

# التحديات في الانتقال من الشبكات التقليدية إلى الشبكات الأوتوماتية لرصد الأحوال الجوية من أجل السجلات المناخية طويلة الأجل

طبعة 2017

الماء  
المناخ  
الطقس



المنظمة العالمية  
للأرصاد الجوية

مطبوع المنظمة رقم 1202



التحديات في الانتقال من الشبكات التقليدية إلى  
الشبكات الأوتوماتية لرصد الأحوال الجوية من  
أجل السجلات المناخية طويلة الأجل

طبعة 2017



المنظمة العالمية  
للأرصاد الجوية

## ملاحظة تحريرية

يمكن الاطلاع على متيوترم (METEOTERM)، وهي قاعدة بيانات مصطلحات المنظمة (WMO)، على الموقع التالي <https://public.wmo.int/ar/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 1202

© 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:

Chair, 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](mailto:publications@wmo.int)

ISBN 978-92-63-61202-1

## 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

vii	كلمة شكر	
1	مقدمة	1
2	الجوانب العامة والمحددة العناصر للانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية	2
2	الجوانب العامة	2.1
2	اكتمال البيانات	2.1.1
3	الاختلافات في أنماط الخطأ بين القياسات التقليدية والقياسات الأوتوماتية	2.1.2
4	اتساق الممارسات بين النظم التقليدية والنظم الأوتوماتية	2.1.3
5	الصيانة، والمعايرة، وفحوصات التحمل	2.1.4
5	تصفية الطفرات، وأخذ عينات زمنياً، والخوارزميات الأخرى	2.1.5
6	عناصر الأرصاد الجوية المحددة	2.2
6	درجة الحرارة	2.2.1
9	هطول الأمطار	2.2.2
12	رطوبة الغلاف الجوي (الرطوبة، ونقطة الندى، وضغط البخار)	2.2.3
13	العناصر الأخرى	2.2.4
	أمثلة على أوجه عدم التجانس الموثقة الناشئة عن الانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية	3
14	مقدمة	3.1
14	درجة الحرارة	3.2
15	الهطول	3.3
16	عناصر أخرى	3.4
16	توجيه بشأن إدارة الانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية	4
16	القياسات الموازية بين النظم التقليدية والنظم الأوتوماتية	4.1
17	الاختبار قبل نشر محطات الطقس الأوتوماتية العاملة	4.2
17	تمثيل فترة عمليات رصد موازية	4.3
19	ماذا يحدث إذا لم تكن هناك فترة عمليات رصد موازية مفيدة؟	4.4
20	إدارة البيانات أثناء الانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية	4.5
20	المراجع	5





## كلمة شكر

نشكر السيد Blair Trewin، من مكتب الأرصاد الجوية، أستراليا، على مساهمته البارزة في هذا المطبوع.



ملاحظته: تناقش هذه المذكرة الإرشادية، وتقدم أمثلة وتوجيهات بشأن، تجانس السجلات المناخية طويلة الأجل في الانتقال من الشبكات التقليدية إلى الأوتوماتية لرصد الأحوال الجوية.

تؤدي محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) دوراً متزايداً في شبكات الأرصاد الجوية في البلدان المتقدمة النمو والبلدان النامية على السواء. وهي توفر مزايا عديدة في تطبيقات الطقس، من خلال إتاحة تلقي الرصدات بدقة عالية في الوقت الحقيقي، وبتكلفة متكررة منخفضة نسبياً بعد التكلفة الرأسمالية الأولية للتركيب. وثمة مواقع كثيرة كانت لا تتلقى رصدات في السابق سوى بضع مرات في اليوم الواحد أصبحت لديها الآن تغذية مستمرة بالبيانات كل دقيقة. وتتيح محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية أيضاً القيام بعمليات رصد في مناطق لا يوجد فيها سكان دائمون، وفي مواقع لا يمكن للراصدين البشريين الوصول إليها بسهولة (كما هو الحال في مراكز المطارات). ومن الناحية الأخرى، فإنها تتطلب عادة صيانة أكثر تواتراً وأكثر تخصصاً مقارنة بالنظم اليدوية، مما يمكن أن يلقي عبئاً كبيراً على إدارة الشبكات في بعض الأماكن، ولاسيما البلدان ذات الموارد المحدودة. كما أنها تطرح تحديات لبرامج رصد المناخ، بسبب المسائل المرتبطة بالانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية، وبسبب بعض خصائص القياسات الأوتوماتية، مثل اختلاف معدلات الأعطال في الأدوات.

وقامت بعض البلدان إما بتحويل شبكاتها السينو بتيكية بالكامل إلى شبكات محطات أرصاد أوتوماتية (AWSs)، أو أعلنت عن نيتها القيام بذلك (على سبيل المثال، تعتزم ألمانيا الانتقال إلى شبكة أوتوماتية بالكامل بحلول عام 2020؛ Clausnitzer وآخرون، 2015)، في حين استخدمت بعض البلدان النامية إدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) لدعم توسع كبير في الشبكات التي كانت قليلة في السابق.

ويمكن أن يشمل مصطلح "محطة أرصاد جوية أوتوماتية" مجموعة واسعة من أنواع المحطات. وتبدأ هذه المجموعة بمحطات أساسية تقيس مجموعة ضيقة نسبياً من المتغيرات بدقة محدودة ولكنها مفيدة، يمكن شراؤها ببضع مئات من الدولارات من خلال القنوات التجارية العادية، ويستخدمها على نطاق واسع فرادى الأشخاص ومنظمات صغيرة في بلدان كثيرة. وتنتهي هذه المجموعة بمحطات متقدمة مهنية تستوفي معايير الأداء الخاصة بالمنظمة WMO ويمكن أن تكون تكلفتها عشرات الآلاف من الدولارات؛ وإضافة إلى المتغيرات الأساسية مثل درجة الحرارة والرطوبة، وسرعة الرياح واتجاهها، وضغط الهواء، وهطول الأمطار، فإنها يمكن أن تشمل أيضاً أجهزة استشعار لبارامترات مثل الرؤية، وكمية السحب ونوعها، والطقس الحالي. وفي بعض البلدان، لا تستخدم المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHSs) سوى بيانات محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) المملوكة للمرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHSs)، بينما في بلدان أخرى، تدرج المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHSs) أيضاً بيانات من محطات جوية أوتوماتية (AWSs) مملوكة لمنظمات أخرى أو أفراد في منتجاتها وتحليلاتها. ولأغراض هذه المذكرة الإرشادية، لن يعتبر أن محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) لديها أدوات الأوتوغراف، مثل الباروغرافات أو الأنيموغرافات، التي تسجل باستمرار ولكنها تتطلب تدخلًا يدويًا لقراءة المعلومات من رسم بياني أو ما شابه ذلك؛ غير أنها تشمل أجهزة تنتج مخرجات رقمية تتطلب تدخلًا يدويًا لتوصيلها إلى شبكة الاتصالات الأوسع.

وقد نُشرت بالفعل مبادئ توجيهية لإدارة التغيرات في برامج رصد المناخ، مع مجموعة من الممارسات الموصى بها التي يمكن من خلالها إدارة هذه التغيرات (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2007). وستركز هذه المذكرة الإرشادية على محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) التي من المرجح أن تشكل جزءاً من السجلات المناخية طويلة الأجل. وعادة ما تكون هذه المحطات مملوكة من قبل المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHSs) أو الوكالات المرتبطة بها، أو في بعض الأحيان من قبل أطراف ثالثة (مثل وكالات الطيران أو الزراعة أو النقل البري) بموجب المعايير التي أقرتها المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHSs). وتبين التجربة أن محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) الخاصة يمكن أن تكون مفيدة لبعض الأغراض المناخية (مثل توفير معلومات عن ظواهر متطرفة فرادى محلية النطاق) ولكن نادراً ما تستوفي معايير طول السجل أو الدقة أو التعرض، أو الاستقرار الطويل الأجل للموقع والأدوات، لكي تكون لها قيمة كبيرة للمراقبة على نطاقات زمنية تبلغ عقداً من الزمان أو أكثر.

وللتشغيل الأوتوماتي لشبكة الرصد مزايا عديدة، ولكنه يطرح أيضاً تحديات لمراقبة المناخ على المدى الطويل. فأي تغيير في نظام الرصد يمكن أن يدخل في السجل المناخي عدم تجانس، يحتاج إلى تقييم وتعديل، إذا لزم الأمر. وتقييم عدم التجانس في موقع ما يشكل تحدياً خاصاً إذا حدثت تغييرات مماثلة في عدد كبير من المواقع (التي قد تكون محطات مرجعية لولا ذلك) على مدى فترة قصيرة من الزمن، على النحو المناقش في الفصل 4. وفي كثير من الحالات، سترافق إدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) أيضاً عمليات نقل للمواقع. وإضافة إلى ذلك، قد يؤدي الإدخال إلى فقدان رصدات المتغيرات التي يصعب قياسها أوتوماتياً (أو حيث لا يمكن مقارنة القياسات الأوتوماتية مباشرة بالرصدات اليدوية)، مثل كمية السحب أو عمق الثلوج أو التبخر في الحوض. وبمجرد انتشار محطات رصد الأحوال الجوية الأوتوماتية (AWSs) على نطاق واسع في شبكة، قد يكون من الصعب أيضاً الحفاظ على نوع ثابت من الأدوات بسبب سياسات المناقصات أو المشتريات التنافسية في بعض البلدان.

وينبغي قراءة هذه المذكرة الإرشادية بالاقتران مع مطبوعات أخرى للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، بما في ذلك مطبوع لجنة أدوات وطرق الرصد دليل أدوات وطرق الرصد (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2014؛ المشار إليه فيما بعد باسم CIMO 2014). وعلى وجه الخصوص، يقدم CIMO 2014 إرشادات مفصلة (الجزء الثاني، الفصل 1) بشأن استخدام محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs). وستركز هذه المذكرة على جوانب محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) ذات الصلة بالقياسات المناخية طويلة الأجل؛ ويُحال القراء إلى CIMO 2014 للحصول على معلومات مفصلة عن محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) بوجه عام. ويناقش دليل الممارسات المناخية (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2011) جوانب من محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) في الفصل 2 (عمليات رصد المناخ، والمحطات، والشبكات)، ويشير إلى المبادئ الشاملة لمراقبة المناخ التي وضعها النظام العالمي لرصد المناخ التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية. وتناقش المبادئ التوجيهية بشأن البيانات الشرحية المناخية وتحقيق التجانس (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2003) وتقدم إرشاداً بشأن أساليب اختبار التجانس وتحقيق التجانس (كان من المتوقع تحديث للمعلومات وقت كتابة هذه المذكرة).

## 2. الجوانب العامة والمحددة العناصر للانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية

### 2.1 الجوانب العامة

#### 2.1.1 اكتمال البيانات

عند العمل على النحو الأمثل، تكون محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) قادرة على توفير تدفقات للبيانات باستمرار ودقة زمنية تتجاوزان بكثير قدرة حتى أكثر الراصدات دأباً. ويمكنها أن توفر البيانات بدقة دقيقة واحدة أو أقل، وأن تعمل بنفس الفعالية في الليل وخلال عطلات نهاية الأسبوع كما تفعل خلال أيام أسبوع العمل العادي.

وقد تعاني كل من الرصدات التقليدية والأوتوماتية من انقطاعات في البيانات، ولكن الطريقة التي تحدث بها الانقطاعات قد تتخذ أشكالاً مختلفة. ففي حالة الرصدات التقليدية، يكون السبب الأكثر شيوعاً للرصدات المفقودة هو غياب الراصد، سواء كان ذلك مقراً (على سبيل المثال، عدم وجود رصدات خلال عطلات نهاية الأسبوع) أو غير مقرر (على سبيل المثال، بسبب المرض). وقد تكون هناك أيضاً فترات ممتدة لفقدان البيانات، أو حتى توقف عمليات الرصد تماماً، إذا ترك الراصد منصبه (على سبيل المثال، من خلال الاستقالة أو المرض أو الوفاة) ولم يتم توظيف بديل له بسرعة - وهذا يمثل خطراً خاصاً في المناطق النائية التي تضم عدداً صغيراً من السكان المحليين. كما تتسبب أخطاء الأجهزة أو فشلها أحياناً في فقدان البيانات الخاصة بالرصدات التقليدية، ولكن نادراً ما يحدث فشل في الاتصالات، لأن البيانات يمكن عادةً الاحتفاظ بها لإرسالها لاحقاً.

ولا تحتاج النظم الأوتوماتية إلى وجود راصد. ومع ذلك، فإن النظم الإلكترونية تكون عادةً أكثر عرضة للفشل من النظم التقليدية (وخاصة تلك الأجزاء من النظم التقليدية التي ليست لديها أي أجزاء متحركة مثل موازين الحرارة ومقاييس المطر)، وقد تتأثر بمسائل مثل الصواعق (التي تكون مقاييس الرياح عرضة لها بشكل خاص لأنها تكون موجودة على الصواري العالية) أو انقطاع إمدادات الطاقة (سواء كان في الشبكات أو البطارية أو الطاقة الشمسية). ويمكن أيضاً أن تتأثر الرصدات الأوتوماتية بأعطال نظام الاتصالات. وقد تحدث هذه الأعطال في المحطة، عند نقطة الإدخال في قاعدة بيانات أو في نظام الاتصالات السلكية واللاسلكية بينهما. ويتوقف مدى قابلية البيانات المتأثرة للاسترجاع على عوامل مثل الطرق المستخدمة لنقل البيانات وما إذا كانت البيانات قد سجلت في الموقع (وإذا كان الأمر كذلك، فإلى متى). وكثيراً ما تتطلب أعطال الأدوات أو نظم الاتصالات خبرة تقنية متخصصة لمعالجتها، في حين يمكن الاستعاضة عن ميزان الحرارة المكسور، على سبيل المثال، بميزان احتياطي يحتفظ به في الموقع، أو يمكن أن يُرسل إلى المحطة في غضون أيام قليلة. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى انقطاع التيار الكهربائي لفترة طويلة إذا لم تكن تلك الخبرة متاحة محلياً، ولاسيما في المناطق النائية. وتشير التجربة فيما يتعلق بالبيانات الأسترالية منذ إدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) إلى أن النسبة المئوية الإجمالية للبيانات المفقودة متماثلة في المحطات التقليدية والمحطات الأوتوماتية، ولكن متوسط مدة الانقطاعات في المحطات الأوتوماتية أطول. وتشير البيانات الواردة من أستراليا وإسبانيا إلى أن الانقطاعات القصيرة المتقطعة، المتكررة على مدى فترة أطول، هي نمط فشل آخر يمكن أن يحدث في محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs). وهذه الانقطاعات قد تؤثر على عمليات الرصد اليومية، وبالتالي على المجاميع والمتوسطات لفترات أطول.

## 2.1.2 الاختلافات في أنماط الخطأ بين القياسات التقليدية والقياسات الأوتوماتية

إن عمليات الرصد التقليدية عرضة لمجموعة واسعة من الأخطاء البشرية التي يتم القضاء عليها في النظم الأوتوماتية. ومن الأمثلة على ذلك ما يلي:

(أ) أخطاء قراءة الأداة (على سبيل المثال، قراءة الطرف الخطأ من مؤشر ميزان الحرارة أو قراءة القيمة بشكل خاطئ بمقدار 5 درجات أو 10 درجات مئوية)؛

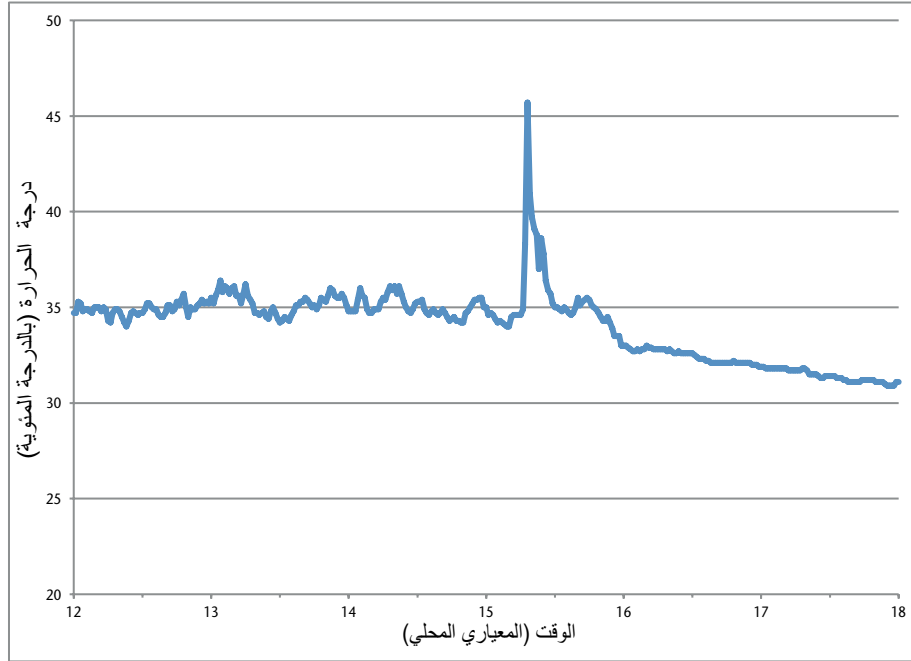
(ب) أخطاء النسخ وإدخال البيانات (على سبيل المثال، الخطأ في كتابة البيانات عند إدخال المعلومات من النماذج الورقية في قاعدة بيانات)؛

(ج) أخطاء الحساب (على سبيل المثال، تحويل مستوى المحطة إلى متوسط ضغط مستوى سطح البحر، حيث يتم ذلك يدوياً أو من خلال جداول البحث، وهو أمر شائع مع البيانات التاريخية).

وبالنسبة لبعض عناصر الأرصاد الجوية، ستعتمد عمليات الرصد التقليدية حتماً أيضاً على تقدير الراصد، الذي قد يختلف باختلاف مهارة الراصد وخبرته واجتهاده. ومن الأمثلة الواضحة على ذلك كمية السحب ونوعها وارتفاعها، حيث يلزم تقدير كبير من جانب الرصد، وحدث تغيير في الراصد هو مصدر شائع لعدم تجانس البيانات (Jovanovic وآخرون، 2010). وتشمل الأمثلة الأخرى تقديرات الرؤية، ورصدات الرياح المستمدة من تقديرات مقياس بوفورت (Beaufort).

وفي حين أن مصادر الخطأ المذكورة أعلاه يتم القضاء عليها إلى حد كبير أو كلياً في حالة محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)، قد تولد تلك المحطات بيانات خاطئة لأسباب أخرى، منها الأعطال الإلكترونية أو الميكانيكية. وينطوي نمط خطأ شائع بشكل خاص فيما يتعلق بمحطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) على حدوث تغييرات سريعة جداً في متغير مرصود ("طفرات") إلى قيمة غير واقعية تماماً في كثير من الأحيان (الشكل 1). وغالباً ما تنشأ هذه من طفرات الطاقة أو التداخل الكهربائي في مرحلة ما من النظام. وفي شبكات محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) المتطورة، تقل هذه المشكلة، بسبب تطبيق الخوارزميات لتصفية البيانات الزائفة (انظر أدناه)، ولكنها تظل مشكلة كبيرة للجيل المبكر أو محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) الأقل تطوراً، مثلما يحدث أحياناً في البلدان النامية، أو في السنوات الأبعد لاستخدام محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) في البلدان الأكثر تقدماً. وقد تحدث أخطاء أيضاً في النظم الداخلية لمحطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)، مثل الخوارزميات المستخدمة

لتحويل الإشارات من الأدوات إلى قيم متغيرات الأحوال الجوية. ويمكن أن تكون هذه الأخطاء صعبة بشكل خاص للكشف عما إذا كانت برمجيات محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) هي "صندوق أسود" مقدم من قبل الشركة المصنعة وغير متاح مباشرة للمرفق الوطني للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHS)، ويمكن أن يكون تصحيحها صعباً.



الشكل 1. مثال على طفرة بيانات: درجات حرارة البصلة الجافة في بولمان، أستراليا، 5 أيار/ مايو 2016

### 2.1.3 اتساق الممارسات بين النظم التقليدية والنظم الأوتوماتية

من المستصوب بوجه عام تحديد المتغيرات المناخية التي تقاس بواسطة المحطات الأوتوماتية بطريقة تطابق، قدر الإمكان، المتغيرات المكافئة التي تقاس بالمحطات التقليدية. وهذا ضروري بشكل خاص للمتغيرات التي يتم تحديدها على مدار يوم. ولذلك فإن الطريقة التي تحسب بها المتغيرات اليومية من تدفقات بيانات محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) (التي غالباً ما تكون بدقة دقيقة واحدة أو أقصر) مهمة.

ويمكن أن يؤدي ارتفاع الدقة الزمنية للمحطات الأوتوماتية، وعملها في جميع أوقات اليوم، إلى إدخال إمكانيات قياس غير موجودة للمحطات التقليدية. وفيما يلي مثالان:

(أ) بالنسبة لمحطة أوتوماتية، من السهل تعريف يوم مناخي بأنه ينتهي عند منتصف الليل، بينما بالنسبة للمحطة التقليدية، غالباً ما يكون من الصعب العثور على راصدين متاحين في منتصف الليل، وغالباً ما يتم اختيار أوقات الرصد الأخرى (على سبيل المثال، الساعة 0900)؛

(ب) يمكن حساب القيمة المتوسطة اليومية في محطة أوتوماتية (مثلاً، متوسط ضغط مستوى سطح البحر) باستمرار في جميع عمليات الرصد، في حين أنه لا يمكن استخدام سوى عدد قليل من عمليات الرصد في المحطات التقليدية (على سبيل المثال، أربع عمليات رصد كل 6 ساعات).

وفي هذه الحالات، وفي حين أن الاستفادة من الإمكانيات الإضافية لمحطة أرصاد جوية أوتوماتية (AWS) قد تبدو "تحسناً"، فإن القيام بذلك يمكن أن يدخل أوجه عدم تجانس محتملة في سجل المناخ. وقد تكون هناك أيضاً تناقضات محتملة على نطاق شبكة رصد إذا كانت محطات مختلفة، على سبيل المثال، تقدم تقارير في أوقات مختلفة. ومن الأفضل مطابقة التعاريف المستخدمة للمتغيرات في محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)، قدر الإمكان، مع التعاريف المستخدمة في المحطات التقليدية.

## 2.1.4 الصيانة، والمعايرة، وفحوصات التحمل

توصي المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بنفثيش جميع المحطات الأرضية السينو بتيكية ومحطات المناخ الرئيسية مرة واحدة على الأقل كل سنتين (CIMO 2014، الجزء الأول، القسم 1.3.5). وإضافة إلى ذلك، تنص المبادئ التوجيهية للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية على ضرورة إجراء الفحوص الموصى بها من جانب المصنعين على الأدوات الأوتوماتية (التي ستختلف من أداة إلى أخرى). ويمكن لأجهزة الاستشعار الأوتوماتية، ولاسيما تلك التي تعتمد على الكهرباء، أن تنجر ف في الميدان، وتشكل عمليات الفحص المنتظمة للتحقق من التحمل<sup>1</sup> جزءاً هاماً من ضمان استقرار الرصدات وتجانسها على المدى الطويل. وهناك أيضاً فوائد لإجراء معايرة أكثر صرامة لأجهزة الاستشعار من وقت لآخر. وإذا لم تنفذ هذه المؤشرات، ينشأ خطر أن يؤدي انجراف الأجهزة إلى اتجاهات زائفة في البيانات، قد يصعب اكتشافها إذا تطورت تدريجياً بمرور الوقت. كما أن عدم وجود فحوصات للتحمل أو معايرة يقلل من إمكانية تتبع البيانات.

وإضافة إلى عمليات التفثيش والصيانة المنتظمة في الميدان، ستحدث في محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) حتماً بعض الانقطاعات غير المتوقعة. ويمكن التخفيف من هذا الخطر من خلال تدابير مثل وجود بعض أجهزة الاستشعار الزائدة عن الحاجة (في حالة فشل جهاز استشعار واحد)، أو وجود قدرة كبيرة على تسجيل البيانات داخل المحطة لإتاحة استرجاع البيانات في حالة حدوث عطل في الاتصالات (وهذا يتطلب إمدادات كافية من الطاقة). ويتم حل العديد من حالات الانقطاع دون الحاجة إلى تدخل مباشر من جانب مقدم شبكة الرصد، ويمكن للعاملين المحليين حل بعضها؛ بيد أن بعضها سيتطلب تدخلاً من قبل الموظفين التقنيين المتخصصين.

والسيناريو الشائع هو أن يتم تركيب شبكة محطات أرصاد جوية أوتوماتية (AWSs)، ولكن مصدر التمويل للتركيب يوفر اعتماداً محدوداً أو لا يوفر أي اعتماد على الإطلاق للصيانة المستمرة (المجدولة أو غير المجدولة). ويمكن أن تشمل التحديات الأخرى نقص الموظفين التقنيين المؤهلين تأهيلاً مناسباً، ووجود مواقع يصعب على الموظفين التقنيين الوصول إليها بسرعة (على سبيل المثال، كونها تبعد مسافة طويلة عن مقر المرفق الوطني للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا، أو مواقع يصعب الوصول إليها، مثل أعالي الجبال أو الجزر البحرية).

ولذلك، فإن بعض محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) في البلدان التي يكون فيها دعم الصيانة محدوداً أو غير موجود معرضة للانقطاع لفترات طويلة أو لمشاكل الصيانة الأخرى (Page وآخرون، 2004). وهذه المشكلة حادة بشكل خاص في بعض البلدان النامية، حيث تكون الأموال (التي يقدمها أحياناً مانحو المعونة أو ما شابه ذلك) محدودة النطاق، وتكون الخبرة التقنية محدودة أيضاً. وفي أسوأ الحالات، أصبحت شبكات محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) غير صالحة للعمل تقريباً في غضون سنوات قليلة من تركيبها.

## 2.1.5 تصفية الطفرات، وأخذ عينات زمنياً، والخوارزميات الأخرى

كما ذكر أعلاه، فإن مشكلة جودة البيانات الشائعة فيما يتعلق بمحطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) هي حدوث طفرات. ويزيد نشر الخوارزميات في معالجة البيانات لتصفية هذه الطفرات من تدفقات البيانات. ومع ذلك، تظل هناك حاجة إلى استخدام أساليب مراقبة جودة البيانات في التحليلات المناخية من أجل الكشف عن القيم الخاطئة ووضع علامات عليها، ولاسيما بالنسبة للبيانات التاريخية. وذلك لأنه لا يمكن افتراض أن معايير الجودة التي تنطبق على تقديم البيانات تنطبق بالضرورة أيضاً على البيانات المستمدة من السنوات الأولى لاستخدام محطة أرصاد جوية أوتوماتية (AWSs). وطفرات البيانات مسألة خاصة لتحليلات الظواهر المناخية المتطرفة لأن هذه الظواهر، بطبيعتها، غالباً ما تقع خارج النطاق الطبيعي لعمليات الرصد، ومن ثم ستبدو هذه الظواهر وكأنها متطرفة زائفة ما لم تتم تصفيتها.

<sup>1</sup> غالباً ما يشار إلى عمليات التحقق من التحمل في الميدان باسم "المعايرة"، ولكن بالمعنى الدقيق للكلمة، يقتصر مصطلح "المعايرة" على المقارنة مع معيار مرجعي رسمي.

وتستخدم محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) مجموعة واسعة من البرمجيات والأجهزة لتحويل الإشارات من الأدوات (على سبيل المثال، المقاومة الكهربائية لمسبار درجة الحرارة أو الإشارات الكهربائية المتولدة في كل مرة يدور فيها مقياس الرياح) إلى قيم متغيرات الأرصاد الجوية. وهذه عملية سوف تتضمن أيضاً تحديد الأطر الزمنية التي يجري فيها أخذ عينة للمتغيرات. وفي بعض الحالات، قد تؤدي التغيرات في البرمجيات إلى انعدام التجانس في متغير مناخي واحد أو أكثر. ولذلك من المهم إدراج التغييرات في نسخة البرمجيات والتغييرات في أي جهاز داخلي (بما في ذلك وحدات الواجهة الإلكترونية) في البيانات الشرحية للمحطة. وهناك تحد إضافي هو أن برمجيات محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) غالباً ما تكون خاضعة للملكية، وقد لا يكون تأثير تغييرات النسخة التي تنفذها الشركات المصنعة شفافة بالنسبة لمشغل الشبكة أو لمستخدمي البيانات.

## 2.2 عناصر الأرصاد الجوية المحددة

### 2.2.1 درجة الحرارة

درجة الحرارة هي المتغير الذي خضع لأكبر مستوى من تمحيص التجانس. ومن الناحية التاريخية، أدت التغيرات الكبيرة في تكنولوجيا الرصد، ولاسيما التغيرات في الدروع أو المآوي المستخدمة لحماية الأدوات من الإشعاع الشمسي المباشر أو غير المباشر، إلى عدم تجانس كبير في قياسات درجات الحرارة في بعض الأحيان. وكمثال على ذلك، أدى إدخال المآوي القياسية للأدوات (سواتر ستيفنسون أو ما شابه ذلك) في العديد من البلدان في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين إلى تحولات واسعة النطاق في حدود 0.2 درجة مئوية في متوسط درجات الحرارة السنوية (Parker, 1994) وتغيرات أكبر بكثير في بعض فرادى المحطات (على سبيل المثال، Brunet وآخرون، 2011؛ Ashcroft وآخرون، 2012).

وتشمل المسائل المحددة ذات الصلة بالقياسات الأوتوماتية لدرجة الحرارة ما يلي:

- (أ) التغيرات في الأدوات (من موازين الحرارة ذات السائل في زجاج إلى المسابير الإلكترونية)؛
- (ب) التغيرات في مآوي الأدوات؛
- (ج) التغيرات في خوارزميات معالجة البيانات (على سبيل المثال، التواتر الزمني لعمليات الرصد وتحديد المتوسط اليومي)؛
- (د) التغيرات في أوقات الرصد أو غير ذلك من ممارسات الرصد؛
- (هـ) التغيرات في المواقع المرتبطة بإدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs).

وفي بعض الأحيان يُعتبر التغير الفعلي في الأدوات هو التغير الرئيسي الذي يحدث مع إدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs). ومع ذلك، في شبكات الرصد المدارة بشكل جيد، تجري معايرة نظام القياس نفسه بشكل جيد (بمعنى أن القراءات العشوائية تكون متنسقة مع معيار مختبري) وفقاً لإجراءات الأرصاد الجوية القياسية (Bertiglia وآخرون، 2015)، وتنشأ أوجه عدم التجانس في درجة الحرارة المرتبطة بإدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) بشكل رئيسي من مصادر أخرى، كما هو موضح أدناه.

#### (أ) التغيرات في الأدوات

ينطوي إدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) دائماً تقريباً على تغيير الأداة، عادة من ميزان حرارة به سائل في زجاج (الزئبق أو الكحول) يُقرأ يدوياً إلى ميزان حرارة مقاوم للبلاتين أو ما شابه ذلك.

وأفضل ممارسة هي أن تجري معايرة واختبار الأدوات (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2014). وفي البلدان التي يحدث فيها ذلك، من غير المعتاد أن يكون هناك أي فرق كبير بين الرصدات الفورية من أداة



يدوية ومن أداة أوتوماتية في ظل ظروف مختبرية محكمة ومستقرة. ومع ذلك، حتى لو كانت الأدوات تنتج قراءات فورية متطابقة، قد تختلف مدد استجابتها (طول المدة التي تستغرقها للاستجابة لتغير فوري في درجة حرارة الهواء). وعادة، ستكون للرصداً غير المصفاة من مسبار أوتوماتي مدة استجابة أسرع مقارنة بميزان الحرارة ذي السائل في زجاج.

وفي بعض الحالات، قد تنجرف المسابير الأوتوماتية، بعد أن توجد في الميدان، عن معيار، أو قد تفعل ذلك أثناء النقل. ومن شأن هذه الانجرافات أن تدخل أوجه عدم تجانس في سجل مناخي. وتتطلب الوقاية منها إجراء عمليات تفتيش منتظمة للمواقع (كل 6 أشهر على الأقل بالنسبة لمحطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)؛ المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2011) واختبارات للتحقق من التحمل وعمليات معايرة للأدوات مقابل معيار. وتفتقر بعض البلدان إلى الموارد اللازمة لإجراء عمليات تفتيش متكررة، مما يجعل من انجراف الأدوات عن مسارها خطراً متزايداً.

#### (ب) التغييرات في مآوي الأدوات

احتفظت بعض البلدان (مثل أستراليا وكندا) بنفس شكل الساتر وأبعاده عندما أدخلت محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)، واحتفظت بلدان أخرى (مثل المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية) بنفس شكل الساتر وأبعاده ولكنها استخدمت مواد بلاستيكية بدلاً من الخشب. وفي الحالة البريطانية، وجد Perry وآخرون (2007) أن الاختلافات في درجات الحرارة بين السواتر البلاستيكية والخشبية كانت، في المتوسط، أقل من 0.1 درجة مئوية (وأن الاختلافات بين البلاستيك والخشب كانت في كثير من الأحيان أقل من الاختلافات بين السواتر الخشبية المشتركة الموقع). والاحتفاظ بنفس تصميم الساتر هو الخيار المفضل حيثما أمكن، لأن القيام بذلك يزيل مصدراً محتملاً لأوجه عدم التجانس.

ومع ذلك، فقد أدخلت بلدان كثيرة تصاميم جديدة للسواتر - بحيث غيرتها على الأغلب إلى سواتر بلاستيكية صغيرة أرخص ثمنًا وصيانتها أسهل. وبعض هذه التصاميم الجديدة للسواتر تسفر عن نتائج مماثلة (عادة في حدود 0.1 درجة مئوية) لتلك التي يُحصل عليها من سواتر ستيفنسون الخشبية التقليدية (Brandsma and Van der Meulen, 2008). ولكن في حالات أخرى، مثل الانتقال من مآوي منطقة القطن (CRSs) إلى سواتر أخرى مختلفة في الولايات المتحدة الأمريكية، تكون الآثار على متغيرات درجة حرارة معينة في حدود عدة أعشار درجة واحدة. وقد تبين في بعض الحالات أن بعض التصاميم الجديدة للسواتر قد تتحلل بدرجة كبيرة مع تقدمها في العمر، وقد تكون لذلك تأثيرات على متوسط درجة الحرارة العظمى تصل إلى 0.5 درجة مئوية على مدى خمس سنوات (Lopardo وآخرون، 2014). ومن الصعب أن يُكتشف هذا التدهور، حيثما يحدث، إحصائياً أو من خلال التفتيش الميداني.

وفي بعض الحالات (على سبيل المثال، الشبكة المرجعية للمناخ في الولايات المتحدة؛ و Diamond وآخرون، 2013)، أدخلت أيضاً مآوي مهواة، ولكن أجهزة الاستشعار المهواة بشكل طبيعي لا تزال تستخدم في معظم الشبكات العاملة.

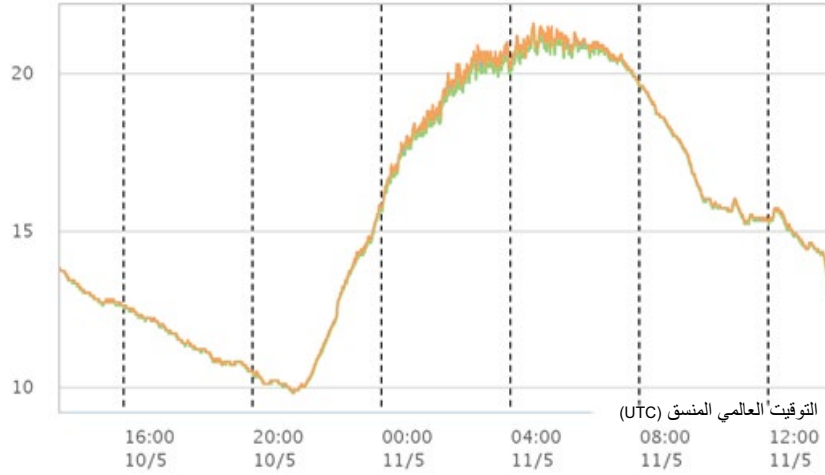
وتناقش في القسم 3.2 تفاصيل أخرى عن المقارنات ذات الصلة.

#### (ج) التغييرات في خوارزميات معالجة البيانات

كما لوحظ في (أ) أعلاه، فإن المسابير الأوتوماتية المستخدمة في محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) عادة ما تكون لها خصائص استجابة زمنية مختلفة عن تلك الخاصة بموازين الحرارة ذات السائل في زجاج. والأكثر شيوعاً هو أن تكون للمسابير مدد استجابة أسرع، مما يعني أنها أقدر على أخذ عينات من التقلبات القصيرة الأجل في درجة الحرارة، مما يؤدي إلى درجات حرارة عظمى أعلى ودرجات حرارة صغرى أقل، مقارنة بموازين الحرارة ذات السائل في زجاج. وهذا يسفر عن تحيز إيجابي في نطاق درجة الحرارة اليومية.

ويمكن أن تلغى زيادة درجات الحرارة العظمى وانخفاض درجات الحرارة الصغرى إلى حد ما في متوسط درجات الحرارة، في البلدان التي تستخدم فيها درجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى اليومية

كأساس لحساب متوسط درجات الحرارة. ومع ذلك، هناك بعض المواقع (الشكل 2)، لاسيما في المناطق القاحلة، تكون فيها تقلبات درجات الحرارة على النطاقات الزمنية القصيرة جداً (أقل من دقيقة واحدة) أقوى خلال النهار منها في الليل (بسبب الهيكل المختلف للطبقة الحدودية، التي غالباً ما تكون مستقرة أثناء الليل ومختلطة جيداً خلال النهار). ومن ثم، فإن أخذ العينات بسرعة أكبر سيؤدي في مثل هذه الحالات إلى حدوث تحول إيجابي في درجات الحرارة العظمى أكبر من التحول السلبي في درجات الحرارة الصغرى، مما يؤدي إلى تحول في متوسط درجات الحرارة.



الشكل 2. درجات الحرارة (المنوية) في بيردسفيل، أستراليا، من الساعة 1400 حسب التوقيت العالمي المنسق (UTC) في 10 أيار/ مايو 2016 إلى الساعة 1400 بالتوقيت العالمي المنسق (UTC) في 11 أيار/ مايو 2016 (من الساعة 0000 إلى الساعة 2400 في 11 أيار/ مايو 2016 بالتوقيت المحلي)، مما يدل على تقلبات يمكن تمييزها من دقيقة إلى دقيقة من حوالي الساعة 0000 إلى الساعة 0700 بالتوقيت العالمي المنسق (الساعة 1000 والساعة 1700 بالتوقيت المحلي) يوم 11 أيار/ مايو 2006 بين أعلى درجة حرارة (الخط البرتقالي) وأدنى درجة حرارة (الأخضر) في كل دقيقة

المصدر: المكتب الأسترالي للأرصاد الجوية

ومن الممكن استخدام المرشحات في خوارزميات معالجة البيانات لجعل المخرجات من المسابير الأوتوماتية متناسبة مع مدد الاستجابة التي تتميز بها الأدوات ذات السائل في زجاج. ومع ذلك، لا يمكن افتراض أن هذه العمليات تسفر عن تطابق دقيق، وقد لا تكون موجودة في جميع الظروف. كما أنها من غير المرجح أن تفسر التغيرات في الخصائص الحرارية لسائر في الحالات التي يكون فيها للمحطات الأوتوماتية تصميم مختلف للسائر عن تصميم المحطات التقليدية.

(د) التغيرات في أوقات الرصد أو غيرها من ممارسات الرصد

تشكل التغيرات في وقت الرصد مصدراً راسخاً للانحرافات في سجلات درجات الحرارة (Menne وآخرون، 2009؛ Vincent وآخرون، 2009).<sup>2</sup> وفي حين أن أتمتة الشبكات لا تؤدي بالضرورة إلى تغييرات في أوقات الرصد، فإنها قد تسهل هذه التغييرات. فعلى سبيل المثال، كَوْن الراصد البشري لم يعد مطلوباً يجعل من العملي أكثر بكثير قياس درجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى ليوم تقويمي، من منتصف

<sup>2</sup> في حين أن الحالة التي ناقشها Menne وآخرون (2009) تتعلق جزئياً فقط بإدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)، فإنها توضح أن تغييراً في وقت الرصد على نطاق جزء كبير من الشبكة قد يؤدي إلى قيم متحيزة بدرجة كبيرة - وفي هذه الحالة، أدى تحول منهجي من عمليات الرصد بعد الظهر إلى عمليات رصد صباحية في محطات كثيرة إلى تحيز سلبي في متوسط درجات الحرارة.

الليل إلى منتصف الليل. وكما لوحظ سابقاً، مع أنه من الأفضل تجنّب التغيرات في وقت رصد المتغيرات اليومية عند الانتقال من المحطات التقليدية إلى المحطات الأوتوماتية، فقد حدثت تغييرات كثيرة من هذا القبيل تاريخياً.

ويمكن أن يؤدي إدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) إلى تغييرات في دقة البيانات. فمن ناحية، يميل الراصدون البشريون، حتى لو صدرت لهم تعليمات بالقراءة إلى أقرب درجة 0.1 مئوية، إلى استخدام أرقام مدورة إلى أرقام صحيحة، مما يؤدي إلى انتهاء القيم بـ 0.0، وبدرجة أقل، إلى التمثيل المفرط لـ 0.5 (Trewin, 2002). وينبغي أن تكون المحطات الأوتوماتية خالية من هذه الاتجاهات، ولكنها أبلغت في بعض الحالات عن قيم مدورة إلى درجات كاملة (على سبيل المثال، بسبب القيود في شفرات نقل البيانات، ولاسيما في الجيل المبكر من محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)) في البلدان التي يكون فيها المعيار العادي للدقة هو 0.1 درجة مئوية. وفي حالة اشتراط ألا يكون لأي اتجاه للتقريب إلى أرقام صحيحة تحيز تصاعدي أو نزولي، ينبغي أن يكون للتقريب إلى أرقام صحيحة أثر ضئيل على القيم المتوسطة ولكن قد يكون له أثر ملحوظ على تواتر تجاوز العتبات (على سبيل المثال، الأيام التي تكون فيها درجة الحرارة 30 درجة مئوية أو أكثر) (Zhang وآخرون، 2009؛ وTrewin، 2012)، وقد يؤثر أيضاً على تقليب الطقس المرصود.

#### (هـ) التغيرات في المواقع المرتبطة بإدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية

في كثير من الحالات، يكون إدخال عمليات الرصد الأوتوماتية مصحوباً بتغيير في الموقع. وهناك عدة أسباب لذلك، ولكن السيناريو الشائع هو نقل موقع يدوي طويل الأمد موجود في منطقة حضرية (لأسباب تاريخية، أو بسبب توافر راصدين) إلى موقع جديد في منطقة أقل تراكماً (غالباً ما يكون مطاراً أو موقعا مماثلاً). ومن شأن الموقع الجديد أن يفي على نحو أفضل بمتطلبات الرصد القياسية كما هي محددة في CIMO 2014، وقد يكون مناسباً لرصد متغيرات مثل الرياح التي لا يمكن رصدها بشكل مرض في معظم البيئات الحضرية. وثمة سيناريو شائع آخر هو نقل موقع إلى مكان، مثل مركز مطار، يتعدى على الراصدين البشريين الوصول إليه بسهولة، ولكنه أكثر تمثيلاً لمجموعات المستعملين الرئيسيين للمعلومات التي يتم الحصول عليها.

وفي حين أن كل تغيير في الموقع فريد من نوعه في تأثيره الدقيق على درجة الحرارة وغيرها من المتغيرات، من الثابت أن المناطق الحضرية عادة ما تكون أكثر دفئاً (خاصة في الليل) من المناطق غير الحضرية. وبالتالي، في غياب تأثيرات أخرى (مثل التضاريس المحلية أو التعرض لخط ساحلي قريب)، فإن نقل الموقع من مدينة إلى موقع خارج المدينة، وهو أمر يرتبط في الأغلب بتركيب محطة أرصاد جوية أوتوماتية (AWS)، سيؤدي في كثير من الأحيان إلى انخفاض مصطنع في درجات الحرارة الصغرى. واعتماداً على الطبيعة الدقيقة للمواقع القديمة والجديدة، فإن الانحرافات البالغة درجة مئوية واحدة أو أكثر في درجات الحرارة الصغرى الناجمة عن الانتقال من المدينة ليست غير عادية. وقد تكون هناك أيضاً آثار أقل اتساقاً على متوسط درجات الحرارة العظمى ومتوسط درجات الحرارة اليومية.

#### 2.2.2 هطول الأمطار

إن التحول الأكثر شيوعاً الذي يحدث في قياسات هطول الأمطار أثناء الانتقال من المحطات التقليدية إلى محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) هو حدوث تغير من القراءة اليدوية، أو مقياس التراكم (حيث تتراكم الأمطار في حاوية تُقرأ ثم تفرغ في وقت محدد) إلى المقاييس الأوتوماتية. والنوع الأكثر شيوعاً من أنواع المقاييس الأوتوماتية للمطر هو مقياس للمطر ذو دلو قلب (حيث يدخل الماء المقياس من خلال مدخل ويتراكم في دلو صغير، ينقلب عندما يصبح ممتلئاً، مما يولد إشارة للإرسال)، في حين أن نوعاً شائعاً آخر من المقياس الأوتوماتي هو مقياس الأمطار الوزني. كما توجد مقاييس تقيس مستوى المياه في حاوية، وكذلك مقاييس غير ملتقطة تستخدم أدوات مثل قياس الأثر ورادار الموجات الصغرى وأشعة الليزر. وتستخدم المقاييس غير الملتقطة في الأغلب لقياسات الطقس الحالي أكثر مما تُستخدم في السجلات طويلة الأجل لتراكم الأمطار (Vuerich وآخرون، 2009).

وكما هو الحال فيما يتعلق بدرجة الحرارة، يمكن أن يشمل أثر الانتقال إلى القياسات الأوتوماتية تأثيرات التغيير في الأداة والتغيرات في التعرض أو بيئة الموقع المحلي للأداة. وكما هو الحال فيما يتعلق بأي تغيير في نوع الأداة، قد تكون هناك اختلافات منهجية بين الأدوات التقليدية والأدوات الأوتوماتية، ستعتمد طبيعتها على الأدوات المحددة المعنية.

ويحدث الأثر الرئيسي لتحديد الموقع في الأماكن التي تكون فيها الرياح قوية بما يكفي للتسبب في التقاط الأمطار بدرجة غير كافية، لأن الرياح مصدر راسخ لهذا (Sieck وآخرون، 2007). وفي هذه الحالات، يمكن أن يؤثر حدوث تغيير كبير في بيئة الرياح المحلية (وهو ما يمكن أن يحدث نتيجة حتى لتغيير متواضع في الموقع) تأثيراً كبيراً على مدى حدوث التقاط غير كافٍ، وبالتالي يسبب انعدام التجانس في هطول الأمطار المقيس. وتتجلى هذه المسألة بشكل خاص في المواقع المعرضة للخطر الشديد، مثل قمم الجبال أو خطوط الساحل (على سبيل المثال، في المنارات). كما أنها واضحة بشكل خاص في المواقع التي تسقط فيها نسبة كبيرة من الأمطار في شكل متجمد. وتحديد الموقع أقل أهمية عموماً في أحوال الرياح الخفيفة.

### 2.2.2.1 أثر الانقطاعات على بيانات الهطول

في حين يسعى مشغلو شبكات الأرصاد الجوية إلى تقليل فقدان البيانات إلى أدنى حد ممكن، فإن مستوى ما من الانقطاع أمر لا مفر منه في أي شبكة رصد. والانقطاعات هي مسألة خاصة بالنسبة للعناصر المضافة، التي يُعتبر الهطول أبرزها. ويرجع ذلك إلى أن فقدان أي جزء من يوم واحد من عمليات الرصد يؤدي إلى فقدان المجموع الشهري (السنوي) للشهر (السنة)، ما لم يتم تقدير بيانات الفترة المفقودة، على سبيل المثال، باستخدام المحطات المحيطة. (وعلى النقيض من ذلك، فإن فقدان يوم واحد من عمليات رصد درجات الحرارة لمدة شهر لا يدخل عادة سوى عدم يقين هامشي في متوسط القيمة الشهري). وهذه المشكلة تبلغ أقصى درجات حدتها بالنسبة لمقاييس المطر ذات الدلو القلاب حيث تكون عملية عد مستمر مطلوبة، ويقل احتمال تأثيرها على المقاييس الوزنية تبعاً لهيئة إدخال البيانات.

وقد تؤدي فترة فقدان بيانات الهطول من محطة أوتوماتية إلى اعتبار القيمة اليومية المتأثرة مفقودة، أو قد تُسجل كقيمة (ربما زائفة) قدرها صفر تبعاً لهيكل الإدخال في قاعدة البيانات. وفي الحالة الأخيرة، سيؤدي ذلك إلى تحيز سلبي في الهطول المسجل، الذي تتوقف مدته على تواتر الانقطاعات والظروف التي تحدث فيها. (يمكن أن نتصور أن الانقطاعات قد تحدث على الأرجح أثناء العواصف، التي من المرجح أيضاً أن تكون أوقات هطول الأمطار بغزارة، وإن كان من غير المعروف أن هذه المقولة قد جرى اختبارها موضوعياً).

وفيما يتعلق بالرصدات التقليدية، إذا فقدت رصدات يوم واحد، يظل من الممكن الحصول على مجموع لعدة أيام (عادة)، مما قد يؤدي إلى فقدان الرصدات اليومية ولكن ليس عادة رصدات الشهر والسنة. ومع ذلك، قد تتأثر الرصدات التقليدية أحياناً بطفح المقاييس في أحوال البلب الشديد، مما يؤدي إلى تقدير هطول الأمطار الشديد للغاية تقديراً بخساً أو فقداً تماماً - وهو نمط للفشل أقل احتمالاً بكثير فيما يتعلق بالأدوات الأوتوماتية.

### 2.2.2.2 تسجيل كميات الأمطار القليلة

توجد تحيزات محتملة في تسجيل الكميات القليلة من الأمطار باستخدام أدوات تقليدية وأدوات أوتوماتية. وهذا يخلق إمكانية التحيز في وتيرة هذه الكميات الصغيرة عند الانتقال من المحطات التقليدية إلى المحطات الأوتوماتية.

وتشير التجربة فيما يتعلق بالمواقع اليدوية إلى أنه من الشائع نسبياً عدم الإبلاغ عن الكميات الصغيرة (الأقل من 2 ملم، ولاسيما الأقل من 1 ملم)، وخاصة في المواقع التي لا يوجد فيها راصدون محترفون. ووجدت دراسة للبيانات اليدوية الأسترالية لهطول الأمطار أن أكثر من 50 في المائة من جميع كميات الأمطار اليومية التي تقل عن 1 ملم على نطاق الشبكة لم يُبلغ عنها (Trewin, 2001). وفي حين أن أثر ذلك على

المجاميع الشهرية والسنوية ضئيل (لأن الكمية الصغيرة ستظل عادة في المقياس وتضاف إلى الأمطار التالية الأكثر أهمية)، فإن هذا الإبلاغ المنقوص عن الكميات الصغيرة سيؤثر على عدد أيام الأمطار المرصودة، والمؤشرات على أساس هذه الأيام<sup>3</sup>

وعلى العكس من ذلك، لا يمكن لمقاييس المطر الأوتوماتية التمييز بشكل موثوق بين المطر والندى أو الصقيع، مما قد يؤدي إلى عدد مبالغ فيه من أيام هطول كميات صغيرة من الأمطار ما لم يكن هناك تدخل يدوي لإزالتها. كما أن مقاييس المطر ذات الدلو القلاب عرضة لقراءات زائفة من عمليات الانقلاب المسجلة وذلك نتيجة لاضطراب في المقياس أو دخول أجسام غريبة المقياس<sup>4</sup> أو ما شابه ذلك.

ومن المعروف أن المقاييس اليدوية تعاني من التسجيل المنقوص بسبب فواقد الليل فيما يتعلق بالكميات الصغيرة من الأمطار (وهذا يمكن أن يحدث أيضاً لبعض النظم الأوتوماتية). وهذه المسألة تبلغ أهميتها أقصى درجاتها فيما يتعلق بالمواقع التي تتلقى عدداً كبيراً من عمليات هطول الأمطار الخفيفة جداً، وخصوصاً عندما تكون هذه الأمطار في شكل متجمد. وفي كندا، قدر أن مجموع خسارة الليل في بعض المواقع يمكن أن تتراوح بين 15 و 20 في المائة (Goodison وآخرون، 1998). ونمط الهطول هذا معتاد في حالة المناخات الباردة جداً، حيث يمكن أن تسهم كميات نزررة أيضاً إسهاماً كبيراً في إجمالي الهطول.

### 2.2.2.3 هطول الأمطار المتجمدة

كان قياس هطول الأمطار المتجمدة يمثل تحدياً خاصاً منذ فترة طويلة. فالانقطاعات المنقوص للثلوج يمثل مشكلة، حتى في الرياح الخفيفة، وكذلك التمييز بين الثلوج المتساقطة والثلوج الهابة التي رفعت من الأرض. ومن الشائع أن تسفر الطرق المختلفة لقياس هطول الأمطار المتجمدة عن نتائج تختلف بمعامل 2 أو أكثر، مع وجود اختلافات أكبر عند سرعات الرياح العالية (Goodison وآخرون، 1998؛ و Wolff وآخرون، 2014).

وقد أجرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية دراسة مقارنة رئيسية بين عامي 1986 و 1993، استندت إلى حد كبير إلى عمليات الرصد التقليدية (Goodison وآخرون، 1998). وقامت دراسة مقارنة ثانية، هي تجربة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية لمقارنة الترسيب الصلب، بعمليات رصد خلال الفترة ما بين عامي 2012 و 2015.

وكثرة من المسائل المتعلقة بقياس هطول الأمطار المتجمدة شائعة في الأدوات التقليدية والأدوات الأوتوماتية. وعلى وجه الخصوص، فإن تأثير الرياح على قياسات هطول الأمطار المتجمدة (سواء في التسبب في انخفاض كمية الثلوج المتساقطة أو في التسبب في هبوب الثلوج) سيكون دالة على موضع (الارتفاع والتعرض) وحجم مدخل المقياس، ومدى حمايته من الرياح. أما كيفية قياس هطول الأمطار المتجمدة بعد دخولها إلى المقياس فلا ينبغي أن يكون لها تأثير.

وعادة ما يتم تصميم مقاييس المطر ذات الدلاء القلابة لقياس السوائل. والهيئة الشائعة للأداة هي أن تقوم بتسخين مدخل المقياس لإذابة أي أمطار متجمدة منه، مما يتيح للمقياس قياس مكافئات السائل (بفارق زمني صغير). وهذا يمكن أن يكون وسيلة فعالة لقياس الأمطار المتجمدة، على الرغم من أنه يعتمد على الأداء السليم لنظام التسخين. ومن ثم سوف تنهار إذا فشل نظام التسخين هذه، وحتى عندما يعمل بشكل جيد، قد تكون فيه تحيزات منتظمة (على سبيل المثال، من خلال التبخر عند مدخل المقياس). وفي الحالات التي لا يتوافر فيها نظام التسخين هذا (على الأرجح في الأماكن التي يكون فيها هطول الأمطار المتجمدة نادراً نسبياً)، قد تتراكم الثلوج في المقياس ولا تقاس إلى أن تذوب. وقد يؤدي ذلك إلى قياس الأمطار في وقت ما بعد سقوطها بمدة طويلة، حتى لو كانت الكمية الإجمالية صحيحة تقريباً ولم تتأثر، مثلاً، بامتلاء مدخل

<sup>3</sup> تفسر هذه الظاهرة جزئياً السبب في أن فريق الخبراء المعني بالكشف عن تغير المناخ ومؤشراته يستخدم عتبة يوم مطر تبلغ 1 ملم في مؤشراته لهطول الأمطار.

<sup>4</sup> في عام 2009، رُصدت حالة قراءة زائفة لكمية أمطار قدرها 0.2 ملم في موقع في شمال أستراليا، في يوم كانت لا توجد فيه سحابة على بعد عدة مئات من الكيلومترات. وكان سبب ذلك هو الحطام المتطاير من جزارة عشب مارة الذي دخل مدخل المقياس.

<sup>5</sup> تبيّن الخبرة التشغيلية أن نظم تسخين المقياس غالباً ما تعاني من مشاكل الموثوقية وتحتاج إلى قدر كبير من الطاقة.

المقياس تماماً بالثلوج. ويمكن أن تكون فواقد التبخر الناجمة عن المقاييس الساخنة كبيرة، وقد أوصى Goodison وآخرون (1998) بعدم استخدام المقاييس الساخنة لقياس هطول الأمطار المتجمدة في المواقع التي تقل فيها درجات الحرارة عن 0 درجة مئوية لفترات مطولة.

والمقاييس الوزنية، التي تستطيع بسهولة قياس الأمطار السائلة أو المتجمدة، لا تعتمد عموماً على التسخين. وقد أشارت دراسات المقارنة إلى أن تلك المقاييس أكثر ملاءمة للمناخات التي تتلقى كميات كبيرة من الأمطار المتجمدة، وإن كان من الممكن أيضاً أن تتعرض لمشاكل فيما يتعلق بجودة البيانات (Goodison وآخرون، 1998).

وأفادت دراسة استقصائية لـ CIMO (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2010) عن النتائج الواردة من تسعة بلدان. ووجدت أنه في ذلك الوقت، استخدم 74% من المواقع الأوتوماتية العاملة مقاييس مطر مسخنة ذات دلاء قلابية لقياس الأمطار المتجمدة، واستخدم 23% مقاييس وزنية.

### 2.2.3 رطوبة الغلاف الجوي (الرطوبة، ونقطة الندى، وضغط البخار)

تنطوي عادةً عمليات الرصد التقليدية لرطوبة الغلاف الجوي على استخدام موازين للحرارة جافة أو مبتلة البصلة. وتستخدم القراءات من هذه الموازين لاشتقاق ضغط البخار الحالي وضغط بخار التشبع باستخدام طريقة مقياس الرطوبة؛ ويمكن بعد ذلك استخدام هذه لحساب درجة حرارة نقطة الندى والرطوبة النسبية.

وتستخدم المحطات الأوتوماتية عادةً أحد نوعين من التكنولوجيا: مسبار مبتل البصلة، يتم تشغيله في بيئة مماثلة لميزان الحرارة المبتل البصلة التقليدي، أو مسبار رطوبة نسبية، يقيس التغير في سعة غشاء رقيق، وهي كمية تعتمد على الرطوبة النسبية.

ويمكن أن تكون لكلا النوعين من الأدوات اختلافات منتظمة محتملة عن القياسات المستمدة من الأدوات التقليدية (Lucas, 2010). وفي حالة الطرق التي تنطوي على درجة حرارة البصلة المبتلة، فإن المعادلة المستخدمة لاشتقاق ضغط البخار من درجات حرارة البصلة الجافة والبصلة المبتلة تنطوي على كمية A، وهي ثابت مقياس الرطوبة. أما القيمة "الحقيقية" لـ A فهي دالة عوامل مثل تهوية الأدوات، وشكل الأداة المبتلة البصلة، وطول الفتيل ونظافته. ومن الناحية العملية، ستكون قيمة A المستخدمة تشغيلياً ثابتة عادةً على نطاق شبكة وطنية، ومن ثم فإن حدوث تغيير في نوع الأداة يؤثر على القيمة "الحقيقية" الأساسية لـ A دون حدوث تغيير في القيمة المستخدمة تشغيلياً سيؤدي إلى انعدام التجانس في ضغط البخار والعناصر المرتبطة به.

وغالباً ما تنتشر مسابير الرطوبة في مواقع لا يوجد فيها راصد منتظم، أو حيث تنخفض درجات الحرارة إلى ما دون درجة التجمد على نحو منتظم. وهي تصمّم لتعمل بأقصى الفعالية ضمن نطاق رطوبة نسبي محدد، وقد تكون أقل موثوقية خارج هذا النطاق. وهذا يمكن أن يؤدي إلى تحيزات محتملة في الرطوبة العالية أو المنخفضة للغاية. ويمكن أن تكون للتغيرات المرصودة في حدوث رطوبة منخفضة للغاية آثار على تطبيقات مثل طقس الحريق، الذي تشكل الرطوبة الجوية المنخفضة للغاية بالنسبة له عامل خطر كبير. وعمليات رصد الرطوبة العالية للغاية مهمة لتحديد الضباب والشابورة، وهو أمر مهم بشكل خاص للطيران والنقل البحري.

وتتطلب المسابير المبتلة البصلة رفع خزان المياه المرتبط بها بشكل دوري (بنفس طريقة موازين الحرارة المبتلة البصلة). وإذا جف هذا الخزان، فإن المسبار المبتل البصلة سوف يبدأ في التصرف كمسبار جاف البصلة، مما يؤدي إلى ارتفاع زائف في درجات الحرارة وقراءات الرطوبة تقرب من 100%. وقد يحدث هذا النمط من الفشل فيما يتعلق بأي من الأدوات التقليدية أو الأدوات الأتوماتية المبتلة البصلة لقياس درجات الحرارة. غير أنه من المتوقع، في المواقع التي يجري فيها فحص الأدوات بانتظام (كما سيحدث إذا كان الراصد يقوم بعملية رصد)، على الأرجح ملاحظة وجود خزان نضب قبل أن يجف بدرجة تكفي للتأثير على عمليات الرصد.

والعلاقة بين ضغط بخار التشبع ودرجة الحرارة (وبالتالي بين ضغط البخار المرصود ودرجة حرارة نقطة الندى) غير خطية إلى حد كبير. فعند درجات حرارة نقطة الندى الأقل من 0 درجة مئوية، يمكن أن يكون لتغيير مطلق صغير نسبياً في ضغط البخار (أو في درجة حرارة البصلة المبتلة) أثر كبير على درجة حرارة نقطة الندى. فعلى سبيل المثال، سيؤدي خفض ضغط البخار بمقدار درجة هكتوباسكال واحدة إلى خفض درجة حرارة نقطة الندى بمقدار 0.7 درجة مئوية عند درجة حرارة نقطة الندى البالغة 20 درجة مئوية، وبمقدار 2.4 درجة مئوية عند درجة حرارة نقطة الندى البالغة 0 درجة مئوية، و5.3 درجات مئوية عند درجة حرارة نقطة الندى البالغة -10 درجة مئوية. وتأثير ذلك هو أن أي تحيزات بين الأنواع المختلفة من الأدوات ستكون أكبر أثارها على عمليات الرصد التي تجري في أحوال الرطوبة المنخفضة للغاية. ومن الأمثلة على ذلك أثرها في أدبيليد، أستراليا، حيث كان متوسط عدد الأيام في السنة التي كانت نقطة الندى في الساعة 0900 بالتوقيت المحلي تبلغ -5 درجات مئوية أو أقل هو 0.2 في السنة من عام 1978 إلى عام 1995، عندما كان يُستخدم ميزان حرارة تقليدي مبتل البصلة، ولكنه كان 1.5 في السنة من عام 1997 إلى عام 2015، عندما كان يُستخدم مسبار أوتوماتي مبتل البصلة. وفي الوقت نفسه، بلغ متوسط التواتر في موقع بارافيلد القريب، حيث كان يجري استخدام مسبار للرطوبة اعتباراً من عام 1990 فصاعداً، 0.5 في السنة<sup>6</sup>.

## 2.2.4 العناصر الأخرى

إن بعض العناصر التي جرت العادة على رصدها في العديد من المحطات التقليدية: إما لا يمكن قياسها على الإطلاق بأدوات أوتوماتية؛ وهي العناصر التي ما زالت عمليات الرصد الأوتوماتية في مهدها حالياً؛ أو التي يمكن قياسها بطريقة أو بأخرى باستخدام أدوات أوتوماتية ولكن ليس بطريقة تتوافق مع عمليات الرصد التقليدية (حتى مع التعديلات الخاصة بالتجانس)؛ أو التي لا يزال استخدام الأدوات الأوتوماتية تجريبياً إلى حد كبير بالنسبة لها. وتشمل هذه: كمية السحب، وارتفاعها ونوعها؛ والتبخر في الحوض؛ والطقس الحالي؛ والرؤية؛ وعمق الثلوج.

ويؤدي التحويل من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية عادة إلى وقف عمليات رصد هذه العناصر. وفي البلدان التي كانت فيها نسبة كبيرة من الشبكة أوتوماتية، أو كانت في طور أن تصبح أوتوماتية، قد يؤدي ذلك إلى تقليص شبكة رصد تلك العناصر إلى مستوى أدنى من المستوى المطلوب لإجراء تحليلات وطنية قابلة للتطبيق. (على سبيل المثال، أوقف تحديث مجموعة البيانات الاسترالية لإجمالي كمية السحب في نهاية عام 2015 بسبب عدم كفاية المحطات المساهمة؛ و Jovanovic وآخرون، 2010). وفي بعض الحالات، قد تكون هناك بدائل محتملة للبيانات التقليدية. فعلى سبيل المثال، هناك إمكانية لوضع تحليلات طويلة الأجل لكمية السحب عن طريق دمج البيانات الساتلية الحديثة مع عمليات الرصد القديمة القائمة على المحطات، في حين يمكن استخدام بيانات الإشعاع الشمسي، حيثما توافرت، كمقياس لمدة أشعة الشمس.

وينطوي إدخال عمليات الرصد الأوتوماتية عادة على تغيير في نوع أداة رصد الرياح (أو تغيير من تقدير الرياح بواسطة راصد، باستخدام مقياس بوفورت أو ما شابهه، إلى القياسات بواسطة الأدوات). وأي تغيير في نوع الأداة يدخل في السجل عدم تجانس محتمل، تعتمد طبيعته على الأدوات المحددة المستخدمة والخوارزميات المحددة المستخدمة لتحويل مخرجات الأدوات (على سبيل المثال، معدل دوران أكواب مقياس الرياح) إلى القياس موضع الاهتمام.

وثمة مسألة هامة أخرى بالنسبة لعمليات رصد الرياح هي أن إدخال عمليات الرصد الأوتوماتي ينطوي أيضاً على نقل الموقع. وفي كثير من الحالات، سيكون ذلك انتقالاً من موقع حضري إلى مطار أو مرفق مماثل. وعمليات رصد الرياح شديدة الحساسية لوجود عوائق لتدفق الهواء في محيط موقع الرصد. (بوصي CIMO 2014 بوضع أدوات قياس الرياح في موقع تكون فيه المسافة بين مقياس الرياح وأي عائق 10 أمثال ارتفاع العائق على الأقل). وبالتالي، فإن الانتقال إلى موقع أكثر انفتاحاً - حتى بدون تغيير في الأداة - من المتوقع أن يؤدي إلى زيادة في سرعة الرياح المرصودة.

<sup>6</sup> انظر القسم 3.4 للاطلاع على مناقشة مفصلة للانتقال من التشغيل التقليدي إلى التشغيل الأوتوماتي للقياسات الاسترالية لنقطة الندى.

### 3. أمثلة على أوجه عدم التجانس الموثقة الناشئة عن الانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية

#### 3.1 مقدمة

لدى بلدان كثيرة الآن خبرة في الانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية. ونتائج ذلك موثقة على نطاق واسع، وإن لم يكن دائماً في شكل يسهل الوصول إليه (على سبيل المثال، لا توثق نتائج كثيرة من التجارب الميدانية للمرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHSs) إلا في تقارير داخلية، كثيراً ما يصعب على المستخدمين الخارجيين الوصول إليها، وإن كانت هذه المواد قد أصبحت متاحة على الإنترنت بدرجة متزايدة).

والغرض من هذا الفصل هو تقديم بعض الأمثلة لكي نبيّن للمستخدمين الطبيعة التقريبية ونوع الاختلافات بين عمليات الرصد التقليدية وعمليات الرصد الأوتوماتية لمجموعة من المتغيرات، وليس إجراء استعراض شامل للمؤلفات المتعلقة بأوجه عدم التجانس.

ويُجري فريق علوم الرصدات الموازية (POST) التابع للمبادرة الدولية لدرجات الحرارة السطحية (Venema وآخرون، 2016) (حتى كتابة هذه المذكرة) تقيماً لدراسات الحالة، عبر مجموعة واسعة من البلدان، للقياسات الموازية بين عمليات الرصد التقليدية وعمليات الرصد الأوتوماتية لدرجة الحرارة وهطول الأمطار. وترد أدناه النتائج الأولية لعمل ذلك الفريق.

#### 3.2 درجة الحرارة

أشارت النتائج الأولية الصادرة عن فريق علوم الرصدات الموازية (Aguilar وآخرون، 2015) من 10 بلدان إلى أن متوسط التحيز في متوسط درجات الحرارة بسبب الانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية كان سلبياً في معظم الدراسات (أي أن عمليات الرصد الأوتوماتية كانت أكثر برودة). وتراوح متوسط التحيزات بين  $+0.19$  درجة مئوية في بيرو و  $-0.36$  درجة مئوية في الأرجنتين، وإن كانت قيم أكبر بكثير حدثت في بعض فرادى المحطات. وكانت أحجام التحيزات أكبر بكثير بالنسبة لنطاق درجات الحرارة اليومية، حيث حققت بعض البلدان نتائج متناقضة بالنسبة لدرجات الحرارة العظمى والصغرى. فعلى سبيل المثال، وُجدت في إسبانيا والسويد تحيزات إيجابية فيما يتعلق بدرجة الحرارة العظمى وتحيزات سلبية فيما يتعلق بدرجة الحرارة الصغرى، بينما في حالة الولايات المتحدة (التي تُناقش أدناه)، كان متوسط التحيز الذي وُجد هو  $-0.50$  درجة مئوية لدرجة الحرارة العظمى ولكنه كان قريباً من الصفر بالنسبة لدرجة الحرارة الصغرى. وتجدر الإشارة إلى أن النتائج المبلغ عنها لا تفصل بصورة منهجية تغيير الأداة عن عمليات نقل المواقع المرتبطة بها أو التغييرات في ماوي الأدوات؛ وفي بعض البلدان، يكون لهذه تأثير منهجي خاص بها (على سبيل المثال، في أستراليا، ارتبطت بعض عمليات تركيب محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية أيضاً بنقل الموقع من أماكن في المدن إلى أماكن خارج المدن، وهو ما يُتوقع أن يكون له تحيز بارد).

وقد حدث انتقال من الأدوات التقليدية إلى الأدوات الأوتوماتية دُرس عن كثب في الولايات المتحدة، حيث تحول حوالي 60% من شبكة درجة حرارة المحطة التعاونية بين عامي 1984 و 1988 من الأدوات التقليدية (الموجودة في ساتر خشبي على شكل صندوق) إلى أدوات أوتوماتية (موجودة في ساتر متعدد اللوحات)<sup>7</sup>. ووجدت التحليلات الأولية المستندة إلى مقارنات بين المحطات العاملة (Quayle وآخرون، 1991) أن متوسط تأثير هذا الانتقال هو  $-0.4$  درجة مئوية بالنسبة لدرجة الحرارة العظمى و  $+0.3$  درجة مئوية بالنسبة لدرجة الحرارة الصغرى. وقد أيدت مقارنات ميدانية مخصصة في موقع تجريبي

<sup>7</sup> يشار إلى هذه على نطاق واسع باسم نظام محطات البث الساحلية (CRS) ونظام درجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى (MMTS)، على التوالي. ونظام درجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى ليس أوتوماتياً بالكامل بمعنى أنه ينقل البيانات الرقمية إلى محطة طرفية (عادة داخل مبنى الراصد)، ولكن يلزم التدخل اليدوي لنقل البيانات إلى شبكة الاتصالات الأوسع نطاقاً.



(Wendland and Armstrong, 1993؛ وDoesken, 2005) هذا الاستنتاج المتعلق بدرجة الحرارة العظمى، ووجدت أيضاً أن الاختلافات كانت أكبر في ظل ظروف الرياح الخفيفة والإشعاع الشمسي القوي. ولم يعثر على أدلة تذكر على وجود أي فرق كبير في درجة الحرارة الصغرى، مما يشير إلى أن الاختلافات في درجات الحرارة الصغرى التي لاحظها Quayle وآخرون (1991) ربما كانت من صنع التغيرات في الموقع المرتبطة بالانتقال (على سبيل المثال، إنشاء مواقع أوتوماتية أقرب إلى المباني مقارنة بعمليات الرصد التقليدية التي حلت هذه المواقع الأوتوماتية محلها، لتقليل كمية الكابلات المطلوبة). وقد عزز (2006) Hubbard and Lin ذلك عندما وجد أنه على الرغم من أن الآثار الإجمالية عبر شبكة الولايات المتحدة التي ذكرها Quayle وآخرون (1991) كانت سليمة، فإن الآثار في مواقع فردية كانت خاصة بالموقع إلى حد كبير.

كما وجدت الدراسات التي شملت أجزاء أخرى من شبكة الولايات المتحدة (نظام الرصد السطحي الأتوماتي (ASOS) المستخدم في المطارات الرئيسية، والشبكة المرجعية للمناخ (CRN)، وكلاهما استخدم تصاميم سواتر مختلفة لنظام درجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى (MMTS)) اختلافات في حدود بضعة أعشار درجة بين نظام درجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى (MMTS) من ناحية، ونظام الرصد السطحي الأتوماتي (ASOS) والشبكة المرجعية للمناخ (CRN) من الناحية الأخرى (Hubbard وآخرون، 2004؛ Sun وآخرون، 2005). بيد أن Guttman and Baker (1996) وجدوا أن الاختلافات بين نظام الرصد السطحي الأتوماتي (ASOS) والنظم الأخرى كانت خاصة بالموقع، حتى عندما تم تركيب كلا النظامين داخل حدود المطار نفسه. ووجد Leeper وآخرون (2015) أن الساتر المهيء المستخدم في الشبكة المرجعية للمناخ (CRN) كانت فيه درجات الحرارة العظمى أقل (بمتوسط قدره -0.48 درجة مئوية) وكانت درجات الحرارة الصغرى أعلى (بمتوسط قدره +0.36 درجة مئوية) من نظام درجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى (MMTS). وعند تقييم الانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأتوماتية لدرجة الحرارة، عززت هذه النتائج التحديات المتمثلة في فصل الآثار الناجمة عن أجهزة الاستشعار نفسها، وتلك المتعلقة بنوع الساتر وتلك المتعلقة بالتغيرات الأخرى المرتبطة بها مثل عمليات نقل الموقع.

وفحصت عمليات الرصد المتداخلة من المحطات التقليدية ومحطات Campbell العلمية الأتوماتية الجديدة ذات التكوينات القياسية في 22 موقعاً في جميع أنحاء كندا بغرض الحفاظ على استمرارية السجلات المناخية طويلة الأجل. فأولاً، جرت مطابقة نوافذ الرصد لدرجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى اليومية في بعض ثنائيات المحطات، ثانياً، حُسبت التحيزات واستخدمت لضبط السلسلة الزمنية للمحطات الأتوماتية. واستخدمت فترات متداخلة مدتها سنتان وخمس سنوات لتحليل التحيزات. وتبين أن متوسط الفرق المطلق بين ثنائيات المحطات، كان يتراوح بين 0.7 درجة مئوية و1.4 درجة مئوية فيما يتعلق بدرجات الحرارة العظمى ودرجات الحرارة الصغرى، على التوالي (Milewska and Vincent, 2016).

### 3.3 الهطول

أشارت النتائج الأولية من فريق علوم عمليات الرصد الموازية (Stepanek وآخرون، 2015) من تسعة بلدان إلى أنه في غالبية الدراسات، سجلت عمليات الرصد الأتوماتية هطولاً أقل من عمليات الرصد التقليدية. وكان متوسط حجم التحيز الجاف صغيراً (أقل من 5% في معظم البلدان التي شملتها الدراسة)، ولكن مع ردود واسعة التفاوت بين المحطات المختلفة، حيث أظهرت أعداد كبيرة من المحطات تحيزات أكبر من 20% أو أقل من -20%. وأشارت النتائج الأولية إلى أن التحيزات أكبر بالنسبة للأمطار المتجمدة مقارنة بالهطول السائل، وأكبر بالنسبة للجيل المبكر من محطات الأرصاد الجوية الأتوماتية (AWSs) مقارنة بالأدوات التي تم تطويرها مؤخراً. أما بالنسبة لدرجة الحرارة، فقد تضمنت النتائج المبلغ عنها أيضاً تأثير عمليات نقل المواقع المرتبطة بها، ومن المرجح أن ينشأ قدر كبير من التفاوت في نتائج فريق علوم عمليات الرصد الموازية (POST) نتيجة لعمليات نقل الموقع هذه مقارنة بتغيير الأداة (خاصة بالنسبة لهطول الأمطار المتجمدة، نظراً لتأثير سرعة الرياح على الالتقاط غير الكافي، وحساسية سرعة الرياح إزاء بيئة الموقع المحلية).

وفي حين أن القياسات التقليدية لم تكن جزءاً من المقارنة، فقد كانت هناك مشاريع مقارنة تابعة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية تشمل طائفة واسعة من مقاييس هطول الأمطار، سواء في المختبر

(Lanza وآخرون، 2006؛ Sevruc وآخرون، 2009) أو في الميدان (Vuerich وآخرون، 2009). وقد وجدت هذه أن مقاييس المطر ذات الدلاء القلابة غير المصححة كانت التحيزات السلبية فيها كبيرة عادةً، بالنسبة إلى مرجع، عند كثافات هطول الأمطار العالية جداً (15-20% بمعدلات هطول الأمطار البالغة 300 ملم / ساعة)، وإن كانت التحيزات أصغر بكثير عند الكثافات الأقل (أقل عادة من 5% عند المعدلات البالغة 50 ملم / ساعة أو أقل). وأشارت النتائج إلى أن مقاييس المطر ذات الدلاء القلابة غير المصححة من المرجح أن تتأثر تأثيراً شديداً بالتحيزات طويلة الأجل في المناخات التي تسقط فيها نسبة كبيرة من الأمطار السنوية في ظواهر عالية الكثافة، كما هو معتاد في أجزاء كثيرة من المناطق المدارية وشبه المدارية. ووجدت الدراسة التي أجراها Vuerich وآخرون (2009) نتائج جيدة عموماً للمقاييس ذات الدلاء القلابة مع تطبيق عوامل التصحيح الأوتوماتية تبعاً لكثافة هطول الأمطار. ولم يكن هطول الأمطار الصلبة جزءاً من هذه المقارنة.

### 3.4 عناصر أخرى

ركزت معظم الدراسات المنشورة بشأن الانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية على درجة الحرارة وهطول الأمطار، مع دراسات أقل للمتغيرات الأخرى.

وقد أفاد Lucas (2010) و Gorman (2003) عن مقارنات بين قياسات نقطة الندى / الرطوبة التقليدية والأوتوماتية في أستراليا (Lucas من خلال تحليل الارتداد عبر المكونات التقليدية والأوتوماتية للشبكة، و Gorman من خلال تجربة ميدانية). وقد وجد Lucas (2010) أن المسابير المبتلة البصلة الأوتوماتية الموجودة في الشبكة الأسترالية كان لديها تحيز في متوسط نقطة الندى قدره -0.5 درجة مئوية وكان لدى مسابير الرطوبة تحيز في متوسط نقطة الندى قدره -0.3 درجة مئوية (وإن كان هذا التحيز يعتمد إلى حد ما على الموقع في الحالة الأخيرة) مقارنةً بالأدوات المبتلة البصلة التقليدية. ووجد Gorman (2003) اختلافات كبيرة بين نقاط الندى المستمدة من المسابير المبتلة البصلة والخاصة بالرطوبة عند نقاط الندى المنخفضة (عادة 3 درجات مئوية أو أكثر عند نقاط الندى الأقل من -5 درجة مئوية) وعزا هذه إلى قيمة غير مناسبة لمعامل مقياس الرطوبة A (انظر القسم 2.2.3). وهذه النتائج خاصة بممارسات الأدوات والرصد المستخدمة في أستراليا وقد لا تنطبق بالضرورة على الأدوات والشبكات الأخرى.

## 4. توجيه بشأن إدارة الانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية

### 4.1 القياسات الموازية بين النظم التقليدية والنظم الأوتوماتية

في سياق المناخ، يتمثل التحدي الأهم الذي يطرحه الانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية في تجانس البيانات، عبر طائفة واسعة من المتغيرات، وفيما يتعلق بمتوسط القيم وبالقيم المتطرفة. وكما نوقش سابقاً، وبالنسبة لعناصر محددة في القسم 2.2، فإن إدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) يمكن أن يُدخل أوجه عدم تجانس في أي سلسلة زمنية مناخية، كما هو الحال بالنسبة لعمليات نقل المواقع التي كثيراً ما تصاحب عملية الانتقال.

والممارسة الموصى بها للانتقال من المحطات التقليدية إلى محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) هي القيام بفترة من عمليات الرصد الموازية بين النظامين. والتوجيه الذي تقدمه المنظمة WMO للفترة المثلى من عمليات الرصد الموازية غير متسق تماماً. إذ يقترح CIMO 2014 مدة لا تقل عن 12 شهراً لسرعة الرياح واتجاهها، و24 شهراً لدرجة الحرارة والرطوبة وأشعة الشمس والتبخّر، و60 شهراً لهطول الأمطار (ولكنه يلاحظ أن "الحل الوسط المفيد سيكون فترة تتداخل مدتها 24 شهراً"). ويوصي دليل الممارسات المناخية (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2011) بفترة متداخلة تبلغ سنة واحدة على الأقل، ويفضل أن تكون سنتين أو أكثر. ومن الناحية العملية، من المرجح أن تتوقف الفترة اللازمة على الموقع ولا يمكن التنبؤ بها بالضرورة في وقت مبكر. وقد تكفي فترة أربعة وعشرين شهراً لتحديد ما إذا كان هناك عدم تجانس كبير أم لا، ولكنها قد لا تكون كافية لتحديد مدى عدم التجانس (بما في ذلك الأثر على أقصى طرفي التوزيع، وكذلك على المتوسط). ويزيد خطر حدوث عدم تجانس كلما زاد تغير النظام؛ وإذا كان إدخال محطة أرصاد

جوية أوتوماتية (AWSs) يحدث في إطار نفس مجموعة الأدوات التي تستخدمها عمليات الرصد التقليدية، فإن خطر وجود عدم تجانس كبير يكون منخفضاً فيما يتعلق بالعديد من المتغيرات. ومع ذلك، إذا كان هناك أيضاً نقل كبير للموقع، فإن خطر حدوث عدم تجانس كبير يزداد. ولذلك، يفضل أن يكون هناك خيار تمديد فترة عمليات رصد موازية إذا ما كشف تحليل الفترة الأولية من عمليات الرصد الموازية عن اختلافات كبيرة.

ويتعلق قدر كبير من المناقشة في هذا الفصل باستخدام عمليات الرصد الموازية عموماً، وينطبق على استخدام عمليات الرصد الموازية في سيناريوهات أخرى غير الانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية (مثل نقل الموقع دون أي تغيير في نوع الأدوات).

وترد توجيهات مفصلة بشأن كشف أوجه عدم التجانس في البيانات المناخية وتعديلها في المبادئ التوجيهية بشأن البيانات الشرحية المناخية وتحقيق التجانس (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2003) وهي خارج نطاق هذه المذكرة.

## 4.2 الاختبار قبل نشر محطات الطقس الأوتوماتية العاملة

يوصي دليل CIMO 2014 باختبار الأدوات الجديدة قبل نشرها التشغيلي في محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs). وهذا يتضمن الاختبارات البيئية والمعايرة في بيئة مختبرية، والاختبارات الوظيفية في الميدان. وسيحدد هذا الاختبار مدى تطابق أجهزة الاستشعار مع معيار (إذا كان موجوداً)، وكذلك أداء الأدوات في الميدان فيما يتعلق بمرجع.

ويجري عادة الاختبار الميداني في موقع واحد أو أكثر من مواقع تجريبية مخصصة. وفي الحالات التي يجري فيها اختبار ميداني لدعم إدخال محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)، ينبغي إدراج الأدوات القائمة المستخدمة في عمليات الرصد التقليدية في الاختبار الميداني بحيث يمكن مقارنة الأدوات في بيئة محلية متسقة. وينبغي أن يشمل برنامج الاختبار الميداني دورة سنوية كاملة واحدة على الأقل، وينبغي أن يسعى إلى عزل المكونات الفردية للتغيير (على سبيل المثال، بمقارنة جهاز استشعار تقليدي بجهاز استشعار أوتوماتي داخل نفس الساتر).

ولا يلغي إجراء الاختبارات البيئية والميدانية الحاجة إلى عمليات رصد موازية في مواقع فردية تنتشر فيها محطات أرصاد جوية أوتوماتية بدلاً من المحطات التقليدية، إذ أن أوجه عدم التجانس قد تكون خاصة بالموقع تبعاً للظروف المحلية. ومع ذلك، إذا أثبت كل من الاختبار البيئي والاختبار الميداني أن الفرق بين الاثنين في بيئة تجريبية لا يكاد يذكر، فإن هذا يقلل من خطر وجود اختلافات كبيرة في مواقع فردية (بشرط عدم حدوث تغيير كبير في الموقع). وإذا تم، كما هو الحال في كثير من الأحيان، نشر محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) على نطاق نسبة كبيرة من الشبكة في غضون فترة زمنية قصيرة، فإن عدم وجود اختلافات منتظمة بين النظم الأوتوماتية والنظم التقليدية يقلل أيضاً من خطر وجود التحيز على نطاق شبكة (انظر القسم 4.4).

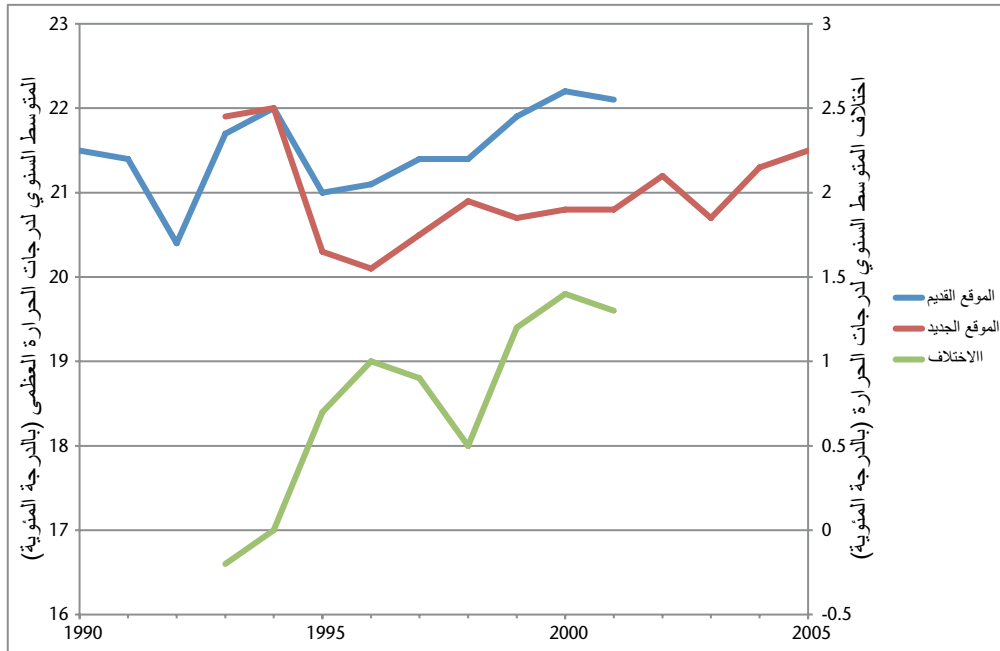
## 4.3 تمثيل فترة عمليات رصد موازية

ستكون فترة عمليات الرصد الموازية بين نظامي رصد مؤشراً موثقاً على الاختلافات بين هذين النظامين إذا كانت فترة الرصدات الموازية تمثل فترات ما قبل وما بعد (أي أن المحطة القديمة تتسق خلال فترة الرصد الموازية مع المحطة القديمة قبل بدء فترة الرصد الموازية، وتمثل المحطة الجديدة خلال الفترة الموازية المحطة الجديدة بعد انتهاء الفترة. ولذلك من المهم اختبار السلسلة الزمنية للموقع الفردي لكشف ما إذا كانت هناك أوجه عدم تجانس أثناء فترة عمليات الرصد الموازية أو قبلها/بعدها بوقت قصير. ومن المهم أيضاً ضمان إجراء عمليات الرصد الموازية على النحو الواجب؛ فقد كانت هناك حالات فُرئت فيها الرصدات "التقليدية" أثناء مقارنة من أدوات أوتوماتية في حقيقة الأمر، مما جعل المقارنة محدودة الفائدة.

وقد تحدث أوجه عدم تجانس خلال فترة عمليات رصد موازية وذلك لأسباب عديدة. ومن السيناريوهات الشائعة أن يُتخذ قرار بنقل محطة لأن تعرض موقع الرصد أصبح ضعيفا، أو يواجه خطر ضعفه الوشيك، بسبب التنمية الحضرية. وإذا حدث هذا التطور خلال فترة عمليات الرصد الموازية، فمن المرجح أنه سيجعل الموقع القديم غير ممثل لذاته السابقة، وبالتالي فإن فترة عمليات الرصد الموازية ستكون غير تمثيلية.

وحتى في غياب أي أوجه عدم تجانس طويلة الأجل، فإن العلاقات بين متغيرات الأرصاد الجوية في مواقع الرصد الموازية قد تخضع للتقلبية من سنة إلى أخرى. فعلى سبيل المثال، من المرجح أن تؤثر رطوبة التربة وخضرة الغطاء النباتي القريب على درجات الحرارة في موقع ريفي أكثر مما تؤثر في موقع في بيئة حضرية، وبالتالي فإن الفرق في درجة الحرارة بين الريف والحضر في سنة رطبة (أو جافة) بشكل غير عادي قد لا يكون ممثلاً للظروف العادية. ففترة عمليات الرصد الموازية التي تبلغ عدة سنوات تقلل من خطر أن تكون هذه الفترة تمثل عينة لمرحلة مناخية غير عادية، لاسيما في المناخات التي تتأثر بشدة بالتذبذب الجنوبي - لنيينو أو التي تتعرض بخلاف ذلك لتقلبية عالية بين السنوات.

وإذا كانت فترة عمليات الرصد الموازية طويلة بما فيه الكفاية، يمكن معالجة أوجه عدم التجانس خلال فترة عمليات رصد موازية بواسطة عدم استخدام النسبة غير التمثيلية لفترة عمليات الرصد الموازية. ويرد مثال لذلك في الشكل 3. وفي هذه الحالة، كانت هناك عمليات رصد موازية بين الموقعين الجديد والقديم في الفترة من عام 1992 إلى عام 2002. ومع ذلك، كانت هناك أوجه عدم تجانس، تبلغ حوالي -0.9 درجة مئوية في الموقع الجديد في عام 1995 (بسبب حدوث تغيير في خوارزمية تنقية البيانات لإبراز الأنماط الهامة بنسخة جديدة من محطة الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs)، وتبلغ حوالي +0.5 درجة مئوية في الموقع القديم في عام 1999 (بسبب تزايد محاصرة الموقع بالمباني الجديدة). ومن ثم، لم تستخدم سوى الفترة من عام 1995 إلى عام 1998 لتقييم الفرق الطويل الأجل بين الموقعين. وتبعاً لطول فترة عمليات الرصد الموازية وتوقيت أي أوجه عدم تجانس، قد لا يكون هذا النهج ممكناً. وفي هذه الحالة، قد يتسنى الحصول على نتائج أفضل بتجاهل فترة عمليات الرصد الموازية والقيام بدلاً من ذلك بتقييم أوجه عدم التجانس المحتملة بوسائل أخرى، مثل المحطات المرجعية المستقلة في المنطقة (انظر أدناه).



الشكل 3. متوسط درجات الحرارة العظمى في بورت لينكولن، أستراليا، حول فترة من عمليات الرصد الموازية بين موقع تقليدي في وسط المدينة ("الموقع القديم") وموقع أوتوماتي في المطار، على بعد 14 كم إلى الشمال ("الموقع الجديد")

#### 4.4 ماذا يحدث إذا لم تكن هناك فترة عمليات رصد موازية مفيدة؟

في حين ينبغي أن يشمل التخطيط للانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية توفير الاختبارات الميدانية، وعمليات الرصد الموازية خلال مرحلة النشر، هناك حالات كثيرة لا توجد فيها فترة مفيدة من عمليات الرصد الموازية. وقد تشمل بعض أسباب ذلك ما يلي:

- (أ) حدث الانتقال منذ فترة ولم تكن هناك سياسة لتنفيذ ملاحظات موازية في ذلك الوقت؛
- (ب) أجريت عمليات رصد موازية ولكنها لم تشمل سوى مجموعة محدودة من المتغيرات؛
- (ج) لم تكن فترة عمليات الرصد الموازية مفيدة بسبب أوجه عدم التجانس في سجل المحطة التقليدية أو المحطة الأوتوماتية أثناء تلك الفترة أو حولها؛
- (د) أنهيت فترة عمليات رصد موازية مقررة في وقت مبكر بسبب عدم توافر الموقع القديم (على سبيل المثال، إذا حدث نقل للموقع بسبب ضغوط التنمية في موقع قديم، فقد لا يرغب مالك الأرض في الاستمرار في تأجير الأرض اللازمة لعمليات الرصد).

وفي أي من هذه الحالات، يصبح تقييم أثر الانتقال من القياسات التقليدية إلى القياسات الأوتوماتية مشكلة تتعلق بتقييم حجم عدم التجانس، مع دعم البيانات الشرحية (على افتراض أن تاريخ تركيب المحطة الأوتوماتية معروف). وهذه العملية تستخدم عادةً محطات أخرى (محطات مرجعية) مجاورة.

#### معالجة الحالات التي تحدث فيها تغييرات على نطاق جزء كبير من شبكة في وقت مماثل

إن تحقيق تجانس البيانات المناخية بشكل تحدياً خاصاً عندما تحدث تغييرات على نطاق جزء كبير من شبكة وطنية في وقت مماثل. ويرجع ذلك إلى أن أدق أساليب تحقيق التجانس تعتمد على استخدام بيانات مستمدة من محطات مرجعية (المحطات التي ترتبط ارتباطاً جيداً بالمحطة المرشحة، والتي يمكن استخدامها بياناتها في السنوات القليلة التي تسبق عدم التجانس وبعده من أجل الكشف عن عدم التجانس وتقييم تأثيره). ومع ذلك، إذا تأثر جزء كبير من الشبكة، فإن محطات مرجعية كثيرة محتملة ستتأثر أيضاً، وبالتالي لن توفر مؤشراً حقيقياً على تأثير عدم التجانس. وهناك مسألة أخرى هي أن عدم التجانس الذي يؤثر على جزء كبير من شبكة وطنية قد يكون كبيراً بما يكفي ليكون مهماً على نطاق وطني حتى وإن كان هامشياً في محطة فردية. فعلى سبيل المثال، من المرجح أن يكون عدم التجانس في درجة الحرارة البالغ 0.2 درجة مئوية غير قابل للكشف في محطة فردية، ولكنه قد يكون مهماً على نطاق وطني (في سياق اتجاهات على نطاق القرن في حدود 0.1 درجة مئوية في العقد).

وهذه المشكلة تكون تبلغ أقصى درجات حدتها عندما تكون التغييرات متزامنة، مثلما قد تحدث، على سبيل المثال، مع حدوث تغيير وطني في وقت الرصد. فقد أدى تغيير وقت الرصد في كندا في عام 1961 من يوم ينتهي في الساعة 0000 بالتوقيت العالمي المنسق إلى يوم ينتهي في الساعة 0600 بالتوقيت العالمي المنسق إلى انعدام تجانس يتراوح بين -0.6 درجة مئوية و-0.8 درجة مئوية في درجة الحرارة الصغرى في العديد من المحطات في شرق كندا (Vincent وآخرون، 2002). وهذا التغيير المتزامن أكثر ندرة بالنسبة للانتقال من الشبكات التقليدية إلى الشبكات الأوتوماتية لأنه لا يُتوقع أن تعمل جميع محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية في شبكة في نفس اليوم<sup>8</sup>. غير أنه من السيناريوهات الشائعة لعدد كبير من المحطات أن تقوم بالانتقال على مدى بضع سنوات، وهي فترة زمنية قصيرة بما يكفي لإحداث تأثير كبير على ممارسات تحقيق التجانس.

وفي حالة عدم وجود عمليات رصد موازية مناسبة، تشمل الاستراتيجيات المحتملة لمعالجة هذه المشكلة ما يلي:

<sup>8</sup> مع ذلك، هناك حالات تصبح فيها محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) الأداة الرئيسية في آن واحد؛ وعلى سبيل المثال، أصبحت عمليات الرصد الأوتوماتية في مواقع الرصد الرئيسية الأسترالية التي كانت تجري فيها عمليات رصد تقليدية وعمليات رصد أوتوماتية على السواء هي مصدر القراءات الأولية لمعظم المتغيرات في 1 تشرين الثاني/نوفمبر 1996.

(أ) لا تستخدم كمحطات مرجعية إلا المحطات التي لم تتأثر بالتغيير – في هذا السياق، المحطات التي أبتت على عمليات الرصد التقليدية بشكل مطلق، أو ربما المحطات الأوتوماتية التي تم تركيبها قبل بضع سنوات من التغييرات الأوسع على مستوى الشبكة.

(ب) إذا لم توجد مثل هذه المحطات المرجعية (على سبيل المثال، لأن الشبكة بأكملها تأثرت)، استخدم مجموعة بيانات مستقلة لها علاقة ما مع المتغير موضع الاهتمام. وفي حالة درجات حرارة سطح الأرض، قد يشمل ذلك عمليات رصد في البلدان المجاورة، أو درجات حرارة الهواء العلوي (على سبيل المثال، درجات الحرارة البالغة 850 هكتوباسكال) أو درجات حرارة سطح البحر في المحيطات المجاورة، في حين أن الرياح الجيوستروفية المستمدة من بيانات الضغط قد تكون مصدراً مفيداً غير مباشر للبيانات. ومن غير المرجح أن تكون مجموعات البيانات هذه مترابطة بشكل جيد بما يكفي لتحقيق نتائج مفيدة لمحطة معينة، ولكنها قد تكون مفيدة لتقييم الآثار على النطاقين الوطني أو الإقليمي.

(ج) فم بإنشاء تجربة ميدانية بأثر رجعي (أو استنفد من نتائج تجربة ميدانية قائمة) تجري فيها مقارنة المحطات الأوتوماتية العاملة حالياً بنسخة طبق الأصل من الأدوات التقليدية التي كانت مستخدمة سابقاً، لتحديد وقياس أي اختلافات في الأداء يمكن استخدامها/ استقرؤها بعد ذلك لنفس أنواع محطات الأرصاد الجوية الأوتوماتية (AWSs) المستخدمة في مواقع أخرى. وقد اتبع هذا النهج في عدد من الدراسات التي تسعى إلى تقييم خصائص ماوي الأدوات المستخدمة لقياسات درجات الحرارة في القرن التاسع عشر وما قبله (Brunet وآخرون، 2006، 2011؛ Böhm وآخرون، 2010).

وفي حالة حدوث مثل هذه التغييرات على نطاق الشبكة، يعتبر أن أفضل ممارسة هي تقييم التأثير الإجمالي لهذه التغييرات، والتكيف معها، قبل محاولة تحقيق التجانس على مستوى الموقع الفردي (Milewska and Vincent، 2016؛ Vincent وآخرون، 2017).

#### 4.5 إدارة البيانات أثناء الانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية

يمثل الانتقال من عمليات الرصد التقليدية إلى عمليات الرصد الأوتوماتية عدداً من التحديات في مجال إدارة البيانات.

ويوصى بتعيين محدد هوية جديد لمحطة إذا كانت أوتوماتية، وذلك لجعل التغيير شفافاً قدر الإمكان لمستخدمي البيانات. (إذا كانت تجري عمليات رصد موازية على النحو الموصى به، ستكون هناك حاجة إلى محدد هوية جديد على أي حال، لأن المحطات التقليدية والمحطات الأوتوماتية ستعمل في وقت واحد لفترة من الزمن، ما لم تتم هيكلة قاعدة بيانات مناخية بحيث تتمكن من قبول البيانات من أجهزة استشعار متعددة في نفس الموقع).

ومن المسلم به أن تغيير محدد الهوية سيخلق مشاكل لتطبيقات معينة. فعلى سبيل المثال، قد يحول عدم وجود فترة كافية لتحديد المتوسط دون حساب متوسط المناخ الطبيعي لمحطة أوتوماتية ذات محدد هوية جديد، في حين أنه للحصول على سجلات طويلة الأجل، سيكون من الضروري دمج البيانات من محطتين أو أكثر محددين بشكل منفصل في نفس الموقع العام. وأفضل ممارسة في هذه الحالات هي وضع مجموعة بيانات متجانسة طويلة الأجل للموقع المعني. غير أنه إذا تبين أن الاختلافات بين المحطتين التقليدية والأوتوماتية صغيرة، قد يكون من الممكن دمج السلسلة دون تعديل لتطبيقات معينة (مثل الإعلام)، وإن كان ينبغي دائماً استخدام البيانات المتجانسة تماماً في التطبيقات المتعلقة بتغيير المناخ على المدى الطويل.

#### 5. المراجع

- Aguilar, E., P. Stepanek, V. Venema, R. Auchmann, F.D. dos Santos Silva, E. Engström, A. Gilabert, Z. Kretova, J.A. Lopez-Díaz, Y.L. Rico, C.O. Rojas, M. Prohom, D. Rasilla, M. Salvador, G. Vetacnik, Y. Yosefi and M. de los Milagros Skansi, 2015: Biases

- Found in Temperature Records by the Transition from Conventional to Automatic Measurements in European and American Parallel datasets. EUMETNET Data Management Workshop held at St. Gallen, Switzerland, 28–30 October 2015.
- Ashcroft, L., D. Karoly and J. Gergis, 2012: Temperature variations of south-eastern Australia, 1860–2011. *Australian Meteorological Oceanographic Journal*, 62:227–245.
- Bertiglia, F., G. Lopardo, A. Merlone, G. Roggero, D. Cat Berro, L. Mercalli, A. Gilabert and M. Brunet, 2015: Traceability of ground-based air-temperature measurements: a case study on the meteorological observatory of Moncalieri (Italy). *International Journal of Thermophysics*, 36:589–601, doi:10.1007/s10765-014-1806-y.
- Böhm, R., P.D. Jones, J. Hiebl, D. Frank, M. Brunetti and M. Maugeri, 2010: The early instrumental warm-bias: a solution for long central European temperature series 1760–2007. *Climatic Change*, 101:41–67.
- Brandsma, T. and J.P. van der Meulen, 2008: Thermometer screen intercomparison in De Bilt (the Netherlands) – Part II: description and modelling of mean temperature differences and extremes. *International Journal of Climatology*, 28:389–400.
- Brunet, M., J. Asin, J. Sigró, M. Bañón, F. García, E. Aguilar, J.E. Palenzuela, T.C. Peterson and P. Jones: 2011. The minimisation of the screen bias from ancient Western Mediterranean air temperature records: an exploratory statistical analysis. *International Journal of Climatology*, 31:1879–1895, doi:10.1002/joc.2192.
- Brunet, M., O. Saladié, P. Jones, J. Sigró, E. Aguilar, A. Moberg, D. Lister, A. Walthert, D. Lopeza and C. Almarazae, 2006: The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850–2003). *International Journal of Climatology*, 26:1777–1802.
- Claussnitzer, A., F. Maier and R. Spengler, 2015: QualiMET2.0, the New Quality Control System of Deutscher Wetterdienst. EUMETNET Data Management Workshop held at St. Gallen, Switzerland, 28–30 October 2015.
- Diamond, H.J., T.R. Karl, M.A. Palecki, C.B. Baker, J.E. Bell, R.D. Leeper, D.R. Easterling, J.H. Lawrimore, T.P. Meyers, M.R. Helfert, G. Goodge and P.W. Thorne, 2013: U.S. Climate Reference Network after one decade of operations: status and assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94:424–448, doi:10.1175/BAMS-D-12-00170.1.
- Doesken, N.J., 2005: The National Weather Service MMTS (Maximum-Minimum Temperature System) – 20 Years After. Thirteenth Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation held at San Diego, 9–13 January 2005.
- Goodison, B.E., P.Y.T. Louie and D. Yang, 1998: WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison (WMO/TD-No. 872). Geneva, World Meteorological Organization.
- Gorman, J., 2003: AWS Determination of Dew Point in the Field. Technical Note 2003-0001. Melbourne, Bureau of Meteorology.
- Guttman, N.B. and C.B. Baker, 1996: Exploratory analysis of the difference between temperature observations recorded by ASOS and conventional methods. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77:2865–2873.
- Hubbard, K.G. and X. Lin, 2006: Re-examination of instrument change effects in the U.S. Historical Climatology Network. *Geophysical Research Letters*, 33:L15710, doi:10.1029/2006GL027069.
- Hubbard, K.G., X. Lin, C.B. Baker and B. Sun, 2004: Air temperature comparison between the MMTS and the USCRN temperature systems. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 21:1590–1597.
- Jovanovic, B., D. Collins, K. Braganza, D. Jakob and D.A. Jones, 2010: A high-quality monthly total cloud amount dataset for Australia. *Climatic Change*, 108:485–517.

- Lanza, L., M. Leroy, C. Alexandropoulos, L. Stagi and W. Wauben, 2006: WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges (WMO/TD-No. 1304). Geneva, World Meteorological Organization.
- Leeper, R.D., J. Rennie and M.A. Palecki, 2015: Observational perspectives from U.S. Climate Reference Network (USCRN) and Cooperative Observer Program (COOP) Network: temperature and precipitation comparison. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 32:703–721, doi:10.1175/JTECH-D-14-00172.1.
- Lopardo, G., F. Bertiglia, S. Curci, G. Roggero and A. Merlone, 2014: Comparative analysis of the influence of solar radiation screen ageing on temperature measurements by means of weather stations. *International Journal of Climatology*, 34:1297–1310, doi:10.1002/joc.3765.
- Lucas, C., 2010: A High-quality Historical Humidity Database for Australia. CAWCR Technical Report 24. Melbourne, Centre for Australian Weather and Climate Research.
- Menne, M.J., C.N. Williams and R.S. Vose, 2009: The U.S. Historical Climatology Network monthly temperature data, version 2. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90:993–1007.
- Milewska, E.J. and L.A. Vincent, 2016: Preserving continuity of long-term daily maximum and minimum temperature observations with automation of reference climate stations using overlapping data and meteorological conditions. *Atmosphere-Ocean*, 54(1):32–47, doi:10.1080/07055900.2015.1135784.
- Page, C.M., N. Nicholls, N. Plummer, B. Trewin, M. Manton, L. Alexander, L.E. Chambers, Y. Choi, D.A. Collins, A. Gosai, P. Della-Marta, M.R. Haylock, K. Inape, V. Laurent, L. Maitrepierre, E.E.P. Makmur, H. Nakamigawa, N. Ouprasitwong, S. Mcgree, J. Pahalad, M.J. Salinger, L. Tibig, T.D. Tran, K. Vediapan and P. Zhai, 2004: Data rescue in the southeast Asia and south Pacific region: challenges and opportunities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85:1483–1489.
- Parker, D.E., 1994: Effects of changing exposure of thermometers at land stations. *International Journal of Climatology*, 14:1–31, doi:10.1002/joc.3370140102.
- Perry, M.C., M.J. Prior and D.E. Parker, 2007: An assessment of the suitability of a plastic thermometer screen for climatic data collection. *International Journal of Climatology*, 27:267–276.
- Quayle, R.G., D.R. Easterling, T.R. Karl and P.Y. Hughes, 1991: Effects of recent thermometer changes in the cooperative station network. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 72:1718–1723.
- Sevruk, B., M. Ondras and B. Chvila, 2009: The WMO precipitation measurement intercomparisons. *Atmospheric Research*, 92:376–380.
- Sieck, L.C., S.J. Burges and M. Steiner, 2007. Challenges in obtaining reliable measurements of point rainfall. *Water Resources Research*, 43:W01420.
- Stepanek, P., E. Aguilar, V. Venema, R. Auchmann, F.D. dos Santos Silva, E. Engström, A. Gilabert, Z. Kretova, J.A. Lopez-Díaz, Y.L. Rico, C.O. Rojas, M. Prohom, D. Rasilla, M. Salvador, G. Vetacnik, Y. Yosefi and M. de los Milagros Skansi, 2015: Biases in Precipitation Records Found in Parallel Measurements. EUMETNET Data Management Workshop held at St. Gallen, Switzerland, 28–30 October 2015.
- Sun, B., C.B. Baker, T.R. Karl and M.D. Gifford, 2005: A comparative study of ASOS and USCRN temperature measurements. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 22:679–686.
- Trewin, B.C., 2001: The Under-reporting of Small Daily Rainfall Amounts. Australia-New Zealand Climate Forum held at Darwin, Australia, 18–21 September 2001.



- Trewin, B.C., 2002: Extreme temperature events in Australia. PhD Thesis, School of Earth Sciences, University of Melbourne, Australia.
- Trewin, B.C., 2012: Techniques Involved in Developing the Australian Climate Observations Network – Surface Air Temperature (ACORN-SAT) Dataset. CAWCR Technical Report 49. Melbourne, Centre for Australian Weather and Climate Research.
- Venema, V., R. Auchmann, E. Aguilar, I. Auer, C. Azorin-Molina, T. Brandsma, M. Brunetti, M. Dienst, P. Domonkos, A. Gilabert, J. Lindén, E. Milewska, O. Nordli, M. Prohom, J. Rennie, P. Stepanek, B. Trewin, L. Vincent, K. Willett and M. Wolff, 2016. A Global Database with Parallel Measurements to Study Non-climatic Changes. European Geosciences Union General Assembly held at Vienna, Austria, 17–22 April 2016.
- Vincent, L.A., E.J. Milewska, R. Hopkinson and L. Malone, 2009: Bias in minimum temperature introduced by a redefinition of the climatological day at the Canadian synoptic stations. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48:2160–2168, doi:10.1175/2009JAMC2191.1.
- Vincent, L.A., E.J. Milewska, X.L. Wang and M.M. Hartwell, 2017: Uncertainty in homogenized daily temperatures and derived indices of extremes illustrated using parallel observations in Canada. *International Journal of Climatology*, doi:10.1002/joc.5203.
- Vincent, L.A., X. Zhang, B.R. Bonsal and W.D. Hogg, 2002: Homogenization of daily temperatures over Canada. *Journal of Climate*, 15:1322–1334.
- Vuerich, E., C. Monesi, L.G. Lanza, L. Stagi and E. Lanzinger, 2009: WMO Field Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges (WMO/TD-No. 1504). Geneva, World Meteorological Organization.
- Wendland, W.M. and W. Armstrong, 1993: Comparison of maximum-minimum resistance and liquid-in-glass thermometer records. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 10:233–237.
- Wolff, M.A., K. Iskasen, K. Ødemark, R. Brækken and A. Petersen-Øverleir, 2014: How Much Snow is not being Measured? WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation held at St. Petersburg, Russian Federation, 7–9 July 2014.
- World Meteorological Organization, 2003: Guidelines on Climate Metadata and Homogenization (WMO/TD-No. 1186). Geneva.
- , 2007: Guidelines for Managing Changes in Climate Observation Programmes (WMO/TD-No. 1378). Geneva.
- , 2010. CIMO Survey on National Summaries of Methods and Instruments for Solid Precipitation Measurement at Automatic Weather Stations (WMO/TD-No. 1544). Geneva.
- , 2011: Guide to Climatological Practices (WMO-No. 100). Geneva.
- , 2014. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8). Geneva.
- Zhang, X., F.W. Zwiers and G. Hegerl, 2009: The influences of data precision on the calculation of temperature percentile indices. *International Journal of Climatology*, 29:321–327.

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

### **Strategic Communications Office**

Tel.: +41 (0) 22 730 87 40/83 14 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Email: [communications@wmo.int](mailto:communications@wmo.int)

[public.wmo.int](http://public.wmo.int)