القسم الثاني: جمع البيانات والمعطيات

الفصل الأول: المشاهد الطبيعية

مقدمة

يتمثل المشهد الطبيعي في وضع التلال والجبال والسهول والوديان والأنهار والسواحل وغيرها من خصائص سطح الأرض التي يعيش عليها البشر حاليا.

تتعلق دراسة المشهد الطبيعي بشكل رئيس بتطور هذه التضاريس (أو مكونات المشهد الطبيعي)؛ كيف تتغير بشكل طبيعي ونتيجة للنشاط البشري، وسرعة حدوث هذه التغييرات والعوامل التي تتحكم بها. يمكن أن تتعلق عمليات المسح بهندسة التضاريس نفسها، أو المواد التي تتكون منها و/ أو العمليات التي تشكلها.

في نهاية المطاف، ترجع العمليات المعنية إلى القوى المناخية والتكتونية. لكن هذه القوى الأساسية تخضع للتغيير بشكل عام من خلال عوامل (محلية) أخرى، مثل الغطاء النباتي والنشاط البشري، بحيث تحدث التغييرات في المشهد التضاريسي بوتائر (ج. وتيرة) مختلفة في المكان والزمان.

يمكن أن توفر الأدوات والملاحظات نظرة مباشرة عن معدل وسبب التغييرات الأخيرة، ولكن يجب أن القيام بفك رموز التغييرات طويلة المدى التي تحدث على مدى مئات أو آلاف السنين بشكل غير مباشر، عن طريق تأريخ توضع الرواسب أو أسطح التعرية، أو من خلال استخلاص المعلومات من النماذج التي تصف مكونات المشهد الطبيعي والعمليات التي تغيرها.

بشكل متزايد، نتيجة للمخاوف بشأن الطريقة التي تؤثر بها الأنشطة البشرية على المناخ، يتم توجيه الانتباه إلى التنبؤ بالتغيرات التي قد تحدث في المشهد المادي في المستقبل، وكذلك إلى فهم التغييرات التي حدثت في الماضي. ومع ذلك، في كلتا الحالتين، فإن معرفة العلاقات بين الشكل والعملية والعوامل التي تختلف عنها ضرورية لتوضيح كيفية تغير المشهد المادي بمرور الوقت.

الشكل والنمط

بالمعنى الأساسي، يمكن تمثيل المشهد المادي كمياً من خلال معالم أساسية مثل الارتفاع (يمثل التباين في الارتفاع عبر منطقة معينة التضاريس) وزاوية ومظهر المنحدر والموقع من خط العرض.

يتم تحديد الموقع على سطح الأرض بالإحداثيات) "x" الموقع من خط العرض(شمال)، "y" الموقع من خذ الطول (شرق) و "z" الارتفاع.

اعتمادًا على حجم وأهمية المسح (المقياس) والموارد المتاحة، يمكن استخدام طرق مختلفة لجمع البيانات حول هذه المعلمات "الجغرافية المكانية" الأساسية. وتشمل هذه "المسوحات الميدانية" استخدام المزواة أو جهاز قياس المسافة الإلكتروني (EDM) أو نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) وتقنيات الاستشعار عن بعد التي تتضمن المرئيات الفضائية والأقمار صناعية. تشكل الخرائط الطبوغرافية ونماذج الارتفاع الرقمي (DEM) ملخصات أو تمثيلات للبيانات الجغرافية المكانية التي توفر المعلومات الأساسية اللازمة لوصف وتصنيف شكل المشهد الطبيعي في بعدين أو في ثلاثة أبعاد.

يمكن استخدام المعلومات المستمدة من خريطة طبوغرافية أو نموذج رقمي للتضاريس (MNT) لتحديد نماذج يمكن استخدامها لتوصيف وتصنيف أنواع مختلفة من التضاريس، كما يمكن أن تكشف عن العمليات المسؤولة عن إنشائها.

قد تستند تصنيفات التضاريس هذه إلى معلومات تفصيلية عن السمات المميزة للمناظر الطبيعية التي تم الحصول عليها من المسوح الميدانية (مثل النماذج المتكررة للتضاريس والتربة والنباتات)؛ لكنها تستند في أغلب الأحيان،

إلى المعلومات المورفولوجية الأساسية، مثل منحدر محدب أو منحدر مقعر أو مستقيم ومعدل التغيير في انحناء السطح أو المقطع. هذه السمات مهمة لأنها تتحكم في تركيز وانتشار الماء والرواسب عبر المشهدالطبيعي وتؤثر في العلاقة بين عمليات التعرية، مثل الانهيارات الأرضية وتطورات المشهد الطبيعي.

هناك سمات طبوغرافية أخرى للمشاهد الطبيعية تكتسي أهمية بالنسبة لحركة المياه وتوزيعها وتشمل السمات الأولية، مثل حوض التصريف أو منطقة المساهمة (المنطقة التي تجمع منها الأنهار والجداول ويتدفق منها الماء إلى نقطة معينة). تؤثر هذه السمات على حجم تدفق المياه (الجريان السطحي) من سطح التربة ويمكن تمثيلها بعدد من المؤشرات: كمؤشر الرطوبة الطبوغرافي ((l'indice d'humidité topographique (TWI).

تعتبر الخرائط الجيومورفولوجية تمثيلاً للسمات والأشكال التي تشكل المشهد الطبيعي. تهم معظم الخرائط الجيومورفولوجية مناطق صغيرة بمقاييس كبيرة جدًا (عادةً ما بين 1: 5000 و 1: 50000)، وتحتوي عادةً على معلومات حول ظروف التضاريس التي يمكن استخدامها في تخطيط استخدام الأراضي أو في تقييمات الانعكاسات البيئية أو الموارد أو المخاطر الطبيعية. يسجل شكل الأرض (مورفولوجيا) من خلال المسح الميداني، والذي غالبًا ما يستكمل بمعلومات مستمدة من تقنية الاستشعار عن بعد، ويقسم سطح الأرض إلى وحدات مستوية مقسمة من خلال التغيرات التدريجية أو الانتقالات الفجائية (الحادة) للانحدار، تحدد بواسطة خطوط مزخرفة ورموز أخرى. قد يتم تزيين الخريطة المورفولوجية الأولية بمعلومات حول أصل وعمر العناصر التضاريس المنفردة وطبيعة المواد التي تتكون منها والعمليات التي تعمل فيها، بحيث يمكن استخدام الخريطة الجيومورفولوجية المحصل عليها لتسجيل ورصد المعلومات عن الموارد الطبيعية الأخطار وتكون التضاريس. إحدى الطرق التي يمكن من خلالها القيام بذلك هي استخدام مخطط تفسيري يستخدم السمات الرئيسية للمشهد الطبيعي للتنبؤ بظروف وعمليات أخرى.

العمليات

إذا كانت الأشكال الأرضية تمثل تشريحا للمشهد الطبيعي، فإن العمليات توافق وظائف أعضاء هذا التشريح. وكل واحد منهما يعتمد على الآخر. وتنقسم العمليات التي تؤثر على المشهد الطبيعي إلى عمليات داخلية وأخرى خارجية (مرتبطة على التوالي بالطاقة الداخلية أو الطاقة المستقبلة على سطح الأرض).

تتسبب العمليات الداخلية في تشوه قشرة الأرض على نطاق واسع عن طريق نشأة الجبال وحركات الخفض والرفع. بالاشتراك مع التصحر وتصلب الرواسب تخلق هذه العمليات الإطار الجيولوجي الذي يقاوم العمليات الخارجية. تشمل العمليات الخارجية التجوية؛ والحركات الكتلية بفعل الجاذبية وعمليات التعرية، التي تعمل في بيئات مختلفة (ساحلية، صحراوية، جليدية...).

تعتمد "فعالية" هذه العمليات (أي قدرتها على تشكيل المشهد الطبيعي) على مقاومة الإطار الجيولوجي (مقاومة التجوية) وعلى "قوة" الحدث المعني، وتحكمها كمية المادة التي خضعت للتحريك (الحجم) وبأية سرعة يحدث هذا (التردد).

الحدود القصوى (العتبات)

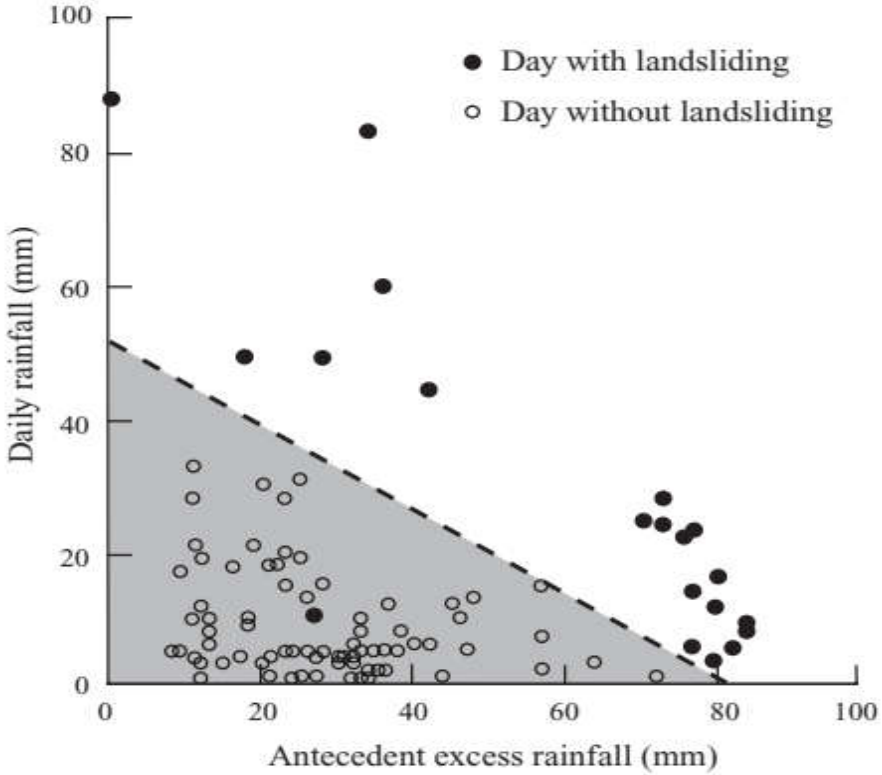
البحث لتحديد القيم الحرجة (العتبات) للحركة أمر شائع في جميع دراسات العمليات من خلال مجال واسع من المقاييس ومستويات التجريد. على سبيل المثال، يمكن تحليل كثافة هطول الأمطار ومدته لتحديد القيم التي تؤدي إلى الانهيارات الأرضية القريبة من السطح في المنحدرات المغطاة بالتربة. قد يتطلب هذا بيانات تجريبية، على من قبيل: معلومات حول زمان ومكان حدوث الانهيارات الأرضية وظروف هطول الأمطار في ذلك الوقت، بحيث يمكن فصل الظروف التي لم تنتج أي استجابة عن تلك التي تسببت في حدوث انهيارات أرضية (انظر الشكل1). بدلاً من ذلك، يمكن استنتاج القوة المطلوبة لبدء الحركة من المبادئ الفيزيائية. وهكذا، يمكن تغيير مؤشر الرطوبة الطبوغرافية لتحديد التشبع النسبي لقطاع التربة (نسبة سمك التربة المشبعة h، إلى السمك الكلي لقطاع التربة z)، وهي نسبة مرتبطة ب:

حالة استقرار(ثابت) التهطال R،

توصيلية التربة الخاصة للحوض الصبابT (معدل مرور الماء عبر التربة)

وزاوية الانحدار المحلية θ،

على النحو الآتي: $\mathbf{h/z = R\,a\,/\,bT\,\sin\theta}$



الشكل 1: حدوث انزلاقات أرضية في ويلينغتون ، نيوزيلندا ، 1974.

عندما يصبح المنحدر أكثر رطوبة، قد يصبح المحتوى المائي كافيًا لإحداث انهيارات أرضية (محتوى مائي حرج)
.يفصل هذا الشكل المحتوى المائي حسب المصدر: هطول الأمطار في يوم معين (المحور ص) والمياه التي تراكمت في منحدر خلال فترة زمنية سابقة (المحور س).
في هذه الحالة ، يتم تمثيل المياه المتراكمة عن طريق جمع الأمطار الفعالة (هطول مطر ناقص النتح) التي حدثت على مدى عشرة أيام قبل حدث يومي لهطول الأمطار (تم رسمها على أنها فائض تهطال سابق) .عندما يكون فائض تهطال سابق مرتفعا، تكون أحداث هطول الأمطار الصغيرة نسبيًا قادرة على إثارة الانهيارات الأرضية
أحد العناصر الخارجة على الرسم البياني هو استثناء للعتبة المميزة التي تفصل بين ظروف الانزلاق الأرضي عن الظروف المستقرة وقد تمثل حالة تساهم فيها تسربات أنابيب المياه في المحتوى المائي لانهيارات المنحدرات الأرضية.

المقدار و التكرار (القوة والوتيرة)

مثل معظم العمليات الجيومورفولوجية الأخرى، لا تعمل العمليات التي تنتج الرواسب على المنحدرات وتوصلها إلى أسرة المجاري (بما في ذلك تعرية الصفائح والجداول والانزلاقات الأرضية) بشكل مستمر. بينما تعمل بشكل عرضي عندما تحدث ظروف معينة و/أو يتم تجاوز العتبات، وترتبط بأحداث ذات حجم وتردد محددين.

الانزلاق الأرضي، على سبيل المثال، عملية متقطعة للغاية وعرضية بطبيعتها تحدث عادة فقط خلال العواصف المطيرة الكبيرة (ذات الحجم الكبير)، النادرة نسبيًا (التردد المنخفض). وعلى النقيض من ذلك، تساهم تعرية الصفائح والجداول إمداد القنوات بالرواسب أثناء العواصف المطيرة من جميع الترددات والقوة (العواصف المطرية الصغيرة وغير الاعتيادية وكذلك الكبيرة وغير النمطية)، وبالتالي يبدو أن عمليات التعرية المنتشرة هذه تعمل بشكل مستمر.

العلاقات بين الأشكال والعمليات

العلاقات بين شكل (مورفولوجيا) المشهد الطبيعي والعمليات التي أنشأته معقدة حتمًا، لأن الأشكال الأرضية التي يتألف منها تعكس بصمة العمليات التي تعمل عبر مجموعة من المقاييس المكانية والزمنية. وهكذا، على سبيل المثال، ربط تشرتش وسلايميكر(1989) الزيادة في ناتج الرواسب المعلقة في أحواض التصريف حتى (3 × 104 كم^2) في إحدى مناطق كولومبيا البريطانية بإعادة تحريك الرواسب المترسبة خلال الرباعي (الفترة الجليدية الأخيرة). بينما على العكس من ذلك يلاحظ أن ناتج الرواسب المعلقة ينخفض عادةً مع زيادة مساحة الحوض وتراجع (نزول) التضاريس، وهو ما يجعل المعدل الإجمالي للتعرية ينخفض.

لا يمكن للدراسات التاريخية التي تركز على التغيرات في خصائص شكل الأرض مع مرور الزمن والتي تمتد من آلاف إلى ملايين السنين أن تعتمد على القياس المباشر للعمليات التي تنتج التغييرات. لكنها تسعى بدلاً من ذلك إلى إعادة بناء الأشكال السابقة بهدف تحديد كيف وبأية معدلات حدثت التغييرات. في بعض الحالات، يمكن اشتقاق سلسلة من الأشكال التي يتطور من خلالها المشهد الطبيعي من سلاسل طاقية، حيث ترتب الأشكال الأرضية ذات الأعمار المختلفة الموجودة في مواقع مختلفة ترتيبًا زمنيًا لإنشاء سلسلة زمنية (أو طبوغرافية). ومع ذلك، يجب توخي الحذر عند استخدام هذا النهج، لأنه يفترض أن الاختلافات في الشكل هي ببساطة مرتبطة بالزمن. في حين ربما حدثت في الفترة الزمنية الممثلة، تغييرات كبيرة في واحد أو أكثر من المتغيرات المتحكمة (أي في المناخ) والتكتونية ومستوى سطح البحر...

خاتمة

يشترط لفهم المشهد الطبيعي مكتسبان أساسيان هما:

*/- القدرة على تحليل وتمثيل أشكاله وخصائصه المتنوعة؛

*/- ومنهجية لقياس وتسجيل وتحليل سلوك عمليات تشكل التضاريس.

يساعدنا البحث في العلاقات الزمنية والمكانية بين الأشكال وبين العمليات على فهم العوامل التي تتحكم في نظام المشاهد الطبيعية، وكيف تشتغل هذه المشاهد الطبيعية وكيف تتطور. هذه المعرفة، بدورها، قد تكننا من نمذجة وتوقع كل من سلوك العمليات واستجابة المشهد الطبيعي للتغير البيئي الذي حدث في الماضي والذي قد يحدث في المستقبل، وليس أقلها التغييرات المصاحبة لتغيرات الضغوط السكانية والمناخ العالمية السريعة.

يتيح نقل هذه المعرفة إلى عناصر أخرى أيضًا، فهم كيفية تطور "المشاهد الطبيعية" في قاع البحر أو على كوكب المريخ، على سبيل المثال.

الفصل الثانـي: المنـاخ

المقدمة

تاريخيا، صُنف علم المناخ على أنه حقل فرعي لكل من الجغرافيا وعلوم الغلاف الجوي. يمتد الاهتمام الحالي بعلم المناخ إلى ما هو أبعد من هذين النظامين ليشمل جميع فروع العلوم الطبيعية والبشرية، ويرجع ذلك جزئيًا إلى زيادة الوعي المجتمعي بالتأثير المحتمل وهشاشة الأرض أمام تغايرية المناخ وتقلباته.

لا يوجد تعريف مقبول عالميًا لعلم المناخ، وبالنظر إلى الاهتمامات الواسعة النطاق لعلماء المناخ، يبدو من غير المحتمل أن يظهر تعريف مقبول في المستقبل القريب. ومع ذلك، فإن معجم مصطلحات الأرصاد الجوية للجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية يعرّف المناخ بأنه "الجوانب المتغيرة ببطء للغلاف الجوي - الغلاف المائي - نظام سطح الأرض" وعلم المناخ على أنه "وصف ودراسة علمية للمناخ (American Meteorological Society . 2000)

تتجاوز هذه التعريفات المفهوم الشائع في كثير من الأحيان بكون "المناخ هو متوسط الطقس" وأن علم المناخ هو مجرد جهد وصفي. بل على العكس من ذلك، يهتم علم المناخ أيضًا بالعمليات الفيزيائية المسؤولة عن المناخ وتغايريته وبتأثيرات المناخ على النظام الطبيعي والنظام البشري.

لم تتم مناقشة النماذج الفلسفية المختلفة على نطاق واسع من قبل علماء المناخ، الذين يعملون في الغالب ضمن الإطار الوضعي (positivist) ويستخدمون المنهج العلمي. لذلك سنركز في هذه الفقرات على البيانات والطرق المستخدمة في البحوث المناخية ويسلط الضوء على بعض مصادر البيانات الرئيسية والقضايا الأساسية التي يجب أخذها في الاعتبار عند تحليل المعطيات المناخية.

بيانات المناخ

يتم وصف الجوانب المتعددة لمناخ الأرض باستخدام مجموعة متنوعة من المتغيرات (يشار إليها أيضًا باسم "العناصر المناخية" أو "معالم المناخ"). توجد ثلاثة متغيرات: درجة الحرارة القصوى ودرجة الحرارة الدنيا وتراكم هطول الأمطار، في صميم العديد من التحليلات المناخية. كما أن ضغط الهواء والرطوبة واتجاه الرياح والسرعة والرؤية وغيرها، تشكل أمثلة أخرى لمتغيرات المناخ.

غالبًا ما تستخدم هذه المتغيرات الأساسية لاشتقاق متغيرات إضافية مفيدة لتطبيقات معينة. أحد الأمثلة على ذلك هو "أيام زيادة درجات الحرارة"، وهو مقياس يعتمد على قياس تراكم درجة الحرارة المرتبط بالحرارة التي يمكن ربطها بتطور النبات والحشرات والأمراض. يمكن أيضًا تحليل معلومات حول ظواهر جوية معينة مثل نوع السحب، وتواتر الضباب أو ظواهر جوية عنيفة وقاسية (بما في ذلك الرياح القوية والبرد الكبير والأعاصير)، أو المسارات التي تتبعها الأعاصير المدارية أو أعاصير العروض المتوسطة. لكن تجدر الإشارة إلى أنه نظرًا لكون الهدف من الكثير من الأبحاث المناخية هو فهم الروابط والتفاعلات داخل نظام مناخ الأرض بشكل أفضل، فنادرًا ما تقتصر الأبحاث على متغير مناخي واحد أو ظاهرة جوية واحدة.

اعتبارات عامة بخصوص إجراء القياسات المناخية وتفسيرها.

يمكن قياس المتغيرات المناخية والظواهر الجوية مباشرة، أو يمكن ملاحظتها باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد. قد يحصل الباحثون في بعض الأحيان على معلومات حول متغيرات مناخية معينة أو ظواهر جوية عن طريق تصميم تجربة ميدانية خاصة لهذا الغرض، في حالات أخرى قد يعتمد الباحث على السجلات المحفوظة (الأرشيف) التي تحتوي على ملاحظات تاريخية لمتغيرات المناخ، تقوم بها منظمات الأرصاد الجوية الوطنية أو الدولية.

في الواقع، تتميز البحوث المناخية بخاصية الاستخدام الواسع معطيات السجلات المحفوظة. في جميع الحالات، يجب النظر بعناية في تصميم البحث. لأن التفاصيل ستختلف حتمًا باختلاف مشاريع الدراسات. كما يجب أن يعالج الباحثون الذين يصممون تجاربهم الميدانية الخاصة وكذلك أولئك الذين يستخدمون البيانات المحفوظة، القضايا المتعلقة بنوع البيانات والطرق المستخدمة لتحليلها. وعادة ينبغي تحديد المتغيرات المناخية ذات الصلة والمقاييس المكانية والزمانية للاستقصاء.

تعد البيانات الوصفية Metadata (بيانات حول البيانات Data about data) ضرورية إذا في حالة مشاركتها مع الآخرين أو كانوا سيستخدمونها. وتوصي المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) بأن تتضمن البيانات الوصفية على الأقل وصفاً لنوع وحالة الجهاز؛ محيطه، حالة عرضه أو انكشافه، ارتفاعه عن سطح الأرض ودرجة تداخل الأدوات أو الأجسام الأخرى؛ التغييرات التي حدثت لها و/ أو استبدالها؛ وبروتوكولات المراقبة.

عدم التجانس في بيانات السجلات المحفوظة Archives

على الرغم من التوفر الظاهر لبيانات السجلات المحفوظة على نطاق واسع، فإنه ليس من الواضح دائمًا القول إن معطيات علم المناخ "غنية" أو "فقيرة" نظرا للشروط والقيود الشديدة التي تحكم السجلات المناخية المحفوظة.

من ذلك نذكر الدقة المكانية والزمنية للملاحظات المسجلة ليست مفصلة بما فيه الكفاية لمعالجة العديد من أسئلة البحث المعاصرة. تغطية سطح الأرض غير متساوية؛ القلة النسبية للملاحظات التي أجريت في المناطق الاستوائية أو المناطق القطبية أو المحيطات. كما أن السجلات لا تمتد غالبا في الماضي إلى وقت يكفي للكشف بدقةعن تغايرية المناخ وتقلباته. اختلاف طول سجل المناخ حسب المتغير المناخي وحسب الموقع. يرجع تاريخ الرصد العالمي لدرجة حرارة السطح وهطول الأمطار تقريبًا إلى منتصف القرن التاسع عشر؛ في حين بدأت عمليات المراقبة الروتينية ذات المستوى الأعلى حوالي عام 1940.

هناك قيد آخر لقياسات المناخ المحفوظة في السجلات يتعلق بكون معظم شبكات المراقبة قد صممت في البداية للتنبؤ بالطقس على المدى القصير وليس لمراقبة المناخ علما أن متطلبات هذين التطبيقين مختلفة تمامًا؛ على سبيل المثال ، الدقة والضبط مهمان للتنبؤ بالطقس، في حين يمثل الاتساق الزمني والمكاني اهتماما رئيسا لرصد المناخ. يمكن لتركيب أدوات جديدة بدقة وضبط أكبر، على الرغم من كونه مفيدًا جدًا للتنبؤ بالطقس، أن يطرح مشكلات لرصد المناخ، حيث تؤدي التغييرات في الأجهزة إلى تناقضات في سجل المناخ (تعرف في أدبيات علم المناخ بعدم التجانس). من الناحية المثالية، لابد من فترة تداخل وتراكب طويلة (سنة واحدة على الأقل) تؤخذ فيها القياسات بالأجهزة الجديدة والقديمة معا، الأمر الذي يتيح حساب عوامل التصحيح؛ وهو ما لا يحدث عمليا في كثير من الأحيان.

توجد مصادر أخرى متعددة لعدم التجانس في السجلات المناخية ويمكن أن يؤدي جهلها إلى تفسيرات خاطئة للرصد المناخي. فقد اقترحت دراسات أن تأثير التغييرات في موقع المحطة، حتى ببضع مئات من الأمتار فقط، قد يكون أكبر بكثير من التأثير المرتبط بتغييرات الأجهزة. يمكن أيضًا للتغيرات في مواضع الأجهزة، كزيادة نسبة التمدين أو حتى نمو شجرة مجاورة، أن تكون سببا في إدراج اتجاهات اصطناعية (غير طبيعية) في الملاحظات.

يجب أيضًا مراعاة الاختلافات في ممارسات المراقبة عند تحليل البيانات المناخية المحفوظة في السجلات، خاصة البيانات المعروفة جيدًا، والتي يصعب تصحيحها، بالنسبة لعدم التجانس المعروف باسم " انحراف وقت المراقبة". تقاس درجات الحرارة المتهددة بواسطة مراقبين متطوعين، يختارون وقت المراقبة المناسب لهم. وغالبًا ما يقومون بذلك في الصباح الباكر أو في وقت متأخر بعد الظهر (قبل أو بعد يوم عملهم) لكونها أكثر ملاءمة لهم، ويسجلون أقصى وأدنى درجة حرارة حدثت خلال فترة الـ 24 ساعة المنتهية في وقت المراقبة. لسوء الحظ، يتوافق الصباح الباكر والوقت المتأخر بعد الظهر مع الوقت المعتاد من اليوم لأدنى وأعلى درجات الحرارة على التوالي. إذا سجل أحد المراقبين أقصى درجة حرارة عند الساعة 4 مساءً بالتوقيت المحلي، على سبيل المثال، فقد تكون درجات الحرارة بعد الظهر الدافئة أعلى درجة حرارة ليس فقط لـ "يوم المراقبة" هذا، ولكن أيضًا لمدة 24 ساعة الموالية. وبالتالي، تميل المناطق ذات أوقات المراقبة بعد الظهر إلى انحرافات باتجاه الدفئ مقارنة بالمحطات التي لها وقت مراقبة من منتصف الليل إلى منتصف الليل، بينما تميل المناطق التي توافق أوقات المراقبة الصباحية إلى انحرافات باردة.

بالإضافة إلى وقت المراقبة، تؤدي ممارسات المراقبة المختلفة في بلدان مختلفة إلى تعقيدات إضافية خاصة لتحليلات المناخ القارية أو العالمية؛ على سبيل المثال، في معظم البلدان الأوروبية، تقاس درجة الحرارة والرطوبة على ارتفاع 2 متر فوق سطح الأرض، بينما تجرى في الولايات المتحدة على ارتفاع 1.5 متر. على الرغم من أن هذا الاختلاف قد يبدو صغيرًا، إلا أن درجة الحرارة تتغير عادةً بسرعة مع الارتفاع بالقرب من سطح الأرض، وبالتالي يمكن أن يكون للتغيرات الصغيرة في ارتفاع المستشعر Capteur/Sensor تأثير كبير على درجة الحرارة المرصودة.

بالنظر إلى عدم التجانس المحتمل في السجلات المناخية، فإن الخطوة الأولى الأساسية لأي تحليل مناخي هي فحص ملاحظات التجانس بعناية. على الرغم من أن ذلك ليس سهلا أبدًا، فإنه بالإمكان تبسيط هذه المهمة إلى حد ما، في حالة توفر البيانات الوصفية. في هذه الحالة، يتمثل النهج الشائع في مقارنة فترة التسجيل التي تشهد تغييرات

معروفة (مثل تغيير الجهاز) بالتسجيلات التي رصدت في محطة مجاورة لم تشهد أي تغيير، ثم حساب عامل التعديل adjustment factor.

مصادر البيانات المحفوظة في السجلات

قد يتطلب العثور على أنسب مجموعة بيانات مناخية بأثر رجعي لسؤال بحثي معين جهدًا كبيرًا. ولدى بعض البلدان (وليس كلها)، مراكز بيانات تقوم بحفظ مجموعات البيانات المناخ في السجلات وبتوزيعها، علما أن مجموعات البيانات المناخية ليست كلها مجانية.

مواقع معطيات مناخية على مستوى وطني:

USHCN: http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/ushcn/ushcn.html.

HadCET: http://hadobs.metoffice.com/hadcet/

مواقع معطيات مناخية على المستوى العالمي:

CRUTEM3: http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/

GHCN: http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/ghcn-monthly/index.php.

HadCRUT3: http://hadobs.metoffice.com/hadcrut3/diagnostics/global/nh+sh/

GPCP: http://cics.umd.edu/ ~yin/GPCP/main.html

مجموعات البيانات هذه ليست سوى أمثلة قليلة للسجلات المناخية المحفوظة. ومهما كان نوع أو مصدر البيانات المناخية المحفوظة، يتوجب على المستخدم فحص البيانات للتأكد من اكتمالها وتجانسها وأخطاءها المحتملة، لأن عدم القيام بذلك قد يؤدي إلى تحليلات لا معنى لها أو مضللة.

طرق وأساليب البحث في علم المناخ

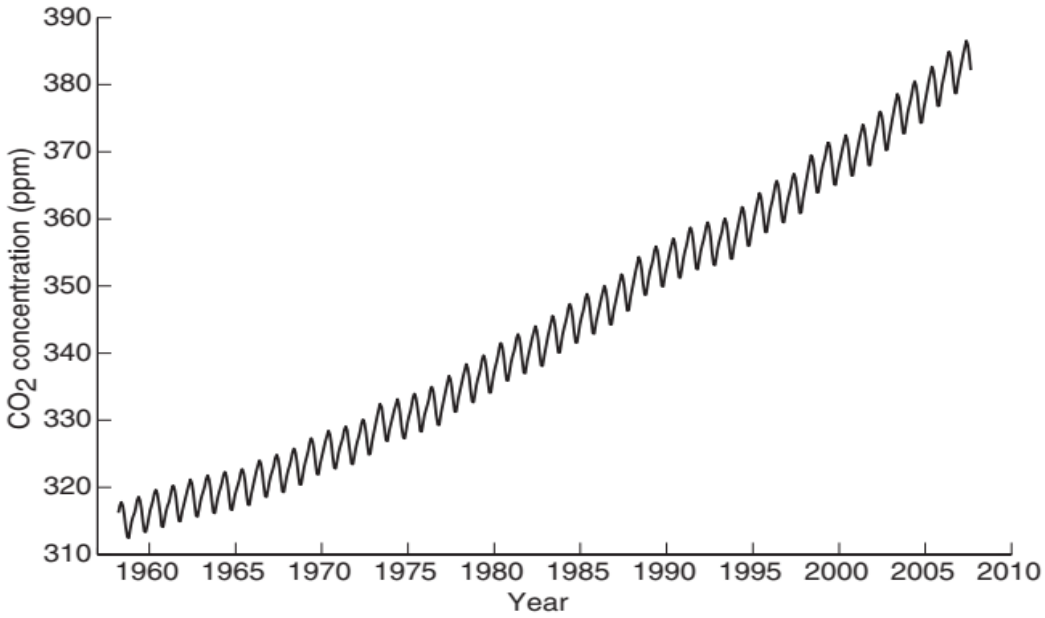
تتراوح طرق وأساليب البحث في علم المناخ من البسيطة إلى المعقدة .وتتحدد الأساليب المستخدمة في أبحاث المناخ من خلال معرفة وخيال الباحث فقط. من بين هذه الأساليب يمكن الحديث عن نهجين شائعين في أبحاث المناخ هما:

*/- التحليل الإحصائي: تمتد الأساليب الإحصائية المستخدمة من قبل علماء المناخ، من الإحصائيات الوصفية البسيطة المستخدمة لتلخيص البيانات إلى التقنيات، وبعضها معقد للغاية تستخدم لاستخلاص استنتاجات حول خصائص أو علاقات مناخ الموقع أو المنطقة. وبغض النظر عن بساطة أو تعقيد الطريقة الإحصائية، على الباحث أن يكون على دراية بالافتراضات الكامنة وراء الأساليب نفسها وطبيعة البيانات المناخية التي تطبق هذه الأساليب عليها؛

*/- والنمذجة الرقمية: النماذج الرقمية Numerical models، نماذج قائمة على أساس فيزيائي طورت باستخدام مبادئ حفظ المادة والقانون الأول للديناميكا الحرارية وقوانين الحركة .أي أن النماذج الرقمية تستخدم القوانين الفيزيائية لتنظيم سلوكها، وهي تقوم بدور مهم للغاية في الأرصاد الجوية وعلم المناخ. في الآونة الأخيرة، أصبحت نمذجة المجموع نهجًا مهمًا في النمذجة الرقمية. في الماضي، افترض علماء الغلاف الجوي وجود توقع "أفضل" على أساس "أفضل نموذج" وبيانات دقيقة وكاملة. على النقيض من ذلك، تدرك نمذجة المجموع الطبيعة الفوضوية للغلاف الجوي والطبيعة غير الكاملة للنماذج الرقمية وعدم القدرة على قياس الغلاف الجوي بشكل كامل ودقيق. تحققت سلاسل متعددة من النماذج الرقمية (أي "مجموعة") بظروف أولية قليلة الاختلاف. ويشير مجال الإسقاطات إلى عدم اليقين في التوقعات.

كشف تغير المناخ: مثال على تحليل البيانات المناخية

استخدمت العديد من مجموعات البيانات المفاتيح key data للكشف عن تغير المناخ؛ واحدة من أهمها سلسلة قياسات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي التي أجريت في مرصد مانوا لوا (هاواي)، منذ عام 1958 (الشكل2). تشير هذه البيانات إلى زيادة ملحوظة في تركيزات ثنائي أكسيد الكربون منذ بدء القياسات، وهو ما يعتبره فريق من الدارسين مؤشرا على تأثير البشر على الكوكب الذي يعيشون فيه.



الشكل 2: اتجاه تغير المتوسط الشهري لتركيز ثنائي أكسيد الكربون (CO2) في عينات الهواء المحصل عليها في مرصد مانوا لوا (هاواي).

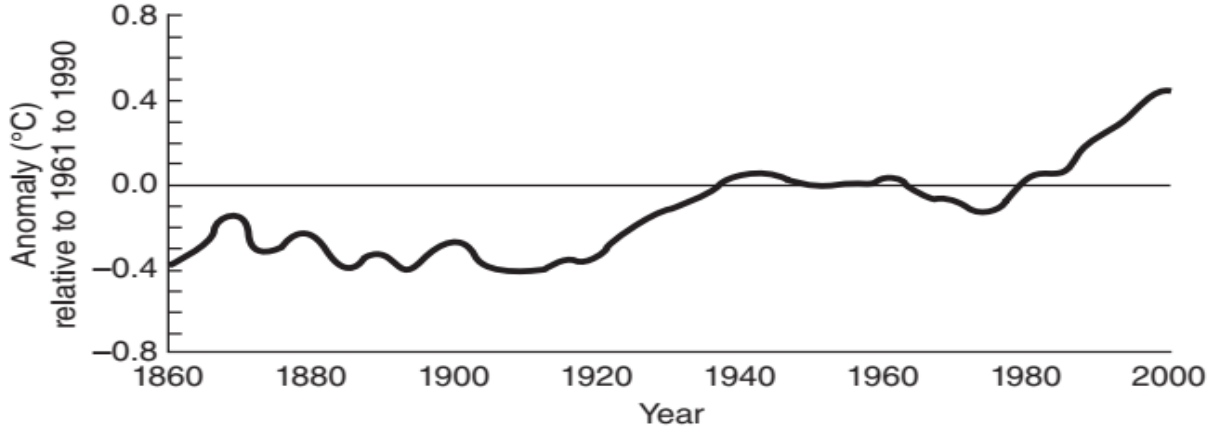
يمكن العثور على البيانات المستخدمة لإنشاء هذا المبيان والمعلومات الداعمة في (http://scrippsco2.ucsd.edu/home/index.php)

يُعتقد أن الانبعاثات البشرية المنشأ لما يسمى "الغازات الدفيئة"، بما في ذلك ثنائي أكسيد الكربون وكذلك الغازات الأخرى مثل الميثان وبروتوكسيد الآزوت، هي السبب الرئيس للزيادة الملحوظة مؤخرًا في متوسط درجات الحرارة العالمية.

روكمت تجميعات لمتوسط درجة حرارة الهواء (البري و/ أو المحيطي) عند السطح الأرضي في أوائل الثمانينيات، كما شهدت تحديثا بانتظام منذ ذلك الوقت. تتمثل إحدى أشهر هذه مجموعات البيانات في منحنى درجة حرارة نصف الكرة الشمالي الذي طوره علماء المناخ في جامعة إيست أنجليا (المملكة المتحدة) (جونز وآخرون 1982). يتم التعبير عن متوسط درجة الحرارة السنوية من خلال البعد (أو الشذوذ) عن متوسط درجة الحرارة لفترة زمنية ثابتة (انظر الشكل 3).

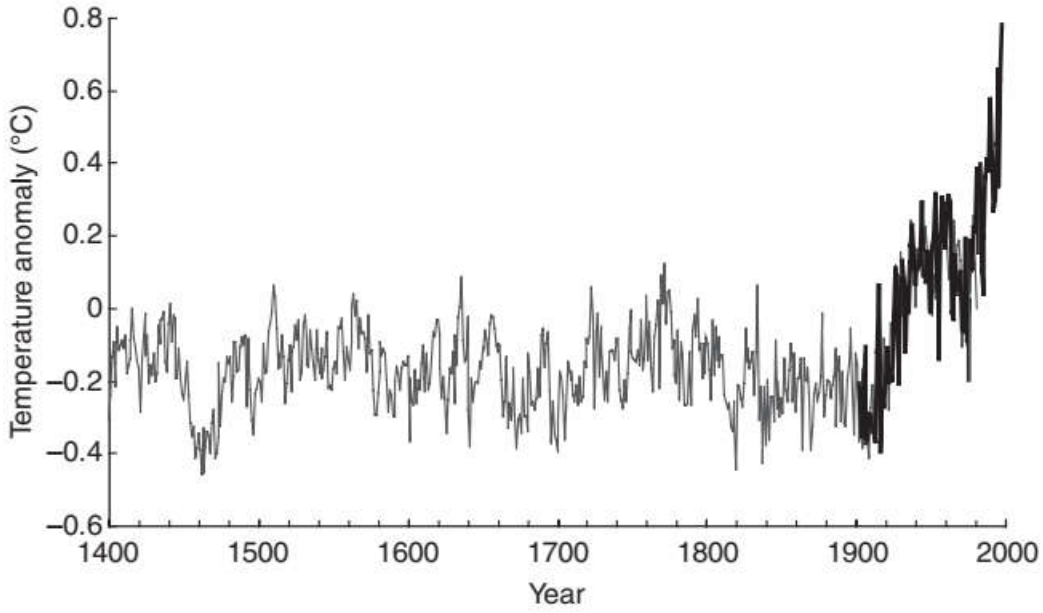
بالرغم من تعرض البيانات نفسها والطرق المستخدمة لتحليلها لانتقاد، فإن هذه البيانات ومجموعات من البيانات المماثلة، والتي تم توسيعها لتشمل أسطح اليابسة والمحيطات في العالم بأسره، قد كشفت عن زيادة في متوسط درجة الحرارة العالمية ب 0.74 ± 0.18 درجة مئوية، خلال المائة سنة الماضية. وقد سجل معدل الاحترار هذا ضعف هذا الرقم تقريبًا، خلال الخمسين سنة الماضية

(http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter3.pdf)



الشكل3: منحنى درجة حرارة نصف الكرة الشمالي الذي أنشأه فولاند وزملاؤه، 2001.

يمثل الرسم البياني لمان وزملائه (1998) على شكل "عصا الهوكي"، سلسلة مثيرة للجدل إلى حد ما، خاصة بدرجات الحرارة، وقد سلط الضوء على نسخة موسعة من هذا المبيان في تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC/ GIEC). تتمثل أهمية هذا الرسم البياني في إشارته إلى أن الاتجاه الحديث نسبيًا في متوسط درجة الحرارة في نصف الكرة الشمالي اتجاه غير عادي حيث تجاوز معدل الاحترار المعدل المسجل في كل فترات الألفية الأخيرة (الشكل4).



الشكل.4: تقديرات المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في النصف الشمالي للكرة الأرضية على شكل شذوذات عن متوسط درجة الحرارة للفترة 1961-1990 (عن مان وزملائه، 1999)

تقديرات درجة الحرارة المستندة إلى عمليات إعادة البناء من بيانات بديلة ممثلة بخط رفيع؛ البيانات المسجلة بالجهاز ممثلة بخط سميك.
البيانات والمعلومات حول الأساليب المستخدمة لاستنتاجها متاحة على http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/ei/ei_cover.html

هذا الرسم البياني، الذي حصل على اسمه من الانقطاع الحاد الذي حدث في حدود عام 1900 (قبل ذلك الوقت كان الاتجاه مسطحًا نسبيًا). ومن الزيادة التي تلت ذلك في درجة الحرارة التي تشبه شكل عصا الهوكي، والتي روكمت باعتماد تسجيلات الأجهزة والبيانات البديلة المستمدة من مجموعة واسعة من المصادر، مثل حلقات الأشجار والعينات الجليدية، المحصل عليها من جميع أنحاء العالم.

يتعلق القلق بشأن صحة الرسم البياني "عصا الهوكي" بمسألة جودة البيانات والطرق المستخدمة لدمج البيانات البديلة المستمدة من مصادر مختلفة. ومع ذلك، فقد خلص تقرير نُشر في عام 2006 عن "عمليات إعادة بناء درجة حرارة السطح الأرضي لألفين عام الماضية"، من تأليف اللجنة الخاصة التي أنشأها مجلس البحوث الوطني (الولايات المتحدة الأمريكية)، إلى أن عمليات إعادة بناء درجة حرارة سطح نصف الكرة الأرضية الشمالي لآلاف السنين الماضية، تعطي نتائج متسقة بشكل عام

.(http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=11676 & page=1)

جُمعت سلسلة زمنية معروفة توضح الشك المحيط بالملاحظات المناخية، من قياسات درجة الحرارة بواسطة الأقمار الصناعية العالمية من عام 1979 حتى الوقت الحاضر(Spencer and Christy 1990) . تحصلت البيانات بواسطة وحدات السبر بالموجات الدقيقة (MSUs)، المركبة على الأقمار الصناعية التي تدور في مدار قطبي وتقيس الإشعاع (الطاقة التي تخترق منطقة معينة أو تنبعث منها) والتي تستمد منها تقديرات درجات الحرارة لطبقات مختلفة من طبقات الغلاف الجوي السفلي. يمكن العثور على معلومات حول البيانات على الموقع:

http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/msu.html.

لهذه القياسات تغطية مكانية واسعة؛ لكن عملية بناء سجل درجة الحرارة مهمة معقدة، أقلها بسب التغيرات في وقت الرصد المحلي وتراجع الارتفاع المداري الناجم احتكاك القمر الصناعي بالغلاف الجوي.

لقد أجريت عمليات عديدة لإعادة حساب سلسلة درجات الحرارة المشتقة من الأقمار الصناعية، وعلى الرغم من أن النسخ السابقة أشارت إلى أن الاحترار الأخير للغلاف الجوي السفلي لم يكن بالسرعة التي تشير إليها ملاحظات درجة حرارة السطح الأرضي، لقد كشفت الأبحاث الحديثة عن توافق أفضل بين قياسات الأقمار الصناعية وملاحظات درجة الحرارة عند السطح الأرضي.

خاتمة

من المتوقع أن يتوسع استخدام الجغرافيين لرصد المناخ مع اهتمامهم بالروابط والعلاقات بين المناخ وبين العمليات الطبيعية والبشرية الأخرى. قد يكون إجراء الملاحظات الميدانية تحديا صعبًا، ويجب الانتباه إلى متطلبات البحث وطبيعة الظواهر المناخية تحت الدراسة وخصوصيات الأجهزة وخصائص الموقع. يمكن أن يكون استخدام وتفسير البيانات المناخية المحفوظة في السجلات وتفسيرها مرهقا لأن عدم التجانس يحدث في البيانات، كما أن الدقة المكانية والزمانية بالإضافة إلى فترة التسجيل قد لا تكون مناسبًا دائمًا للأسئلة المطروحة. بغض النظر عن كيفية الحصول عليها، عند تحليل بيانات المناخ، يجب أن يكون الباحثون أيضًا على دراية بالافتراضات الأصلية شروط الطرق الإحصائية والنماذج التي يستخدمونها. ومع ذلك، فإنه فقط من خلال المعالجة والتحليل الدقيقين للملاحظات المناخية (الرصود)، إضافة إلى إعادة بناء المتغيرات المناخية من المصادر البديلة (غير المباشرة) والنتائج المستمدة من النماذج الإحصائية والرقمية، يمكن نفهم الطريقة التي عمل بها نظام الأرض المناخي المعقد في الماضي والطريقة التي قد يعمل بها في المستقبل.