|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| الطقس المناخ الماء | A picture containing text, clipart, ceramic ware, porcelain  Description automatically generated**المنظمة العالمية للأرصاد الجوية**  **لجنة خدمات وتطبيقات الطقس والمناخ والماء والخدمات والتطبيقات البيئية ذات الصلة**  الدورة الثانية 17-21 تشرين الأول/ أكتوبر 2022، جنيف | **SERCOM-2/INF. 6.2(5)** |
| وثيقة مقدمة من: رئيس اللجنة الدائمة (SC-MINT)  13.X.2022 |

*[تُرجمت هذه الوثيقة باستخدام تقنية الترجمة الآلية لتيسير اطلاعكم عليها ولكن لم تُحرر. ولا يُقدم أي ضمان من أي نوع، سواء كان صريحاً أو ضمنياً، بشأن دقتها أو موثوقيتها أو صحتها. وأي تناقضات أو اختلافات قد تكون حدثت عند ترجمة محتوى الوثيقة الأصلية إلى العربية ليست ملزمة وليس لها أي أثر قانوني للامتثال أو الإنفاذ أو أي غرض آخر. وقد لا تُترجم بعض المحتويات (مثل الصور) بسبب القيود التقنية للنظام. وإذا طُرحت أي أسئلة تتعلق بدقة المعلومات الواردة في الوثيقة المترجمة، فيرجى الرجوع إلى النسخة الإنكليزية الأصلية التي هي النسخة الرسمية من الوثيقة.]*

## *المراجع الإشعاعية*

## *تقرير من فرقة الخبراء التابعة فرقة الخبراء التابعة فرقة العمل المعنية بمراجع الإشعاع (SC-MINT)*

## *توصيات بشأن الشروط التي يجب الوفاء بها من أجل تغيير المراجع المتعلقة بالإشعاع الشمسي والأرضي*

### ملخص تنفيذي

تقترح مراجع أولية جديدة للأشعة الشمسية والأشعة الأرضية (الأشعة تحت الحمراء). وفي كلتا الحالتين، من شأنهما أن يؤديا إلى تحسين إمكانية الإ تتبع النظام الدولي للوحدات (SI) وإلى تقليل عدم اليقين. ومع ذلك، في كلتا الحالتين أيضا، فإنها ستسفر عن تغييرات في نطاق حجم عدم اليقين في المراجع الحالية. ويكون تغير النطاق صغيرا نسبيا بالنسبة للأشعة الشمسية، ولكن بالنسبة للإشعاع الأرضي، يكون حجم تغير النطاق نتيجة لذلك.

والتوصية الرئيسية ل ET-RR هي المضي قدما في إدخال المراجع الجديدة للإشعاع الشمسي والأرضي التي توفر شروطا معينة. وفيما يتعلق بالإشعاع الشمسي، ينبغي (1) توصيف المرجع الأولي الجديد المقترح لقياس الإشعاع الشمسي، ونشر ميزانية عدم اليقين الخاصة به في مطبوع يستعرضه النظراء؛ (2) (2) يجب مقارنته ثنائيا بمقياس إشعاعي آخر من أحد NMI مع CMC للحساسية الطيفية؛ (3) يستمر تشغيل مجموعة من مقاييس الإشعاع المجوفة لدرجة الحرارة المحيطة كمعيار انتقال رئيسي؛ (4) تتوفر إجراءات لتصحيح البيانات التي يمكن إرجاعها إلى المرجع الحالي لمواءمتها مع المقياس المرجعي الجديد. وفيما يتعلق بالإشعاع الأرضي، هي أن (1) المرجع (المراجع) الجديدة يجب أن تكون لها إمكانية تتبع واضحة وفقا للنظام الدولي للوحدات (SI)، (يحددها مثلا مركز للأرصاد الجوية (CMC))، ويجب توثيقها في المؤلفات العلمية التي لها ميزانية عدم يقين؛ (2) يستمر تشغيل مجموعة من البيرجيومترات المرجعية كمعيار رئيسي للنقل؛ (3) تتوفر إجراءات لتصحيح بيانات القياس التي يمكن إرجاعها إلى المرجع الحالي لمواءمتها مع المقياس المرجعي الجديد؛ (4) البيانات الخام الخاصة بمقياس الرطوبة المباشر لمحطات BSRN مسجلة في الأرشيف الرئيسي للجنة (BSRN).

### １. الإشعاع الشمسي

إمكانية أن يكون مرجعا جديدا للإشعاع الشمسي

وتهدف الإشارة المقترحة الجديدة للإشعاع الشمسي (CSAR/MITRA) إلى أداة تتميز بخصائصها الكاملة وتتيح حساب الإشعاع المرتبط بإشعاع الوحدات الدولي من فهم فيزياء الأداة. واتبع نفس النهج فيما يتعلق بالأدوات التي تشكل المجموعة المعيارية العالمية (WSG) التي تحدد حاليا المرجع العالمي لقياس الأشعة (WRR)، ولكن برنامج (CSAR/MITRA) يتضمن تحسينات تكنولوجية كبيرة وانخفاضا كبيرا في عدم اليقين. وفيما يتعلق بمقاييس الإشعاع المجوفة لدرجة الحرارة المحيطة المكونة للفريق العامل المعني بالمقياس المعياري للحرارة، يتمثل التقدم الكبير مع محطة CSAR/MITRA في إنشاء مقياس إشعاع تجويف ثلجي يمكن استخدامه خارج المختبر. وقياس إشعاع تجويف الجليد هي تكنولوجيا ناضجة توفر مراجع مرتبطة بإستراتيحية الوحدات الدولية في المختبر، وتعرف رسميا على أنها معيار أولي للاختيار في أداة قياس الإشعاع في بعثة اللجنة الاستشارية لقياس الإشعاع والقياس الإشعاعي التابعة للجنة علوم الغلاف الجوي (CIPM)، 2021). وتتيح الترا تقييم وتحديد أوجه عدم التيقن المرتبطة بإرسال النوافذ، اللازمة للتشغيل الجليدي. وتشير المقارنات بين الحد من مخاطر الكوارث (WRR) الحالي والمقارنة (CSAR) إلى أن الحد من مخاطر الكوارث (WRR) أعلى بنسبة 0.3 في المائة تقريبا من المقياس الدولي للوحدات (SI). وهذه تتسق مع المقارنات السابقة لقوة الإشعاع بين مقاييس الإشعاع الجليدي والأشعة WRR وكذلك مع القياسات الأخيرة من الأدوات المستخدمة في الفضاء.

المشاكل/ القيود المعروفة المرتبطة بالمرجع الجديد المحتمل لقياس الإشعاع الشمسي؛

يقترح جهاز واحد فقط كمرجع جديد للإشعاع الشمسي، الذي ينطوي على خطر متأصل. ومن المستصوب أولا توافر أداة ثانية ذات نفس التصميم (CSAR) لضمان توافر المرجع الأساسي في حالة التعطل. ثانيا، من المستصوب أيضا أن يكون جهاز واحد (أو أكثر) لتصميم مختلف متاحا لتأكيد قياس أداة قياس إشعاع الشمس المباشر للمطار (CSAR)/ التنبؤات المتوسطة الأحوال الجوية (MITRA) نظرا لأن الممارسة الجيدة في مجال الأرصاد الجوية هي أن يكون هناك أكثر من تطبيق مستقل واحد للرجوع إليها. ومن أجل تقديم منفعة حقيقية، ينبغي أن يكون هذا الإعمال الآخر مستقلا تماما وأن يكون عدم اليقين المماثل مع تعريف واضح لعناصر الإعمال التي اختبرت. والتكنولوجيا الوحيدة القادرة حاليا على توفير مرجع للإشعاع الشمسي مع عدم يقين مماثل لأوجه عدم التيقن التي تشوه أشعة الشمس وأشعة الشمس المتوسطة الأشعة فوق البنفسجية (CSAR/MITRA) هي قياس الإشعاع التجويفي الجليدي، الذي توجد له اختلافات محدودة عملية ولها تأثير حقيقي على عدم اليقين. ويتوقع أن تكون الأولى من حيث الارسالية النافذة والمنطقة ذات الفتحة التي تؤثر على الحيود والتشتت. غير أن هذه التطورات تنطوي على مشاريع متعددة السنوات لتوصيف المراجع الجديدة للإشعاع الشمسي توصيفا تاما وتحديد أوجه عدم اليقين الخاصة بها. وهذا التأخر الطويل غير مقبول في ضوء الحاجة المثبتة لتحديث المرجع الإشعاعي الشمسي. وبالنظر إلى النضج التكنولوجي في تطوير مقاييس إشعاع تجويف مجوفة مبردة قادرة على الميدان، ترى فرقة الخبراء المعنية بالاشعاع الراديوي (ET-RR) أن خطر الشروع في التغير المرجعي للإشعاع الشمسي مقبول دون انتظار استكمال هذه المشاريع. وإضافة إلى ذلك، فإن مجموعة مقاييس الإشعاع المجوفة لدرجة الحرارة المحيطة المستخدمة كمعيار للنقل ستوفر دعما احتياطيا مؤقتا في حالة فشل المرجع الرئيسي.

ومن المستصوب استمرار مجموعة من مقاييس الإشعاع المجوف المحيط (على غرار المجموعة المعيارية العالمية الحالية) لتوفير معيار تشغيلي رئيسي للنقل بين مقاييس الإشعاع الشمسي المرجعية الجديدة ومقاييس الإشعاع الميدانية المقترحة. ومع ذلك، شهدت بعض مقاييس الإشعاع المكونة للفريق العامل (WSG) إخفاقات فنية في السنوات الأخيرة، ارتبطت بها العقود التي كان معظم هذه الأدوات فيها قيد التشغيل. وإذا لم تؤخذ في الاعتبار سوى مقاييس الإشعاع التابعة للفريق العامل المعني بمقياس الطيف الراديوي (WSG) التي لم تكتشف فيها أي مشكلة/ فشل في السنوات الأخيرة، فإن الشرط الحالي بشأن عدد مقاييس الإشعاع المكونة للفريق العامل لم يعد مستوفى. وإلى جانب الصيانة التي أجريت بالفعل لمقاييس الإشعاع التي تشكل حاليا النظام العالمي للأشعة، ينبغي اختيار مقاييس إشعاع تجويف درجة الحرارة المحيطة الجديدة لإدراجها في الفريق العامل؛ واختيار هذه الأجهزة التي تركز على الاستقرار وقابلية الاستنساخ لأن إمكانية تتبعها ستستمد من المرجع الجديد لقياس الإشعاع الشمسي. وينبغي أن تتيح هذه المجموعة من مقاييس الإشعاع أيضا الكشف عن أي حالات شاذة غير متوقعة في أداء النظام الأساسي ومن ثم تكون نسخة احتياطية وسيطة حتى تتوافر أداة ثانية ذات قدرات مماثلة لقدرات المركز CSAR/MITRA.

والتحول في نطاق 0.3 في المائة المتوقع أن يحدث نتيجة لإدخال المرجع الجديد للإشعاع الشمسي قد يكون له تأثير لا يستهان به على البحوث المناخية لأنه ينبغي أن ينطبق على جميع قياسات الإشعاع بصورة موحدة. وينبغي أن تشرك لجنة البنية التحتية التابعة للمنظمة (WMO)/ لجنة البنية التحتية (INFCOM) أوساط هذه اللجنة (BSRN) في تقييم إمكانية مواءمة السلاسل الزمنية التاريخية للإشعاع الشمسي من قواعد البيانات الأكثر أهمية بالنسبة للبحوث المناخية (BSRN، GEBA). وينبغي إجراء هذه المناقشات في اجتماع اللجنة (BSRN) لعام 2022. وينبغي أن يكيف المواءمة بين البيانات التي يمكن إرجاعها إلى المرجع الذي قدمه الفريق العامل الحالي للمقياس ذي الصلة بالمرجع الجديد المقدم. وينبغي أن تصدر بعد هذا التقييم توصية نهائية تتعلق بهذا المواءمة.

التوصيات

وتدرك فرقة الخبراء المعنية بمراجع الإشعاع (ET-RR) ما يلي:

 وتطوير مقياس الإشعاع CSAR/MITRA ناضج بما فيه الكفاية لإدخاله كمرجع جديد للإشعاع الشمسي يوفر إمكانية تتبع قياسات الإشعاع الشمسي إلى النظام الدولي للوحدات (SI) مع انخفاض عدم اليقين (من حوالي 0.3 في المائة إلى حوالي 0.01 في المائة، و والتر وآخرون، 2017؛ وينكلر، 2013)، مما أدى إلى تحسين دقة قياس القيمة المطلقة للأشعة الشمسية،

 وفهم التكنولوجيا اللازمة لتطوير نظام قياس إشعاع إشعاعي إشعاعي على مستوى المنطقة القطبية الدولية (CSAR)/ قياس إشعاع الأشعة الصغرية (MITRA) كاف للسماح بإعادة إنتاج أدوات أخرى من نفس نموذج قياس الإشعاع مع أداء مماثل؛

 ولا يسمح تعقيد تشغيل مقاييس الإشعاع المجوفة الجليدية مثل CSAR/MITRA بتشغيلها بشكل روتيني، ولذا فهو يتطلب الاستخدام المستمر لمجموعة من مقاييس الإشعاع المجوفة لدرجة الحرارة المحيطة (على غرار المجموعة المعيارية العالمية الحالية) كمعيار انتقال رئيسي؛

 وإدخال مرجع جديد للإشعاع الشمسي يستند إلى نظام الإشعاع الشمسي CSAR/MITRA ومقاييس الإشعاع التجويفية الجليدية الأخرى المحتملة من شأنه أن يحدث تحولا في النطاق يبلغ حوالي 0.3 في المائة (مقياس جديد أقل من التيار)؛

 التحسين المحتمل للمرجع الإشعاعي الشمسي الذي سيقدم بإدخال التقرير CSAR/MITRA حيث تم توثيق قاعدة بيانات WRR الجديدة منذ عدة سنوات (والتر وآخرون، 2017؛ وينكلر، 2013)

 تدعو الأطراف المعنية التجارية في قياسات الإشعاع الشمسي (لا سيما في قطاع الطاقة الشمسية) إلى الإسراع بتطبيق هذا المرجع الجديد للإشعاع الشمسي؛

ولذا، توصي فرقة الخبراء المعنية بالاشعاع الشمسي والأشعة الشمسية (ET-RR) اللجنة (INFCOM) بإدخال مرجع جديد للإشعاع الشمسي استنادا إلى نواتج تشكلها محطة CSAR/MITRA، وربما مقاييس إشعاع تجويف ثلجية أخرى، بأسرع ما يمكن شريطة استيفاء الشروط الأربعة التالية:

(１) ويجب تحديد خصائص الأداة المرجعية الجديدة المقترحة ونشر ميزانية عدم اليقين الخاصة بها، ويفضل أن يكون ذلك في مطبوع يستعرضه النظراء لتوضيح أدائه التشغيلي.

(２) ويجب مقارنة الأداة المرجعية الجديدة المقترحة لقياس الإشعاع الشمسي بشكل ثنائي بمقياس إشعاعي آخر من معهد وطني للأرصاد الجوية مع مركز للأرصاد الجوية (CMC) للحساسية الطيفية ونشر نتائج المقارنة.

(３) يجب الاستمرار في تشغيل مجموعة معيارية من مقاييس الإشعاع المجوفة المحيطة (مماثلة لمجموعة المعايير العالمية الحالية (WSG)) كمعيار انتقال رئيسي.

(４) ويجب أن تكون الإجراءات متاحة لتصحيح بيانات القياس التي يمكن إرجاعها إلى الRR الحالية من أجل تنسيق[[1]](#footnote-2) سلاسل البيانات التاريخية إلى النطاق المرجعي الجديد، لا سيما فيما يتعلق بالسلاسل الزمنية المناخية الرئيسية.

دون الإخلال بتغيير الإشعاع الشمسي المرجعي، توصي فرقة الخبراء المعنية بالاشعاع الشمسي (ET-RR) أيضا بأن تحث لجنة البنية التحتية (INFCOM) التابعة للمنظمة (WMO) المرافق الوطنية للأرصاد الجوية (NMIs) ومراكز الإشعاع ودوائر البحوث على ما يلي

 تطوير إدراكات مستقلة أخرى لمرجع الإشعاع الشمسي تتيح تحديد الأشعة الشمسية في الميدان بدقة مماثلة أو أفضل من CSAR/MITRA (انظر الفقرة الأولى في القسم "المسائل المعروفة" أعلاه)؛

 تحقيق أداة ثانية من نفس تصميم النموذج الذي يصممه المركز CSAR/MITRA للتخفيف من المخاطر المرتبطة بالفشل الفني للأداة (انظر الفقرة الأولى في القسم "المسائل المعروفة" أعلاه)؛

 مواصلة البحوث بشأن نظام بحوث إدارة نظم الرصد والتنبؤ (CSAR/MITRA) من أجل مواصلة تحسين دقتها وموثوقيتها، مثلا من خلال إدراج تصحيح الانحراف التكيفي، والنوافذ القابلة للاستبدال في نظامي CSAR و MITRA وإدراج جهاز استشعار التيار الداكن؛

توصي فرقة الخبراء المعنية بالاحترار الراديوي (ET-RR) بأن تحث لجنة البنية التحتية (INFCOM) التابعة للمنظمة (WMO) المركز العالمي لقياس الإشعاع على ما يلي

 بذل قصاراها للتمكين من إعداد عملية ثانية للجنة (CSAR)/ إدارة المعلومات (MITRA)، بما في ذلك ربما من خلال التعاون مع/ نقل التكنولوجيا إلى مؤسسات أخرى؛

 يضمن الحفاظ على مجموعة من مقاييس الإشعاع المجوفة لدرجة الحرارة المحيطة (على غرار المجموعة المعيارية العالمية الحالية) للسماح باستمرارها كمعيار تشغيلي رئيسي للنقل (يستوفي الشرط الرئيسي 2 أعلاه)؛

 إدارة عملية إدراج مقاييس الإشعاع الجديدة المتجاوئة لدرجة الحرارة المحيطة في الفريق العامل (WSG) المستمر (بما في ذلك تعريف عملية إدراج أدوات جديدة في الفريق العامل (WSG) المستمر فضلا عن تحديد متطلبات عدم اليقين والاستقرار)؛

وأخيرا توصي فرقة الخبراء المعنية بالرائحة (ET-RR) بأن تقوم اللجنة (INFCOM) بما يلي:

 تعد وتنشر وثيقة قصيرة تشرح طبيعة التغير المرجعي للإشعاع الشمسي، وتحول النطاق المقابل وعواقبه، وكذلك مبادئ توجيهية بشأن ضرورة وطريقة تصحيح البيانات الميدانية المقيسة بأدوات يمكن إرجاعها إلى المرجع الحالي، وتدعو إلى إدراج هذه الوثيقة مع شهادات المعايرة التي يمكن إرجاعها إلى المرجع الجديد.

متطلبات أخرى

وبعد تغيير المرجع الخاص بالإشعاع الشمسي (تحديث المرجع)، توصي فرقة الخبراء المعنية بالاشعاع الشمسي (ET-RR) بأنه موصوف في شهادات المعايرة التي يمكن إرجاعها إلى المرجع الجديد، بما في ذلك وصف لكيفية مقارنة الشهادات التي يمكن تتبعها بالمرجع السابق بالشهادات التي يمكن إرجاعها إلى المرجع الجديد (انظر النقطة الأخيرة في القسم "توصيات" أعلاه).

### ２. الإشعاع الأرضي

إمكانية أن يكون مرجعا جديدا للإشعاع الأرضي

والنهج المتبع فيما يتعلق بالمرجع المقترح الجديد هو في المقام الأول تطوير طريقة تسمح بربط مقاييس الإشعاع الجديدة بالأشعة تحت الحمراء (مثل نظام إعادة بث بيانات الأشعة تحت الحمراء (IRIS)، والبرنامج (ACP)) بإطار الوحدات الدولي (SI). ومقاييس الأشعة تحت الحمراء الجديدة هذه تستهدف بصفة رئيسية تصميم بدون نوافذ ذي استجابة طيفية موحدة للإقلال إلى أدنى حد من أخطاء التناظر الطيفي المرتبطة بمحول المعايرة باستخدام مصدر الكتلة السوداء لقياسات طيف الموجات الطويلة في الغلاف الجوي. وتتميز مقاييس الإشعاع هذه عادة بالأجسام السوداء في مراكز معايرة الإشعاع (PMOD/WRC, blackbody BB2007). وقد وفرت المقارنات الثنائية التي أجريت مؤخرا في مشروعي EMPIR METEOC 3 و4 الخاصين بالمقياس BB2007 والهيئة السوداء لمعهد وطني للأرصاد الجوية (PTB) المرتبط بمقياس درجة حرارة الإشعاع وفقا للنظام الدولي للوحدات (SI) باستخدام أدوات مختلفة (IRIS، وpyrgeometer، ومقياس حرارة الإشعاع المخصص) مسارا مستقلا لتتبع BB2007 وتحققت من إمكانية تتبعه.

قضايا/ حدود معروفة مرتبطة بالمرجع الجديد المحتمل لقياس الإشعاع الأرضي

ومن المتوقع حدوث تحول في نطاق له عواقب هامة محتملة على تحليل اتجاه الإشعاعية الأرضية وبوجه أعم على البحوث المناخية في حالة اعتماد المرجع الجديد المقترح للإشعاع الأرضي إذا لم ينفذ التغيير بعناية[[2]](#footnote-3). والأثر الدقيق على القياسات لم يحدد بدقة لأنه يعتمد على علم المناخ (وخاصة مناخيات السحب، انظر الفقرة التالية) من موقع القياس. وعلى الرغم من أن هذا التحول يقدر أن يكون ضمن عدم يقين الإشعاعية الأرضية كما حدد أثناء اجتماع تيدنغتون (17-15 تشرين الثاني/ نوفمبر 2017) لفرقة العمل المعنية بالمراجع الإشعاعية، فإن العواقب هي أن التوصيات ينبغي أن تتناول هذه المسألة. وينبغي أن تتيح هذه التوصيات التخفيف من الآثار السلبية للتحول على النطاق. وينبغي أن تستند هذه الإرشادات إلى المعلومات التالية:

 نتائج مشروع ExTrac بقيادة مرصد المقاييس PMOD/ المركز العالمي لقياس الإشعاع (PMOD/WRC) الذي يستهدف ما يلي: '1' تحسين تقدير أثر التغير المرجعي للإشعاع الأرضي المقترح على قياسات البيرجيومترات؛ '2' تطوير أساليب لمواءمة السلاسل الزمنية لإشعاعية الأرض التاريخية؛

 توصيات من اجتماع الشبكة (BSRN) لعام 2022 (انظر الفقرة التالية)

تعتمد نتيجة انتقال المقياس على القياسات على خصائص السحب، وخاصة كمية تغطية السحب، والعوامل المحتملة مثل كمية بخار الماء المتكامل في الغلاف الجوي. ونتيجة لذلك، من الصعب تحديد مدى تأثير التحول النطاقي على بيانات الإشعاعية الأرضية المقيسة برجيومترات تجارية. وبالمثل، فإن أساليب تنسيق السلاسل الزمنية التاريخية للنطاق المرجعي الجديد ليست راسخة، حتى الآن. تستند غالبا البحوث المناخية المتعلقة بالاشعاع الأرضي إلى سلسلة بيانات BSRN. ومن ثم، ستكون عملية إعادة معالجة مركزية بواسطة أرشيف BSRN باستخدام طريقة موحدة لإعادة المعالجة هي الطريقة المثلى. وينبغي أن يناقش الاجتماع الذي عقد في عام 2022 بشأن إمكانية تنسيق الإشعاع الأرضي التاريخي للنطاق BSRN وأفضل طريقة له (للنطاق المرجعي الجديد). وبعد ذلك، ينبغي وضع توصيات نهائية بين المنظمة (WMO) وللجنة البنية التحتية (INFCOM) بشأن تنسيق بيانات الإشعاع الأرضي التاريخية في قاعدة بيانات الشبكة BSRN.

ومن المرجح أن يكون تنسيق البيانات التاريخية مهمة مستغرقة للوقت لا يمكن أن تبدأ إلا بعد إجراء التغيير المرجعي للإشعاع الأرضي. ومن المهم أن تحدد عملية هذا المشروع في أسرع وقت ممكن.

التوصيات

وتسلم فرقة الخبراء المعنية بالمراجع المتعلقة بالإشعاع بما يلي:

 تقيس مقاييس الأشعة تحت الحمراء IRIS، التي أعدها مرصد الأوضاع المرصد (PMOD)/ المركز العالمي لقياس الإشعاع (WRC)، الإشعاعية الطويلة الموجة مع زيادة عدم اليقين بشأن ±2 Wm-2 (Gröbner، 2012). وترتبط هذه الوحدات بإرجاعها إلى النظام الدولي للوحدات (SI) عن طريق توصيف الكتلة السوداء باستخدام كل من الكتلة السوداء الرئيسية لقسم قياس الأشعة تحت الحمراء في المركز العالمي لقياس الإشعاع PTB وللجسم الأسود النصف كروي، وتتيح هذه الأخيرة ربطا مباشرا بمقياس درجة حرارة الإشعاع PTB. وهذه المنهجية ناضجة بما فيه الكفاية لإدراجها كمرجع جديد للإشعاع الأرضي.

 ويتيح مقياس التجويف المطلق (ACP) الذي أعده NREL تحديد إشعاعية الموجات الطويلة في الغلاف الجوي مع عدم يقين حول ±4 Wm-2 (U95) مع إمكانية التتبع إلى النظام الدولي للوحدات (Reda et al., 2012). وتشير Reda وآخرون (2012) إلى أن الفريق (ACP) يوفر مرجعا مطلقا لمعايرة البيرجيومترات بدون الحاجة إلى توصيف الفريق (ACP) داخل الكتلة السوداء، ويوفر طريقة مستقلة لقابلية التتبع وفقا للنظام الدولي للوحدات (SI).

 وتتطلب مقاييس الأشعة تحت الحمراء الجديدة ذات الاتساق الطيفي (IRIS و ACP) ظروفا محددة ورصدا دقيقا أثناء التشغيل لأنها بدون نوافذ. ولذلك، فإن الاستخدام المستمر لمجموعة من البيرجيومترات المرجعية (على غرار المجموعة المعيارية العالمية الحالية للأشعة تحت الحمراء) مطلوب كمعيار رئيسي لنقل عمليات المعايرة التشغيلية.

 ومن شأن إدخال مرجع جديد للإشعاع الأرضي استنادا إلى المنهجيات الموصوفة أعلاه أن يحدث تحولا في نطاق قدره +5 Wm-2 تقريبا (مع زيادة عدم اليقين في المقياس الجديد البالغ حوالي 2 Wm-2) لأحوال السماء الصافية (مقياس إشعاعي جديد أعلى من الحالي)، ينخفض إلى صفر Wm-2 للأحوال الملبدة، (انظر القسم "المسائل المعروفة" أعلاه).

ولذا توصي فرقة الخبراء المعنية بالاشعاعات الراديوية (ET-RR) اللجنة (INFCOM) بإدخال مرجع جديد للإشعاع الأرضي استنادا إلى نظام المعلومات (IRIS) (المرتبط بإستراتيب الوحدات الدولية (SI) عن طريق توصيف الكتلة السوداء) والبرنامج (ACP) بأسرع ما يمكن بشرط استيفاء الشروط الأربعة التالية:

(１) ويجب أن يكون المرجع (المراجع) الجديد لديه إمكانية تتبع مثبتة وفقا النظام الدولي للوحدات (SI)، تنشأ على سبيل المثال من خلال قدرات معتمدة للمعايرة والقياس (CMC)، ويجب توثيقها في المؤلفات العلمية ذات الأداء المميز بميزانية عدم اليقين. وفي حالة أهلية أكثر من مرجع جديد، يجب أن توافق المراجع الجديدة في حدود أوجه عدم التيقن المعلنة بشأنها في المقارنات الدولية.

(２) يجب الاستمرار في تشغيل مجموعة معيارية من البيرجيومترات المرجعية (على غرار المجموعة المعيارية العالمية الحالية للأشعة تحت الحمراء (WISG)) كمعيار نقل رئيسي مع معايرة محدثة فيما يتعلق بالمراجع الجديدة التي تتبع أحدث أساليب القياس.

(３) ويجب أن تكون الإجراءات متاحة لتصحيح بيانات القياس التي يمكن إرجاعها إلى المجموعة (WISG) الحالية لمواءمتها مع النطاق المرجعي الجديد، لا سيما فيما يتعلق بالسلاسل الزمنية المناخية الرئيسية.

(４) وينبغي أن تجعل الشبكة BSRN إلزامية تسجيل البيانات الخام لمقياس إشعاع إشعاعي (إشارة صافية بالأشعة تحت الحمراء في فولت ودرجة حرارة) باستخدام السجل المنطقي المحدد حديثا LR4000 وينبغي أن تبحث الشبكة BSRN في عدد المحطات القادرة على توفير هذا السجل للبيانات التاريخية.

وتوصي فرقة الخبراء المعنية بالاشعاعات الأرضية (ET-RR) كذلك بأن تحث لجنة البنية التحتية (INFCOM) التابعة للمنظمة (WMO) المرافق الوطنية للأرصاد الجوية (NMIs) ومراكز الإشعاع ودوائر البحوث على ما يلي:

 مواصلة تحسين ووصف فهم الإعمالين المقترحين للمرجع الأرضي. ويجب نشر المعارف المكتسبة في العقد الذي انقضى منذ إعداد نظام المعلومات (IRIS) والبرنامج (ACP) كمساهمات في المجلات التي يراجعها النظراء، ويفضل أن يكون ذلك في مجال علم القياس، ولاسيما فيما يتعلق بتحسين فهم دقة هذه الأدوات وإمكانية تتبعها وفقا لنظام الوحدات (SI). وبينما تتسق الاستراتيجية (IRIS) والفريق (ACP) في إطار أوجه عدم التيقن المعلنة، ينبغي أن تجري الأوساط المعنية مزيدا من البحوث من أجل الحد من أوجه عدم اليقين هذه ولتصيف الاختلافات بين المراجع على نحو أفضل.

 إجراء مزيد من البحوث لفهم التباينات المرصودة بين أجهزة قياس الرطوبة المختلفة (حتى من نفس النوع) أثناء أحوال الغلاف الجوي الجافة جدا (بخار الماء المتكامل أقل من 10 مم تقريبا).

توصي فرقة الخبراء المعنية بالاحترار الراديوي (ET-RR) بأن تحث اللجنة (INFCOM) المركز العالمي لقياس الإشعاع على ما يلي

 ضمان الحفاظ على المجموعة المعيارية العالمية الحالية للنظام WISG مما يسمح باستمرارها كمعيار تشغيلي رئيسي للنقل (استيفاء الشرط 1 أعلاه).

 يدير عملية إدراج البيرجيومترات الإضافية في النظام WISG لضمان أنه يتضمن دائما عددا كافيا من البيرجيومترات حتى إذا فشلت البيرجيومترات القديمة في النظام WISG. وينبغي النظر في إدراج نماذج أخرى غير تلك الموجودة بالفعل في النظام WISG في النظام WISG.

وأخيرا توصي فرقة الخبراء المعنية بالرائحة (ET-RR) بأن تقوم اللجنة (INFCOM) بما يلي:

 يتعاون مع شبكة الإشعاع السطحي (BSRN) لتيسير الجهود التي تقودها هذه الشبكات (BSRN) لمواءمة سجلها الإشعاعي الأرضي، لا سيما لضمان *توافر موارد كافية* لمثل هذه الجهود في المركز العالمي لمراقبة الإشعاع (WRMC) التابع للجنة (BSRN) ومراكز قواعد البيانات الدولية الأخرى؛

 تعد وتنشر وثيقة قصيرة تشرح طبيعة التغير المرجعي للإشعاع الأرضي، وتحولة النطاق المقابلة وعواقبه، فضلا عن مبادئ توجيهية بشأن ضرورة وطريقة تصحيح البيانات الميدانية المقيسة بأدوات يمكن إرجاعها إلى المرجع الحالي، ويؤيد إدراج هذه الوثيقة مع شهادات المعايرة التي يمكن إرجاعها إلى المرجع الجديد؛

متطلبات أخرى

وبعد تغيير المرجع المتعلق بالإشعاع الأرضي (تحديث المرجع)، توصي فرقة الخبراء المعنية بالاشعاعات الراديوية (ET-RR) بأنه موصوف في شهادات المعايرة يمكن إرجاعها إلى المرجع الجديد، بما في ذلك وصف لكيفية مقارنة الشهادات التي يمكن تتبعها بالمرجع السابق بالشهادات التي يمكن إرجاعها إلى المرجع الجديد (انظر النقطة الأخيرة في القسم "توصيات" أعلاه).

مراجع

اللجنة الاستشارية للقياس الضوئي والقياس الإشعاعي (2021). التذييل 2: Mise en pratique لتعريف الكانديلة والوحدات المشتقة المرتبطة بها لكميات القياسات الضوئية والإشعاعية في نظام الوحدات الدولي (ص 5). في لو Système الدولية d'unités/ النظام الدولي للوحدات ('كتيب النظام الدولي للوحدات'). بافيلون دي بريتويل، سافر، فرنسا: المكتب الدولي لحيازات الطائرات الصغيرة والمتوسطة. متاح على <https://www.bipm.org/documents/20126/41489685/SI-App2-candela.pdf> (الوصول إلى 25.02.2022).

و Gröbner, J. (2012). مقياس إشعاع معياري لنقل قياسات الإشعاعية الطويلة الموجة في الغلاف الجوي. *الأرصاد الجوية*. **49**:2, S105-S111, doi:[10.1088/0026-1394/49/2/s105](https://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/49/2/s105).

Kato, S., F. G. Rose, D. A. Rutan, T. J. Thorsen, N. G. Loeb, D. R. Doelling, X. Huang, W. L. Smith, W. Su, S.-H. هام، 2018: إشعاعية السطح من الطبعة 4.0 للسحب ونظام الطاقة الإشعاعية للأرض (CERES) ناتج بيانات متوازن وحافل (EBAF)، *J. Climate*، **31**، 4501-4527 doi:[10.1175/JCLI-D-17-0523.1](https://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0523.1).

Reda, I., J. Jinan, Z. Scheuch, L. Hanssen, B. Wilthan, D. Myers and T. Stoffel (2012). البيرجيومتر تجويف مطلق لقياس الإشعاعية الطويلة الموجة المطلقة في الهواء الطلق مع إمكانية التتبع إلى النظام الدولي للوحدات، نظام الوحدات الدولي. *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* **77**, 132-143, doi:[10.1016/j.jastp.2011.12.011](https://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2011.12.011).

و والتر، وB.، وينكلر، وR، وجربر، وF.، وفينسترل، وثعلب، وثعلب، وN.، وN. Li، وV.، وشموتتز، W. (2017). قياسات الإشعاع الشمسي المباشر مع مقياس إشعاعي شمسي مطلق Cryogenic، وقائع مؤتمر برنامج التواصل مع المستخدمين (AIP) 1810، 080007، doi:[10.1063/1.4975538](https://dx.doi.org/10.1063/1.4975538).

Wild, M., 2020: توازن الطاقة العالمي الممثل في النماذج المناخية للنماذج المناخية CMIP6. *Clim. Dyn.*، **55**، 553-577، doi: [10.1007/s00382-020-05282-7](https://dx.doi.org/10.1007/s00382-020-05282-7).

وينكلر، R. (2013). مقياس الإشعاع الشمسي المطلق Cryogenic Solar Absolute، وهو معيار محتمل لإشعاعية الشمس من النظام الدولي للوحدات (SI). أطروحة الدكتوراه، جامعة كوليدج لندن، المملكة المتحدة.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. ويستخدم المواءمة بدلا من التجانس للتمييز بين عملية تطبيق التصويبات على البيانات التاريخية للتعويض عن التغيرات في النطاق الناتجة عن تغيرات مرجعية عن عملية جعل سلاسل البيانات متجانسة من خلال وسائل مختلفة (مثل التجانس الإحصائي). [↑](#footnote-ref-2)
2. واستعرض Wild (2020) تمثيل توازن الطاقة في أحدث جيل من النماذج المناخية (CMIP6) المستخدم في تقرير تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). وفي الجيل السادس من النماذج المناخية المتقارنة (CMIP6)، يوافق المتوسط العالمي المتعدد النماذج للإشعاع الطويل الموجة الهابط على أفضل تقدير مرجعي للرصد (BSRN). وبالنسبة لأحوال السماء كلها، يبلغ المتوسط المتعدد نماذج CMIP6 الآن 2 Wm-2 أعلى من أفضل تقدير يستدل عليه من بيانات BSRN، و4 Wm-2 أعلى في ظل ظروف السماء الصافية (الشكلان 5 و13، Wild، 2020). كما أن المتوسط الأمثل للنماذج المناخية المتقارنة السادسة (CMIP6) أعلى أيضا، ويتفق بشكل أفضل مع الرصدات، مقارنة بمتوسط النموذج CMIP5 المتعدد النماذج من الجيل السابق (من خلال 4 Wm-2 لكل السماء و3 Wm-2 للسماء الصافية، فإن أوساط النمذجة تؤكد صحة النماذج المناخية مقابل الرصدات السطحية لتدفق كل من السماء الصافية والسماء كلها). وفرضية أن التغير في المراجع الطويلة الموجة سيؤدي إلى تحول في أفضل تقدير لشبكة BSRN بنحو 2 Wm-2 لكل السماء ونحو 5 Wm-2 فيما يتعلق بالسماء الصافية، فإن الاتفاق بين المتوسط المتعدد النماذج CMIP6 والمرجع الرصدي سيكون شبه مثالي، في حين أن المتوسط المتعدد النماذج للبوابة CMIP5 سيكون أبعد من المرجع. وليس من الواضح ما إذا كانت كبيرة أو مستحقة لأن فرادى النماذج لا تزال تظهر انتشارا كبيرا غير مرض في كل الأشعة الطويلة الموجة في السماء والسماء الصافية الهابطة، التي تتجاوز 20 Wm-2 حتى على أساس المتوسط العالمي (الشكل 5، Wild، 2020). والانحراف المعياري في بروتوكول CMIP6 المتعدد الأوجه يبلغ حوالي 5 Wm-2. وعلاوة على ذلك، يمكن أن يكون تأثير التغير المرجعي للموجات الطويلة كبيرا لأن رصدات الإشعاعية السطحية تستخدم في التحقق من صحة نواتج البيانات الساتلية. فمثلا، يبين Kato وآخرون (2018) أن متوسط انحياز المتوسط الشهري للإشعاعات الطويلة الموجة الهابطة من ناتج بيانات ساتلية هو +1.0 Wm-2 فوق المحيطات و0.0 Wm-2 فوق اليابسة. والرصدات فوق اليابسة المستخدمة في الدراسة مأخوذة في معظمها من مواقع شبكة الرصد الأساسي التابعة للجنة (BSRN). وتعتمد درجة تأثر الإشعاعية الطويلة الموجة الهابطة بالتغير المرجعي للموجات الطويلة على أحوال السماء (مثلا، كسر السحب أو الماء القابل للهطول) في كل موقع وكيفية معايرة كل البيرجيومتر. ومن ثم، فمن الصعب تقييم التأثير دون الحصول على مزيد من المعلومات. ومع ذلك، فإن عدد 5 Wm-2 أكبر بكثير من متوسط انحياز المتوسط الشهري للإشعاع الطويل الموجة الهابط من ناتج ساتلي. [↑](#footnote-ref-3)