءات مناخية أكثر فاعلية .

سيناريوهات المستقبل

يضاف إلى الأبحاث التي تحاول فك ألغاز وتعقيدات الغلاف الجوي المؤثرة في المناخ في المستقبل، فإن هناك أيضاً مشاريع بحثية أخرى تركز على الأحداث بهدف استنباط الأحوال المستقبلية. ويسعى هذا المنهج إلى وضع أو تأسيس سيناريوهات المستقبل . وتهدف الإجابة على سؤال مفاده ماذا يحدث لو ؟ ويبنى السيناريو في جزئه الأساسي من السؤال الخاص بإذا ؟

وقد سميت السيناريوهات المناخية بنفس أسماء تقديرات الزيادة السكانية { تقدير منخفض – تقدير متوسط – تقدير مرتفع } .

إن أفضل الأمثلة عند الحديث عن السيناريوهات هو ما ذكرته " المؤسسة القومية للعلوم National Science Foundation " في دراسة أستكملها جريليGreeley . وتركز هذه الدراسة على المستقبل المنظور Foreseeable Future، والأنشطة البشرية التي تُغيير على القوى الطبيعيةNatural Forces من جراء مخاطرها على المناخ. وعلى سبيل المثال، قد نتج عن الزيادة المستمرة في الوقود الحفري بمعدل ٤% / سنوياً تسخين الهواء والماء بمعدلات وصلت إلى درجة التحذير العالمي. وفي حالة استمرار معدل ٤% حتى عام ٢٠٧٠م، سيحدث تسخيناً يعادل ١٠% من كمية الإشعاع الواصل إلى الأرض.وستؤدي مثل تلك الزيادة في معدل استهلاك الطاقة إلى ارتفاع معدل درجة حرارة الأرض بمقدار يتراوح ما بين ٥–٨ °م . ويعد هذا التقدير في حد ذاته أحد السيناريوهات ، ويتنبأ بماذا يحدث إذا استمر معدل استهلاك الطاقة كما هو في الوقت الحاضر . ويعتقد جريلي أن معدل استهلاك الطاقة لم يعد استمراره حتمياً في المستقبل ، إذا يتوقف على معدل الزيادة السكانية العالمية ، وكثافة التصنيع ، ونوع الوقود المستخدم في توليد الطاقة . وإذا أخذنا في الاعتبار أن ذلك غير معلوماً بدقة، فإنه من الضروري

وضع العديد من السيناريوهات.وإذا اعتمدنا على تقدير الزيادة السكانية حتى عام ٢١٠٠م، فأن التقديرات المتاحة تتراوح فيما بين التقدير العالي للزيادة ب ٣٠ بليون نسمة، وبين التقدير المنخفض الذي يتوقع فقط الزيادة ب ٦ بليون نسمة ، وفيما بينهما التقدير المتوسط الذي يتوقع الزيادة السكانية العالمية في حدود ١٠ بليون نسمة كما يتضح في شكل (١٢-٣). ومن ثم ينبغي تحديد كمية الطاقة التي يحتاجها هذا العدد السكاني العالمي { وفق التقديرات الثلاثة للزيادة السكانية } ووفق تلك السيناريوهات كما يتضح في جدول (١٢-٢) . وتوضح بيانات ذلك الجدول معدل حرق الوقود لإنتاج الطاقة بمدى يتراوح بين ١٠٠-١٠٠٠ مليون وحدة حرارية بريطانية /سنوياً.ويشير هذا المدى المتسع من البيانات والتوقعات إلى اختلاف مستقبل الطاقة وفقاً للسيناريوهات الثلاثة التي تقدر عدد السكان في عام ٢١٠٠م.

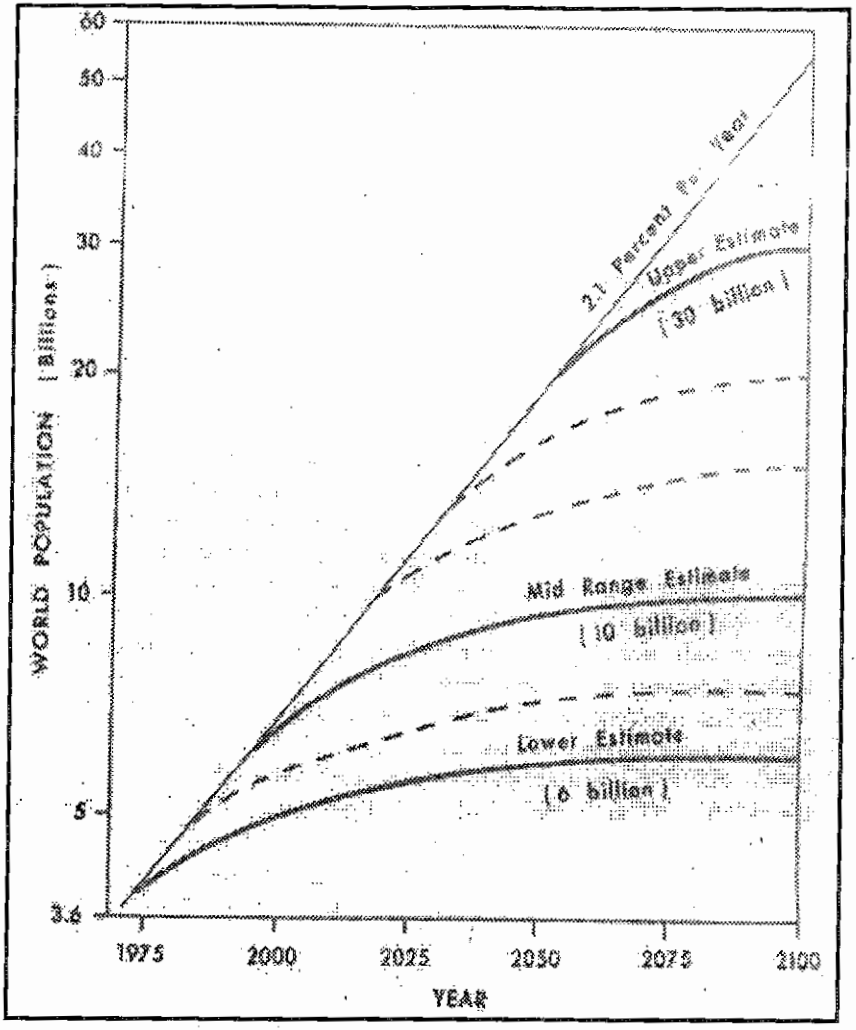
جدول (١٢-٢) مدى الطاقة العالمية المستخدمة

عدد سكان العالم	معدل الطاقة المستخدمة بليون وحدة حرارية بريطانية / سنوياً			
	١٠٠	٣٠٠	٥٠٠	١٠٠٠
٦ بليون	Q Q٠,٦	Q١,٨	٣	Q٦
١٠ بليون	Q١	Q٣	٥	Q١٠
٢٠ بليون	Q٢	Q٦	١٠	Q٢٠

Q= بالمليون وحدة حرارية بريطانية/ سنوياً

QQ = $١٠^{١٨}$

شكل (١٢-٣) تقديرات الزيادة السكانية وفقا لعدد من الباحثين



السيناريو (١)

أن يصل استهلاك الطاقة العالمي ٢٠ وحدة حرارية بريطانية(Q BTU Sackville Thermal Units) / سنوياً خلال عام ٢٠٠٠م حينما يكون عدد السكان ٢٠ بليون وتبلغ الطاقة المحروقة ١٠٠٠ مليون وحدة حرارية بريطانية / نسمة / سنوياً.

الاحتمال الأول (أ): أن يتم حرق إجمالي الوقود الحفري المتبقي، وبالتالي ينتهي خلال القرن الحادي والعشرين. وتصبح الطاقة الذرية هي المصدر الغالب على مصادر الطاقة في أواخر القرن إل ٢١ ، بل تصبح المصدر السائد بحلول عام ٢١٠٠م.

الاحتمال الثاني (ب): أن يتقلص الوقود الحفري بحلول عام ٢٠٥٠، ومن ثم فإن كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لن تتجاوز ٤٢٠ جزء في المليون. وتصبح الطاقة الذرية هي المصدر الغالب خلال فترة فاصلة في أواسط القرن إل ٢١ ، وتصبح الطاقة الشمسية هي السائدة بحلول عام ٢١٠٠ م .

السيناريو (٢)

أن تصل الطاقة العالمية ٣ وحدة حرارية بريطانية(Q BTU) Sackville Thermal Units / سنوياً خلال عام ٢١٠٠م ووفقاً للتوقع بأن يبلغ عدد سكان العالم ١٠ بليون نسمة مقابل ٣٠٠ مليون وحدة حرارية بريطانية /نسمة/ سنوياً.

الاحتمال الأول (أ): أن يتقلص استخدام الوقود الحفري بحلول علم ٢٠٥٠ م، ومن ثم لن تتجاوز كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ٤٢٠ جزء في المليون. وتصبح الطاقة الذرية هي السائدة قبل منتصف القرن الحادي عشر ، بل تصبح المصدر الوحيد للطاقة بحلول عام ٢٠٥٠ .

الاحتمال الثاني (ب): ويماثل الاحتمال الأول باستثناء كون الطاقة الشمسية تصبح هي الطاقة السائدة لتتفوق على استخدام الطاقة الذرية بحلول عام ٢٠٧٥.

السيناريو (٣)

أن تصل الطاقة العالمية ٠,٦ وحدة حرارية بريطانية (Q BTU) Sackville Thermal Units / سنوياً خلال عام ٢١٠٠م، ووفقاً للتوقع بأن يبلغ

عدد سكان العالم ٦ بليون وتبلغ الطاقة المحروقة ٣٠٠ مليون وحدة حرارية بريطانية /نسمة/ سنوياً.

الاحتمال الأول (أ): أن يتقلص الوقود الحفري بحلول عام ٢٠٠٠ م، ومن ثم لن يتجاوز تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ٤٠٠ جزء في المليون. وتتفوق الطاقة الذرية على أنواع الطاقة الأخرى في بدايات القرن الحادي عشر ، بل تصبح المصدر السائد بحلول عام ٢٠٢٥م .

الاحتمال الثاني (ب): ويماثل الاحتمال الأول باستثناء كون الطاقة الشمسية تصبح هي الطاقة السائدة لتتفوق على استخدام الطاقة الذرية بحلول عام ٢٠٥٠.

هذا وعند تقدير الأخطار المناخية المرتبطة بتلك السيناريوهات ، فإن هناك متغيرين لابد من أخذهما في الاعتبار : الأول : التحقق من التسخين الناتج عن عمليات توليد الطاقة ، والثاني : دور ثاني أكسيد الكربون في إحداث تأثير البيوت الزجاجية . وتستنتج نماذج الحاسوب التأثيرات والمخاطر النسبية لهذين العاملين على أساس ارتباطهما بالسيناريوهات الثلاثة السابقة . ونخلص من ذلك إلى معدلات ارتفاع درجة الحرارة على المستوى العالمي وعند القطبين على النحو التالي :

وفقاً للسيناريو	معدل ارتفاع درجة الحرارة بالدرجات المئوية	
	العالمي	عند القطبين
السيناريو (١) الاحتمال (أ)	٢-٣	١٠ أو أكثر
السيناريو (١) الاحتمال (ب)	١ *	٢-٣ *
السيناريو (٢) الاحتمال (أ)	١,٢-١,٣ *	٢-٥ *
السيناريو (٢) الاحتمال (ب)	١ *	٢-٣ *
السيناريو (٣) الاحتمال (أ)	½ *	١ *
السيناريو (٣) الاحتمال (أ)	½ *	١ *

*يرتبط هذا الارتفاع في درجة الحرارة بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي نتيجة حرق الوقود الحفري .

وتشير تلك النتائج بوضوح إلى الدور المعقد والمتشابك للاستمرار في زيادة كمية استهلاك الوقود الحفري / نسمة / سنويا {كنتيجة للزيادة العالمية في السكان }في صياغة مناخ المستقبل . ويعتبر سيناريو التسخين الأعلى (سيناريو (١) الاحتمال (أ)) ويحدث حينما يتم استغلال الوقود الحفري خلال القرن الحادي عشر مع زيادة عدد سكان العالم وفق التقدير الأعلى ، فينعكس ذلك على التقدير الأعلى للطاقة ومن ثم أعلى تقدير لارتفاع درجة الحرارة عالمياً و تحديداً عند القطبين. بينما يرتبط أقل تقدير لارتفاع درجة الحرارة بالسيناريو (٣) حيث أقل تقدير للزيادة في عدد سكان العالم، بالإضافة إلى التوقع بالاعتماد على الطاقة الذرية والطاقة الشمسية لتحل محل الطاقة الحفرية.

وفي محاولة لتقويم تلك السيناريوهات ، فيعتقد جريلي أن نتائجها غير دقيقة . ويمكن القول ، بأنه وفق لقواعد الجغرافية المناخية الديناميكية ، تعد تلك النتائج أقل دقة وأقل قبولا بسبب اعتمادها على هذين العاملين (استغلال الطاقة – الزيادة السكانية) في التأثير على مستقبل المناخ . إذ أنه بالإضافة للتسخين الناتج عن حرق الوقود وتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، فإن هناك الغبار وتلوث الهواء، فضلاً عن التغير الطبيعي للمناخ الذي ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار. وعلى أية حال ، فإن تلك السيناريوهات لا تظهر طبيعتها ومدى قيمتها وأهميتها في توفير قاعدة معلوماتية عن نوعية التغير المتوقع حدوثه . وفي حال توفر المزيد من البيانات التفصيلية حول مسببات تغير المناخ ، فإنه يمكن اعتماد عدداً من السيناريوهات في حال إتاحة المزيد من البيانات التفصيلية التي يمكن أن تؤدي إلى حدوث تغيرات في المناخ بشرط أن تصبح تلك المسببات عامة وشاملة.

الملخص والملاحظات والتوصيات

يعد التنبوء بشكل وطبيعة وخصائص مناخ المستقبل غاية في التعقيد . إذ تظهر بعض الأدلة اتجاهين متضادين . وتستند الافتراضات العديدة على أبحاث تسعى لفك طلاسم الأسباب الرئيسة المتسببة في كلٍ من مناخ الماضي ومناخ الحاضر . وبدون فهم تلك المسببات واستيعابها ، يتعذر وجود مشاريع بحثية جادة يمكن الاستناد عليها في التنبوء بمناخ المستقبل .

وفي مضمار التنبوء بحالة المناخ مستقبلاً ، فإن هناك ضرورة ملحة إلى إجراء المزيد من البحوث والدراسات . ويعد استقراء تفاعل المحيط / الهواء مجالاً جديداً يمكن التأسيس عليه لوضع المزيد من السيناريوهات التي تعكس المخاطر المحتملة لبعض العناصر البيئية المختارة.

هذا ولا يوجد اتجاهاً واضحاً أو إجابة نهائية شافية عن ماهية وكيفية حدوث تغير في المناخ خلال القرن القادم { إل ٢١ }، كما لم يحدث حتى الآن تغير ملموس وواضح يمكن التحقق منه أو أثباته خاصةٍ فيما يتعلق برفاهية الإنسان في المستقبل .

وأخيراً ، يمكن القول بأن مضمار بحث التنبوءات المناخية مازال بكراً وفرص البحث فيه لانهائية ومتعددة المحاور .