

المبادئ التوجيهية للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية بشأن حساب معدلات المناخ

طبعة 2017

الطقس
المناخ
الماء



المنظمة العالمية
للأرصاد الجوية

مطبوع المنظمة رقم 1203

المبادئ التوجيهية للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية بشأن حساب معدلات المناخ

طبعة 2017



المنظمة العالمية
للأرصاد الجوية

ملاحظة تحريرية

يمكن الاطلاع على متيوترم (METEOTERM)، وهي قاعدة بيانات مصطلحات المنظمة (WMO)، على الموقع التالي <http://public.wmo.int/en/resources/meteoterm>.

نوجه عناية القراء الذين يستنسخون وصلات شبكية من النص إلى ظهور مسافات إضافية مباشرة بعد المقاطع <http://> و <https://> و <ftp://> و <mailto:> وبعد الخطوط المائلة (/) والشرط (-) والنقاط (.)، وإلى ظهور تسلسل متصل من الرموز (حروف وأرقام). وينبغي حذف هذه المسافات من العنوان الشبكي الملتصق. أما العنوان الشبكي الصحيح فإنه يظهر عند تمرير مؤشر الفأرة فوقه أو عند الضغط عليه ونسخه بعد ذلك من متصفح الإنترنت.

مطبوع المنظمة العالمية للأرصاد الجوية رقم 1203

© حقوق الطبع محفوظة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2017

حقوق الطبع الورقي أو الإلكتروني أو بأي وسيلة أو لغة أخرى محفوظة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية. ويجوز استنساخ مقتطفات موجزة من مطبوعات المنظمة دون الحصول على إذن بشرط الإشارة إلى المصدر الكامل بوضوح. وتوجه المراسلات والطلبات المقدمة لنشر أو استنساخ أو ترجمة هذا المطبوع جزئياً أو كلياً إلى العنوان التالي:

Chairperson, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix
P.O. Box 2300
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03
Fax: +41 (0) 22 730 81 17
Email: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-61203-8

ملاحظة

التسميات المستخدمة في مطبوعات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وطريقة عرض المواد فيها لا تعني بأي حال من الأحوال التعبير عن أي رأي من جانب أمانة المنظمة فيما يتعلق بالوضع القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطاتها، أو فيما يتعلق بتعيين حدودها أو تخومها.

ذكر شركات أو منتجات بعينها لا يعني أن هذه الشركات أو المنتجات معتمدة أو موصى بها من المنظمة تفضيلاً لها على سواها مما يمثّلها ولم يرد ذكرها أو الإعلان عنها.

المحتويات

الصفحة	شكر
vii	شكر
1	1. الغرض
1	2. الخلفية
2	3. التعاريف
3	4. حساب معدلات المناخ
3	4.1 مقدمة
3	4.2 البارامترات والعناصر
5	4.3 حساب قيم المعدلات
6	4.3.1 حساب القيم الشهرية الفردية
6	4.3.2 حساب معدل شهري من القيم الشهرية الفردية
7	4.3.3 حساب المعدلات السنوية والموسمية وغيرها من المعايير المتعددة الأشهر
7	4.4 اكتمال البيانات
7	4.4.1 حساب قيمة شهرية واحدة
9	4.4.2 عدد السنوات المطلوبة لحساب معدل ما
9	4.5 حساب الحدود الخمسية
11	4.6 تقدير البيانات لاستخدامها في حساب المعدلات
11	4.7 تدقيق وتقريب البيانات
12	4.8 التجانس، واستخدام المحطات المركبة وإدخال محطات الطقس الأوتوماتية
12	4.8.1 التجانس
14	4.8.2 استخدام المحطات المركبة
14	4.8.3 إدخال محطات الطقس الأوتوماتية
15	4.9 البيانات الشرحية المرافقة لمعدلات المناخ
16	5. جوانب التطبيق
16	5.1 ما الداعي لحساب كل من المعدلات المناخية القياسية والمعدلات المرجعية؟
17	5.2 الاستخدامات المحتملة لمتوسطات الفترات غير القياسية
17	5.2.1 استخدام فترات غير قياسية مدتها 30 سنة في المنتجات التاريخية
17	5.2.2 استخدام فترة أطول من 30 عاما لاشتقاق إحصاءات ذات مرتبة أعلى
18	5.2.3 استخدام فترات أقصر لقياس المتوسط الحسابي
18	6. جوانب التواصل
19	7. عملية تقديم المعدلات المناخية القياسية والمعدلات المرجعية
19	8. المراجع

شكر

نتقدم بالشكر للسيد بلير تريوين، مكتب الأرصاد الجوية في أستراليا، على إسهامه البارز في هذا المطبوع.

تحل هذه الوثيقة محل الوثيقة الفنية للمنظمة (WCDP-10) (WMO/TD-No. 341)، حساب المعدلات القياسية الشهرية والسنوية لمدة 30 عاماً (WMO, 1989) Calculation of Monthly and Annual 30-year Standard Normals، وتتناول ممارسات حساب معدلات المناخ اعتباراً من عام 2017.

ملحوظة: تفضل الوثيقة الحالية مفهوم "معدلات المناخ" عن "المعدلات المناخية"، ولكنها تحافظ على المفهوم الأخير لمصطلح "المعدلات المناخية القياسية" (مُعَرَّفًا كما في المعجم الدولي للأرصاء الجوية (WMO, 1992)) وكذلك فيما يخص المراجع التاريخية (مثل المطبوعات).

1. الغرض

تركز هذه الوثيقة على الرصدات في محطات رصد الأحوال الجوية السطحية. ومع ذلك، فإن العديد من المبادئ سوف يكون صالحاً أيضاً لأشكال أخرى من الرصدات، بما في ذلك رصدات الهواء العلوي ومجموعة البيانات القائمة على أساس منصات متنقلة أو مُستشعرة عن بعد (على سبيل المثال، السواتل أو المحطات العائمة الرادارية أو المنساقفة). وعلى وجه الخصوص، بما أن العديد من مجموعات البيانات المُستشعرة عن بعد يبدأ في السبعينات من القرن الماضي، فمن المستحسن أن تُستخدَم، حيثما أمكن، الفترة المعدلات المناخية القياسية الحالية (1981-2010) وقت كتابة هذه الوثيقة في مجموعات البيانات هذه بما يسمح بإجراء مقارنة بين أشكال البيانات المختلفة على أساس متسق. وسوف ينطبق العديد من المبادئ أيضاً على مجموعات البيانات التي تنطوي على مواقع أو أقاليم أخرى غير محطات رصد الأحوال الجوية السطحية، مثل متوسطات أو نقط المناطق في مجموعات البيانات الشبكية.

ويوصى بالإجراءات الموضحة أدناه فيما يتعلق بجميع حسابات معدلات المناخ، لا سيما بالنسبة للمعدلات المناخية القياسية المتبادلة فيما بين الأعضاء. ومع ذلك، فمن المسلم به أن هناك بالفعل، في بعض الحالات، أنظمة تستخدم أساليب وتعريفات تختلف عن تلك الواردة في هذه الوثيقة (على سبيل المثال، تعريف أكثر صرامة للبيانات الناقصة)، وأن إدخال تغييرات على تلك الأنظمة قد يكون صعباً أو مكلفاً في تنفيذه. وفي مثل هذه الحالات، ينبغي توثيق أي انحرافات عن هذه التوصيات توثيقاً تاماً.

2. الخلفية

تُستخدَم معدلات المناخ لغرضين رئيسيين. وهي تشكل معياراً يمكن من خلاله مقارنة الرصدات الأخيرة أو الحالية، بما في ذلك توفير أساس لكثير من مجموعات بيانات المناخ الشاذة (على سبيل المثال، متوسط درجات الحرارة العالمية). كما أنها تُستخدَم على نطاق واسع، ضمناً أو صراحة، على سبيل التنبؤ بالظروف الأكثر احتمالاً للتواجد في موقع معين.

والممارسات التاريخية المتعلقة بمعدلات المناخ، على النحو المبين في دليل الممارسات المناخية (WMO, 2011)، واللائحة الفنية (WMO, 2016 b)، وكتيب الإفادة عن المتوسطات والمجاميع الشهرية الصادرة من محطة أرضية ومتوسطات الهواء العلوي الشهرية الصادرة من محطة أرضية (Handbook on CLIMAT and CLIMAT TEMP Reporting (WMO, 2009)، ترجع إلى النصف الأول من القرن العشرين. والتوصية العامة هي استخدام فترات مرجعية مدتها 30 عاماً. وقد حُدِّدت فترة مرجعية مدتها 30 عاماً كمعيار أساساً لأن 30 عاماً فقط من البيانات كانت متاحة للتليخيص عندما قُدِّمت التوصية لأول مرة. وكان القصد المبكر من المعدلات هو السماح بالمقارنة بين الرصدات المستمدة من جميع أنحاء العالم. وقد اكتسب استخدام المعدلات كمنبئات زخماً ببطء على مدى القرن العشرين (WMO, 2011)، القسم 4.8.

ومع مراعاة القضايا التي تم تحديدها في الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير (The Role of Climatological Normals in a Changing Climate (WMO, 2007) وفي مواضع أخرى، أقر مؤتمر الأرصاد الجوية العالمي السابع عشر (WMO, 2015) عدداً من التغييرات، تنعكس في اللائحة الفنية، وتحديداً في التعريف المتعلقة بمعدلات المناخ. وأهم هذه التغييرات هو أن تعريف معدل المناخ المعياري تغير، وهو يشير الآن إلى أحدث فترة 30 عاماً آخرها عام ينتهي بـ 0 (1981-2010) وقت كتابة هذه الوثيقة، بدلاً من

أن يشير إلى فترات غير متداخلة مدتها 30 عاماً (1901-1930، 1931-1960، 1961-1990، وفي المستقبل 1991-2020) كما كان الحال سابقاً. غير أنه تم الاحتفاظ بالفترة من عام 1961 إلى عام 1990 كفترة مرجعية معيارية فيما يتعلق بالتقديرات الطويلة الأجل لتغير المناخ.

ويستند العديد من التوصيات الواردة في هذه الوثيقة إلى دراسات لمختلف الجوانب المتعلقة بمعدلات المناخ، ولا سيما مدى حساسيتها لطول وتوقيت فترة قياس المتوسط الحسابي، وعدم اكتمال البيانات (سواء بالنسبة لنقاط البيانات المتعاقبة أو غير المتعاقبة). ويُحال القراء إلى الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير (The Role of Climatological Normals in a Changing Climate (WMO, 2007) للحصول على معلومات مفصلة عن هذه الجوانب.

3. التعاريف

ترد التعاريف التالية في اللائحة الفنية (WMO, 2016 b):

- **المتوسّطات الزمنية.** متوسطات البيانات المناخية المحسوبة لأي فترة لا تقل عن عشر سنوات تبدأ في 1 كانون الثاني/يناير من السنة المنتهية بالرقم 1.
- **المعدلات.** المتوسطات الزمنية المحسوبة لفترة زمنية منتظمة وطويلة نسبياً لا تقل عن ثلاث فترات متتالية مدة كل منها عشر سنوات.
- **المعدلات المناخية القياسية.** متوسطات البيانات المناخية المحسوبة للفترة المتعاقبة التالية البالغة مدتها 30 سنة: 1 كانون الثاني/يناير 1981 - 31 كانون الأول / ديسمبر 2010، 1 كانون الثاني/يناير 1991 - 31 كانون الأول/ديسمبر 2020، وهكذا دواليك.

وبالإضافة إلى ذلك، ووفقاً للوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير (The Role of Climatological Normals in a Changing Climate (WMO, 2007)، تستخدم التعاريف التالية في بقية هذه الوثيقة:

- **المتوسط.** متوسط القيم الشهرية للبيانات المناخية خلال أي فترة زمنية محددة (لا تبدأ بالضرورة في سنة تنتهي بالرقم 1). وفي بعض المصادر، يشار إلى ذلك أيضاً باسم "المعدل المؤقت".
 - **العنصر.** جانب من المناخ يمكن وصفه إحصائياً، مثل درجة الحرارة أو هطول الأمطار أو ضغط البخار.
 - **البارامتر.** وصف إحصائي لعنصر مناخي. وهذا هو عادةً المتوسط الحسابي، ولكنه يمكن أن يتضمن أيضاً قيماً مثل الانحراف المعياري، أو النقاط المئوية، أو عدد تجاوزات عتبة ما، أو القيم القصوى.
- وفي حين تشير التعاريف الواردة في اللائحة الفنية إلى المتوسطات، فإن هذه الوثيقة تتضمن أيضاً أدوات وصف إحصائية أخرى.
- وأخيراً، على الرغم من عدم إعطاء اسم رسمي بموجب القرار 16 الصادر عن المؤتمر العالمي السابع عشر للأرصاد الجوية (WMO, 2015) لمعدلات الفترة 1961-1990 المستخدمة كمعيار لتقييم تغير المناخ، فإنه يشار إليها في هذه الوثيقة باعتبارها معدلات مرجعية.

4. حساب معدلات المناخ

4.1 مقدمة

توجّه الإرشادات الواردة في هذه الوثيقة في المقام الأول إلى حساب المعدلات (ولا سيما المعدلات المناخية القياسية والمعدلات المرجعية المحددة في القسم 3 أعلاه)، ولكنها تنطبق أيضاً على المتوسطات والمتوسطات الزمنية في كثير من الحالات.

ومن المتوقع أن تكون البيانات قد خضعت لعمليات مراقبة الجودة قبل استخدامها في حساب المعدلات.

وحيثما تكون البيانات كاملة وجيدة النوعية، فإن معظم القرارات المتعلقة بحساب المعدلات تصبح بسيطة نسبياً. والعديد من المضاعفات التي تحدث ينشأ نتيجة استخدام بيانات ليست كاملة بنسبة 100٪. وقد يكون أحد النهج الممكنة هو مجرد النظر، لأغراض حساب المعدلات، في تلك المحطات التي لديها نسبة اكتمال قدرها 100٪ للبيانات اليومية طوال فترة قياس المتوسط الحسابي. غير أنه في معظم البلدان لا يوجد سوى عدد قليل من هذه المحطات (أو يندم وجودها)، ولذلك فإن من الضروري التوصل إلى حل توفيق بين تحقيق أقصى قدر من اكتمال البيانات المستخدمة في معدلات المناخ ووجود عدد كبير من المحطات التي يمكن من خلالها حساب المعدلات، حيث يمكن تقدير معدلها "الحقيقي" (أي المعدل الذي يمكن استخلاصه من بيانات كاملة بنسبة 100٪) ضمن مستوى مقبول من عدم التيقن.

ويتضمن هذا القسم مناقشات موجزة لمراقبة جودة بيانات المناخ وجعلها متجانسة. أما المناقشات التفصيلية لمراقبة الجودة وتحقيق التجانس فتتجاوز نطاق هذه الوثيقة. ويجري إعداد إرشادات منفصلة للمنظمة WMO بشأن هذين الموضوعين وقت كتابة هذه الوثيقة، وينبغي الرجوع إليها للحصول على معلومات مفصلة.

4.2 البارامترات والعناصر

يمكن إعداد معدلات المناخ لمجموعة واسعة من العناصر. وفي حين أن بعض العناصر، مثل درجة الحرارة وهطول الأمطار، سيكون ذا أهمية لجميع أنحاء العالم، فإن البعض الآخر، مثل سقوط الثلوج أو تجاوز عتبات معينة (على سبيل المثال، درجات الحرارة القصوى التي تقل عن صفر درجة مئوية في المناطق الاستوائية) سيكون ذا أهمية ضئيلة أو معدومة في بعض أجزاء العالم. وقد ترغب البلدان أيضاً في حساب معدلات للعناصر التي تكون لها صلة خاصة بظروفها الذاتية.

وتحدد هذه الوثيقة الفئات التالية:

- البارامترات السطحية المناخية الرئيسية. تُعرّف هذه المصطلحات في الوثيقة المعنونة حساب المعدلات القياسية الشهرية والسنوية لمدة 30 عاماً Calculation of Monthly and Annual 30-year Standard Normals (WMO, 1989) (على الرغم من أن هذا المطبوع يستخدم مصطلح "العناصر"). وينبغي الإشارة عن معدلات هذه البارامترات بالنسبة لجميع المحطات التي لديها بيانات كافية تسمح بذلك (انظر المبادئ التوجيهية لاكتمال البيانات في القسم 4.4 أدناه).
 - البارامترات السطحية المناخية الثانوية. هذه بارامترات غير مدرجة أعلاه، ولكن يتم الإشارة عنها أو تكون ذات صلة بشيء يتم الإشارة عنه في الرسائل القياسية لتقرير المتوسطات والمجاميع الشهرية الصادرة من محطة أرضية CLIMAT (وهي الوسيلة الرئيسية لتبادل البيانات المناخية الشهرية). ويشجع الأعضاء على حساب هذه المعدلات والإفادة عنها في حالة وجود بيانات مناسبة.
 - البارامترات السطحية المناخية الأخرى. هذه بارامترات لا يتم تبادلها بشكل روتيني باستخدام الرسالة القياسية لتقارير CLIMAT ولكن قد تكون ذات أهمية مع ذلك لأغراض وطنية أو إقليمية.
- وترد البارامترات المدرجة ضمن هذه الفئات في الجدول 1، إلى جانب اعتبارات محددة (حيثما ينطبق ذلك).

الجدول 1 - البارامترات السطحية المناخية

البارامترات السطحية المناخية الرئيسية		
التعليقات	الوحدات	البارامتر
ينبغي أن يكون تعريف يوم الرصد وفقاً للمعايير الوطنية وأن يوثق في البيانات الشرحية (انظر أيضاً القسم 4.9)	مم	مجموع هطول الأمطار
	عدد	عدد الأيام مع هطول الأمطار ≤ 1 مم
يجب أن يكون تعريف يوم الرصد، والطريقة التي يتم بها حساب درجة الحرارة المتوسطة اليومية، وفقاً للمعايير الوطنية وأن يوثق في البيانات الشرحية (انظر أيضاً القسم 4.9). وثمة طرق مختلفة قيد الاستخدام التشغيلي لحساب درجة الحرارة المتوسطة اليومية.	درجة مئوية	متوسط القيم الشهرية لدرجات الحرارة المتوسطة القصوى والدنيا واليومية
ينبغي حساب القيم اليومية، إذا كان ذلك ممكناً، كمتوسط لثمانية رصدات متساوية التباعد لمدة 3 ساعات، أو لأربع رصدات متساوية التباعد لمدة 6 ساعات. وإذا تعذر ذلك، ينبغي أن تستخدم مجموعة من أوقات الرصد متنسقة زمنياً في تلك المحطة وأن توثق في البيانات الشرحية. وفي المحطات المرتفعة، يمكن استخدام الارتفاع المتوسط للكُمون الأرضي عند مستوى ضغط محدد (على سبيل المثال 850 هكتوبسكال أو 700 هكتوبسكال) كبديل عن الضغط المتوسط عند مستوى سطح البحر.	هكتوبسكال	متوسط قيمة الضغط عند مستوى سطح البحر
يجب حسابه باعتباره متوسط القيم اليومية. وينبغي حساب القيم اليومية، إذا كان ذلك ممكناً، كمتوسط إما ثماني رصدات متساوية التباعد لمدة 3 ساعات أو أربع رصدات متساوية التباعد لمدة 6 ساعات. وإذا تعذر ذلك، ينبغي أن تستخدم مجموعة من أوقات الرصد تكون متنسقة بمرور الوقت في تلك المحطة وأن توثق في البيانات الشرحية. ومن المهم أن تحتسب المتوسطات الشهرية لضغط البخار من القيم اليومية لضغط البخار وليس من المتوسطات الشهرية للرطوبة النسبية أو درجة حرارة نقطة الندى، حيث إن هذه الطرق سوف تعطي نتائج مختلفة.	هكتوبسكال	متوسط ضغط البخار
	ساعات	إجمالي عدد ساعات سطوع الشمس
البارامترات السطحية المناخية الثانوية		
التعليقات	الوحدات	البارامتر
يُحسب كما هو الحال بالنسبة للضغط عند مستوى سطح البحر أعلاه	هكتوبسكال	متوسط قيمة الضغط عند مستوى سطح المحطة
انظر القسم 4.5	مم	حدود الشرائح الخمسية للهطول*
	عدد	متوسط عدد الأيام التي تشهد درجة حرارة قصوى $\leq 25, 30, 35, 40$ درجة مئوية
	عدد	متوسط عدد الأيام التي تشهد درجة حرارة قصوى > 0 درجة مئوية
	عدد	متوسط عدد الأيام التي تشهد درجة حرارة دنيا > 0 درجة مئوية
	عدد	متوسط عدد الأيام التي تشهد هطولاً يومياً $\leq 5, 10, 50, 100, 150$ مم
	عدد	متوسط عدد الأيام التي تشهد عمق ثلوج $< 0, 1, 10, 50$ سم

متوسط عدد الأيام التي تشهد سرعة رياح ≤ 10 ، 20، 30 م/ث	عدد	سرعة الرياح المستخدمة لهذا العنصر هي أعلى متوسط رياح لمدة 10 دقائق مسجل خلال اليوم. وهذا تعريف مختلف لأعلى نفحة رياح.
متوسط عدد الأيام التي تشهد رؤية > 50، 100، 1000 م	عدد	يشير إلى الأيام التي يتم عندها الإبلاغ عن الرؤية باعتبارها أقل من العتبة المحددة في أي رصد خلال اليوم
أعلى وأدنى القيم المسجلة لمتوسط درجة الحرارة اليومية	درجة مئوية	
أعلى قيمة مسجلة لدرجة الحرارة القصوى اليومية*	درجة مئوية	
أقل قيمة مسجلة لدرجة الحرارة الدنيا اليومية*	درجة مئوية	
أعلى قيمة مسجلة للهطول اليومي	مم	
أعلى نفحة رياح مسجلة	م/ث	
متوسط عدد الأيام التي تشهد رعداً	عدد	
متوسط عدد الأيام التي تشهد برداً	عدد	

البارامترات السطحية المناخية الأخرى

لا توجد إرشادات محددة لهذه البارامترات. ومن أمثلة البارامترات من هذا القبيل التي قد تكون ذات قيمة لأغراض وطنية أو إقليمية ما يلي:

القيم المتوسطة أو الكلية للبارامترات المتعلقة بعناصر غير مسرودة أعلاه (على سبيل المثال، كمية السحب، أو حوض التبخر، أو الإشعاع الشمسي، أو سرعة الرياح، أو درجة حرارة التربة، أو سقوط الثلوج) والتعبيرات البديلة المتعلقة بعنصر ما (على سبيل المثال، الرطوبة النسبية أو نقطة الندى)؛

عدد أيام القيم الأعلى/الأدنى من عتبات أخرى غير تلك المسرودة أعلاه؛

متوسط قيم البارامترات المتعلقة بالرصدات في وقت محدد من اليوم (على سبيل المثال، متوسط درجة الحرارة عند الساعة 0900)؛

عدد الأيام المتسمة بظواهر (عدا الرعد أو البرد)؛

أدوات الوصف الإحصائية غير تلك المسرودة (على سبيل المثال، أدنى قيمة لدرجة الحرارة القصوى اليومية). ويلاحظ أنه يُشار إلى قيم متوسط الرطوبة النسبية ومتوسط سرعة الرياح الخاصة ببعض المحطات في الوثيقة المعنونة معدلات المناخ العالمية للفترة 1961-1990 الصادرة عن المنظمة Global Climate 1961-1990 (WMO, 1998) Normals (CLINO)، ولكن لا يوجد حالياً حكم خاص بهذه البارامترات في رسائل تقارير .CLIMAT.

* يُشار إلى قيم هذه البارامترات الخاصة ببعض المحطات في معدلات المناخ العالمية المنشورة من قبل المنظمة WMO للفترة 1961-1990 (WMO, 1998).

4.3 حساب قيم المعدلات

تُحتسب معدلات المناخ من القيم الشهرية خلال فترات المعادلة. وتبعاً للبارامتر قيد النظر، قد تكون هذه القيم الشهرية:

- متوسط القيم اليومية المسجلة خلال الشهر (يشار إليه هنا باعتبارها بارامترات القيم المتوسطة)؛
- أعلى أو أدنى قيمة مسجلة خلال الشهر (يشار إليها هنا باعتبارها بارامترات القيم القصوى)؛
- إجمالي القيم اليومية المسجلة خلال الشهر (يشار إليها هنا باعتبارها بارامترات القيم الإجمالية)؛

- عدد الأيام التي تتجاوز أو تقل عن عتبة معينة، أو التي يقع فيها حدث ما (يشار إليها هنا باعتبارها بارامترات القيم العددية).

4.3.1 حساب القيم الشهرية الفردية

تُحسب القيم الشهرية الفردية على النحو التالي:

(أ) بارامتر القيم المتوسطة

متوسط القيم اليومية خلال الشهر.

(ب) بارامتر القيم القصوى

القيمة الأعلى أو الأدنى (حسب الاقتضاء) المسجلة خلال الشهر.

(ج) بارامتر القيم الإجمالية

إجمالي القيم اليومية خلال الشهر.

(د) بارامتر القيم العددية

بالنسبة لبارامتر القيم العددية، ينبغي تحويل عدد الأيام التي يقع فيها حدث ما (أو تجاوز عتبة ما) إلى مُعاملٍ أو نسبة مئوية لعدد الأيام التي أُجريت فيها رصدات. وعلى سبيل المثال، إذا وقع الحدث في 22 يوماً وكان هناك 25 يوماً في الشهر بها رصدات، ينبغي اعتبار هذا بمثابة 0.88 أو 88٪.

ملحوظة: الغرض من هذا الإجراء هو السماح بالنظر في الأشهر التي بها كم محدود من البيانات الناقصة لأغراض بارامترات القيم العددية.

وفي جميع الحالات، لا ينبغي حساب قيمة شهر ما إلا إذا استوفى الشهر متطلبات اكتمال البيانات الموصوفة في القسم 4.4.1 للمتغير المعني.

4.3.2 حساب معدل شهري من القيم الشهرية الفردية

ينبغي حساب المعدل الشهري لشهر معين على النحو التالي:

(أ) بارامتر القيم المتوسطة وبارامتر القيم الإجمالية

متوسط جميع القيم غير الناقصة خلال فترة قياس المتوسط الحسابي للشهر المعني.

(ب) بارامتر القيم القصوى

أعلى (أو أدنى) قيمة خلال فترة قياس المتوسط الحسابي للشهر المعني.

(ج) بارامتر القيم العددية

في البداية، ينبغي حساب متوسط المُعامل/النسبة المئوية للشهر من المُعامل/النسبة المئوية لكل شهر خلال فترة قياس المتوسط الحسابي (انظر أعلاه). وينبغي بعد ذلك تحويل متوسط المُعاملات/النسب المئوية إلى عدد متوسط لأيام الشهر بضربه في عدد الأيام بالشهر. وعلى سبيل المثال، متوسط مُعامل 0.88 لشهر كانون الثاني/يناير يحوّل إلى $(31 \times 0.88) = 27.28$ يوماً، أو 27.3 يوماً مقرباً (ينبغي أن تُضرب قيم شهر شباط/فبراير في 28.25 يوماً).

وفي جميع الحالات، لا ينبغي حساب قيمة المعدلات إلا إذا استوفيت معايير اكتمال البيانات الواردة في القسم 4.4.2.

4.3.3 حساب المعدلات السنوية والموسمية وغيرها من المعايير المتعددة الأشهر

ينبغي حساب المعدلات التي تغطي فترة تزيد على شهر واحد (على سبيل المثال، المعدلات السنوية أو الموسمية) على النحو التالي:

(أ) بارامتر القيم المتوسطة

متوسط المعدلات الشهرية للأشهر المعنية¹.

(ب) بارامتر القيم الإجمالية وبارامتر القيم العددية

إجمالي المعدلات الشهرية للأشهر المعنية.

(ج) بارامتر القيم القصوى

أعلى/أدنى القيم الشهرية للأشهر المعنية.

وعلى وجه الخصوص، ينبغي أن تُحتسب المعدلات السنوية من المعدلات الشهرية، وليس من القيم السنوية الفردية. وسوف تنتج الطريقتان نتائج متطابقة (ربما بعيدا عن الاختلافات الصغيرة بسبب التقريب) إذا لم تكن هناك قيم شهرية ناقصة، ولكنها قد تختلف إذا كانت بعض القيم الشهرية ناقصة.

وإذا كان المعدل الشهري لأي من الأشهر التأسيسية للفترة موضع الاهتمام ناقصاً، عندئذٍ ينبغي أيضاً أن يُعتبر المعدل المتعدد الأشهر ناقصاً.

4.4 اكتمال البيانات

4.4.1 حساب قيمة شهرية واحدة

(أ) بارامتر القيم المتوسطة

أجرى تقييم موسع في الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في مناخ متغير (The Role of Climatological Normals in a Changing Climate (WMO, 2007) بشأن عدم التيقن الإضافي الذي أدخل في تقدير متوسط قيمة شهرية من جراء وجود بيانات ناقصة². وخلص هذا التقييم إلى أنه إذا تم توزيع الأيام الناقصة بشكل عشوائي خلال شهر، فإن نطاق فترة الثقة البالغة نسبتها 95 ٪ هو في المتوسط 11 ٪ من الانحراف القياسي للقيم اليومية الأساسية لمدة 5 أيام ناقصة و 17 ٪ من الانحراف القياسي لمدة 10 أيام ناقصة. وهذه تساوي، على سبيل المثال، بضعة أعشار درجة مئوية للقيم الموحدة للانحراف المعياري لدرجات الحرارة القصوى والدنيا اليومية (وهي أعلى في المناطق الداخلية القارية ذات خطوط العرض العليا في الشتاء، وأقل في المناطق الاستوائية والكثير من المواقع الجزرية).

¹ بعض المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا تزن المعدلات الشهرية ترجيحاً حسب عدد الأيام في الشهر عند حساب المعدل المتعدد الأشهر، لكن لا يُنصح بهذا للمنتجات المتبادلة دولياً.

² في سياق هذا القسم، يجب أن تُعتبر القيمة التي يُكتشف أنها مشكوك فيها أو غير صحيحة بعد خضوعها لمراقبة الجودة بمثابة قيمة ناقصة.

ويحدث عدم تيقن إضافي إذا كان عدد كبير من الأيام الناقصة متعاقباً. ويرجع ذلك إلى أن معظم بارامترات الأرصاد الجوية اليومية مترابط تلقائياً إلى حد ما (بمعنى أنه إذا كانت القيمة في يوم معين أعلى (أدنى) من قيمة المعدلات، فإن هناك احتمالاً أعلى مقارنة باحتمالات علم المناخ لأن تكون القيمة في الأيام القليلة القادمة أيضاً أعلى (أدنى) من قيمة المعدلات).

ووفق دليل الممارسات المناخية³ (WMO, 2011) Guide to Climatological Practices يوصى بالتالي، حيثما تكون قيمة شهرية ما هي متوسط القيم اليومية لذلك الشهر، بالأ يتم حسابها إذا استوفى أي من المعايير التالية:

- أن تكون الرصدات ناقصة لمدة 11 يوماً أو أكثر 4 خلال الشهر؛
- أن تكون الرصدات ناقصة لمدة 5 أيام متتالية أو أكثر خلال الشهر.

ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أن البلدان التي قررت في الماضي اتباع قاعدة 3/5 (قبول 5 أيام فقط من الرصدات الناقصة في الشهر وليس أكثر من 3 أيام متتالية وفقاً للوثيقة المعنونة حساب المعدلات القياسية الشهرية والسوية لمدة 30 عاماً Calculation of Monthly and Annual 30-year Standard Normals (WMO, 1989) أو غيرها من معايير البيانات الناقصة التي هي أكثر صرامة من تلك المذكورة أعلاه، قد ترغب في مواصلة تطبيق هذه القواعد الأكثر صرامة لضمان اتساق سجلها المناخي الوطني. (من حيث المبدأ، تنطبق هذه الملحوظة أيضاً على الفقرات الواردة أدناه في القسم 4.4.1).

(ب) بارامتر القيم القصوى

في سياق حساب المعدلات، فإن الغرض من حساب قيمة قصوى ما خلال شهر واحد هو بمثابة خطوة وسيطة لحساب القيم القصوى على مدار كامل الفترة قيد النظر. وعند هذه النقطة من العملية، ينبغي أن تحسب القيم القصوى لمدة شهر، بغض النظر عن كم البيانات المتاحة خلال ذلك الشهر. (يدرس القسم 4.4.2 ما إذا كانت توجد بيانات كافية للإفادة الموثوق بها عن قيمة قصوى على مدار الفترة بأكملها).

(ج) بارامتر القيم الإجمالية

لا يمكن حساب قيمة شهرية لبارامتر القيم الإجمالية (على سبيل المثال، إجمالي هطول الأمطار) إلا إذا كانت هناك بيانات كاملة على مدى الشهر. ومعنى هذا أنه، بشكل عام، لا يمكن حساب بارامتر القيم الإجمالية إذا كانت هناك أية رصدات ناقصة خلال الشهر.

وثمة استثناءان لذلك:

- إمكانية استخدام البيانات التقديرية لسد الثغرات في البيانات المرصودة خلال شهر معين. ويرد مزيد من المناقشات لتقدير البيانات ضمن هذا السياق في القسم 4.6.
- بالنسبة لبعض العناصر، يمكن أن تتبّع فترة من البيانات الناقصة رصدة تمثل قيمة تراكمية على مدى فترة الرصدات الناقصة (على سبيل المثال، مقياس للمطر لا يُقرأ خلال عطلة نهاية الأسبوع لكنه بعد ذلك يقدم تقريراً يوم الاثنين بما يمثل إجمالي الهطول على مدى فترة الـ 3 أيام). وإذا كان من المعروف أن مثل هذه الرصدات التراكمية تغطي فترة البيانات الناقصة بأكملها، عندئذٍ يظل بالإمكان حساب المجموع الشهري.

³ يلاحظ أن المطبوع المعنون حساب المعدلات الشهرية والسوية لمدة 30 عاماً (WMO, 1989) اقترح معايير أكثر صرامة (أكثر من 5 أيام إجمالاً أو أكثر من 3 أيام متتالية)، وهذه المعايير قيد الاستخدام التشغيلي في بعض البلدان.

⁴ يُعرّف دليل الممارسات المناخية (WMO, 2011) Guide to Climatological Practices بأنه "أكثر من 10"، وهي قيمة مكافئة.

وفي كلتا الحالتين، لا ينبغي حساب الإجمالي الشهري إلا إذا كان عدد الأيام من الشهر الممثلة ببيانات تقديرية أو تراكمية يستوفي المعايير نفسها التي قد تنطبق على البيانات الناقصة لمتوسط بارامتر ما (أي أن البيانات التقديرية أو التراكمية لا تمثل 11 يوماً أو أكثر خلال الشهر، أو 5 أيام متتالية أو أكثر خلال الشهر).

(د) بارامتر القيم العددية

في سياق المعدلات، يمثل بارامتر القيم العددية مؤشراً على احتمال وقوع حدث في يوم معين خلال ذلك الشهر من السنة. وهو ممثل كعدد متوقع من الأيام وليس كنسبة مئوية أو كعامل. وتنطوي عملية حساب معدل خاص ببارامتر القيم العددية على تحويل عدد الأيام المرصود في شهر معين إلى مُعامل أو نسبة مئوية (انظر القسم 4.3 لمزيد من التفاصيل). وينبغي توخي بعض الحذر في هذا الإجراء ذلك أنه، بالنسبة لبعض العناصر/البارامترات، ربما يكون من الأفضل أن تمثل البيانات الناقصة حالة خاصة (على سبيل المثال، فإن تقارير الإيجاب/النفى بشأن سقوط الثلوج يُحتمل بدرجة أكبر أن تكون ناقصة في الأيام التي تنعدم فيها الثلوج).

ولا ينبغي حساب المعدل أو النسبة المئوية للشهر المعني إذا كان عدد الرصدات الناقصة يساوي 11 يوماً أو أكثر، أو يساوي 5 أيام متتالية ناقصة أو أكثر. وينبغي في هذه الحالة اعتبار القيمة الشهرية مفقودة.

وفي بعض الظروف، قد يكون عدد الأيام التي وقع فيها حدث ما معروفاً، على الرغم من كون البيانات اليومية الأساسية ناقصة (على سبيل المثال، قد يُفاد بوجود 10 ملم من المطر على مدى 3 أيام، مع سقوط المطر في يومين من الـ 3 أيام)، ولكن ينبغي استخدام مثل هذه المعلومات بعناية فائقة.

4.4.2 عدد السنوات المطلوبة لحساب معدل ما

يوصي دليل الممارسات المناخية (WMO, 2011) Guide to Climatological Practices، لأغراض حساب المعدل أو المتوسط لشهر معين، بأن تكون البيانات متاحة لما لا يقل عن نسبة 80 ٪ من السنوات في فترة قياس المتوسط الحسابي. وهذا يكافئ وجود بيانات متاحة لذلك الشهر في 24 أو أكثر من أصل الـ 30 عاماً لمعدل مناخي قياسي أو معدل مرجعي. ويوصي الدليل أيضاً (WMO, 2011) بعدم حساب المعدل إذا كانت القيم ناقصة في 3 سنوات متتالية أو أكثر. ومع ذلك، في الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير (WMO, 2007) The Role of Climatological Normals in a Changing Climate، تبيّن أنه لم تكن هناك فوائد جمّة لمعيار السنوات المتتالية (من حيث عدم التيقن من المعدل المحسوب كتقدير للقيمة الحقيقية). وكان مرجع ذلك هو أن الترابط الذاتي للقيم الشهرية بفواصل سنة واحدة منخفض عموماً، كما أن اشتراط وجود نسبة 80 ٪ على الأقل من السنوات يحد من تأثير البيانات الناقصة في بداية أو نهاية فترة قياس المتوسط الحسابي للعناصر التي تظهر اتجاهها قويا.

ولذلك يوصى بحساب المعدلات أو المتوسطات كالتالي:

- بالنسبة للبارامترات من غير بارامترات القيم القصوى: حيث توجد قيم شهرية صحيحة (كما هي معرفة في القسم 4.4.1 أعلاه) في نسبة 80 ٪ على الأقل من السنوات في فترة قياس المتوسط الحسابي (بدون معدل سنوات متتالية إضافي)؛
- بالنسبة لبارامترات القيم القصوى: حيث توجد قيم شهرية صحيحة لمتوسط العنصر الأساسي في نسبة 80 ٪ على الأقل من السنوات في فترة قياس المتوسط الحسابي (على سبيل المثال، إذا كان البارامتر قيد النظر هو أعلى درجة حرارة قصوى، توجد قيمة متوسطة شهرية صحيحة لدرجة الحرارة القصوى لذلك الشهر).

4.5 حساب الحدود الخمسية

هناك نوع خاص من البارامترات في حساب المعدلات وهو تعريف الحدود الخماسية للهطول الشهري. ولا توجد طريقة متفق عليها عالمياً في الأدبيات الإحصائية لتعيين حدود التقسيمات الخمسية ضمن مجموعة

بيانات محددة. وهناك طريقتان رئيسيتان تنطويان على تحديد أدنى قيمة مسجلة كمئوية صفرية، أو المئوية $(100 / (n + 1))$ -th، حيث n هو عدد الرصدات في مجموعة البيانات. وفي حالة الحدود الخمسية في المعدلات المناخية، يُعتمد الإجراء السابق، لأنه يُعتبر من المفيد أن تُدرج في الحدود الخمسية معلومات عن أعلى وأدنى القيم المسجلة خلال فترة قياس المتوسط الحسابي. ويسهل هذا الإفادة عن الحالات المستقبلية حيث يكون الهطول الشهري أعلى من، أو أقل من، أي قيمة مسجلة في فترة قياس المتوسط الحسابي.

ويحدد دليل الممارسات المناخية (WMO, 2011) Guide to Climatological Practices إجراءً لحساب الحدود الخمسية. ولا يكون هذا الإجراء صحيحاً إلا إذا كانت هناك 30 قيمة بالضبط، ومن ثم ينطبق على المعدلات المناخية القياسية والمعدلات المرجعية عندما لا تكون هناك قيم شهرية ناقصة، ولكن ليس على الحالات التي توجد فيها قيم ناقصة، أو بالنسبة لفترات لا تبلغ 30 سنة. وكما هو موثق في الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير (WMO, 2007) Role of Climatological Normals in a Changing Climate، فإن هذا الإجراء سيؤدي أيضاً إلى تمثيل ناقص لعدد السنوات في التقسيمين الخمسين الأول والخامس.

ويُقترح إجراء عام في الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير (WMO, 2007) The Role of Climatological Normals in a Changing Climate ويوصى باستخدامه. وستختلف النتائج المنبثقة عن ذلك، في الحالة المحددة لمدة 30 سنة من البيانات الكاملة، اختلافاً طفيفاً عن تلك التي يتم الحصول عليها باستخدام الطريقة الموصوفة في دليل الممارسات المناخية (WMO, 2011) Guide to Climatological Practices، لكن الفروق بين الاثنين ستكون عموماً ثانوية.

وترد في الجدول 2 التقسيمات الخمسية الموصى بها.

الجدول 2 - التقسيمات الخمسية الموصى بها

محتوى البيانات	حد التقسيم الخمسي
أقل رصدة خلال فترة قياس المتوسط الحسابي	الحد الأدنى للتقسيم الخمسي 1
الرصدة المصنفة $(1 + (n - 1) / 5)$ -th خلال فترة قياس المتوسط الحسابي (6.8) لمجموعة بيانات مدتها 30 سنة	الحد الأعلى للتقسيم الخمسي 1
الرصدة المصنفة $(1 + 2(n - 1) / 5)$ -th خلال فترة قياس المتوسط الحسابي (12.6) لمجموعة بيانات مدتها 30 سنة	الحد الأعلى للتقسيم الخمسي 2
الرصدة المصنفة $(1 + 3(n - 1) / 5)$ -th خلال فترة قياس المتوسط الحسابي (18.4) لمجموعة بيانات مدتها 30 سنة	الحد الأعلى للتقسيم الخمسي 3
الرصدة المصنفة $(1 + 4(n - 1) / 5)$ -th خلال فترة قياس المتوسط الحسابي (24.2) لمجموعة بيانات مدتها 30 سنة	الحد الأعلى للتقسيم الخمسي 4
أعلى رصدة خلال فترة قياس المتوسط الحسابي	الحد الأعلى للتقسيم الخمسي 5

وفي جميع الحالات، تُحسب القيمة ذات الرتبة الكسرية بواسطة الاستكمال الخطي بين قيم الأعداد الصحيحة على أيٍّ من الجانبين (على سبيل المثال، تُحسب القيمة المصنفة 6.8-th على أنها $0.2 \times$ القيمة المصنفة في الرتبة السادسة + $0.8 \times$ القيمة المصنفة في الرتبة السابعة).

وينبغي ألا تُحسب الحدود الخمسية لشهر معين إلا إذا كان اكتمال البيانات الشهرية يستوفي المعايير الواردة في القسم 4.4.2.

4.6 تقدير البيانات لاستخدامها في حساب المعدلات

هناك إمكانية لإدراج البيانات التقديرية في حساب معدلات المناخ. وينطوي هذا على إمكانية زيادة كم البيانات القابلة للاستخدام في حالة بارامترات القيم الإجمالية، التي يتعذر فيها حساب القيمة الشهرية في حال عدم وجود البيانات الخاصة بيوم واحد خلال الشهر.

وفي سياق معدلات المناخ، فإن أساليب التقدير الممكنة التي يمكن استخدامها (إما بشكل منفصل أو مجتمعة مع بعضها البعض) تشمل ما يلي:

- الاستكمال المكاني: استخدام بيانات مستكملة من مواقع أخرى في المنطقة المجاورة.
 - الاستكمال الزمني: استخدام بيانات من قبل أو بعد فترة من البيانات الناقصة. وفيما يتعلق بالعناصر قيد النظر في هذه المبادئ التوجيهية، نادراً ما تكون القيم المستمدة من أيام أخرى مفيدة في استخلاص قيمة يوم ناقص. ومع ذلك، فإن الاستكمال الزمني للبيانات الفرعية اليومية قد يسمح باستعادة قيمة يومية ستكون ناقصة لولا ذلك، (على سبيل المثال، حيثما لا تبلغ محطة الطقس الأوتوماتية عن درجة الحرارة القصوى اليومية بسبب حدوث انقطاع لمدة 30 دقيقة بعيداً عن زمن درجة الحرارة القصوى).
 - استخدام عناصر بديلة: على سبيل المثال، استخدام كميات السحب لتقدير قيمة ناقصة لسطوع الشمس اليومي.
 - استخدام أساليب رصد بديلة: على سبيل المثال، استخدام رصدات رادارية أو ساتلية لتقدير بيانات الهطول حيثما تكون الرصدة الأصلية ناقصة.
- كما يمكن أحياناً استخدام أساليب التقدير بالاقتران مع البيانات المرصودة؛ على سبيل المثال، استخدام الاستكمال المكاني لكل يوم من أجل تفصيل المجموع الكلي لهطول الأمطار المتعدد الأيام إلى عناصره الأساسية من المجاميع اليومية.

وتناقش المسائل المرتبطة بتقدير البيانات المناخية بقدر من الاستفاضة في دليل الممارسات المناخية Guide to Climatological Practices (WMO, 2011)، القسم 5.9، ويحال المستخدمون إلى ذلك المطبوع، والمراجع الواردة فيه، من أجل دراسة شاملة للموضوع. وليس الغرض من هذا المطبوع تقديم توجيهات تفصيلية بشأن أساليب التقدير، وينبغي أن يقوم المستخدمون الذين يدرسون استخدام البيانات التقديرية بإجراء أبحاثهم الخاصة للمنهجيات المناسبة، مع مراعاة مصادر البيانات والخصائص المناخية والجغرافيا المتوفرة لمنطقتهم.

وينبغي إجراء أي تقدير يُستخدم في حساب معدلات المناخ بطريقة غير منحازة. وعلى سبيل المثال، لن يكون من الملائم استخدام البيانات الرادارية لتحديد الأيام ذات الرصدات الناقصة عند عدم سقوط الأمطار، مع عدم القيام أيضاً بإنتاج قيم تقديرية في الأيام ذات الرصدات الناقصة عند سقوط الأمطار، لأن من شأن ذلك أن يؤدي إلى انحياز تنازلي في البيانات الإجمالية.

وفي سياق حساب المعدلات في محطة ما، ينبغي ألا يُستخدم التقدير إلا لسد الفجوات الصغيرة نسبياً في مجموعات البيانات (حتى 10 أيام في أي شهر فردي). كما لا ينبغي أن يُستخدم لحساب معدل في محطة ما لعنصر لم يتم رصده هناك قط. (وهذا منفصل عن الممارسة المناسبة تماماً والمتمثلة في استخدام المعدلات المحسوبة في المحطات لتقدير الظروف المتوقعة لنفس الفترة في مواقع أخرى.)

4.7 تدقيق وتقريب البيانات

بالنسبة لمعظم البارامترات، ينبغي عموماً الإفادة عن المعدلات بدقة خانة عشرية واحدة. وليس من المناسب عادةً الإفادة عن معدلات المحطات بمستوى أعلى من الدقة، رغم أن ذلك قد يكون ملائماً في بعض الحالات بالنسبة لمتوسطات المناطق التي تضم عدداً كبيراً من المحطات.

ويتعين بحث النقطة (النقاط) التي ينبغي عندها تطبيق التقريب في حساب المعدلات. وهناك عادةً ثلاث خطوات لحساب معدل المناخ:

- حساب القيمة الشهرية الفردية من البيانات اليومية الأساسية (بالنسبة لبعض المتغيرات، قد تنطوي البيانات اليومية الأساسية على حساب قيمة ما من البيانات اليومية الفرعية)؛
- حساب معدل شهر من كل من القيم الشهرية الفردية خلال فترة قياس المتوسط الحسابي؛
- حساب معدلات الفترات المتعددة السنوات (السوية مثلاً) من القيم الشهرية.

ومن حيث المبدأ، يمكن تحقيق أقصى قدر من الدقة من خلال الاحتفاظ بأقصى قدر من التدقيق في جميع العمليات الحسابية والتقريب فقط عند الخطوة النهائية (أي الإفادة عن معدل شهري أو متعدد الأشهر). غير أن العبء الرئيسية التي تحول دون القيام بذلك على أساس ثابت هي أن القيم الشهرية الفردية لا تتوافر عادةً إلا لخانة عشرية واحدة، علماً بأن قواعد البيانات الوطنية ومدونة CLIMAT للبيانات المناخية الشهرية توفر عادةً (على الأكثر) خانة عشرية واحدة. وفي كثير من الحالات (لا سيما بالنسبة لمجموعات البيانات الدولية التي تستند أساساً إلى تقارير CLIMAT)، قد لا تكون البيانات اليومية الأساسية متاحة، مما يجعل الحسابات الكاملة الدقة مستحيلة.

ولتحقيق الاتساق في الممارسة، يوصى لذلك بأن تُقرب القيم الشهرية الفردية إلى خانة عشرية واحدة قبل استخدامها لحساب معدل ذلك الشهر، وأن تُحتسب معدلات الفترات المتعددة الأشهر من المعدلات الشهرية المقربة إلى خانة عشرية واحدة. وفي حين قد يبدو أن هذه الممارسة تنطوي على بعض الافتقار إلى الدقة، فإن الاختلافات طفيفة. وعلى سبيل المثال، فإن الانحراف المعياري للفرق بين معدل مدته 30 سنة محسوب باستخدام بيانات شهرية مقربة إلى خانة عشرية واحدة ومعدل مدته 30 سنة محسوب باستخدام بيانات كاملة الدقة هو 0.005، بما يعادل احتمالاً نسبته حوالي 5٪ لاختلاف القيمتين بمقدار 0.1 بعد تقريبهما.

وثمة تساؤل أخير بشأن التقريب وهو كيفية تقريب القيم الواقعة في منتصف الطريق بين نقاط البيانات (على سبيل المثال، هل تُقرب القيمة 0.15 إلى 0.1 أو 0.2؟). ومن الاعتبارات الهامة هنا أنه لا ينبغي أن يكون هناك انحياز ثابت في التقريب، أي أنه لا ينبغي أن تُقرب مثل هذه القيم باستمرار تصاعدياً أو تنازلياً. ومن بين الممارسات التي تحقق هذا التأثير ممارستان "المعادلات إلى أرقام فردية" (حيث تُقرب قيمة تنتهي بـ 5. إلى أقرب رقم فردي) أو "المعادلات إلى أرقام زوجية" (حيث تُقرب قيمة تنتهي بـ 5. إلى أقرب رقم زوجي). ولطالما استخدمت "المعادلات إلى أرقام فردية" على نطاق واسع في تقارير التحليل السينوبتيكي للطقس من جانب عدد من البلدان. ومع ذلك، فإن "المعادلات إلى أرقام زوجية" هي وضع التقريب الافتراضي المستخدم في معيار علم حساب الفاصلة العائمة Standard for Floating-Point Arithmetic الصادر عن معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات Institute of Electrical and Electronics Engineers، وبالتالي فهي مدرجة في العديد من حزم الحوسبة القياسية. ولهذا السبب، تُفضّل "المعادلات إلى أرقام زوجية" إذا كان هناك نظام جديد قيد التطوير، وإن كانت "المعادلات إلى أرقام فردية" هي ممارسة وطنية راسخة بالفعل، فيمكن الإبقاء عليها بشرط أن تنفذ على أساس متنسق. وتُعتبر غير ملائمة تلك الطرق التي تُحدث انحيازاً متنسقاً في التقريب، مثل تقريب المعادلات بعيداً عن 0 (المنهجية النموذجية في نظام ميكروسوفت إكسيل) أو إلى أعلى قيمة تالية.

4.8 التجانس، واستخدام المحطات المُركّبة وإدخال محطات الطقس الأوتوماتية

4.8.1 التجانس

ملحوظة: يوفر هذا القسم مجرد مدخل موجز لتجانس بيانات المناخ. ولمناقشة مفصلة، يحال القراء إلى المبادئ التوجيهية بشأن البيانات الشرحية للمناخ والتجانس (WMO, 2003) Guidelines on Climate Metadata and Homogenization أو المبادئ التوجيهية المحدثة التي هي قيد الإعداد وقت كتابة هذا المطبوع.

وكما ذكر آنفاً، فإن معدلات المناخ لها غرضان رئيسيان: كمؤشر على الظروف الأكثر احتمالاً للحدوث في موقع معين في ظل المناخ الحالي، وكمعيار مرجعي يمكن على أساسه مقارنة الظروف المناخية في موقع معين (أو في منطقة معينة) خلال فترة زمنية معينة.

ويطلب كل من هذين الغرضين أن تكون البيانات خلال فترة قياس المتوسط الحسابي متسقة، وأن تكون البيانات خلال فترة قياس المتوسط الحسابي ممثلة للفترة التي تُستخدم فيها فترة قياس المتوسط الحسابي كمعيار مرجعي. وعلى سبيل المثال، إذا ما قورنت البيانات المستمدة من عام 2017 مع البيانات المتعلقة بفترة قياس المتوسط الحسابي من عام 1981 إلى عام 2010، يلزم أن يكون كل من الموقع والأدوات المستخدمة في الفترة 1981-2010 ممثلاً لنظيرهما المستخدمين في عام 2017.

ويطلب الوفاء بهذه المتطلبات أن تكون البيانات المستخدمة متجانسة على مدى فترة قياس المتوسط الحسابي، وفي حالة استخدامها كمرجع للفترة الحالية، من فترة قياس المتوسط الحسابي إلى الوقت الحاضر. ومعنى هذا أن أي تغيرات في البيانات لا تعكس سوى تغيرات في المناخ الطبيعي، وليس تغيرات في الطريقة التي تُجرى بها الرصدات أو في البيئة التي تُجرى بها. ومن الأسباب التي قد تجعل مجموعة البيانات غير متجانسة:

- تحركات الموقع؛
- التغيرات في الأدوات؛
- التغيرات في إجراءات الرصد (على سبيل المثال، تغير في تعريف اليوم المناخي)؛
- التغيرات في بيئة الموقع المحلية (على سبيل المثال، تغير في الغطاء النباتي أو تشييد مبنى بالقرب من الموقع).

وأوجه عدم التجانس المحتملة لن تكون كلها ذات تأثير كبير على البيانات، وتلك المؤثرة قد تمس بعض العناصر دون غيرها. وعلى سبيل المثال، قد تؤدي الاستعاضة عن سطح معوش بسطح مرصوف بالقرب من موقع ما إلى التأثير على درجة الحرارة، ولكن من غير المرجح أن يكون لذلك أي تأثير على الهطول. ومع ذلك، فإن مسألة ما إذا كانت هذه مؤثرة من عدمه تحتاج إلى النظر فيها على أساس كل موقع على حدة. وفي سياق تجانس البيانات، في حين أنه من المرغوب فيه أن يلبي موقع الرصد متطلبات الفئة 1 وفقاً لتصنيف المواقع لمحطات الرصد السطحية على اليابسة (WMO, 2014)، الجزء الأول، المرفق 1 بـ، فإن التوافق المطلق مع المعايير يكون أقل حسماً من الاتساق على المدى الطويل بمرور الوقت. وعلى سبيل المثال، فإن موقعاً لرصد درجة الحرارة في منارة على قمة منحدر ربما لن يلبي معايير دليل أدوات وطرق رصد الأحوال الجوية (WMO, 2014)، ولكن إذا كان الموقع في أعلى المنحدر نفسه لمدة 100 سنة (ولم تطرأ عليه أي تغيرات جوهرية أخرى)، فيرجح أن يكون متجانساً مع ذلك.

وحتى التحركات الصغيرة للموقع يمكن أن يكون لها تأثير كبير على تجانس البيانات، خاصةً في المناطق ذات التضاريس المعقدة، وعلى المتغيرات التي تتأثر بشدة بفعل تعرض الموقع المحلي (مثل سرعة الرياح).

ولا يمثل وجود جزيرة حرارية حضرية في حد ذاتها وجهاً لعدم التجانس. فقد تبين أنه في المناطق الحضرية المستقرة يمكن أن تكون البيانات متجانسة إلى حد معقول، شريطة أن تكون البيئة الكائنة على مقربة مباشرة من موقع الرصد مستقرة نسبياً. ومن ثم فإن الفترة 1981-2010 في منطقة حضرية مستقرة مثلاً، حيثما كانت أي جزيرة حرارية حضرية مكتملة تماماً بالفعل قبل عام 1980، فادرة على أن تكون ممثلة للبيئة الحالية في تلك المنطقة. غير أن طبيعة المنطقة الحضرية هي أنه، حتى لو كانت البلدة أو المدينة مستقرة بشكل عام، فمن المحتمل أن تكون هناك تغييرات جوهرية على المباني الواقعة على مسافة قصيرة من موقع الرصد على مدى فترة ممتدة لبضعة عقود، ما لم يكن الموقع في منطقة محمية (على سبيل المثال، متنزه بالمدينة).

وبسبب التأثير الذي يمكن أن تحدثه أوجه عدم التجانس على معدلات المناخ، يوصى باستخدام بيانات متجانسة فقط في حساب معدلات المناخ. وعلى وجه الخصوص، فإن عدم التجانس قد يعني أن فترة قياس المتوسط الحسابي ليست ممثلة للحاضر، أي أنه تجري بالتالي مقارنة البيانات الحالية بمعدل غير تمثيلي. غير أن من المسلم به أن الأعضاء لا يملكون جميعاً في الوقت الحالي الموارد اللازمة لتحقيق تجانس مجموعات البيانات الوطنية الخاصة بهم، ولذلك فقد يتعين عليهم حساب معدلات المناخ دون أن يكون قد تم تقييم البيانات الأساسية للتأكد من تجانسها.

وهناك نهجان رئيسيان لمسألة استخدام البيانات المتجانسة في حساب معدلات المناخ:

- الإقتصار على استخدام المحطات التي تبين أنها متجانسة؛

- إجراء تعديلات على البيانات السابقة لإزالة أوجه عدم التجانس.

وكلاهما نهج معقول من حيث المبدأ. ومع ذلك، ففي العديد من البلدان، قد لا توجد سوى نسبة صغيرة نسبياً من المحطات التي تكون متجانسة في كل مكان. وبعد فترة قياس المتوسط الحسابي، لا سيما في البلدان التي حدث فيها تغيير كبير أثر على جزء ضخم من شبكة الرصد (على سبيل المثال، تغيير في تعريف درجة الحرارة اليومية، أو انتقال واسع النطاق من أدوات تقليدية إلى آلية)، قد يكون من الضروري بالتالي استخدام بيانات معدلة لتحقيق كثافة شبكية مقبولة، وأو إتاحة البيانات المتعلقة بالمعدلات فيما يخص المواقع الرئيسية.

وهناك أدبيات واسعة حول تجانس بيانات المناخ، وخاصةً بالنسبة لدرجة الحرارة (وهي أقل من ذلك بالنسبة للعناصر الأخرى)، سواء فيما يتعلق بالكشف عن التجانس أو أساليب التكيف. ويمكن أن تشمل هذه الأدبيات استخدام البيانات الشرحية، أو الأساليب الإحصائية، أو مزيجاً من الاثنين. وقد وُضعت أيضاً عدة برامج حاسوبية لهذا الغرض. ويمكن الحصول على مزيد من المعلومات من المبادئ التوجيهية بشأن البيانات الشرحية للمناخ والتجانس (WMO, 2003) Guidelines on Climate Metadata and Homogenization.

4.8.2 استخدام المحطات المركبة

في حالات كثيرة، لن تكون هناك محطة واحدة تستوفي متطلبات توفر البيانات من أجل حساب معدل مناخ عادي لفترة معادلة معينة. ومع ذلك، قد تكون هناك مجموعة من المحطات داخل منطقة ما تملك، فيما بينها، بيانات كاملة من خلال فترة قياس المتوسط الحسابي (على سبيل المثال، ربما يكون قد استعُض عن موقع في بلدة صغيرة كان يعمل في الفترة من عام 1981 إلى 1995 بأخر في مطار قريب ظل يعمل من عام 1995 حتى الوقت الحاضر، مع حيازة المجموعة الموحدة بيانات كاملة لفترة قياس المتوسط الحسابي 1981-2010).

وتوجد إمكانية لاستخدام سلسلة بيانات مركبة مستمدة من مجموعة محطات من هذا القبيل في حساب معدلات المناخ. والشرط الأساسي هنا هو أن تكون مجموعة البيانات المدمجة متجانسة، إما لأن المواقع المختلفة المستخدمة في المجموعة المركبة متشابهة بما فيه الكفاية، أو لأنه قد أُجريت تعديلات مناسبة. وهذه عملية ينبغي الاضطلاع بها بعناية فائقة، كما ينبغي توثيق أساليب التكيف والمحطات المستخدمة داخل المجموعة المركبة في البيانات الشرحية. وينبغي أيضاً أن تكون المحطات قريبة المسافة بصورة وافية وأن تكون مترابطة جيداً بما يكفي للاضطلاع بعملية التكيف بمستوى عالٍ من الثقة. ومن المستصوب وجود فترة من البيانات المتداخلة بين المحطات داخل المجموعة المركبة في هذا السياق.

وتجدر الإشارة إلى أن تعريف ماهية المحطة "المركبة" تعسفي إلى حد ما. ففي بعض البلدان، يمكن للمحطة أن تحتفظ بمحدد هويتها حتى بعد حدوث نقلة جوهرية، بينما أن تؤدي حتى نقلة صغيرة في بلدان أخرى إلى معالجة البيانات على أنها من محطتين منفصلتين. وهناك أيضاً حالات تغيّر فيها المحطة محدد هويتها المحلي ولكنها تظل تحت رقم واحد للمنظمة WMO، أو العكس بالعكس). ومن منظور تجانس البيانات، لا يوجد فرق حقيقي بين تحقيق التجانس لمجموعة بيانات مدمجة من محطات متعددة، والقيام بذلك مع مجموعة بيانات غير متجانسة من محطة واحدة (باستثناء أن التغيير في محدد هوية المحطة هو بند واضح من البيانات الشرحية).

4.8.3 إدخال محطات الطقس الأوتوماتية

على مدى السنوات العشرين أو الثلاثين الماضية، أصبحت محطات الطقس الأوتوماتية جزءاً بارزاً على نحو متزايد من شبكات رصد الأحوال الجوية. وفي بعض البلدان، أصبح معظم أو جميع رصدات التحليل السينوبتيكي للطقس مؤتمتاً في الأونة الحالية، ومن المرجح أن نسبة متزايدة من الرصدات ستجرى من خلال طرق مؤتمتة على مدى السنوات القادمة.

وقد أقيمت بضع محطات طقس أوتوماتية منذ عام 1981 (ولم تكن هناك أي محطة فعلياً منذ عام 1961). وبالتالي فإن الاستفادة من محطات الطقس الأوتوماتية - التي سيكون تركيبها في معظم البلدان مصحوباً بتغيير في محدد هوية المحطة - لحساب المعدلات المناخية القياسية، أو المعدلات المرجعية، تتطلب أن تكون مركبة مع محطة أخرى (أو محطات أخرى) كما هو موصوف في القسم 4.8.2 أعلاه.

وفي بعض الحالات، تتشارك محطة الطقس الأوتوماتية موقعها مع المحطة التقليدية التي تحل محلها. وفي مثل هذه الحالات، وتبعاً للأدوات المستخدمة، قد لا تكون هناك أوجه عدم تجانس جوهرية بين الاثنتين بشأن بعض العناصر، وإن كانت لا تزال ثمة حاجة للتحقق من ذلك. ومع ذلك، في كثير من الحالات، تكون محطة الطقس الأوتوماتية بعيدة بمسافة ما عن المحطة التقليدية. ويتمثل أحد السيناريوهات الشائعة في الاستعاضة عن محطة تقليدية في إحدى المدن بمحطة طقس أوتوماتية خارج حدود المدينة (في مطار غالباً). ويمكن أن يؤدي هذا التحريك للموقع إلى عدم تجانس كبير، يحتاج إلى التعامل معه قبل أن يمكن استخدام البيانات المركبة في حساب معدلات المناخ.

وثمة ثلاث قضايا أخرى يمكن أن تنشأ مع تركيب محطات الطقس الأوتوماتية وهي:

- أن المحطات التقليدية لا تجري سوى عدد محدود من الرصدات يومياً، في حين أن معظم محطات الطقس الأوتوماتية تقدم تقارير بشكل مستمر. ومعنى هذا أن العديد من الرصدات الأوتوماتية يمكن أن يكون متاحاً لحساب بارامترات من قبيل متوسط الضغط اليومي أو ضغط البخار. ويفضّل أن تكون الأساليب المستخدمة في هذه الحسابات متسقة على مر الزمن في المحطة (أو المحطة المركبة)، وإذا أمكن، عبر الشبكة. وعلى سبيل المثال، إذا كانت المحطة التقليدية السابقة قد أجرت فقط رصدات في التوقيتين 0900 و 1500، ينبغي إذن حساب المتوسطات باستخدام رصدات التوقيتين 0900 و 1500 فقط، على الرغم من توافر عدد أكثر كثيراً من الرصدات من المحطة الأوتوماتية. ويمكن أن يؤدي إدخال المحطات الأوتوماتية أيضاً إلى تغيير في تعريف اليوم المناخي، ذلك أن إجراء رصدات ليوم مناخي ينتهي عند منتصف الليل في محطة أوتوماتية عملي بدرجة أكبر كثيراً مما هو عليه في محطة تتطلب مراقبين بشريين. وفي حين أن هذه التغييرات في التعريفات غير مرغوب فيها، فمن المسلم به أن هذه التغييرات قد حدثت بالفعل في بعض البلدان وأن العدول عنها ربما يكون غير عملي. وفي مثل هذه الحالات، ينبغي أن يُعتبر التغيير في عدد الرصدات اليومي المستخدم في حساب المتوسطات، أو في تعريف اليوم المناخي، بمثابة عدم تجانس محتمل (انظر القسم 4.8.2).
- أن المحطات التقليدية والأوتوماتية أحياناً يمكن أن تحتوي على بيانات ناقصة (في حالة المحطات الأوتوماتية، يحدث ذلك في أغلب الأحيان بسبب عطل أداة أو قصور في الاتصالات). وبالنسبة للعديد من العناصر، يمكن معالجة البيانات الناقصة من هذين النوعين من الأنظمة على نحو متكافئ. غير أنه فيما يتعلق بالهطول، في حين أن فترة الرصدات الناقصة من المحطة التقليدية سيتبعها في كثير من الأحيان رصد تراكمي على مدى فترة البيانات الناقصة، نجد أنه في المحطة الأوتوماتية، بمجرد نقص رصدة ماء، فإنها غالباً ما ستضيع برمتها، مما يحول دون حساب المجموع الشهري. وهو ما قد يجعل استخدام البيانات التقديرية لسد الثغرات (انظر القسم 4.6) أكثر أهمية.
- بالنسبة لبعض العناصر، يمكن أن يكون الفرق بين نظم الرصد التقليدية والأوتوماتية كبيراً بحيث تصعب مقارنتها، حتى مع التكيف. والمثال الأكثر شيوعاً هو سرعة الرياح التي يقدرها العديد من المحطات التقليدية باستخدام مقياس بوفورت (أو ما يعادله) - وهي مجموعة بيانات يصعب جداً دمجها مع مجموعات البيانات الآلية من المحطات الأوتوماتية.

4.9 البيانات الشرحية المرافقة لمعدلات المناخ

ينبغي الإبقاء على البيانات الشرحية لجميع المحطات التي يجري حساب معدلات المناخ بشأنها. وترد معلومات إضافية عن البيانات الشرحية المناسبة في المبادئ التوجيهية بشأن البيانات الشرحية للمناخ والتجانس (Guidelines on Climate Metadata and Homogenization (WMO, 2003)، وفي مرجع النظام العالمي المتكامل للرصد التابع للمنظمة (WMO, 2017)، التذييل 2.4).

وفي حين أنه ليس من العملي تقديم جميع أشكال البيانات الشرحية المناحة بالنسبة للمحطات المعنية في أثناء نشر معدلات المناخ، فإن البيانات الشرحية التي ينبغي إدراجها في معدلات المناخ تشمل ما يلي:

- محددات الهوية الحالية لكل محطة (رقم المنظمة WMO، ومحددات الهوية المحلية، واسم المحطة)؛
- خطوط الطول والعرض والارتفاع لكل محطة في نهاية فترة قياس المتوسط الحسابي؛
- معلومات عن أي تغييرات جوهرية في المحطات أثناء فترة قياس المتوسط الحسابي أو بعدها، وفي حالة إجراء أي تعديلات، الطرق المستخدمة للقيام بذلك (انظر القسم 4.8)؛
- تعريف اليوم المناخي؛
- طريقة حساب المتوسطات اليومية لدرجة الحرارة والضغط وضغط البخار.

ومن المتوقع، بمرور الوقت، أن يؤدي استيعاب منصة البيانات الشرحية للنظام العالمي المتكامل للرصد التابع للمنظمة إلى تقليل الحاجة لتوفير البيانات الشرحية بشكل منفصل بالاقتران مع معدلات المناخ.

5. جوانب التطبيق

5.1 ما الداعي لحساب كل من المعدلات المناخية القياسية والمعدلات المرجعية؟

كما ذكر أعلاه، فإن معدلات المناخ تخدم وظيفتين رئيسيتين: كمؤشر ضمنى على الظروف الأكثر احتمالاً للحدوث في المستقبل القريب بأي مكان معين، وكمعيار ثابت يمكن من خلاله مقارنة التغيرات الطويلة الأجل في رصدات المناخ.

وفي ظل مناخ مستقر، يمكن تحقيق هذين الهدفين من خلال فترة مرجعية موحدة. ومع ذلك، وكما نوقش في الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate* (WMO, 2007)، بالنسبة للعناصر التي يوجد بشأنها الآن اتجاه واضح ومتسق (وأبرزها درجة الحرارة)، فإن المهارات التنبؤية لمعدلات المناخ تتعاضد إذا تم تحديثها كلما أمكن ذلك. فمن الأرجح أن تكون فترة قياس المتوسط الحسابي 1981-2010 ممثلة للظروف السائدة في عام 2017 أكثر مما هي عليه مقارنة بالفترة 1961-1990. ومن ناحية أخرى، هناك فوائد واضحة لاستخدام معيار ثابت كنقطة مرجعية لمجموعات البيانات الطويلة الأجل، سواء من الناحية العملية (عدم الحاجة إلى إعادة حساب مجموعات البيانات المستندة إلى ظواهر شاذة كل 10 سنوات)، ومن حيث التواصل – حيث لا تتحول سنة ما "فوق المتوسط" فجأة لتصبح "دون المتوسط" بسبب تغير في الفترة المرجعية.

وحيث إن هذين الهدفين الرئيسيين لمعدلات المناخ قد أصبحا غير متناسقين مع بعضهما البعض من حيث متطلباتهما لتحديد فترة معادلة مناسبة، فقد قررت المنظمة WMO أنه ينبغي حساب كليهما (رهنًا بتوفر البيانات). وفي حين أن أفضل المهارات التنبؤية ستتحقق من جراء تحديث المعدلات المناخية القياسية كل عام، فمن المسلم به أن هذا سيكون غير عملي بالنسبة لكثير من البلدان، وبالتالي فقد تقرر أنه ينبغي تحديث هذه المعدلات كل 10 سنوات، على أن يُجرى التحديث القادم بعد انتهاء عام 2020.

وفي الممارسة العملية، تتم في معظم البلدان الإفادة عن مجموعات البيانات الطويلة الأجل المستخدمة لرصد تغير المناخ في شكل مُجمل مكانياً (على سبيل المثال، مجموعة بيانات شبكية، أو متوسطات ظواهر شاذة للمناطق مستمدة من البيانات الشبكية، أو المحطات). وهذا يعني أن المعدلات المرجعية في المحطات الفردية ستُحسب في معظم الأحيان كخطوة وسيطة في توليد مجموعة بيانات إقليمية أو شبكية، بدلاً من أن تكون شيئاً يُستخدم على نطاق واسع في حد ذاته.

ويُتوقع، في معظم السياقات، أن تتم الإفادة عن معدلات المناخ للمحطات باستخدام المعدل المناخي القياسي (1981-2010) وقت كتابة هذه الوثيقة. وبعض البلدان لديه القدرة على الإفادة عن المعدلات لفترات متعددة

وفقاً لمتطلبات المستخدم؛ وحيثما توجد هذه القدرة، فإنه ينبغي الاحتفاظ بها، حتى مع المعدل المناخي القياسي الذي أنشئ باعتباره الفترة الأولية. ومن المتوقع أيضا أن يُستخدَم المعدل المناخي القياسي لرصد المنتجات، مثل خرائط الظواهر الشاذة الشهرية والموسمية، التي لا تستهدف تحديداً رصد تغيير المناخ، فضلاً عن كونها خط الأساس للتنبؤات المناخية الموسمية.

5.2 الاستخدامات المحتملة لمتوسطات الفترات غير القياسية

هناك بعض السياقات التي قد يرغب فيها المستخدمون في الاستفادة من فترات غير تلك المتعلقة بالمعدل المناخي القياسي أو المعدل المرجعي. ويرد وصف بعض هذه السياقات أدناه.

5.2.1 استخدام فترات غير قياسية مدتها 30 سنة في المنتجات التاريخية

في بعض المنتجات التاريخية، قد تكون هناك فوائد من استخدام فترة 30 سنة غير تلك الخاصة بالفترات القياسية. ومن أمثلة ذلك الحالات التي يتم فيها إعداد مجموعة بيانات شبكية من خلال وصل حقل للظواهر الشاذة، تولد من ظواهر شاذة على مستوى المحطات، بعلم المناخ (جونز وآخرون، 2009).

وفيما يتعلق بمجموعة البيانات هذه، فإن الأولوية القصوى هي زيادة عدد المحطات التي تحتوي على بيانات خلال تلك الفترة حيث يمكن حساب المعدل الخاص بها. وفي مجموعة البيانات التي وضعها جونز وآخرون (2009) (مجموعة بيانات تاريخية تغطي أستراليا)، في معرض توليد الشبكات لأيام في السنوات ما بين عام 1911 و عام 1940، استخدموا فترة قياس المتوسط الحسابي 1911-1940 كأساس لعلم المناخ الأساسي مع وصل الظواهر الشاذة للمحطات بذلك لتوليد مجموعة البيانات النهائية. وكان مرجع ذلك هو أن العديد من المحطات التي لديها بيانات في الفترة 1911-1940 لم تكن تملك بيانات كافية في السنوات الأخيرة تسمح بحساب معدل للفترة 1961-1990 أو الفترة 1981-2010. وبالإضافة إلى ذلك، نظراً لأن وجود معدل للمحطة هو شرط مسبق لحساب ظاهرة شاذة لأغراض التحليل، فإن استخدام فترة قياس المتوسط الحسابي 1911-1940 سمح باستخدام المزيد من المحطات في تحليل الفترة 1911-1940 أكثر مما كان يمكن تحقيقه مع استخدام فترة أكثر حداثة للمعادلة. وبالمثل، تم استخدام خط الأساس 1941-1970 في تطوير الشبكات للفترة 1941-1970.

5.2.2 استخدام فترة أطول من 30 عاماً لاشتقاق إحصاءات ذات مرتبة أعلى

قد لا تكون فترة 30 سنة كافية للاستفادة من كامل نطاق التباين المحتمل لعنصر ما، ولا سيما فيما يتعلق بعنصر مثل الهطول الذي يمكن أن يكون متبايناً بدرجة كبيرة من حيث الزمان والمكان. وعلى الرغم من أنه لا يزال يوصى بفترة 30 سنة باعتبارها فترة حسابية قياسية لحساب الحدود الخمسية في المعدلات المناخية القياسية (وبالتالي كأساس للإفادة عن القيم الخمسية في رسائل CLIMAT)، فإن استقرار الإحصاءات الأكثر تطرفاً المستمدة من تلك الفترة يبرِّح أن يكون منخفضاً لبعض العناصر.

وثمة نهجان لهذه المشكلة وهما إدراج توزيع إحصائي ما، مثل توزيع غاما، في البيانات التي تم رصدها خلال فترة قياسية مدتها 30 سنة (وهو نهج نوقش بمزيد من التفصيل في الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate* (WMO, 2007))، أو استخدام فترة بيانات أطول بكثير من 30 عاماً. وكمثال على ذلك، فإن القيم الترتيبية للهطول فيما يتعلق ببيانات سقوط الأمطار الأسترالية، بما في ذلك المئينان الخامس والعاشر اللذان يشكلان جزءاً لا يتجزأ من التعاريف القياسية لرصد الجفاف، تشتق باستخدام كامل فترة التسجيل من عام 1900 إلى الوقت الحاضر. وفي معظم الأحوال المناخية، سيكون من الصعب اشتقاق قيمة مستقرة للمئين الخامس من 30 سنة من البيانات).

وتتطوي الإفادة عن القيم القصوى على تطبيق آخر جدير بالاهتمام يتمتع بأطول سجل ممكن. وسيهتم العديد من المستخدمين بأعلى وأدنى القيم التي تم الإبلاغ عنها في أي وقت بموقع ما، سواء كانت تقع ضمن فترة معادلة قياسية أم لا (على الرغم من أن قيم الحدود القصوى على مدى 30 عاماً لا تزال ذات قيمة لبعض

التطبيقات، مثل عمليات تحليل القيم القصوى المعيارية). وينبغي، حيثما أمكن، الاستفادة من بارامترات القيم القصوى سواء بالنسبة لفترة المعدلات المناخية القياسية أو بالنسبة لجميع السنوات المتاحة من الرصدات المفيدة.⁵

5.2.3 استخدام فترات أقصر لقياس المتوسط الحسابي

لن تكون لدى العديد من المحطات بيانات كافية متاحة لحساب المعدلات المناخية القياسية أو المعدلات المرجعية.

ومع ذلك، من المرجح أن يرغب المستخدمون في هذه المواقع في التعرف على الظروف المناخية الأكثر احتمالاً في هذه المواقع، فضلاً عن الظواهر الشاذة للعناصر الرئيسية. ويتمثل أحد الخيارات في استخدام سجل مركب على النحو المبين في القسم 4.8، وهو ما يقتضي وجود محطة (أو محطات) أقدم يمكن إدراجها في مركب لتغطية كامل الفترة القياسية لحساب المتوسط. ومثل هذه المحطة لن تكون متاحة في جميع الحالات. وتتسم القدرة على حساب الظواهر الشاذة في محطة ما بمستوى معين من الثقة بأهمية أيضاً لدمج البيانات المستمدة من تلك المحطة في العديد من مجموعات البيانات الشبكية.

وفي الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate* (WMO, 2007)، تبين أنه، بالنسبة لمعظم بارامترات القيم المتوسطة والإجمالية (وليس بارامترات القيم القصوى أو الخصائص الإحصائية ذات الترتيب الأعلى مثل القيم الترتيبية)، وفرت فترة قوامها 10-12 سنة من البيانات مهارة تنبؤية مماثلة لتلك المستمدة من فترة قياسية مدتها 30 عاماً. وعلاوة على ذلك، تبين أيضاً أنه يمكن مع ذلك استخدام فترات أقصر من تلك البالغة 10-12 سنة على نحو فعال من خلال الجمع بين البيانات المرصودة من بيانات الفترات القصيرة مع الظواهر الشاذة المستكملة مكانياً من المحطات الأطول أجلاً في المنطقة. وفي حين أنه لا يمكن اعتبار هذه الفترات القصيرة بمثابة معدلات مناخية قياسية أو معدلات مرجعية، فإنها لا تزال مفيدة لكثير من المستخدمين، وفي كثير من الحالات، ستكون هناك فوائد لحساب هذه المعدلات من الناحية التشغيلية. ويحال القراء إلى القسم 7.2 من الوثيقة المعنونة دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate* (WMO, 2007) للاطلاع على مزيد من التفاصيل والأساليب المحتملة.

6. جوانب التواصل

يتعين أن يتم توثيق تعريف واستخدام معدلات المناخ وإبلاغهما بوضوح ودقة لتجنب سوء التفسير. وتستخدم معدلات المناخ على وجه التخصص، والمعدلات المناخية القياسية والمعدلات المرجعية، على نطاق واسع كمراجع تقييم على أساسها الظواهر الشاذة المناخية وتقلبية المناخ وتغير المناخ. ولهذا يوصى بشدة بأن يُقْتَبَسَ بشكل واضح المعدل المضبوط المستخدم فيما يتعلق بأي من المنتجات والخدمات المناخية، حيثما ينطبق ذلك.

وفي حالة تحديث المعدل المناخي القياسي، يوصى بإصدار مذكرة توضيحية لجميع مستخدمي المنتجات والخدمات ذات الصلة. وتصدر بعض المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا وثائق داخلية للموظفين المعنيين، فضلاً عن بيان صحفي يشرح طبيعة المعدلات واستخدامها، والتغيرات في المنتجات والخدمات ذات الصلة التي تنجم عن تطبيق المعدلات المحدثة.

⁵ لا يشمل ذلك الفترات التي تكون فيها البيانات غير متجانسة بشكل واضح مع اليوم الحالي، على سبيل المثال، رصدات درجات الحرارة في القرن التاسع عشر أو أوائل القرن العشرين باستخدام وحدات غير قياسية لإبواء الأدوات.

7. عملية تقديم المعدلات المناخية القياسية والمعدلات المرجعية

ينبغي أن تُحسب معدلات المناخ لطائفة واسعة من المحطات قدر الإمكان، بشرط أن تفي المحطة بالمعايير المتعلقة بكم البيانات المتاحة واكتمالها. وكحد أدنى، ينبغي حسابها، إن أمكن، لجميع المحطات التي توزع بياناتها على النظام العالمي للاتصالات (WMO, 2011)، القسم 4.8.2).

وقد قامت المنظمة WMO وستقوم بجمع المعدلات المناخية القياسية وإتاحتها من خلال الترتيبات الفنية ذات الصلة. وستصدر أمانة المنظمة WMO دعوات لتوفير المعدلات المناخية القياسية من محطات الرصد التابعة لأعضاء المنظمة WMO، بما في ذلك تعليمات تفصيلية بشأن الحسابات وتقديمها. ويمكن توسيع نطاق دعوات المنظمة WMO هذه، التي ستصدر عادةً كل 10 سنوات بعد 1 كانون الثاني/يناير من السنة التي تنتهي بالرقم 1، لتشمل التحديثات على المعدلات المرجعية للفترة 1961-1990 في ظل توفر المزيد من البيانات في جميع أنحاء العالم بفضل أنشطة إنقاذ البيانات.

كما تُستخدم المعدلات، والمعدلات المناخية القياسية على النحو الأمثل، لتبادل بيانات المنظمة WMO من خلال الشفرة الدولية FM 71 CLIMAT (تقرير القيم الشهرية الصادرة من محطة أرضية). وترد اللوائح التفصيلية ذات الصلة، بما في ذلك حالات تحديثات المعدلات، في مرجع الشفرات (WMO, 2016 a).

8. المراجع

- جونز، د.أ.، و. وانغ، ر. فاوسيت، 2009: مجموعات البيانات المناخية العالية الجودة الأسترالية. المجلة الأسترالية للأرصاد الجوية وعلوم المحيطات، 58:233-248.
- المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 1989: حساب المعدلات القياسية الشهرية والسوية لمدة 30 عاماً (الوثيقة الفنية للمنظمة رقم 341)، جنيف.
- _____، 1992: معجم المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (مطبوع المنظمة رقم 182). الطبعة الثانية. جنيف.
- _____، 1998: معدلات المناخ العالمية (CLINO) للفترة 1961-1990، النسخة 1.0 (مطبوع المنظمة رقم 847). جنيف.
- _____، 2003: المبادئ التوجيهية بشأن البيانات الشرحية المناخية والتجانس (الوثيقة الفنية للمنظمة رقم 1186). جنيف.
- _____، 2007: دور المعدلات المناخية في ظل مناخ متغير (الوثيقة الفنية للمنظمة رقم 1377). جنيف.
- _____، 2009: دليل تقارير المتوسطات والمجاميع الشهرية الصادرة من محطة أرضية CLIMAT وتقارير متوسطات الهواء العلوي الشهرية الصادرة من محطة أرضية CLIMAT TEMP (الوثيقة الفنية للمنظمة رقم 1188). جنيف.
- _____، 2011: دليل الممارسات المناخية (مطبوع المنظمة رقم 100). جنيف.
- _____، 2014: دليل أدوات وطرق رصد الأحوال الجوية (مطبوع المنظمة رقم 8). جنيف.
- _____، 2015: المؤتمر العالمي السابع عشر للأرصاد الجوية (مطبوع المنظمة رقم 1157). جنيف.
- _____، 2016 a: مرجع الشفرات، المجلد 1.1، المرفق الثاني باللائحة الفنية للمنظمة WMO، الجزء الأول - شفرات الرموز الأبجدية العددية (مطبوع المنظمة رقم 306). جنيف.
- _____، 2016 b: اللائحة الفنية، الوثائق الأساسية رقم 2، المجلد الأول - المعايير العامة والممارسات الموصى بها للأرصاد الجوية (مطبوع المنظمة رقم 49). طبعة 2015، تحديث 2016. جنيف.
- _____، 2017: مرجع النظام العالمي المتكامل للرصد التابع للمنظمة (مطبوع المنظمة رقم 1160). طبعة 2015، تحديث 2017. جنيف.

لمزيد من المعلومات يرجى الاتصال بالجهة التالية:

World Meteorological Organization

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

Communication and Public Affairs Office

Tel.: +41 (0) 22 730 83 14/15 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Email: cpa@wmo.int

www.wmo.int