ITU News
MAGAZINE

No. 5
2023

خدمات العلوم

رصد الأرض في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية

ITUWRC
دبي2023

// واكب المستجدات
// ابقَ على اطلاع

مجلة أخبار
الاتحاد الدولي للاتصالات

بوابتك إلى الأخبار والرؤى الرقمية

اشترك اليوم

المدونة

المجلة

النشرة الإخبارية

تعزيز خدمات العلوم لحماية كوكبنا

السيدة دورين بوغدان-مارتن، الأمينة العامة للاتحاد الدولي للاتصالات

يتوقف تحقيق ما يقرب من نصف أهداف التنمية المستدامة (SDG) للأمم المتحدة على رصد الأرض الذي تمكّنه شبكات الاتصالات الراديوية الموثوقة. وبصورة أعم، يمكننا تحقيق أكثر من ثلثي مقاصد أهداف التنمية المستدامة بشكل أسرع من خلال التكنولوجيات الرقمية والتوصيلية.

ولهذا السبب، يكتسي المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية، WRC-23، أهمية محورية في التصدي لبعض التحديات الأكثر إلحاحاً التي تواجهها البشرية، بدءاً من التعليم إلى الرعاية الصحية ثم المناخ. وسيقوم المؤتمر، الذي ينظمه الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) بتحديث لوائح الراديو، المعاهدة العالمية التي تحكم الطيف الراديوي والمدارات الساتلية.

وسيشهد المؤتمر WRC-23 – الذي سيعقد في الفترة من 20 نوفمبر إلى 15 ديسمبر في دبي، الإمارات العربية المتحدة – مشاركة عالمية، حيث تسعى البلدان معا إلى إبرام اتفاقات بشأن استعمال الطيف الراديوي لأغراض التكنولوجيات التي تهمنا جميعاً بشكل بالغ. وهذا أمر رائع نادراً ما سنراه.

تكتسي الشبكات الراديوية أهمية حيوية لجعل عالمنا أكثر استدامة، ومن شأن المؤتمر WRC-23 أن يساعدنا في التقدم معاً على جميع الجبهات.

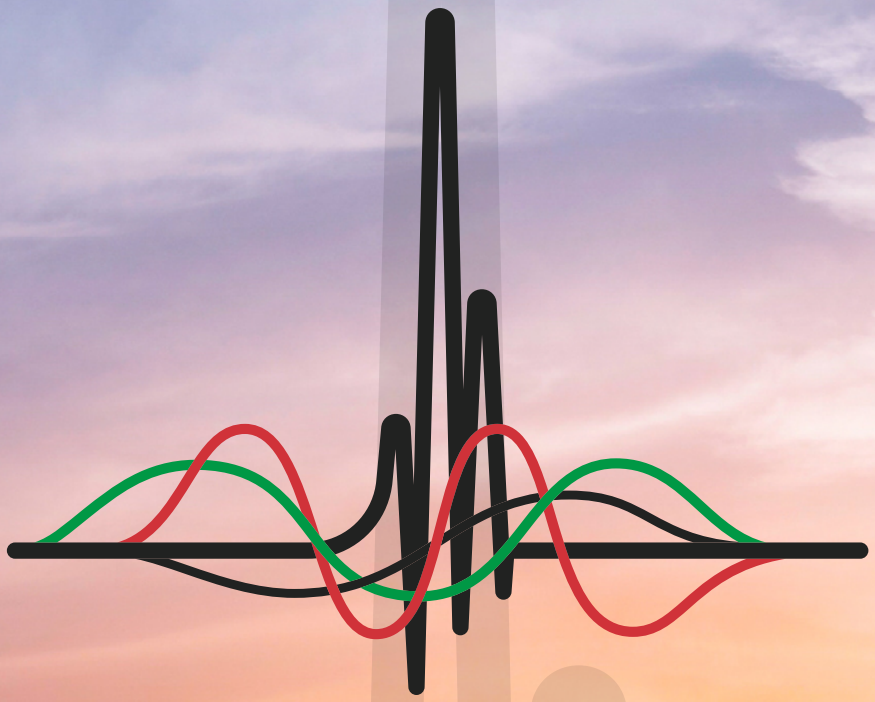
وتتمثل إحدى هذه الجبهات في مراقبة المناخ والتخفيف من آثاره والتكيف معه. والاتحاد شريك رئيسي في مبادرة نُظم الإنذار المبكر للجميع، وهي مبادرة رائدة أطلقها الأمين العام للأمم المتحدة لضمان حماية كل فرد على وجه الأرض من مخاطر المناخ والكوارث من خلال تنبيهات لإنقاذ الأرواح بحلول نهاية عام 2027.

وفي هذه المرحلة الحرجة للعمل، تستكشف *مجلة أخبار الاتحاد* خدمات العلوم الفضائية. ومن خلال الرصد الدؤوب والبيانات الدقيقة، يمكننا بناء عالم أكثر مرونة وشمولاً وعدلاً واستدامة.

تكتسي الشبكات الراديوية أهمية حيوية لجعل عالمنا أكثر استدامة، ومن شأن المؤتمر WRC-23 أن يساعدنا في التقدم معاً على جميع الجبهات.

دورين بوغدان-مارتن

المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية



ITUWRC

دبي2023

20 نوفمبر – 15 ديسمبر 2023
دبي، الإمارات العربية المتحدة

www.itu.int/wrc-23/
#ITUWRC

صورة الغلاف: NASA

ISSN 1020-4148
itunews.itu.int
6 أعداد سنوياً
حقوق التأليف والنشر: ITU 2023 ©

رئيس التحرير: نيل ماكدونالد
المصمم الفني: كريستين فانولي
مساعدة التحرير: أنجيلا سميث

مكتب التحرير/معلومات الإعلان:
هاتف: 5723/5683 730 22 41+
بريد إلكتروني: itunews@itu.int

العنوان البريدي:
International Telecommunication Union
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20 (Switzerland)

تنويه: الآراء التي تم الإعراب عنها في هذا المنشور هي آراء المؤلفين ولا تُلزم الاتحاد الدولي للاتصالات. والتسميات المستخدمة وطريقة عرض المواد الواردة في هذا المنشور، بما في ذلك الخرائط، لا تعني الإعراب عن أي رأي على الإطلاق من جانب الاتحاد الدولي للاتصالات فيما يتعلق بالمركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو فيما يتعلق بتحديدات تخومها أو حدودها. وذكر شركات بعينها أو منتجات معينة لا يعني أنها معتمدة أو موصى بها من جانب الاتحاد الدولي للاتصالات تفضيلاً لها على سواها مما يماثلها ولم يرد ذكره.

التقط كل الصور الاتحاد الدولي للاتصالات ما لم ينص علي غير ذلك.

خدمات العلوم

رصد الأرض في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية

المقال الافتتاحي

3 **تعزيز خدمات العلوم لحماية كوكبنا**
السيدة دورين بوغدان-مارتن، الأمينة العامة للاتحاد الدولي للاتصالات

مقدمة

7 **خدمات العلوم: رصد كوكبنا وفهم تغير المناخ**
ماريو مانيفيتش، مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات

11 **حماية أنظمة رصد الأرض في المؤتمر WRC-23**
بيتيري تالاس، الأمين العام للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية

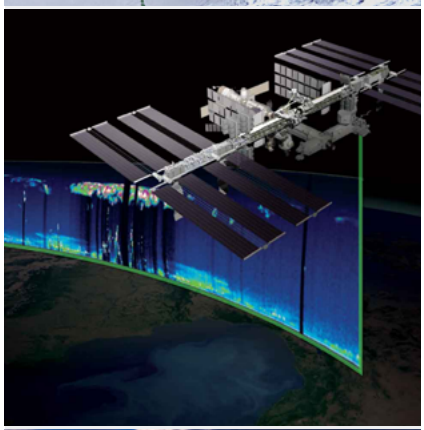
وجهات نظر دوائر الصناعة

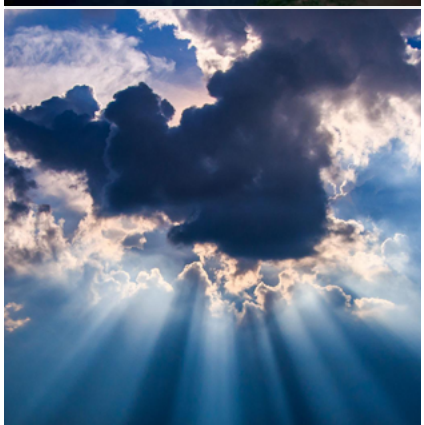
16 **خدمات العلوم وقضايا رصد الأرض في المؤتمر WRC-23**
جون زوزيك، رئيس لجنة الدراسات 7 لقطاع الاتصالات الراديوية، ومدير برنامج الطيف الوطني، NASA

20 **فريق تنسيق الترددات الفضائية: الأهداف المتعلقة بالمؤتمر WRC-23**
مايتي أرزا، رئيسة مكتب إدارة الترددات، وبرونو إسبينوسا، المسؤول عن إدارة الترددات، وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) – الأمانة التنفيذية لفريق تنسيق الترددات الفضائية (SFCG)

24 **عمليات قياس درجة حرارة سطح البحر باستخدام أجهزة الاستشعار المنفعلة بالموجات الصغرية**
ياسونوري إيوانا، موظف في مكتب إدارة الطيف، وميساكو كاشي، مديرة الأبحاث المتعلقة بالبعثة GCOM-W والنظام AMSR3، مركز أبحاث رصد الأرض، الوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء (JAXA)

28 **الاستشعار النشيط وإمكانية استعمال الترددات التي تبلغ حوالي 45 MHz**
أندري تكاشينكو، مهندس تحليل إشارات، فريق هندسة الطيف (332G)، مختبر الدفع النفاث (JPL)، الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA)





32 الاستشعار المنفعل بالموجات الصغرية للسحب الجليدية: أداة بالغة الأهمية للتنبؤ الآني ونمذجة المناخ
ماركوس دريس، رئيس فرقة العمل 7C لقطاع الاتصالات الراديوية (أنظمة الاستشعار عن بُعد)، ومدير الترددات، المنظمة الأوروبية لتشغيل سواتل الأرصاد الجوية (EUMETSAT)

36 تنسيق الترددات من أجل الخدمات الراديوية الساتلية في النطاقات S وX وKa
جان بلا، خبير في إدارة الترددات،
المركز الوطني للدراسات الفضائية (CNES)، فرنسا

40 تداخل الترددات الراديوية في قياسات رصد الأرض
يان سولدو، مهندس في إدارة الترددات والتكنولوجيا،
وكالة الفضاء الأوروبية

45 الاستشعار المنفعل عن بعد بالموجات الصغرية للتنبؤ العددي بالطقس
ستيفن إنغليش، نائب مدير البحوث،
المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى

50 الآفاق الناشئة لرصد الأرض في تحقيق أهداف التنمية المستدامة
فلافيو خورخي، الرئيس الوطني والممثل الدولي بمسار مهني مبكر للجنة E (البيئة الكهرمغنطيسية والتداخل)، الاتحاد الدولي لعلوم الراديو؛ ولويس بيدرو، مدير هيئة ANACOM، البرتغال؛ وساندرو ميندونشا، أستاذة في كلية Iscte للأعمال/معهد جامعة لشبونة، البرتغال، ومستشار، Anatel، البرازيل

55 خدمات استكشاف الأرض الساتلية في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي
تاريسيو باكاوس، نائب رئيس فرقة العمل 7C لقطاع الاتصالات الراديوية (أنظمة الاستشعار عن بعد)، ومنسق الإدارة الدولية للطيف والمدار (شعبة الطيف والمدار والإذاعية)، الوكالة الوطنية البرازيلية للاتصالات (Anatel)

59 رؤية ساتلية لتحسين الحياة على الأرض
آمي باركر، مديرة مركز رصد الأرض (منظمة الكمنولث للبحوث العلمية والصناعية (CSIRO))، أستراليا

63 خدمات استكشاف الأرض الساتلية في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي
جوان فروليك، مهندسة، استخدام الفضاء، وكالة الفضاء الكندية

NASA

خدمات العلوم: رصد كوكبنا وفهم تغير المناخ

ماريو مانيفيتش، مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات

أحرزت أنظمة رصد الأرض تقدماً ملحوظاً في السنوات الأخيرة، حيث أصبحت ذات أهمية بالغة لفهم كوكبنا والتصدي لبعض التحديات الأكثر إلحاحاً التي تواجهها البشرية.

وتستعمل خدمات العلوم ذات الصلة التكنولوجيا الراديوية لجمع المعلومات عن الغلاف الجوي للأرض واليابسة والمحيطات، ثم تحليل هذه المعلومات وتفسيرها لتوفير رؤى قيمة بشأن مختلف الظواهر الطبيعية ومن صنع الإنسان.

"أحرزت أنظمة رصد الأرض تقدماً ملحوظاً في السنوات الأخيرة، حيث أصبحت ذات أهمية بالغة لفهم كوكبنا والتصدي لبعض التحديات الأكثر إلحاحاً التي تواجهها البشرية."

ماريو مانيفيتش

ومع التقدم السريع للأنظمة الساتلية وتوفر الإنترنت عالية السرعة، سُجلت زيادة كبيرة في كمية وجودة البيانات المجمعة من خلال أنشطة رصد الأرض والاستشعار عن بعد. ويمكن للعلماء والباحثين وواضعي السياسات الآن الحصول على بيانات شبه آنية عن أنماط المناخ، والكوارث، والتغيرات في استخدام الأراضي، والتدهور البيئي، وغير ذلك من المؤشرات.

وقد ثبت أن لهذه المعلومات أهمية بالغة في التنبؤ بالأعاصير والفيضانات وحرائق الغابات والكوارث الأخرى والتخفيف من آثارها، وفي رصد سلامة الأنظمة الإيكولوجية وتوجيه سياسات استخدام الأراضي. فبيانات رصد الأرض ضرورية لتقييم الحالة العامة لكوكبنا، بما في ذلك التقدم المحرز نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة (SDG) التي حددتها الأمم المتحدة.

وتوازياً مع ذلك، يمكن لخدمات الأرصاد الجوية التنبؤ بأنماط الطقس والإنذار بالظواهر الجوية القصوى. ونتيجة لتغير المناخ، أضحت معلومات الطقس الدقيقة والآنية أكثر أهمية من أي وقت مضى لحماية الأرواح والممتلكات.

وتوفر خدمات الأرصاد الجوية أيضاً معلومات الطيران والمعلومات البحرية والزراعية، ما يمكّن الحكومات والشركات من اتخاذ قرارات مستنيرة في تلك القطاعات.

وقد أحدث التقدم المطرد في خدمات رصد الأرض والاستشعار عن بُعد والأرصاد الجوية ثورة في فهمنا للأرض. ويمكن أن تساعدنا هذه المجالات في تحسين إدارة موارد الكوكب وبيئتنا في السنوات القادمة.

تسليط الضوء على التحديات المناخية والإنمائية

من شأن إدماج بيانات رصد الأرض في عمليات وضع السياسات أن يعزز التنمية المستدامة ويساعد في بناء عالم أكثر إنصافاً وقدرة على الصمود. فعلى سبيل المثال، يمكن للبيانات المستمدة من الصور الساتلية أن تسلط الضوء على استخدام الأراضي الزراعية وسلامة المحاصيل وتوافر المياه، فتسترشد بها السياسات القائمة على الأدلة الرامية إلى تعزيز الزراعة المستدامة وتحقيق الأمن الغذائي.

وبالمثل، يكشف الاستشعار عن بُعد عن الموارد المائية ويساعد في مراقبة جودة المياه. ويمكن استخدام بيانات ساتلية أخرى للتأكد من سلامة الغابات والأنظمة الإيكولوجية الأخرى.

وتؤدي أنظمة رصد الأرض دوراً رئيسياً في تتبع تغير المناخ وآثاره. ويمكن للبيانات المتعلقة بدرجات الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري أن توضح الاتجاهات طويلة الأجل وتحدد معالم سياسات الحد من الانبعاثات والتخفيف من آثار المناخ.

بيد أن الأمر كله يتوقف على حماية الطيف الراديوي اللازم لرصد الأرض. فجمع وإرسال وتوزيع البيانات المستمدة من السواتل والمنصات الأخرى للاستشعار عن بُعد يتطلب توافر الترددات الراديوية الرئيسية دون انقطاع.

> *يمكن للعلماء والباحثين وواضعي السياسات الآن الحصول على بيانات شبه آنية عن أنماط المناخ، والكوارث، والتغيرات في استخدام الأراضي، والتدهور البيئي، وغير ذلك من المؤشرات.*

وهذا يجعل من المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية، WRC-23، حدثاً حاسماً لضمان استمرار تحسين خدمات رصد الأرض والاستشعار عن بُعد والأرصاد الجوية.

ومع توسع الأنظمة، يمكن أن يؤثر التداخل من مصادر راديوية أخرى على جودة البيانات فيعرّض دقة التحليل للخطر مع احتمال التأثير على الأمن الاقتصادي والدفاع الوطني وسلامة الأرواح في كل مكان.

حماية الطيف من أجل خدمات العلوم

عززت المؤتمرات العالمية السابقة للاتصالات الراديوية ولاية الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) لدعم الاستدامة والتصدي لتغير المناخ وتعزيز الاتصالات في حالات الطوارئ. وقد عملت القرارات المتخذة باستمرار على تأمين توافر الطيف والمدارات الساتلية لمراقبة البيئة ونمذجة تغير المناخ.

وستنظر الدول الأعضاء في الاتحاد مرة أخرى، في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023، في توزيع الترددات لحماية خدمات العلوم وتعزيزها، سواء من أجل رصد الأرض أو استكشاف نظامنا الشمسي أو دراسة الكون.

وتعتبر حماية الخدمات العلمية الحساسة في النطاقات المجاورة أمراً بالغ الأهمية، لا سيما فيما يتعلق بنطاق خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) المنفعلة الذي تستعمله نماذج التنبؤ بأحوال الطقس. ويمكن أن يعرض التداخل الضار في هذا النطاق دقة التنبؤات بأحوال الطقس للخطر في وقت يتعين فيه أن تكون دقيقة بشكل متزايد.

ولذلك سينظر المؤتمر WRC-23 في طيف جديد لتسهيل استعمال خدمات استكشاف الأرض الساتلية من أجل مراقبة المناخ والتنبؤ بأحوال الطقس ولأغراض مهمات علمية أخرى.

وتشمل بنود جدول الأعمال الرئيسية المتعلقة بخدمات العلوم ما يلي:

- 12.1 خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) فيما يخص المسابير الرادارية المحمولة في الفضاء: النظر في إمكانية منح توزيع ثانوي جديد.
- 14.1 خدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة): النظر في التعديلات الممكنة لضمان مواكبة المتطلبات الأكثر حداثة لعمليات الرصد بالاستشعار عن بُعد.
- 1.9 (الموضوع أ) – استعراض نتائج الدراسات المتعلقة بالخصائص التقنية والتشغيلية لأجهزة استشعار الأحوال الجوية الفضائية ومتطلباتها من الطيف وتسميات الخدمات الراديوية المناسبة لها، بُغية منحها الاعتراف والحماية على النحو المناسب في لوائح الراديو دون فرض قيود إضافية على الخدمات القائمة.

> *عززت المؤتمرات العالمية السابقة للاتصالات الراديوية ولاية الاتحاد الدولي للاتصالات لدعم الاستدامة والتصدي لتغير المناخ وتعزيز الاتصالات في حالات الطوارئ.*

وفي شهر أبريل، وافقت الدول الأعضاء في الاتحاد على تقرير الاجتماع التحضيري للمؤتمر المقدم إلى المؤتمر WRC-23، الذي يلخص ويحلل نتائج الدراسات التقنية التي أجراها قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد (ITU-R) ويعرض الحلول الممكنة للقضايا المدرجة في جدول أعمال المؤتمر WRC-23. والتقرير متاح باللغات الرسمية الست للاتحاد.

وأتاحت ورشة العمل الأقاليمية الثالثة والأخيرة بشأن الأعمال التحضيرية للمؤتمر WRC-23، التي عُقدت في الفترة 27-29 سبتمبر، فرصة أخرى للنظر في الحلول المقترحة للقضايا المحددة.

رؤى الخبراء بشأن المؤتمر WRC-23

يعرض هذا العدد الأخير من مجلة أخبار الاتحاد وجهات نظر دوائر الصناعة، فضلاً عن آراء المنظمات الدولية والإقليمية المتخصصة، بشأن القضايا الرئيسية المتعلقة بخدمات العلوم لأغراض رصد الأرض، قبل انعقاد المؤتمر WRC-23.

وأود أن أعرب عن جزيل شكري لجميع الخبراء الذين ساهموا بعرض وجهات نظرهم. وأنا على ثقة من أن هذا العدد سيقدم نظرة عامة مستنيرة.

ستكون نتائج المؤتمر WRC-23 ذات أهمية محورية في تشكيل الإطار التقني المستقبلي لخدمات الاتصالات الراديوية في جميع البلدان. وأتطلع إلى الترحيب بالمندوبين من جميع أنحاء العالم.

ستكون نتائج المؤتمر WRC-23 ذات أهمية محورية في تشكيل الإطار التقني المستقبلي لخدمات الاتصالات الراديوية في جميع البلدان.

WMO/ Edward Mitchell

حماية أنظمة رصد الأرض في المؤتمر WRC-23

بيتيري تالاس، الأمين العام للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية

تعتمد سلامة الأرواح والممتلكات على التنبؤات الجوية والبيئية.

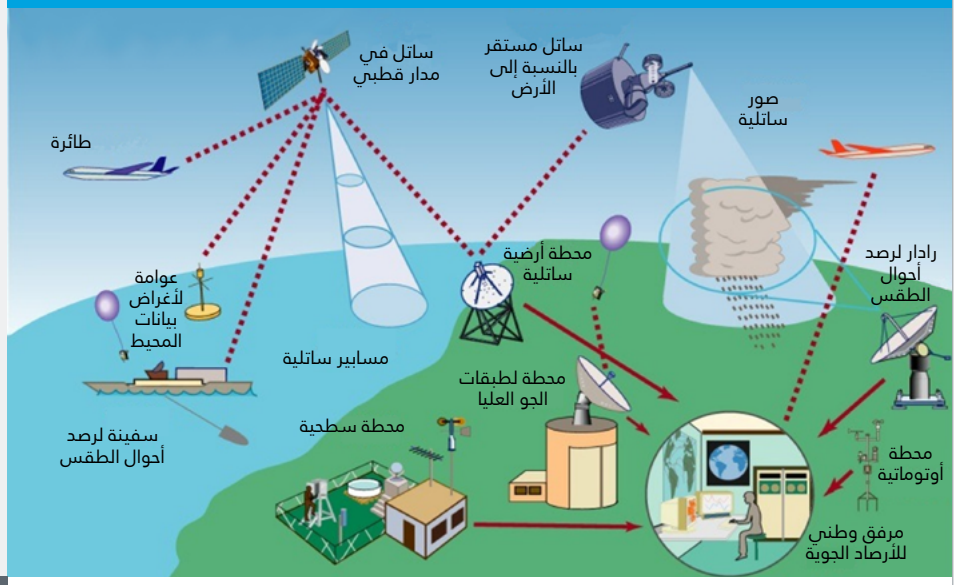
بيتيري تالاس

تُعتبر نطاقات التردد الراديوي الخالية من التداخل الضار متطلباً رئيسياً لجميع أنظمة رصد الأرض. وفي الواقع، يكتسي النفاذ إلى طيف الترددات الراديوية أهمية بالغة بالنسبة إلى البنية التحتية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا التي تقوم عليها خدمات الطقس والخدمات البيئية ذات الصلة في جميع أنحاء العالم. وتعمل جميع السواتل ورادارات الطقس والمسابير الراديوية وأنظمة الرصد الهيدرولوجية والعوامات المنساقة على أساس الإرسالات الراديوية أو إرسالات الموجات الصغرية.

وتعتمد سلامة الأرواح والممتلكات على التنبؤات الجوية والبيئية. ويمكن تمديد فترات الإنذار بالأحداث الخطيرة المواطنين والسلطات المدنية وأوائل المستجيبين من التصرف.

وقد أدى التعاون الطويل الأمد بين المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) وقطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R – أحد القطاعات الثلاثة للاتحاد الدولي للاتصالات) إلى توطيد أوجه التآزر المتزايدة بين الأرصاد الجوية وأنظمة الإنذار المبكر والبيانات والتكنولوجيات الرقمية.

النظام العالمي المتكامل للرصد التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WIGOS)



المصدر: المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

أصدرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، من خلال فرقة الخبراء التابعة لها المعنية بتنسيق الترددات الراديوية (ET-RFC)، بيان موقف بشأن جدول أعمال المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية (WRC-23) للاتحاد الدولي للاتصالات.

ومن منظور الأرصاد الجوية ومراقبة المناخ، فإن أهم القضايا التي تتطلب الدعم من الإدارات الوطنية تتعلق بقياس درجة حرارة سطح البحر وعمليات رصد الأحوال الجوية الفضائية.

استمرارية عمليات قياس درجة حرارة سطح البحر: نتيجة للبند 2.1 من جدول الأعمال

تمثل درجة حرارة سطح البحر (SST) أحد المكونات الحيوية للنظام المناخي، ولها تأثير كبير على تبادلات الطاقة وكمية الحركة والغازات بين المحيطات والغلاف الجوي. وتكتسي درجة حرارة سطح البحر، بوصفها أحد المحركات الرئيسية لدوران المحيطات، أهمية بالغة بالنسبة لنماذج التنبؤ الرقمية بأحوال الطقس والمحيطات.

ويُستخدم حالياً مدى التردد GHz 7/6 – المقابل لذروة حساسية درجة حرارة سطح البحر – لأغراض الاستشعار المنفعل عن بُعد في المحيطات. وعمليات قياس درجة حرارة سطح البحر هذه هي الوحيدة التي يمكن أن "ترى" من خلال السحب.

بيان موقف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

اعتمد أعضاء المنظمة العالمي للأرصاد الجوية، في المؤتمر العالمي التاسع عشر للأرصاد الجوية، مواقف بشأن 21 بنداً من بنود جدول أعمال المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية لعام 2023.

اقرأ البيان.

> *تمثل درجة حرارة سطح البحر (SST) أحد المكونات الحيوية للنظام المناخي...*

تقر لوائح الراديو باستعمال نطاقي التردد 425 6-075 7 MHz و075 7-250 7 MHz في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS). وتسلط الحاشية 458.5 الضوء على أن الإدارات ينبغي أن تضع في اعتبارها الاحتياجات من الطيف لأجهزة الاستشعار لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة)، عند التخطيط المستقبلي لاستعمال هذا المدى الترددي. ولكن هذا لا يمثل توزيعاً للطيف ولا يوفر أي حماية لعمليات قياس درجة حرارة سطح البحر.

ويقترح البند 2.1 من جدول أعمال المؤتمر WRC-23 تحديد نطاقات تردد للاتصالات المتنقلة الدولية (IMT) ضمن المدى GHz 7/6، على الرغم من أن دراسات قطاع الاتصالات الراديوية تثبت أن هذا النشر يمكن أن يعيق بشدة عمليات قياس درجة حرارة سطح البحر. وللتخفيف من هذا الخطر، حددت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية نطاقات محتملة أخرى لقياس درجة حرارة سطح البحر يمكن استعمالها إلى جانب المدى GHz 7/6.

ولضمان الاستمرارية في الأجل الطويل، تحث المنظمة الإدارات على النظر في توزيعات أولية جديدة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في النطاقين GHz 4,4-4,2 وGHz 8,5-8,4 لأغراض قياس درجة حرارة سطح البحر. ومن الجدير بالذكر أن هذه التوزيعات الأولية الجديدة المحتملة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) لن تطالب بالحماية من الخدمات القائمة في هذه النطاقات.

الاعتراف بالأحوال الجوية الفضائية: البند 1.9 أ من جدول الأعمال

عمليات رصد الأحوال الجوية الفضائية من الأنظمة الأرضية والفضائية ضرورية لكشف النشاط الشمسي. ويمكن أن تسبب الأحداث الشمسية اختلالات خطيرة في البنية التحتية الحرجة على الأرض وفي الفضاء على السواء، ما يؤدي حالات تعتيم راديوي، وإلحاق أضرار بالسواتل، واضطرابات في شبكات الطاقة الكهربائية، وزيادة التعرض للإشعاع على المسيرات عبر القطبية للطائرات.

وعلى الرغم من ضرورة توقع الأحداث الخطرة للأحوال الجوية الفضائية، فإن لوائح الراديو الحالية لا تتضمن أي اعتراف أو أحكام بشأن عمليات رصد الأحوال الجوية الفضائية. وينظر البند 1.9 أ) من جدول أعمال المؤتمر WRC-23 في الاعتراف على النحو المناسب بأجهزة استشعار الأحوال الجوية الفضائية في لوائح الراديو. في إطار البند 10 من جدول أعمال المؤتمر WRC-23، سيناقش إدراج بند جديد في جدول أعمال المؤتمر WRC-27 لضمان حماية أجهزة استشعار الأحوال الجوية الفضائية في بعض نطاقات التردد، دون فرض قيود على الخدمات القائمة.

وعلى الرغم من ضرورة توقع الأحداث الخطرة للأحوال الجوية الفضائية، فإن لوائح الراديو الحالية لا تتضمن أي اعتراف أو أحكام بشأن عمليات رصد الأحوال الجوية الفضائية.

ولحماية عمليات استشعار الأحوال الجوية الفضائية، تدعو المنظمة العالمية للأرصاد الجوية إلى اتباع نهج قائم على خطوتين في المؤتمر WRC-23:

الخطوة 1

تعريف الأحوال الجوية الفضائية في سياق لوائح الراديو وربط الأحوال الجوية الفضائية "بخدمة الاتصالات الراديوية" المناسبة التي في إطارها يمكن أن تعمل أنظمة رصد الأحوال الجوية الفضائية – أي خدمة مساعدات الأرصاد الجوية (الأحوال الجوية الفضائية)، أو باختصار: خدمة MetAids (*الأحوال الجوية الفضائية*).

الخطوة 2

وضع بند جديد في جدول أعمال المؤتمر WRC-27 يقترح توزيعات جديدة لخدمة MetAids (*الأحوال الجوية الفضائية*) في نطاقات التردد التي تستعملها أجهزة استشعار الأحوال الجوية الفضائية العاملة التي تتطلب الحماية.

حماية الطيف ذي الأهمية البالغة

طيف الترددات الراديوية هو مورد محدود يتزايد طلب التكنولوجيات الناشئة عليه باستمرار. وفي وقت سابق من هذا العام، أعرب المؤتمر العالمي التاسع عشر للأرصاد الجوية (Cg-19) عن بالغ قلقه إزاء التهديد الذي تتعرض له نطاقات الترددات الراديوية البالغة الأهمية، ودعا القرار 31 الصادر عن المؤتمر إلى توفير الحماية.

ويناشد مجتمع الأرصاد الجوية أعضاء الاتحاد الدولي للاتصالات أن يراعوا على النحو الواجب متطلبات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية فيما يتعلق بتوزيع الترددات الراديوية والأحكام التنظيمية في المؤتمر WRC-23.

ويحظر الرقم 340.5 من لوائح الراديو للاتحاد كل الإرسالات الراديوية في نطاقات تردد محددة بين 400 1 MHz و252 GHz. وتعتمد الأبحاث وعمليات التشغيل المتعلقة بالطقس والمياه والمناخ جميعها على الحفاظ على هذه النطاقات كنطاقات خالية من البث.

وموضوع الرهان هو توافر الطيف للاستشعار المنفعل للغلاف الجوي للأرض والمتغيرات البيئية الأخرى. ولا يمكننا – نحن المجتمع العالمي للأرصاد الجوية والمجتمع العالمي للاتصالات الراديوية – الحفاظ على قدراتنا المستقبلية لرصد الأرض وما يعتمد عليها من خدمات حيوية وتحسين هذه القدرات إلا بالعمل معاً.

يناشد مجتمع الأرصاد الجوية أعضاء الاتحاد الدولي للاتصالات أن يراعوا على النحو الواجب متطلبات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية فيما يتعلق بتوزيع الترددات الراديوية والأحكام التنظيمية في المؤتمر WRC-23.

نبذة عن
المؤتمر العالمي
للاتصالات الراديوية

تعقد المؤتمرات العالمية للاتصالات الراديوية كل ثلاث إلى أربع سنوات لاستعراض لوائح الراديو ومراجعتها، إذا استدعى الأمر، ولوائح الراديو هي المعاهدة الدولية التي تنظم استعمال طيف الترددات الراديوية والمدارات الساتلية المستقرة وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

ITUWRC
دبي2023

20 نوفمبر - 15 ديسمبر 2023
دبي، الإمارات العربية المتحدة

استكشف مواضيع المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023

العد التنازلي لانعقاد المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023

مستقبل التوقيت العالمي المنسق

البر والبحر وموجات الأثير

التوصيلية الساتلية

الموقع الإلكتروني للمؤتمر: WRC-23

EUMETSAT

خدمات العلوم وقضايا رصد الأرض في المؤتمر WRC-23

جون زوزيك، رئيس لجنة الدراسات 7 لقطاع الاتصالات الراديوية، ومدير برنامج الطيف الوطني، NASA

يعتمد البحث والاستكشاف في الفضاء، بما يشمل رصد الأرض ومراقبة المناخ، على الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) وعلى العمل عالي التخصص لقطاع الاتصالات الراديوية التابع له (ITU-R).

فلجنة الدراسات 7 لقطاع الاتصالات الراديوية، على سبيل المثال، تُعنى بالخدمات الراديوية التي تدعم المساعي العلمية. وتشمل هذه الخدمات إرسالات إشارات التوقيت والترددات المعيارية، وتطبيقات الاتصالات الراديوية الفضائية، وأنظمة الاستشعار عن بُعد، وعلم الفلك الراديوي.

وتعكف فرق العمل التابعة للجنة الدراسات 7 حالياً على استكمال الوثائق الداعمة للمساعدة في عملية صنع القرار بشأن هذه القضايا في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية (WRC-23) الذي سيبدأ في منتصف نوفمبر.

> *تشمل المواضيع المدرجة في جدول أعمال المؤتمر WRC-23 تحديثات تنظيمية بالغة الأهمية للحفاظ على القدرات البشرية لرصد الأرض وتحسين هذه القدرات.*
>
> جون زوزيك

> *هناك حاجة ماسة إلى قياسات عالمية لخصائص السحب الجليدية.*

رصد الأرض والاستشعار عن بُعد

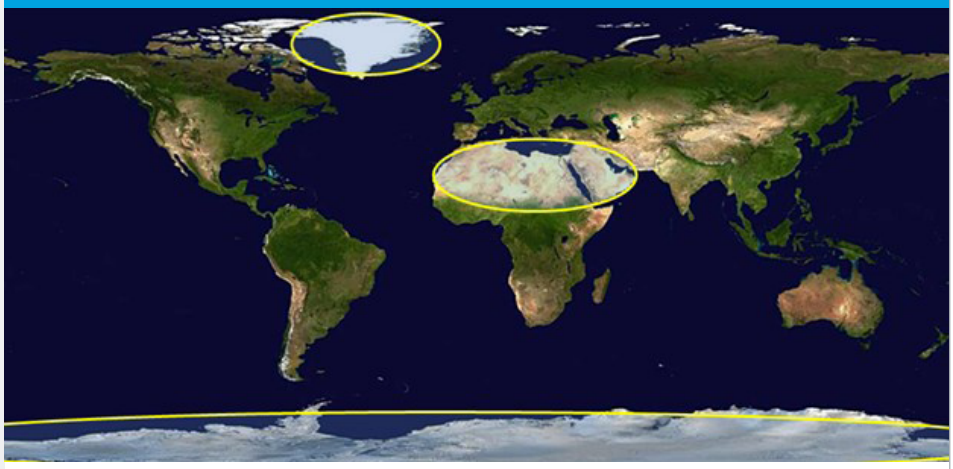
تشمل المواضيع المدرجة في جدول أعمال المؤتمر WRC-23 تحديثات تنظيمية بالغة الأهمية للحفاظ على القدرات البشرية لرصد الأرض وتحسين هه القدرات.

وينظر البند 12.1 من جدول الأعمال في إمكانية منح توزيع ثانوي لخدمة استكشاف الأرض الساتلية أو EESS (النشيطة) لكي تستعمله المسابير الرادارية التي ستعمل في تردد يناهز 45 MHz.

وتمكّن المسابير الرادارية هذه من الاستشعار النشيط الفضائي عن بُعد لسطح الأرض لكشف ترسبات المياه تحت سطح الأرض في البيئات الصحراوية مثل شمال إفريقيا وشبه الجزيرة العربية. وتمكّن هذه الأجهزة أيضاً من قياس سمك الجليد في المناطق القطبية.

ويلزم توزيع لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) حول 45 MHz لتمكين السواتل الجديدة من جمع هذه البيانات الهامة من مدار الأرض.

مناطق التغطية الممكنة للمسابير الرادارية



المصدر: التوصية ITU-R RS.2042-1

يدعو البند 14.1 من جدول الأعمال إلى استعراض وتعديل التوزيعات القائمة وربما إضافة توزيعات تردد أولية جديدة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في مدى التردد 231,5-252 GHz. ويقتصر استعمال مدى التردد هذا حالياً على أدوات سبر الحافة بالموجات الصغرية، الموجَّهة نحو حافة الأرض لقياس مختلف غازات الغلاف الجوي.

وفي السنوات الأخيرة، تم تحديد متطلبات رصد جديدة لدراسة السحب الجليدية. وتؤثر السحب الجليدية، التي تغطي أكثر من 33 في المائة من سطح الأرض، على الهواطل وهيكل الغلاف الجوي والعمليات المتعلقة بالسُّحب، ولها تأثيرات مهمة على مناخ الأرض.

تمكين قياسات السحب الجليدية

هناك حاجة ماسة إلى قياسات عالمية لخصائص السحب الجليدية. ويتمثل أحد سبل تحقيق ذلك في إعادة ترتيب التوزيعات في مدى التردد 231,5-252 GHz. ومن شأن ذلك أن يحمي الاستعمال الحالي لسبر الحافة بالموجات الصغرية ويسمح بإجراء قياسات للسحب الجليدية بواسطة سواتل الأرصاد الجوية في المستقبل. ومن شأن ذلك أيضاً أن يمكّن من الاستعمال غير المقيد في المستقبل لخدمات الأرض في نفس المدى.

ينظر البند 1.9 من جدول الأعمال، الموضوع د) في حماية أنظمة الاستشعار عن بُعد المنفعلة العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في نطاق التردد 36-37 GHz من إرسالات أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO). ويمثل هذا امتداداً لدراسات سابقة بدأت في إطار البند 6.1 من جدول أعمال المؤتمر WRC-19 ولكنها لم تكن قد اكتملت بعد. والآن بعد اكتمال هذه الدراسات، يمكن أن يقرر المؤتمر WRC-23 اتخاذ إجراءات بشأن هذا الموضوع.

وينظر البند 2.1 من جدول الأعمال في تحديد النطاقات 425 6-025 7 MHz و025 7-125 7 MHz و10,0-10,5 GHz ونطاقات أخرى للاتصالات المتنقلة الدولية (IMT). وفي حين أن هذه المسألة لا تتعلق بخدمات العلوم في حد ذاتها، فإن عمليات نشر الاتصالات المتنقلة الدولية في النطاق 425 6-125 7 MHz يمكن أن يكون لها تأثير سلبي على عمليات قياس درجة حرارة سطح البحر (SST) التي تجري في النطاق المتراكب 425 6-250 7 MHz.

وبالمثل، يمكن أن يكون لعمليات نشر الاتصالات المتنقلة الدولية في النطاق 10,0-10,5 GHz أثر سلبي على قياسات الاستشعار النشيط في النطاق 10,0-10,4 GHz. ويمكن أن يكون للإرسالات خارج النطاق لأنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية أيضاً أثر سلبي على القياسات المنفعلة في النطاق القريب 10,6-10,7 GHz. وينبغي أن تأخذ الحلول المتعلقة بهذا البند من جدول الأعمال هذه العوامل في الاعتبار.

المسائل الأخرى المتعلقة بخدمات العلوم

ينظر البند 13.1 من جدول الأعمال في إمكانية رفع وضع التوزيع لخدمة الأبحاث الفضائية في نطاق التردد 14,8-15,34 GHz، حيث إن هذه الخدمة لديها توزيع ثانوي عالمي في الوقت الحالي.

ويمكن استعمال هذا الطيف لأغراض الوصلات الهابطة للبيانات المباشرة من الطائرة إلى المحطات الأرضية، والوصلات أرض فضاء إلى سواتل ترحيل البيانات، والوصلات فضاء–فضاء من الطائرة إلى سواتل ترحيل البيانات. وهذا من شأنه أن يدعم أموراً مثل مهمات استكشاف القمر.

ينظر البند 1.9 من جدول الأعمال، الموضوع أ) في حماية أجهزة استشعار الأحوال الجوية الفضائية المعتمِدة على الطيف الراديوي والمستخدَمة لأغراض التنبؤ والإنذار على الصعيد العالمي، وإمكانية الاعتراف بهذه الأجهزة.

تسمح لنا أنظمة الأحوال الجوية الفضائية بمراقبة ظواهر مختلفة في الفضاء تؤثر على أنشطتنا حول الأرض. وتشمل هذه الظواهر النشاط الشمسي، مثل الانبعاثات الكتلية الإكليلية (CME)، والعواصف المغنطيسية الأرضية، والإشعاع الشمسي، والرياح الشمسية.

الآثار المحتملة للأحوال الجوية الفضائية

المصدر: NASA

تسمح لنا أنظمة الأحوال الجوية الفضائية بمراقبة ظواهر مختلفة في الفضاء تؤثر على أنشطتنا حول الأرض.

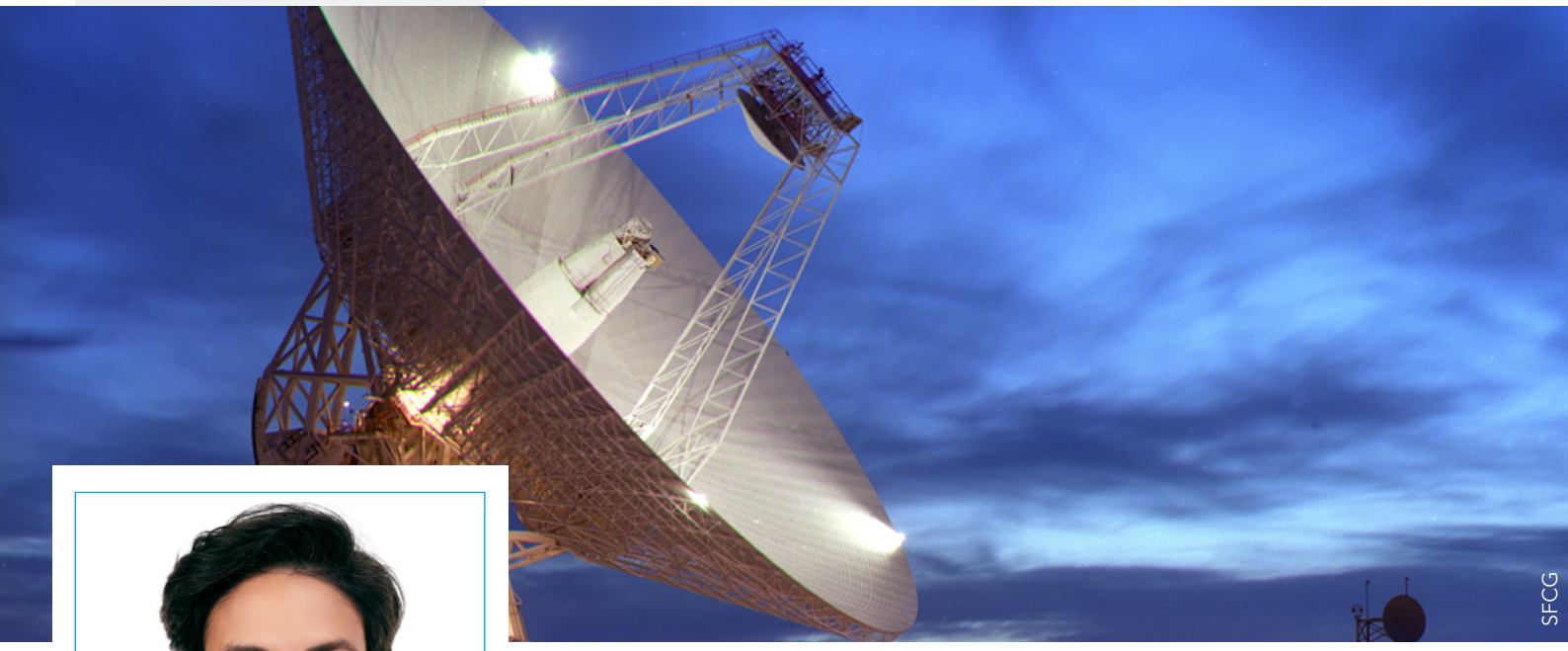
الاعتبارات المستقبلية

يرد بالفعل في جدول الأعمال الأولي للمؤتمر WRC-27 العديد من القضايا المتعلقة بخدمات العلوم. ويتناول الكثير من هذه القضايا التوزيعات حول النطاق GHz 92-86 الذي لا يُسمح فيه بأي بث. ويكتسي هذا النطاق أهمية بالغة بالنسبة لأنظمة رصد الأرض وبالتالي يجب حمايته.

ويتناول بند آخر يُحتمل إدراجه في جدول الأعمال إمكانية منح توزيع أرض–فضاء في النطاق GHz 23,15-22,55 لدعم أنظمة رصد الأرض في المستقبل.

ويتناول بند آخر يُحتمل إدراجه في جدول الأعمال حماية أجهزة استشعار الأحوال الجوية الفضائية لأغراض التنبؤ والإنذار على الصعيد العالمي.

ويتمثل جزء من أعمال المؤتمر WRC-23 في نوفمبر وديسمبر في تحديد المواضيع النهائية للمؤتمر WRC-27. وسيكون هذا المؤتمر في عام 2027 المناسبة التالية لتحديث لوائح الراديو وضمان النفاذ العالمي غير المنقطع والمنصف إلى موردي الطيف الراديوي والمدارات.


SFCG

مايتي أرزا

برونو إسبينوسا

فريق تنسيق الترددات الفضائية: الأهداف المتعلقة بالمؤتمر WRC-23

مايتي أرزا، رئيسة مكتب إدارة الترددات، وبرونو إسبينوسا، المسؤول عن إدارة الترددات، وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) - الأمانة التنفيذية لفريق تنسيق الترددات الفضائية (SFCG)

تقوم الوكالات الفضائية الأعضاء في فريق تنسيق الترددات الفضائية (SFCG) منذ عشرات السنين بوضع أهداف مشتركة بشأن كل مؤتمر عالمي للاتصالات الراديوية، إقراراً بالأهمية البالغة لهذا اجتماع القطاع العالمي هذا الذي ينظمه الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) كل أربع سنوات.

ويعزز الفريق كفاءة الطيف وتقاسم نطاقات التردد بين أكثر من خدمة راديوية واحدة استناداً إلى معايير التقاسم والحماية المتفق عليها بين الأطراف، والمحدَّدة تماشياً مع نتائج دراسات قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد (ITU-R).

ومع اقتراب المؤتمر القادم، حدد الفريق الأهداف المتعلقة بالمؤتمر WRC-23 بالنسبة لبنود محددة من جدول الأعمال ومواضيع الاهتمام.

فرص رصد الأرض وخدمات العلوم

في إطار البند 12.1 من جدول أعمال المؤتمر WRC-23، يؤيد الفريق منح توزيع ثانوي جديد لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) في نطاق الترددات الراديوية 40-50 MHz، مع وضع أحكام مصاحبة لتحقيق التوازن بين حماية الخدمات القائمة والفرص المتاحة لعمليات المسابير الرادارية المحمولة في الفضاء في هذا المدى. ومن شأن قياسات السبر في المدى 40 50 MHz أن توفر رؤية غير مسبوقة للطبقات تحت سطح الأرض، وتحسن فهم الصفائح الجليدية في المناطق القطبية ومستودعات المياه الجوفية في المناطق القاحلة.

وإذا لزم الأمر، يمكن أن يعمل الفريق كهيئة تنسيقية فيما يتعلق بأي مشاورات وإجراءات للمتابعة، مثل وضع مبادئ توجيهية لتنفيذ قرارات المؤتمر WRC-23.

وستناقش في المؤتمر WRC-23 في إطار البند 14.1 من جدول الأعمال فرصة أخرى لرصد الأرض تتناول متطلبات خدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في مدى التردد 231,5-252 GHz. واستناداً إلى نتائج دراسات قطاع الاتصالات الراديوية والمتطلبات التشغيلية لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة)، يؤيد الفريق منح توزيع أولي جديد لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في نطاقي التردد 239,2-242,2 GHz و244,2-247,2 GHz. ومن شأن ذلك أن يساعد على استيعاب قياسات السحب الجليدية، إلى جانب إعادة ترتيب لتوزيعات الخدمتين الثابتة والمتنقلة.

ويرحب الفريق أيضاً بوضع أحكام تقنية وتنظيمية بشأن عمليات التشغيل بين السواتل في نطاقات التردد 18,1-18,6 GHz و18,8-20,2 GHz و30-27 GHz (البند 17.1 من جدول الأعمال). ونظراً إلى أن عمليات رصد الأرض والمهمات العلمية تولد كميات متزايدة من البيانات، فإن المهمات العلمية الفضائية المستقبلية ستستفيد من خدمات الاتصالات الساتلية التي تعمل كخدمات لترحيل البيانات.

هناك بندان من شأنهما أن يستجيبا للمتطلبات العلمية العامة، هما:

- رفع وضع توزيع خدمة الأبحاث الفضائية (SRS) من الوضع الثانوي إلى الوضع الأولي في النطاق 14,8 15,35 GHz لدعم التطبيقات القائمة والمستقبلية وزيادة نقل البيانات لأغراض المهمات العلمية (البند 13.1 من جدول الأعمال)، والذي يقر الفريق بالحاجة إلى أحكام بشأنه لضمان التوافق بين خدمة الأبحاث الفضائية والخدمات الأولية القائمة.
- النظر في تضمين لوائح الراديو أحكاماً تتناول الاعتراف المناسب بأجهزة استشعار الأحوال الجوية الفضائية (البند 1.9 من جدول الأعمال، الموضوع أ) في إطار خدمة مساعدات الأرصاد الجوية (MetAids)).

> *"في إطار البند 12.1 من جدول أعمال المؤتمر WRC-23، يؤيد الفريق منح توزيع ثانوي جديد لخدمة استكشاف الأرض الساتلية..."*
>
> مايتي أرزا وبرونو إسبينوسا

أهداف فريق تنسيق الترددات الفضائية (SFCG) فيما يتعلق بالمؤتمر WRC-23

حدد فريق تنسيق الترددات الفضائية الأهداف المتعلقة بالمؤتمر WRC-23 بالنسبة لبنود محددة من جدول الأعمال ومواضيع الاهتمام.

تنزيل أهداف الفريق SFCG

حماية أجهزة الاستشعار عن بُعد الفضائية

يولي فريق تنسيق الترددات الفضائية أهمية خاصة لحماية نطاقات التردد التي تستخدمها أجهزة الاستشعار عن بُعد الفضائية لأغراض علوم المناخ وبيانات الأرصاد الجوية، التي غالباً ما لا يمكن الحصول عليها بأي وسيلة أخرى. ويعتمد التشغيل الناجح لأجهزة الاستشعار هذه على استعمال نطاقات تردد بعينها تحددها القوانين الفيزيائية.

ولا يؤيد الفريق منح تحديد للاتصالات المتنقلة الدولية (IMT) في النطاق 10-10,5 GHz في الإقليم 2 (الأمريكتان) في إطار البند 2.1 من جدول الأعمال، نظراً لعدم إثبات إمكانية تقاسم الطيف بين الاتصالات المتنقلة الدولية وخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) في النطاق 10-10,4 GHz.

ويشعر الفريق أيضاً بالقلق إزاء التداخل الذي يمكن أن تسببه الخدمات النشيطة لأجهزة الاستشعار لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في نطاقات التردد المجاورة. ولذلك، يؤيد الفريق تضمين لوائح الراديو حدوداً تُفرض على الخدمات النشيطة، على النحو الملخص في الجدول أدناه، لحماية تشغيل أجهزة الاستشعار لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة).

إضافة إلى ذلك، وفيما يتصل بالمناقشات المتعلقة بالمدى 7-6 GHz في إطار البند 2.1 من جدول الأعمال، يرحب الفريق بخيارات تهدف إلى ضمان استمرارية عمليات قياس درجة حرارة سطح البحر (SST) في مديات الطيف الأخرى، مثلاً من خلال منح توزيعات أولية جديدة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في النطاقين 200 4-400 4 MHz و400 8-500 8 MHz.

> *يولي فريق تنسيق الترددات الفضائية أهمية خاصة لحماية نطاقات التردد التي تستخدمها أجهزة الاستشعار عن بُعد الفضائية لأغراض علوم المناخ وبيانات الأرصاد الجوي.*

التطلع إلى المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2027

سيكون جدول أعمال المؤتمر اللاحق، WRC-27، من المواضيع الرئيسية الأخرى التي سيتناولها المؤتمر WRC-23.

ويرى فريق تنسيق الترددات الفضائية أن اعتماد أي بند جديد في جدول أعمال المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية ينبغي أن يفي بشروط، معينة منها تقديم تبرير واضح للاحتياجات من الطيف، والتحديد الدقيق لنطاق الدراسات، وتحديد نطاقات التردد التي يتعين النظر فيها.

وحدد الفريق عدة مواضيع تتعلق بخدمات العلوم الفضائية من أجل إمكانية إدراجها كبنود في جدول أعمال المؤتمر WRC-27، ودعا وكالاته الأعضاء إلى الترويج لها في أنشطتها الوطنية والإقليمية التحضيرية للمؤتمر WRC-23. وتشمل المواضيع المقترحة إمكانية منح توزيع جديد لوصلات الاتصال لخدمة استكشاف الأرض الساتلية، وحماية أجهزة الاستشعار لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في بعض النطاقات فوق 86 GHz، وحماية عمليات رصد الأحوال الجوية الفضائية في نطاقات محددة، وإتاحة الفرص لتطوير الاتصالات اللاسلكية على القمر.

> *حدد الفريق عدة مواضيع تتعلق بخدمات العلوم الفضائية من أجل إمكانية إدراجها في جدول أعمال المؤتمر WRC-27.*

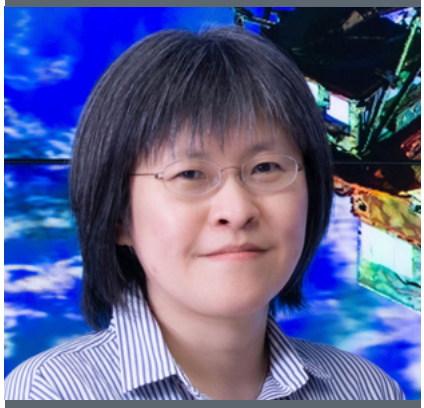
الحدود التي يؤيدها فريق تنسيق الترددات الفضائية لمعالجة مسألة حماية أجهزة الاستشعار لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في المؤتمر WRC-23

بند جدول أعمال المؤتمر WRC-23	نطاق الخدمة EESS (المنفعلة)	الخدمة النشيطة التي يجري تشغيلها	الحد المقترح
2.1	GHz 10.7-10.6	الاتصالات المتنقلة الدولية في النطاق GHz 10,5-10	حدود البث غير المطلوب
10.1	GHz 22.5-22.21	الخدمة المتنقلة للطيران لأغراض التطبيقات غير المتعلقة بالسلامة في النطاق GHz 22,21-22	حد البث غير المطلوب
16.1	GHz 18.8-18.6	محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية تتواصل مع محطات أرضية متحركة (ESIM) في النطاقين GHz 18,3 18,6 و18,8 19,1 GHz	مجموعة من حدود كثافة تدفق القدرة
17.1		محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية تتواصل مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض على ارتفاع أدنى في النطاقين GHz 18,3 18,6 و18,8 19,1 GHz	
9.1، الموضوع د	GHz 37-36	محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية تعمل على ارتفاع أوج فوق km 407 ودون km 2000 في نطاق التردد GHz 38 37,5	حد البث غير المطلوب

الاجتماع السنوي لفريق تنسيق الترددات الفضائية، الذي عُقد في تولوز، فرنسا، في يونيو 2023.

JAXA

ياسونوري إيوانا


ميساكو كاشي

عمليات قياس درجة حرارة سطح البحر باستخدام أجهزة الاستشعار المنفعلة بالموجات الصغرية

ياسونوري إيوانا، موظف في مكتب إدارة الطيف، وميساكو كاشي، مديرة الأبحاث المتعلقة بالبعثة GCOM-W والنظام AMSR3، مركز أبحاث رصد الأرض، الوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء (JAXA)

يغطي المحيط أكثر من 70 في المائة من سطح الأرض ويؤدي دوراً هاماً في إمداد الغلاف الجوي ببخار الماء. ونظراً لما تزخر به السواتل من قدرات رصد عالمية، فإنها تُعتبر مفيدة لرصد المحيطات بما في ذلك قياس درجة حرارة سطح البحر (SST).

وتُستخدم هذه المعلمة الرئيسية للتفاعلات بين الهواء والبحر على نطاق واسع في التنبؤ بأحوال الطقس والمناخ، والوقاية من الكوارث الساحلية، وإدارة مصائد الأسماك، والحفاظ على الأنظمة الإيكولوجية.

وترسم خرائط SST الأسبوعية باستخدام أدوات التصوير بالأشعة تحت الحمراء (IR) التقليدية أو بالموجات الصغرية. وقد أصبحت هذه الأخيرة، التي يستطيع الرصد ليلاً ونهاراً في جميع الأحوال الجوية، بالغة الأهمية في إنتاج خرائط SST "اليومية". ومع ذلك، لم تصمَم حتى الآن سوى أنماط قليلة من أدوات التصوير بالموجات الصغرية لرصد درجة حرارة سطح البحر.

فرص القياس باستخدام أجهزة الاستشعار المنفعلة

تستخدم سلسلة المقاييس الراديوية المتقدمة الماسحة بالموجات الصغرية (AMSR) التي طورتها الوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء (JAXA) أجهزة استشعار منفعلة لقياس الموجات الصغرية الضعيفة. ويتم إشعاع هذه الموجات الصغرية في ترددات مختلفة من جزيئات الماء في حالات مختلفة على اليابسة وعلى سطح البحر وفي الغلاف الجوي.

ويمكن أن ترصد أنظمة AMSR معلمات مختلفة ذات صلة بالمياه، بما في ذلك درجة حرارة سطح البحر، بحيث تدعم تطبيقات عملية مثل التنبؤ العددي بأحوال الطقس، وتقديم تقارير عن أحوال البحر لأطقم سفن الصيد، والملاحة الآمنة للسفن، فضلاً عن تغيرات دورة المياه ومؤشرات تغير المناخ.

المقاييس الراديوية المتقدمة الماسحة بالموجات الصغرية من الجيلين الأول والثاني

تم تركيب المثالين الأولين، AMSRE وAMSR، على التوالي، على ساتل Aqua الذي أطلقته الإدارة الوطنية الأمريكية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) في مايو 2002 وعلى الساتل II لرصد الأرض المتقدم (ADEOS-II) الذي أطلقته الوكالة الوطنية اليابانية لتطوير الفضاء (NASDA) في وقت لاحق من نفس العام.

ولا يزال الجيل الثاني من AMSR، أي AMSR2، الذي أطلق في مايو 2012، يشغَّل في إطار بعثة اليابان لرصد التغير العالمي – المياه (GCOM-W)

وباستخدام هوائي يدور كل 1,5 ثانية، يحصل النظام AMSR2 على بيانات عبر منطقة طولها 1 450 كيلو متراً (اسمياً) و1 620 كيلو متراً (فعلياً). وتمكّن آلية المسح المخروطي من الحصول على مجموعات جديدة من البيانات النهارية والليلية، بتغطية أكثر من 99 في المائة من الأرض، كل يومين.

وتمثل تكنولوجيات التصوير الساتلية المتقدمة ميزة عظمى للتنبؤ بالطقس ومراقبة المناخ. لقد كانت الإنجازات التي تحققت باستخدام الجيلين الأولين من سلسلة AMSR ممكنة بفضل التنسيق الدولي الوثيق وإدارة الطيف الراديوي بكفاءة.

> *"نظراً لما تزخر به السواتل من قدرات رصد عالمية، فإنها تُعتبر مفيدة لرصد المحيطات بما في ذلك قياس درجة حرارة سطح البحر (SST)."*
>
> ياسونوري إيوانا وميساكو كاشي

تضمن التحديثات التي بدأها قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد (ITU-R – أحد القطاعات الثلاثة للاتحاد الدولي للاتصالات) قبل عام 2012 أن لوائح الراديو، المعاهدة التي يديرها الاتحاد، ستدعم الخدمات الساتلية سريعة التطور لتلبية احتياجات العالم المتغيرة.

زيادة الحساسية التي لا تتأثر بالغلاف الجوي

مقارنة بأجهزة الاستشعار المنفعلة الأخرى بالموجات الصغرية، تتميز سلسلة AMSR بهوائي كبير فريد من نوعه يبلغ قطره نحو مترين ويمكنه استضافة قنوات في التردد 6-10 GHz. ونظراً إلى أن الاستبانة المكانية تزيد مع انخفاض التردد المركزي، فإن الحاجة تدعو إلى استخدام هوائي كبير للحصول على أفضل استبانة مكانية في القنوات 6-10 GHz (انظر الجدول).

وتشكّل نطاقات التردد 6-10 GHz هذه "نافذة جوية" حيث يمكن للموجات الصغرية المنبعثة من سطح البحر أو اليابسة اختراق السحب السميكة. وتكون القنوات في هذه النطاقات أقل تأثراً بالأحوال الجوية، ما يمكّن الحساسية للتغيرات الدقيقة في درجات حرارة سطح البحر وحتى رطوبة التربة الباطنية على اليابسة.

وتوفر القنوات 6-7 GHz حساسية جيدة لدرجة حرارة سطح البحر (SST) في جل مديات درجة الحرارة، في حين تتدهور الحساسية في النطاق 10 GHz عند درجات حرارة أدنى من 12 درجة مئوية تقريباً.

وكما هو مبين في الجدول، فإن القنوات 6,925 GHz و7,3 GHz و10,65 GHz في مستقبِل AMSR2 متعدد القنوات تُستعمل أساساً لعمليات قياس درجة الحرارة SST ومحتوى رطوبة التربة.

وعادةً ما تكون قنوات تردد أعلى متاحة في أجهزة الاستشعار القديمة المنفعلة بالموجات الصغرية، مثل جهاز الاستشعار بالموجات الصغرية/جهاز التصوير الخاص (SSM/I) لوزارة الدفاع الأمريكية، الذي يُستخدم لاسترجاع بيانات بخار الماء وهطول الأمطار وعمق الثلج وسرعة الرياح على سطح البحر وتركيز جليد البحر.

> *يمكن أن ترصد أنظمة AMSR معلمات مختلفة ذات صلة بالمياه.*

تمثل تكنولوجيات التصوير الساتلية المتقدمة ميزة عظمى للتنبؤ بالطقس ومراقبة المناخ.

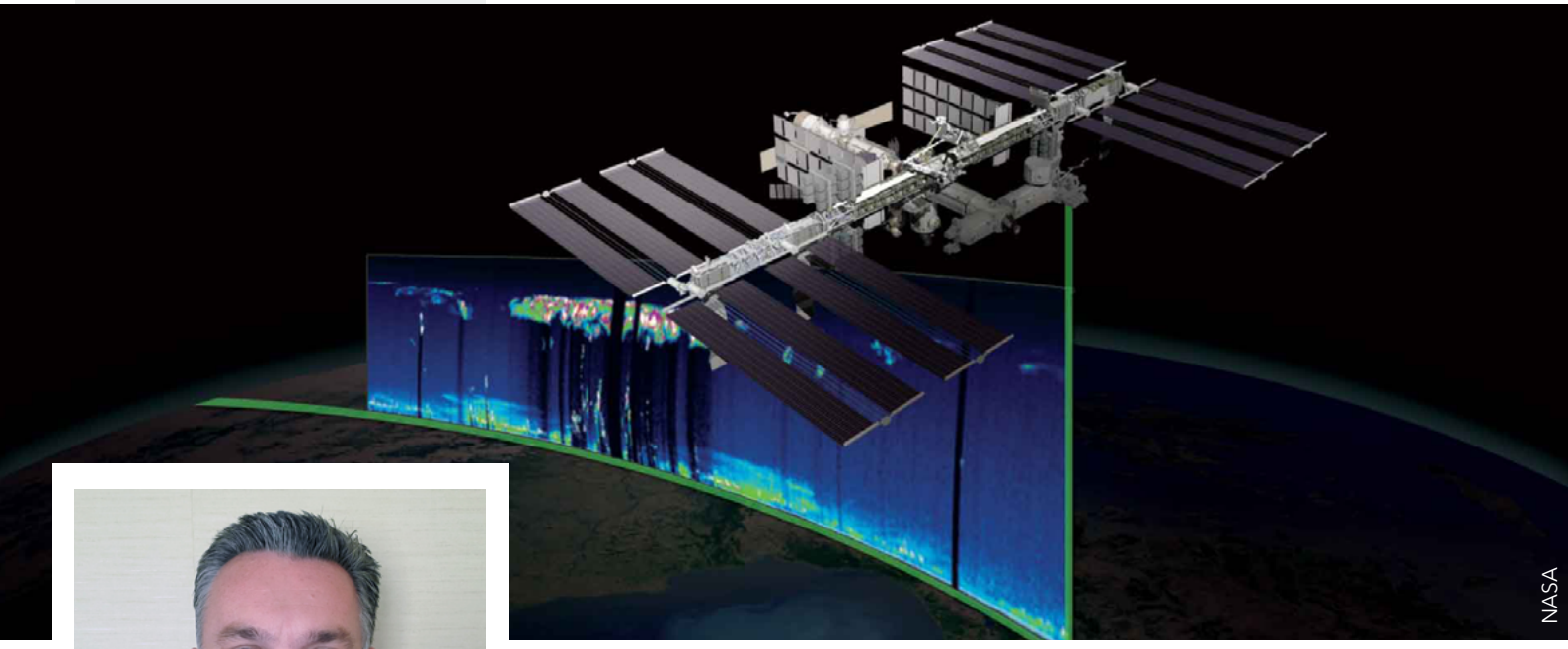
مجموعة قنوات الاستقبال للنظام AMSR2					
التردد المركزي (GHz)	عرض النطاق (MHz)	الاستقطاب	عرض الحزمة (بالدرجات)	الاستبانة المكانية: عرض المسار x طول المسار (km)	فاصل الاعتيان (km)
7,3/6,925	350	رأسي وأفقي	1.8	35x62	10
10.65	100		1.2	24 x 42	
18.7	200		0.65	14 x 22	
23.8	400		0.75	15 x 26	
36.5	1000		0.35	7 x 12	
89.0	3000		0.15	3 x 5	5

وتخصَّص القناة GHz 7,3 للتخفيف من تداخل الترددات الراديوية في النطاق C.

الجيل التالي للمسح بالموجات الصغرية

الغرض من الجيل التالي للجهاز AMSR الذي طورته الوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء، أي المقياس الراديوي المتقدم الماسح بالموجات الصغرية 3 (AMSR3)، هو إطلاقه كحمولة نافعة تُستضاف في مهمة ساتل الرصد العالمي لغازات الاحتباس الحراري ودورة المياه (GOSAT-GW) القادمة التي تضطلع بها اليابان في السنة المالية اليابانية 2024 (أبريل 2024- مارس 2025).

وسيشمل النظام AMSR3 – باعتباره ارتقاءً متعمداً من النظام AMSR2 – العديد من القنوات الجديدة، ويسهم بذلك في استرجاع بيانات الهواطل الصلبة، وتحليل بخار الماء للتنبؤات العددية بأحوال الطقس، وعمليات الاسترجاع القوية لدرجة الحرارة SST باستبانة أعلى.


NASA

الاستشعار النشيط وإمكانية استعمال الترددات التي تبلغ حوالي 45 MHz

أندري تكاشينكو، مهندس تحليل إشارات، فريق هندسة الطيف (332G)، مختبر الدفع النفاث (JPL)، الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA)

لقد أثار ظهور أنظمة الرادار التي تخترق الأرض اهتماماً باستخدام هذه الأجهزة، المسماة المسابير، لأغراض الاستشعار النشيط بأجهزة الاستشعار المحمولة في الفضاء.

أندري تكاشينكو

تشمل الاستشعار النشيط بأجهزة الاستشعار المحمولة في الفضاء لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) الأنواع التالية (انظر التوصية ITU-R RS.1166-4):

- **مقاييس الانتثار** – لقياس سرعة الرياح واتجاهها: 5,57-5,25 GHz و8,65-8,55 GHz و9,8-9,5 GHz و13,75-13,25 GHz و17,3-17,2 GHz و36,0-35,5 GHz؛
- **مقاييس الارتفاع** – لتقدير الارتفاع فوق سطح الأرض والمحيطات: 3,3-3,1 GHz و5,57-5,25 GHz و8,65-8,55 GHz و9,8-9,5 GHz و13,75-13,25 GHz و35,6-35,5 GHz؛
- **أجهزة التصوير باستخدام الرادار ذي الفتحة التركيبية (SAR)** – لإنتاج صور الرادار أو الخرائط الطوبوغرافية: 438-432 MHz و1 300-1 215 MHz و3 300-3 100 MHz و5 570-5 250 MHz و8 650-8 550 MHz و10 400-9 200 MHz؛

لتوفير تغطية كافية، يمكن عادة توقع أن المسابير المحمولة في الفضاء تعمل على سواتل في مدار متزامن مع الشمس.

- **رادارات الهواطل** – لتحديد معدل هطول الأمطار: 13,25-13,75 GHz و24,05-24,25 GHz و35,5-36,0 GHz؛
- **رادارات رصد خصائص السحب** – للتأكد من خصائص انعكاسية السحب: 94,1-94,0 GHz و133,5 134,0 GHz و237,9-238 GHz.

"لقد أثار ظهور أنظمة الرادار التي تخترق الأرض (GPR) اهتماماً باستخدام هذه الأجهزة، المسماة المسابير، لأغراض الاستشعار النشيط بأجهزة الاستشعار المحمولة في الفضاء." وتهتم وكالات الفضاء، بما فيها الإدارة الوطنية الأمريكية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) ووكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، باستخدام مسابير لاستكشاف آثار تغير المناخ على الأرض.

وتنطوي فكرة المهمة المتعلقة بالمسبار المداري للطبقات القاحلة تحت سطح الأرض والصفائح الجليدية (OASIS)، وهو مشروع مشترك بين مختبر الدفع النفاث (JPL) التابع لوكالة NASA ومعهد قطر لبحوث البيئة والطاقة (QEERI)، على دراسة تغير المناخ تحت سطح الأرض في مناطق مثل الصفائح الجليدية القطبية والصحاري القاحلة. ويتطلب هذا الاستكشاف ترددات أدنى من الترددات الواردة أعلاه، عادة في نطاقات الموجات الديكامترية (HF) أو نطاقات الموجات الديسيمترية (VHF). ومن المطلوب أن تفي الترددات المركزية البالغة حوالي 50 MHz بالأهداف العلمية للمهمة.

استكشاف آثار تغير المناخ على الطبقات تحت سطح الأرض

تنطوي الأفكار مثل مشروع OASIS على العديد من الأهداف العلمية الرئيسية.

الصفائح الجليدية:

- قياس السمك لاستنتاج الطوبوغرافيا والخشونة والمقياس الزمني الجيولوجي للطبقات؛
- تحديد وتوصيف المناطق التي شهدت إعادة تنظيم لتدفق الجليد في الماضي؛
- إعادة تقييم الحالة الراهنة ومعدلات تصريف الجليد؛
- دمج الرصدات العلمية مع نماذج تدفق الجليد لتحديد التأثير على ارتفاع مستوى سطح البحر.

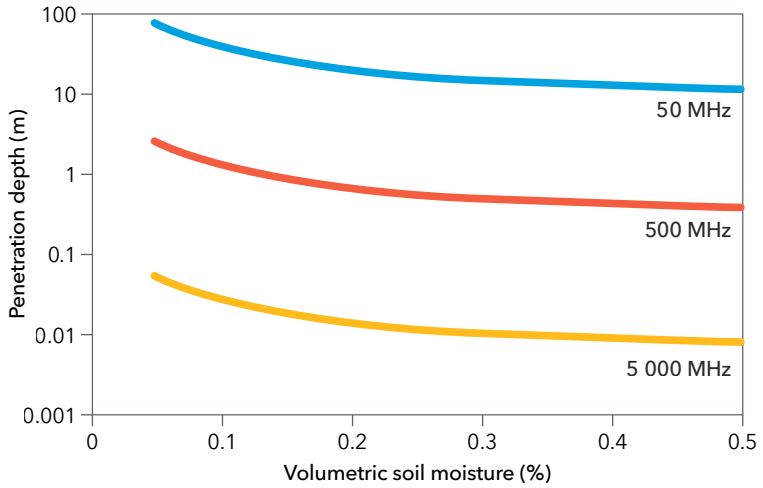
الصحاري

- قياس العمق والتوزيع المكاني لمنسوب المياه في مستودعات المياه الجوفية الضحلة على نطاق واسع وباستبانة عالية؛
- توصيف البنيات الجيولوجية وفقا لتجدد المياه الجوفية وتدفقها وتصريفها؛
- الجمع بين الرصدات والبيانات المتاحة لتوفير رؤى بشأن تطور مستودعات المياه الجوفية.

مدى الترددات اللازم لاختراق الأرض

يمثل الرسم البياني عمق اختراق السطح مقابل الرطوبة الحجمية للتربة. ويتطلب استكشاف الصفائح الجليدية تحت سطح الأرض ومستودعات المياه الجوفية الضحلة – بعمق أقل من 100 متر – تردداً مركزياً يبلغ حوالي 50 MHz.

عمق اختراق سطح موجة راديوية واردة مقابل الرطوبة الحجمية للتربة، مع تحديد المعلمات بالتردد المركزي

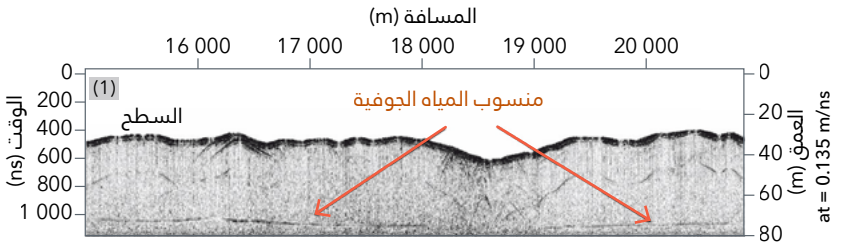


المصدر: الشكل 1 في التوصية ITU-R RS.2042-1

أجرت المسابير المحمولة جواً قياسات عند ترددات تبلغ حوالي 50 MHz في مناطق صحراوية في شبه الجزيرة العربية. ويبين الشكل مخططاً رادارياً نموذجياً من هذه الحملة.

> *أجرت المسابير المحمولة جواً قياسات عند ترددات تبلغ حوالي 50 MHz في مناطق صحراوية في شبه الجزيرة العربية.*

مخطط راداري مستمد من رادار محمول جواً في النطاق VHF فوق الكويت عام 2011



المصدر: الشكل 2 في التوصية ITU-R RS.2042-1

وفيما يتعلق بمشروع OASIS، راعى المصممون تردداً مركزياً يبلغ 45 MHz، وبثاً في عرض النطاق 10 MHz (انظر التوصية ITU-R RS.2042-1).

ودخلت عدة عوامل في تصميم شكل موجة الرادار هذه، منها:

- التردد المركزي: 45 MHz – أدنى ما يمكن لاختراق الطبقات تحت سطح الأرض دون التعرض لتأخر أيونوسفيري مفرط وتشتت وخسارة؛
- الاستبانة المكانية: عرض نطاق قدره 10 MHz – لتحقيق استبانة رأسية تبلغ 10 أمتار في الجليد والرمل الجاف.

الاستعمال التشغيلي المتوخى

لتحقيق الأهداف العلمية، يتوخى تنفيذ العمليات فوق مناطق غير مأهولة أو قليلة السكان، بما في ذلك الصفائح الجليدية في أنتاركتيكا وغرينلاند، بالإضافة إلى مناطق صحراوية في صحراء شمال إفريقيا وشبه الجزيرة العربية.

ولتوفير تغطية كافية، يمكن عادة توقع أن المسابير المحمولة في الفضاء تعمل على سواتل في مدار متزامن مع الشمس (SSO). وفيما يتعلق بمشروع OASIS، روعي تحديداً مدار على ارتفاع 400 كيلو متر يتكرر كل 548 يوماً بالضبط. وللتقليل إلى أدنى حد من التأثير على الخدمات القائمة، ستنفَّذ العمليات في الصباح المبكر عبر مدار SSO في الرابعة صباحاً بالتوقيت المحلي للعقدة الصاعدة (LTAN)، في غضون 10 دقائق في مدار مدته 92,7 دقيقة.

زيادة الاحتمالات

إذا منح المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات، WRC-23، توزيعاً ترددياً لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) في النطاق 45 MHz أو حواليه، فإن ذلك سيعزز إلى حد كبير احتمال نجاح أفكار مثل مشروع OASIS.

إذا منح المؤتمر WRC-23 توزيعاً ترددياً لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) في النطاق MHz 45 أو حواليه، فإن ذلك سيعزز إلى حد كبير احتمال نجاح أفكار مثل مشروع OASIS.

مناطق التغطية المتوخاة للمسبار الراداري المحمول في الفضاء في التردد 45 MHz

المصدر: الشكل 4 في التوصية ITU-R RS.2042-1.

Adobe Stock

الاستشعار المنفعل بالموجات الصغرية للسحب الجليدية: أداة بالغة الأهمية للتنبؤ الآني ونمذجة المناخ

ماركوس دريس، رئيس فرقة العمل 7C لقطاع الاتصالات الراديوية (أنظمة الاستشعار عن بُعد)، ومدير الترددات، المنظمة الأوروبية لتشغيل سواتل الأرصاد الجوية (EUMETSAT)

تغطي السحب الجليدية أكثر من ثلث سطح الأرض. وهي تؤثر على الهواطل وهيكل الغلاف الجوي والعمليات المتعلقة بالسُّحب، ولها تأثير كبير على المناخ والدورات الهيدرولوجية لكوكب الأرض.

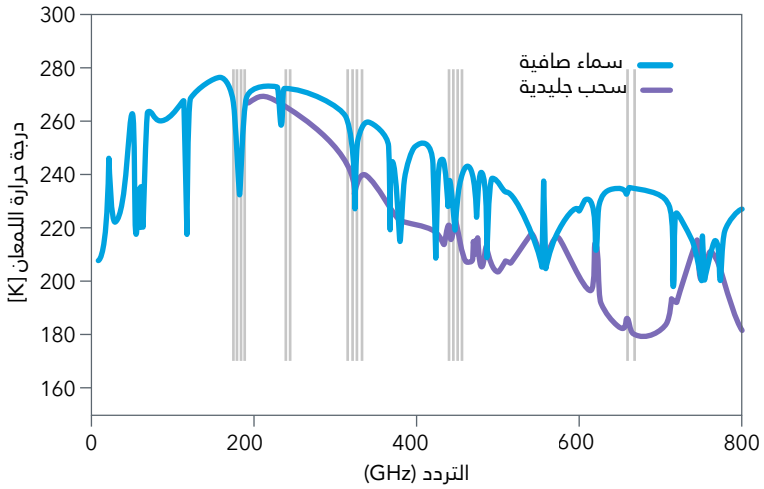
وتعتبر القياسات العالمية لخصائصها – بما في ذلك مسير المياه الجليدية وتوزع حجم الجزيئات الجليدية – بالغة الأهمية لفهم الآثار العالمية للسحب الجليدية.

> *تعتبر القياسات العالمية لخصائص السحب الجليدية - بما في ذلك مسير المياه الجليدية وتوزع حجم الجزيئات الجليدية - بالغة الأهمية لفهم الآثار العالمية للسحب الجليدية.*
>
> ماركوس دريس

للحصول على قياسات السحب الجليدية، تراقب أجهزة الاستشعار المنفعل عن بُعد بالموجات الصغرية الغلاف الجوي في ترددات الموجات الصغرية التي يتم اختيارها بعناية لاسترجاع مكونات الغلاف الجوي. ويمكن رصد هذه القياسات على أفضل وجه في "قنوات" محددة عند ترددات تبلغ حوالي 183 GHz و243 GHz و325 GHz و448 GHz و664 GHz (*انظر الشكل*)

"للحصول على قياسات السحب الجليدية، تراقب أجهزة الاستشعار المنفعل عن بُعد بالموجات الصغرية الغلاف الجوي في ترددات الموجات الصغرية التي يتم اختيارها بعناية لاسترجاع مكونات الغلاف الجوي."

حساسية درجة حرارة اللمعان بالنسبة إلى السماء الصافية والسحب الجليدية



المصدر: الوثيقة 91/7 لقطاع الاتصالات الراديوية.

يقارن هذا الشكل درجات حرارة اللمعان بالنسبة إلى سماء صافية وسحب جليدية. وتشير الأعمدة إلى مواقع قنوات السُّحب الجليدية.

ويجب ملاحظة هذه القنوات كمجموعة، لأن الرصدات من ترددات متعددة للموجات الصغرية ضرورية لاسترجاع معلمات فيزيائية محددة. ويتم إدخال البيانات الناتجة في النماذج الإقليمية والعالمية للطقس والمناخ لتمثيل آثار الإشعاع والحرارة الدينامية للسحب الجليدية تمثيلاً صحيحاً.

أجهزة الاستشعار الجديدة المحسَّنة للسحب الجليدية

تراقب أجهزة الاستشعار بالموجات الصغرية المنفعلة العاملة اليوم عادةً الغلاف الجوي في ترددات تحت GHz 200 أو تستخدم سبر الحافة لقياس العمليات الكيميائية ومكونات الغلاف الجوي. وللأسف، هذه الأساليب غير كافية لرصد السحب الجليدية على النحو الأمثل.

ويجري الآن تطوير أجهزة استشعار منفعلة بالموجات الصغرية محسّنة تحديداً لقياس السحب الجليدية، ومن المقرر أن تصبح جاهزة للتشغيل بحلول عام 2026. ومن الأمثلة الرئيسية على ذلك أداة تصوير السحب الجليدية (ICI) على سواتل الجيل الثاني للنظام القطبي (EPS-SG) التي تشغلها المنظمة الأوروبية لتشغيل سواتل الأرصاد الجوية – EUMETSAT.

وستجري أجهزة الاستشعار المصممة حديثاً عمليات رصد في مجموعة ترددات الموجات الصغرية المبينة في الشكل، باستخدام 11 قناة تتراوح بين GHz 183 وGHz 664. وستوفر آلية المسح المخروطي قدرة جيدة لاختراق السُّحب على ارتفاعات سحابية مختلفة، وحساسية لجزيئات الجليد بمجموعة كبيرة من الأحجام.

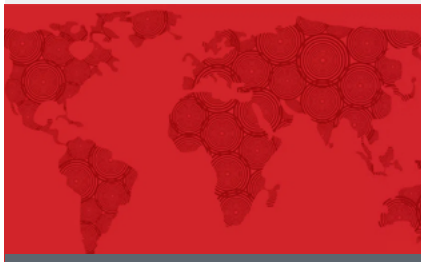
وستوفر الأدوات ICI الجديدة المعلومات الناقصة عن السُّحب الجليدية – ولا سيما عن السحب السمحاقية ومسير المياه ونصف القطر الفعال للسحاب الجليدي وارتفاع السحب – لنماذج الطقس والمناخ. وستوفر أيضاً مقاطع رأسية للرطوبة والماء الجوي (توزيع جليد السحاب والبرَد الدقيق وتساقط الثلوج)، وكذلك بخار الماء، وكل ذلك دعماً للتنبؤ العددي بالطقس و"التنبؤ الآني" ومراقبة المناخ.

تخلف اللوائح عن الركب

توجد القنوات المحددة لأجهزة الاستشعار المنفعلة بالموجات الصغرية لقياس مكونات الغلاف الجوي ذات الصلة بالسحب الجليدية في ترددات تتركز حول GHz 183 وGHz 243 وGHz 325 وGHz 448 وGHz 664.

وتشمل إحدى هذه القنوات، حوالي GHz 243، زوجاً من النطاقات الطيفية التناظرية في GHz 242,2-239,2 وGHz 244,2 247,2. ومع ذلك، فإن هذه الترددات غير موزعة حالياً لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في لوائح الراديو التي يديرها الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

يجري الآن تطوير أجهزة استشعار منفعلة بالموجات الصغرية محسّنة تحديداً لقياس السحب الجليدية، ومن المقرر أن تصبح جاهزة للتشغيل بحلول عام 2026.



لوائح الراديو للاتحاد الدولي للاتصالات

تيسر لوائح الراديو النفاذ العادل إلى الموارد الطبيعية المتمثلة في طيف الترددات الراديوية والمدارات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض، والاستخدام الرشيد لهذه الموارد. وسيتم تحديث لوائح الراديو هذا العام في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية، WRC-23.

انظر لوائح الراديو الحالية.

توفر هذه القناة حول 243 GHz – الموضوعة مركزياً بين التحولات ماء–بخار في النطاقين 183 GHz و325 GHz – حساسية عالية لجزيئات الجليد التي يبلغ حجمها حوالي 700 ميكرومتر. وهذا ما يجعلها مثالية لتقدير محتوى الجليد السحابي من أجل قياس خصائص الماء الجوي للسحب السمحاقية، وانتقال الحرارة بالحمل على ارتفاعات أعلى، والسحب السندانية.

وهي قناة محددة بشكل دقيق، يُطلق عليها اسم قناة (شبه) النافذة، في مدى ترددات عال يسمح بإجراء قياسات عبر الغلاف الجوي بأكمله، مع الحد الأدنى من الامتصاص الجوي بالمقارنة مع القنوات المجاورة.

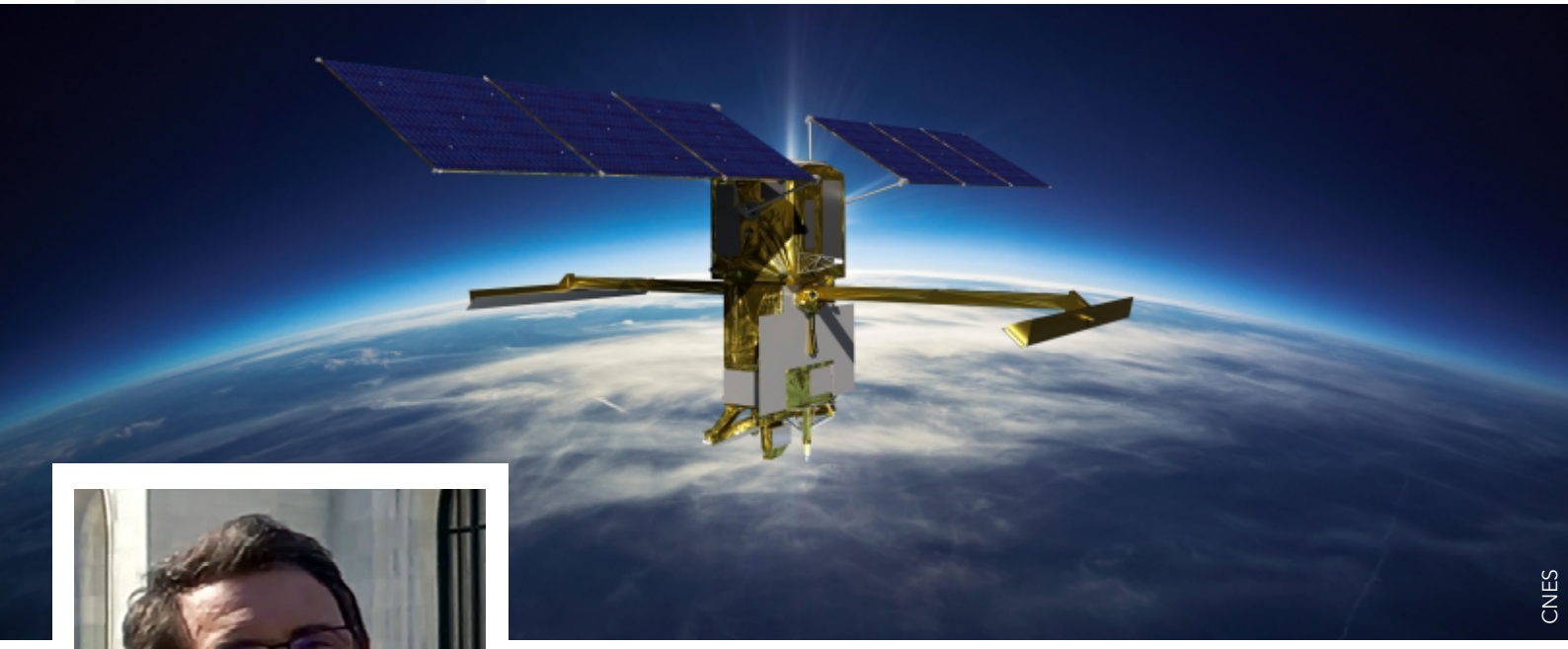
ولكن الحاجة إلى هذه النطاقات لأغراض أجهزة الاستشعار المنفعلة بالموجات الصغرية لم تكن معروفة أو متوقعة في عام 2000، عند إجراء آخر استعراض وتحديث لجدول توزيع الترددات في هذا المدى في لوائح الراديو. وبالتالي، لم تتلق خدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) أي توزيع في النطاقين 242,2-239,2 GHz و247,2-244,2 GHz في ذلك الوقت.

التحديث المطلوب في المؤتمر WRC-23

يدعو البند 14.1 من جدول أعمال المؤتمر WRC-23 إلى استعراض توزيعات التردد في المدى 252-231,5 GHz وإدخال تعديلات عليها. وهذه هي الفرصة الذهبية لتوزيع ترددات في النطاقين 242,2-239,2 GHz و247,2-244,2 GHz لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة).

ومن شأن القيام بذلك أن يؤدي إلى مواءمة لوائح الراديو مع الاحتياجات الحالية، وتمكين رصد دقيق للسحب الجليدية، وتحقيق فوائد للمجتمع العالمي.

> *يدعو البند 14.1 من جدول أعمال المؤتمر WRC-23 إلى استعراض توزيعات التردد في المدى 252-231,5 GHz وإدخال تعديلات عليها.*


CNES

تنسيق الترددات من أجل الخدمات الراديوية الساتلية في النطاقات S وX وKa

جان بلا، خبير في إدارة الترددات،
المركز الوطني للدراسات الفضائية (CNES)، فرنسا

التنسيق الساتلي جزء أساسي من إدارة الترددات ينبغي أن يقوم به جميع مشغلي السواتل، تحت رعاية إداراتهم، لضمان التشغيل الخالي من التداخل.

وتستخدم المنظمات العلمية مثل وكالات الفضاء والأرصاد الجوية، فضلاً عن مشغلي الاتصالات ومشغلي الفضاء الجدد الآن، النطاقات العلمية الساتلية في مديات الترددات الراديوية S وX وKa. وتستخدم هذه النطاقات أساساً لأغراض القياس عن بعد والتحكم عن بعد.

ويعتمد تنسيق الترددات الساتلية، ولا سيما في نطاقات التردد هذه، على إطار تنظيمي وتقني عالمي يديره الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU)، وكالة الأمم المتحدة المعنية بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

> *"التنسيق الساتلي جزء أساسي من إدارة الترددات ينبغي أن يقوم به جميع مشغلي السواتل، تحت رعاية إداراتهم، لضمان التشغيل الخالي من التداخل."*
>
> جان بلا

ما هو التنسيق الساتلي ومتى يكون ضرورياً؟

تنسيق السواتل عملية ثنائية ومتعددة الأطراف تهدف إلى إجراء تشغيل خال من التداخل للأنظمة الساتلية القائمة والمخطط لها في إدارات الدول الأعضاء في الاتحاد. وبالإضافة إلى ذلك، تسمح عمليات التنسيق الإلزامية أو غير الإلزامية بالاعتراف في المستقبل بمحطات أو أنظمة جديدة.

ويطبق التنسيق الإلزامي على الشبكات الساتلية التي تستعمل مدارات السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض والأنظمة الساتلية في الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الإذاعية الساتلية، وعلى المحطات التي يرد اشتراط التنسيق بشأنها في حاشية من جدول توزيع نطاقات التردد (لوائح الراديو، المادة 5).

وتخضع الشبكات الساتلية الأخرى غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض – بما في ذلك جميع الخدمات ذات الصلة وبعض نطاقات التردد – للتنسيق غير الإلزامي ولا تتطلب إلا النشر المسبق قبل التبليغ عن تخصيصات التردد وتسجيلها.

كيفية إجراء التنسيق

ينبغي أن يفهم التنسيق الساتلي على أنه عملية لتجنب التداخل الضار المحتمل بين الأنظمة أو المحطات أو التطبيقات اللاسلكية الجديدة والقائمة.

ويشمل الخطوات التالية:

1. تبادل البيانات التقنية والتشغيلية بشأن تخصيصات التردد القائمة أو المقدمة سابقاً أو الجديدة للمحطات أو الأنظمة الراديوية.
2. دراسات آثار التداخل المحتملة بين تخصيصات التردد القائمة والجديدة.
3. المراسلات بين السلطات الوطنية أو الدولية لإدارة الطيف ومستعملي الطيف.
4. النظر، عند إجراء الأعمال التقنية، في معايير الاتصالات الراديوية المناسبة التي يضعها الاتحاد – المعروفة بتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية – التي تحدد معايير الحماية.

ينبغي أن يفهم التنسيق الساتلي على أنه عملية لتجنب التداخل الضار المحتمل بين الأنظمة أو المحطات أو التطبيقات اللاسلكية الجديدة والقائمة.

البند 2.9 من جدول أعمال المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023

يعطي *تقرير الاجتماع التحضيري* للمؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية لعام 2023 تعليمات هامة للإدارات عند صياغة معلومات النشر المسبق في النطاق S (في الواقع 2 110-2 025 MHz و2 290-2 200 MHz). وستكون هذه مسألة ستعالج في المؤتمر المقبل للاتصالات الراديوية.

يتضمن عدد متزايد من التبليغات بشأن معلومات النشر المسبق في *النشرة الإعلامية الدولية للترددات* (BR IFIC)، على النحو المطلوب بموجب الرقم 1.9 من المادة 9 من لوائح الراديو، معلومات عامة. وعلى وجه الخصوص، نشأ اتجاه غير سليم للتبليغات بشأن حجز كامل نطاقات العمليات الفضائية التي تغطي النطاقين 2 110-2 025 MHz و2 290-2 200 MHz، أو أجزاء رئيسية من النطاق S. بل إن بعض التبليغات أعلنت أن كامل سطح الأرض منطقة خدمة ولم تذكر أي محطات أرضية محددة – وإنما محطات ''نمطية'' فقط.

وهذا الافتقار إلى معلومات محددة يجعل عملية التعاون بموجب المادة 9 (الرقمان 3.9 و4.9) أطول وأكثر تعقيداً. وأمام هذه المعلومات العامة، يمكن للإدارات إما أن تبدي تعليقات عامة بنفس القدر أو أن تطلب معلومات أكثر تفصيلاً من الإدارة المبلغة. ولا يمكن لمكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد أن يرفض بطاقات التبليغ ذات مديات التردد الكبيرة، طالما أن التبليغ يمتثل لأحكام لوائح الراديو.

نهج عملي في النطاق S

يتطلب النطاق S عناية خاصة لأنه يستخدم على نطاق واسع من جانب العديد من المشغلين. ووافق قطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R) وفريق تنسيق الترددات الفضائية (SFCG) الأقل رسمية على توصيات وقرارات لمساعدة المشغلين والإدارات على النشر المسبق، بالإضافة إلى توصيات قطاع الاتصالات الراديوية لإجراء الحسابات.

يتطلب النطاق S عناية خاصة لأنه يستخدم على نطاق واسع من جانب العديد من المشغلين.

دستور الاتحاد ولوائح الراديو الصادرة عنه

وفقاً للمادة 1 من دستور الاتحاد، تتمثل إحدى مسؤوليات المنظمة في "تنسيق الجهود لإزالة التداخل الضار بين المحطات الراديوية في مختلف البلدان وتحسين استعمال طيف الترددات الراديوية لخدمات الاتصالات الراديوية والمدارات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمدارات الساتلية الأخرى".

وتضيف المادة 44 من الدستور ما يلي: "عندما تستعمل الدول الأعضاء نطاقات الترددات لخدمات الاتصالات الراديوية، عليها أن تأخذ في الحسبان أن الترددات الراديوية والمدارات المصاحبة لها بما فيها مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض هي موارد طبيعية محدودة، ويجب استعمالها استعمالاً رشيداً وفعّالاً واقتصادياً طبقاً لأحكام لوائح الراديو."

وتلتزم إدارات الدول الأعضاء في الاتحاد ومشغلو السواتل بلوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد، وهي المعاهدة الوحيدة الملزمة عالمياً التي تحكم استعمال طيف الترددات الراديوية والمدارات الساتلية. وتتضمن المادة 9 من المعاهدة المتطلبات والعمليات اللازمة للحصول على الموافقة، من خلال التنسيق الساتلي بين المشغلين، قبل عملية التبليغ عن شبكة ساتلية، في حين تحدد المادة 11 الشروط التي يلزم من أجلها هذا التبليغ.

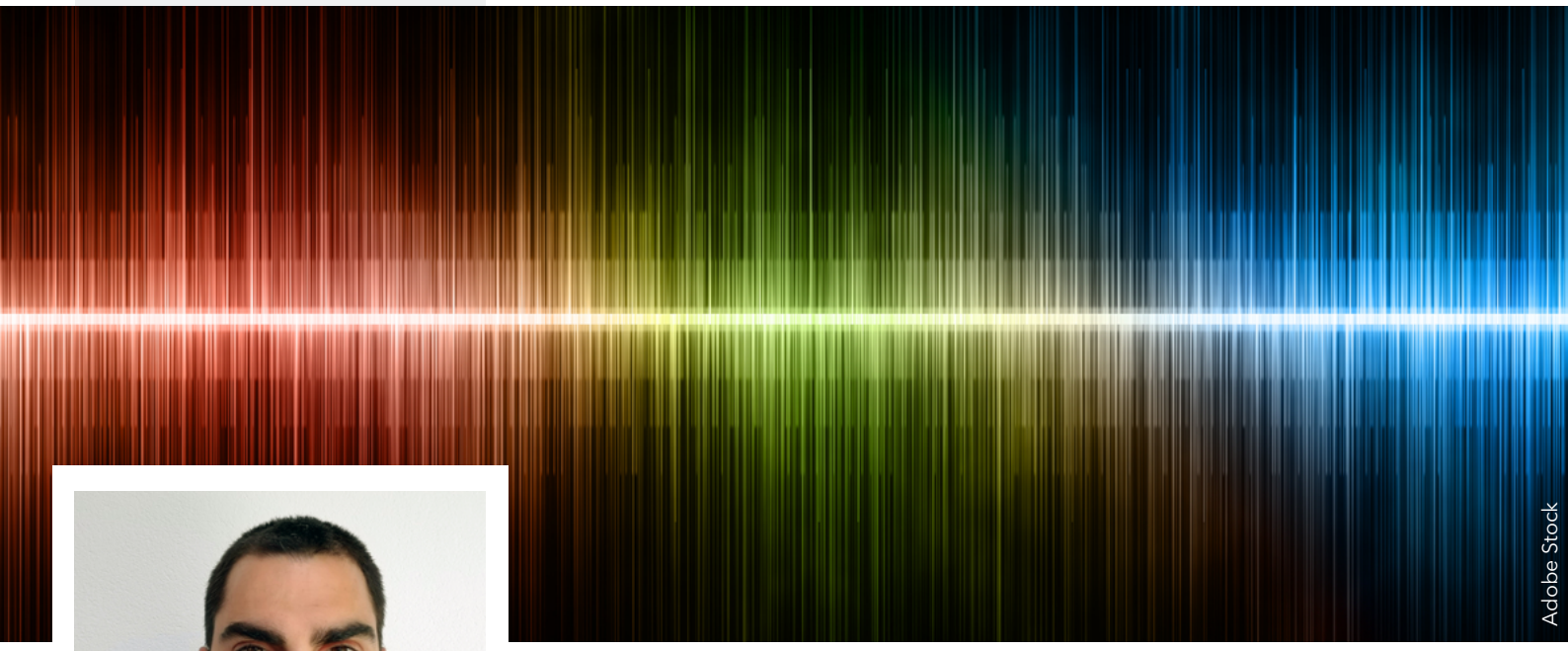
وتخضع نتائج اجتماع التنسيق الساتلي لموافقة إدارات الدول الأعضاء في الاتحاد، وأي تنسيق ساتلي مؤطر بالمبادئ التنظيمية والتقنية المبينة أعلاه.

ونظراً للاستخدام العالي المستمر، يتركز الاهتمام التنظيمي بشكل متزايد على الحفاظ على النطاق S.

وحالة النطاق X، الذي يستخدم للإرسال بمعدل بيانات مرتفع، حالة محددة لأنها تتطلب عادة حسابات تقنية لتسهيل التعايش بين الشبكات الساتلية التي تستخدم نفس نطاقات التردد.

وفي المستقبل، سيستعمل النطاق Ka على نطاق واسع لسواتل رصد الأرض ذات معدلات البيانات المرتفعة جداً.

"ونظراً للاستخدام العالي المستمر، يتركز الاهتمام التنظيمي بشكل متزايد على الحفاظ على النطاق S."



تداخل الترددات الراديوية في قياسات رصد الأرض

يان سولدو، مهندس في إدارة الترددات والتكنولوجيا، وكالة الفضاء الأوروبية

يطرح تداخل الترددات الراديوية العديد من التحديات أمام خدمة استكشاف الأرض الساتلية.

يان سولدو

يطرح تداخل الترددات الراديوية (RFI) العديد من التحديات أمام خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) التي تعتمد على أجهزة استشعار دقيقة تتأثر بالموجات الراديوية. وعادة ما يؤدي وجود تداخل الترددات الراديوية إلى منع القياسات تماماً، أو يتسبب في حالات عدم يقين أكبر (إذا تم تحديد تداخل الترددات الراديوية بشكل صحيح)، أو إدخال أخطاء في القياس. وتميل أخطاء القياس إلى الحدوث عند مستويات منخفضة للتداخل التردد الراديوي، يصعب تحديدها [Oliva et al., 2016]

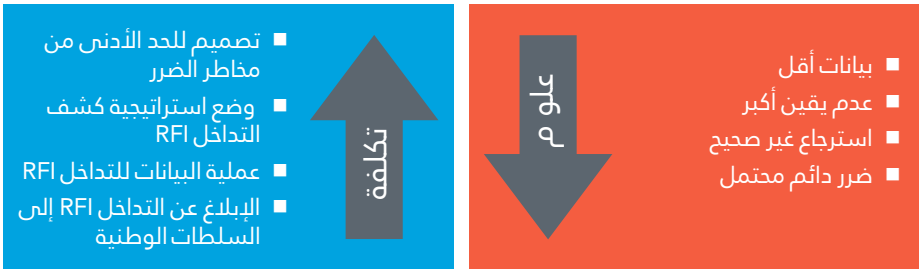
وقد يؤدي التداخل الشديد في الترددات الراديوية أيضاً إلى إلحاق الضرر بالمستقبلات الساتلية، مما يؤدي إلى خسائر دائمة في البيانات العلمية. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الحاجة إلى مراعاة التداخل RFI يضيف إلى التكاليف التصميمية والتشغيلية لأجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية.

الحاجة إلى الحماية التنظيمية والإجراءات التنظيمية

يمكن لتحسينات البرمجيات أو العتاد أن تقلل، دون أن تلغي، تأثير تداخل الترددات الراديوية على البيانات العلمية. وحتى خوارزمية مثالية للكشف عن تداخل الترددات الراديوية تترك الشبكات الساتلية لرصد الأرض معرضة لبعض حالات فقدان البيانات وعدم اليقين في القياس. ولذلك، فإن الحماية التنظيمية والإجراءات التنظيمية، بما في ذلك الإبلاغ عن تداخل الترددات الراديوية [Pedro et al., 2022]، ضرورية لحماية القياسات العلمية الحيوية للدراسات البيئية والمناخية، وكذلك للأرصاد الجوية.

> *يمكن لتحسينات البرمجيات أو العتاد أن تقلل، دون أن تلغي، تأثير تداخل الترددات الراديوية على البيانات العلمية.*

الخسارة العلمية وارتفاع التكلفة: تأثير التداخل RFI على أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية

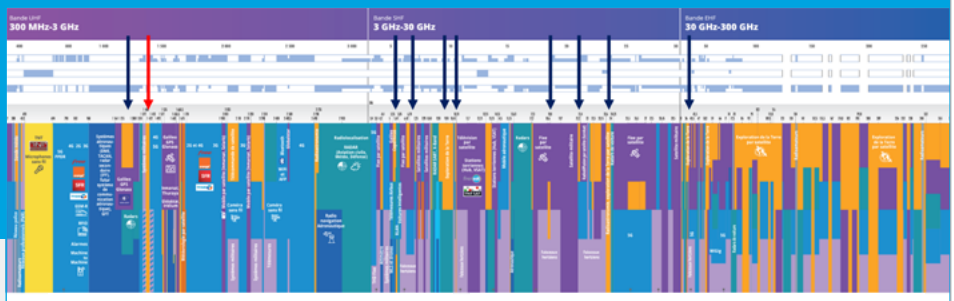


تلوث أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية بتداخل الترددات الراديوية

تتأثر اليوم العديد من أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية بتداخل الترددات الراديوية. وترد بعض الأمثلة في Draper، 2018، وفي الصفحة الإلكترونية المخصصة لفريق تنسيق الترددات الفضائية (SFCG). ومع ذلك، لا يستطيع سوى عدد قليل من المشغلين كشف مصادر التداخل وتحديد موقعها باستمرار، بل إن عدداً أقل منهم اتخذ خطوات للإبلاغ عن تداخل الترددات الراديوية إلى السلطات التنظيمية الوطنية المختصة.

ويبين الشكل التالي جزءاً من الجدول الوطني لتوزيع الترددات في فرنسا. وتشير الأسهم إلى نطاقات التردد التي تتضمن حالات موثقة لتأثر أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية بالتداخل RFI (على الرغم من أن التداخل RFI قد يكون موجوداً في نطاقات أكثر)، بينما يشير السهم الأحمر إلى النطاق 400 1-427 MHz 1، وهو النطاق الوحيد الذي توجد فيه تقارير منهجية عن التداخل RFI.

جزء من الجدول الوطني الفرنسي لتوزيعات الترددات
تشير الأسهم إلى نطاقات التردد التي تتضمن حالات التداخل RFI المعروفة.
يشير اللون الأحمر إلى نطاق تردد يتم فيه الإبلاغ عن التداخل RFI بشكل منهجي.



تداخل الترددات الراديوية على سواتل خدمة استكشاف الأرض الساتلية غير المبلغ عنه

تداخل الترددات الراديوية على سواتل خدمة استكشاف الأرض الساتلية المبلغ عنه

MHz = ميغاهرتز
GHz = غيغاهرتز

المصدر: anfr.fr

> *تسعى الوكالات الفضائية الذي تدرك ذلك كأداة قوية لحماية القياسات العلمية والحفاظ عليها، إلى تحسين قدرتها على الإبلاغ عن تداخل الترددات الراديوية.*

كما يبين هذا الشكل، فإن التداخل RFI الذي يؤثر على أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية لا يتم الإبلاغ عنه إلى حد كبير. ويعزى ذلك جزئياً إلى تعقيد كشف التداخل RFI، بل ويرجع ذلك في الغالب إلى أن بصمة أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية – أي المنطقة التي ترصدها في كل لحظة – يبلغ عرضها عشرات الكيلومترات، وهي مساحة كبيرة جداً بحيث لا يُسمح بأي إجراء عملي على الأرض.

غير أن الخوارزميات التي وضعت في السنوات الأخيرة يمكن أن تحدد مواقع مصادر التداخل RFI بدقة أدق من حجم البصمة، عادة في غضون بضعة كيلومترات، وهو ما يكفي للسلطات التنظيمية الوطنية لتحديد مصدر التداخل RFI الذي تبلغ عنه أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية.

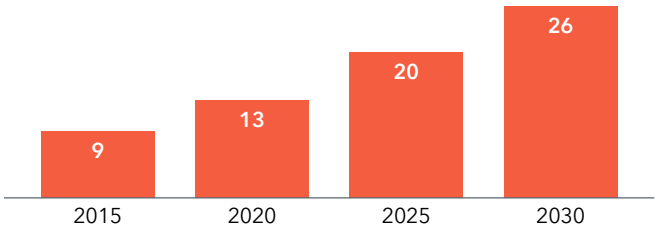
الاتجاهات المتوقعة

وبالنظر إلى المستقبل، من المرجح أن يصبح التداخل RFI مشكلة أكبر. وتتمثل الخطط الحالية في أن سواتل رصد الأرض ستصبح أكثر حضوراً في الطيف، سواء من حيث عدد السواتل أو نطاقات التردد المرصودة.

وفي الوقت نفسه، تخطط خدمات أخرى كثيرة لتوسيع وجودها في الطيف. فعلى سبيل المثال، وفقاً للمعهد الأمريكي للملاحة الجوية والفضائية (AIAA)، يخطط القطاع الساتلي الخاص لنشر عشرات الآلاف من السواتل؛ ويتوقع تقرير صادر عن الرابطة العالمية لصناعة الاتصالات المتنقلة (GSMA) أن يصل عدد توصيلات إنترنت الأشياء إلى 37,4 مليار توصيل بحلول عام 2030.

ويجب أن تكون أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية جاهزة لوجود تداخل في الترددات الراديوية.

عدد نطاقات التردد التي تستهدفها سواتل وكالة الفضاء الأوروبية

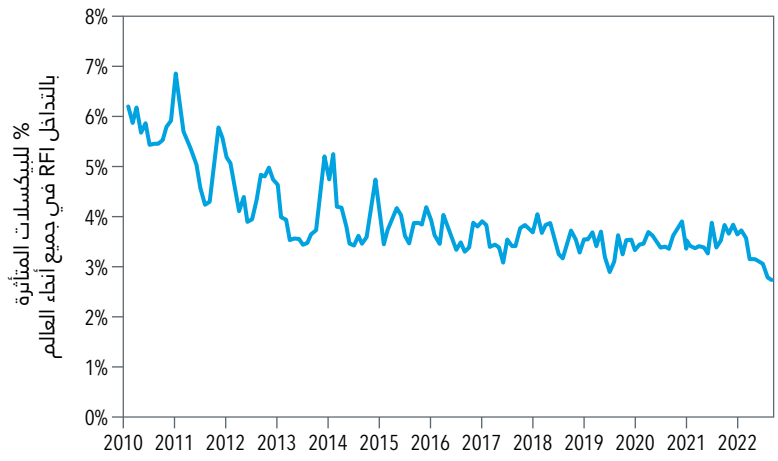


أثر الإبلاغ عن تداخل الترددات الراديوية

النطاق 400 1-427 1 MHz هو إحدى الحالات التي تحسنت فيها بيئة التداخل RFI تحسناً طفيفاً بدلاً من انحطاطها في السنوات الأخيرة. لاحظت وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) لأول مرة تداخل الترددات الراديوية في هذا النطاق في عام 2010 من خلال مهمة رصد رطوبة التربة وملوحة المحيطات (smos). وأدى ذلك إلى تضافر الجهود لكشف مصادر التداخل وتحديد موقعها والإبلاغ عنها.

وقد أدى استمرار هذه الجهود على مر السنين إلى خفض تدريجي في تلوث التداخل RFI (انظر الشكل أدناه)، مما يدل على فعالية الإبلاغ عن التداخل RFI.

النسبة المئوية لبيكسلات سطح الأرض المتأثرة بالتداخل RFI في منتجات SMOSproducts



المصدر: Uranga et al، 2022

مستقبل الإبلاغ عن التداخل RFI

تسعى الوكالات الفضائية الذي تدرك ذلك كأداة قوية لحماية القياسات العلمية والحفاظ عليها، إلى تحسين قدرتها على الإبلاغ عن تداخل الترددات الراديوية.

وستحمل مهمات وكالة الفضاء الأوروبية المقبلة، مثل Metop-SG ومقياس كوبرنيكوس للتصوير الإشعاعي بالموجات الصغرية (CIMR)، معدات مخصصة لمعالجة التداخل RFI، ويجري العمل حالياً لتحسين قدرات كشف التداخل RFI ومراقبته. وينبغي أن يؤدي ذلك، في السنوات المقبلة، إلى الإبلاغ بشكل أكثر انتظاماً عن مصادر التداخل الراديوي التي تؤثر على أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية.

الاستنتاجات

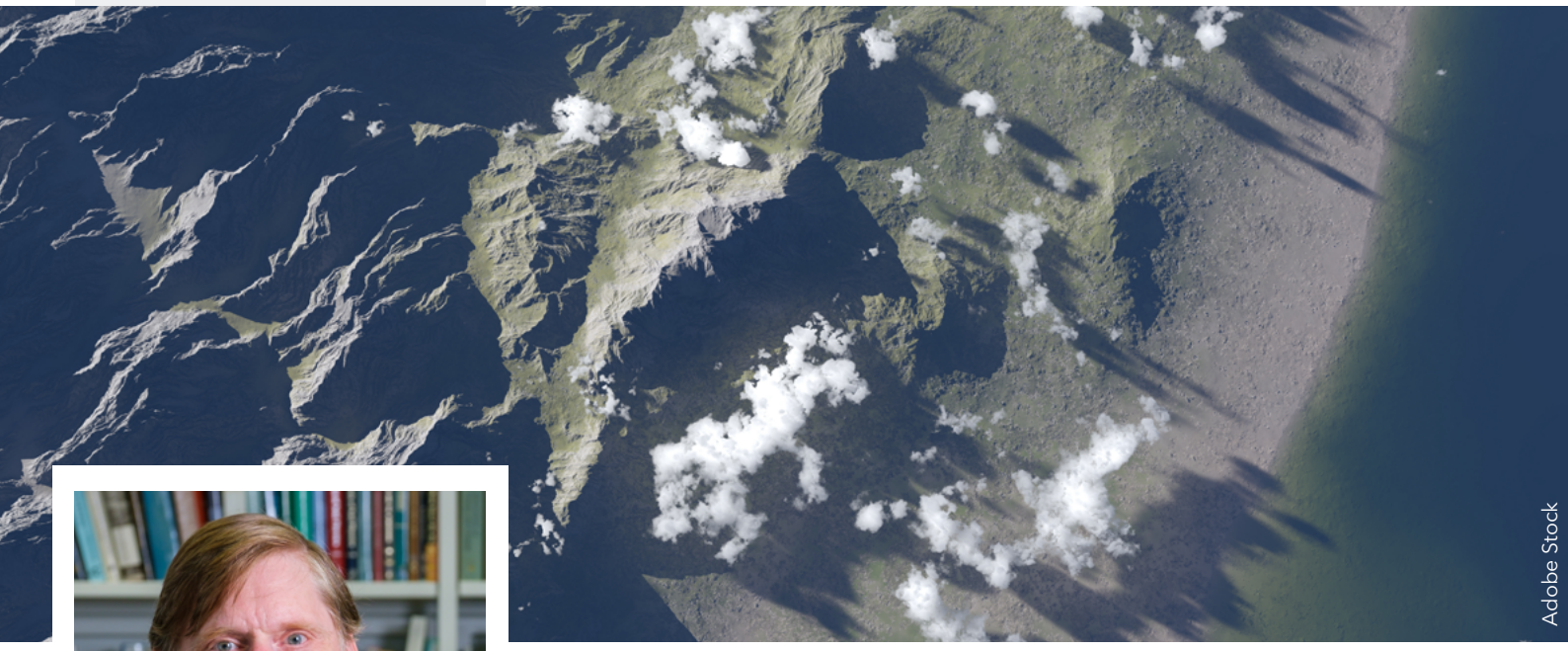
تم توثيق حالات التداخل RFI في عدة نطاقات، ويعتبر التداخل RFI مصدر قلق متزايداً لأن العديد من الخدمات الأرضية والمحمولة في الفضاء تخطط للاعتماد بشكل أكبر على الطيف.

ولذلك، يجب أن تكون أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية جاهزة لوجود التداخل RFI. ويتمثل جزء رئيسي من هذا الإعداد في وضع استراتيجية تسمح بتحديد التداخل RFI والإبلاغ عنه بانتظام إلى الهيئات التنظيمية الوطنية. وقد تم تنفيذ ذلك في نطاق واحد – مع تحقيق نتائج إيجابية – ويجري حالياً المزيد من العمل لتحسين الإبلاغ عن التداخل RFI، بما في ذلك في نطاقات إضافية.

Metop-SG

Metop - سيضمن الجيل الثاني استمرار عمليات رصد الأرصاد الجوية من المدار القطبي.

شاهد الفيديو لأخذ نظرة عامة عن الموضوع


Adobe Stock

الاستشعار المنفعل عن بعد بالموجات الصغرية للتنبؤ العددي بالطقس

ستيفن إنغليش، نائب مدير البحوث،
المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى

تعد عمليات الرصد المنفعلة بالموجات الصغرية حاسمة للتنبؤ العددي بالطقس ونمذجة المناخ والتأهب للكوارث.

ستيفن إنغليش

تعد عمليات الرصد المنفعلة بالموجات الصغرية حاسمة للتنبؤ العددي بالطقس (NWP) ونمذجة المناخ والتأهب للكوارث. ومع اقتراب المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023، تحتاج هذه الخدمات وغيرها من الخدمات الحيوية إلى حماية تنظيمية.

يدعم التنبؤ العددي بالطقس الأهداف الرئيسية المحددة في خطة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة لعام 2030 وإطار سنداي للحد من مخاطر الكوارث. وقد أدت "الثورة الهادئة" التي أحدثها في الأرصاد الجوية إلى تخفيف مخاطر الكوارث المتعلقة بالطقس، والحد من الخسائر في الأرواح وسبل العيش (Nature, vol. 525, 2015).

ويتيح لنا الجمع بين عمليات الرصد والنماذج العددية التنبؤ بالحالة المستقبلية لنظام الأرض، بما في ذلك الطقس والمحيطات وسطح الأرض والثلوج وجليد البحر والظروف الجوية.

> *يتيح لنا الجمع بين عمليات الرصد والنماذج العددية التنبؤ بالحالة المستقبلية لنظام الأرض، بما في ذلك الطقس والمحيطات وسطح الأرض والثلوج وجليد البحر والظروف الجوية.*

لماذا تحتاج نماذج التنبؤ العددي بالطقس إلى نطاقات تردد محمية

ترصد الأجهزة الساتلية الأرض في العديد من نطاقات التردد الطيفي. ويمكن لعمليات رصد الطيف الراديوي، بشكل خاص، أن تخترق السحب، وغالباً ما تكون هناك حاجة ماسة إلى المعلومات. وتوفر نطاقات محددة – بعضها مدرج في الحاشية 340.5 من لوائح الراديو – أنواعاً مختلفة من المعلومات المتعلقة بالطقس.

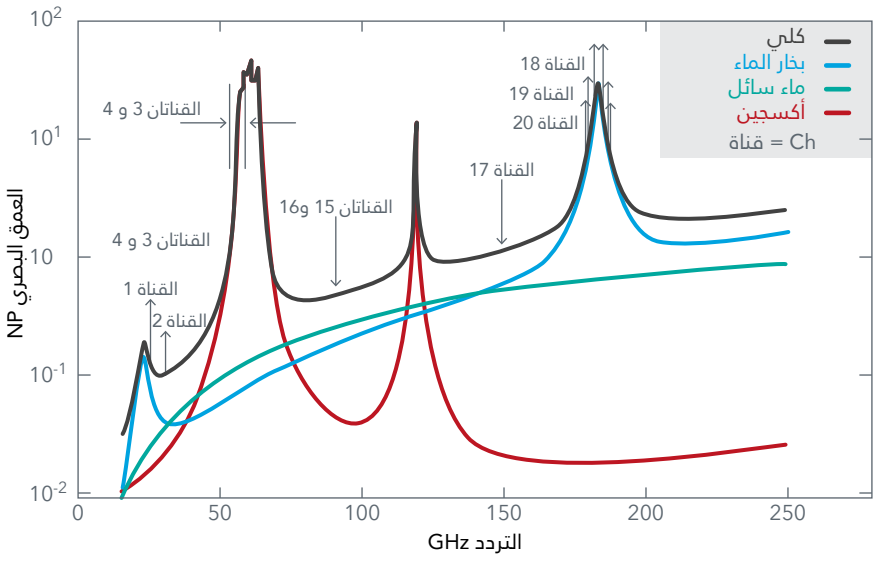
فعلى سبيل المثال:

- النطاقات 1,400-1,427 و6,9-7,0 و10,6-10,7 و18,6-18,8 و23,6-24 و31,3-31,5 و36-37 GHz – سطح الأرض والغلاف الجوي القريب من السطح؛
- النطاقات 50,2-57,3 GHz و87-91GHz و115-122 و165-166 و176-191 و228-230 GHz – درجة حرارة الغلاف الجوي ثلاثي الأبعاد وبخار الماء وسحب المرحلة السائلة؛
- النطاقات 241-245 و314-336 و439-457 و657-671 GHz – سحب المرحلة الجليدية؛
- النطاقان 486-504 و540-580 GHz – الغازات النزرة في الغلاف الجوي.

وتظهر الخصائص الطيفية بين 1 GHz و250 GHz (انظر الشكل 1) ما يلي:

- خطا امتصاص طيفي لبخار الماء قريبان من 22 GHz و183 GHz؛
- خطوط الأكسجين القريبة من 118 GHz؛
- مجموعة من خطوط الأكسجين بين 50,2 و57,3 GHz.

الشكل 1 - طيف الموجات الصغرية: يظهر التوهين بسبب الماء السائل (اللون الأخضر) وبخار الماء (اللون الأزرق) والأكسجين (اللون الأحمر) والكلي (اللون الأسود) للماء السائل في السحب 200 gm-2 والغلاف الجوي المعياري للولايات المتحدة.

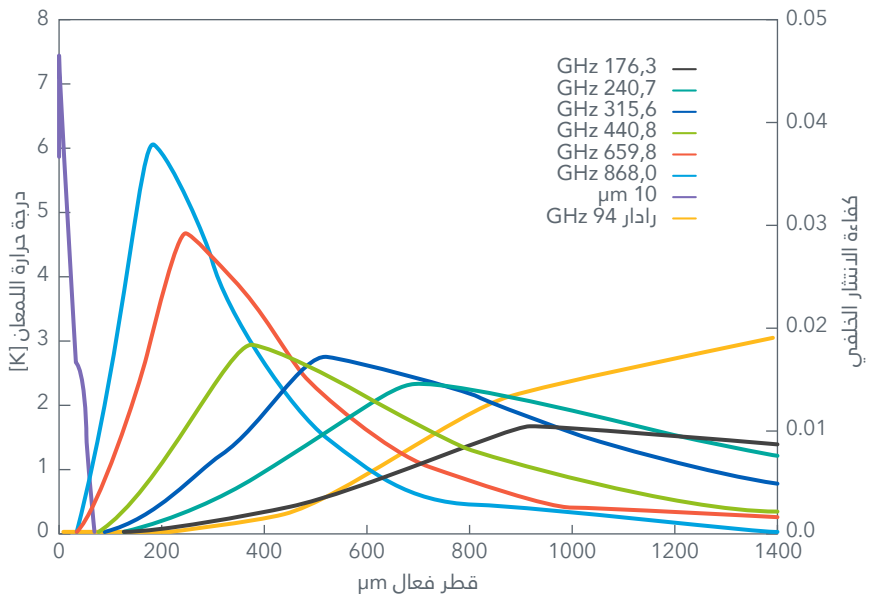


المصدر: مكتب الأرصاد الجوية، المملكة المتحدة

ومع ذلك، فإن أجهزة الاستشعار المنفعلة التي تراقب مثل هذه الانبعاثات الطبيعية حساسة حتى لمستويات منخفضة جداً من تداخل الترددات الراديوية.

وستتاح قريباً معلومات عن السحب الجليدية بشأن نطاقات فوق GHz 200 من خلال جهاز تصوير السحب الجليدية وساتل الأحوال الجوية في القطب الشمالي. وتدعو الحاجة إلى إلى عدة نطاقات في المدى GHz 868-176 لالتقاط مختلف أحكام الظواهر الجوية المائية للسحب الجليدية (انظر الشكل 2).

الشكل 2 - حساسية النطاقات للظواهر الجوية المائية الجليدية: GHz 868-176



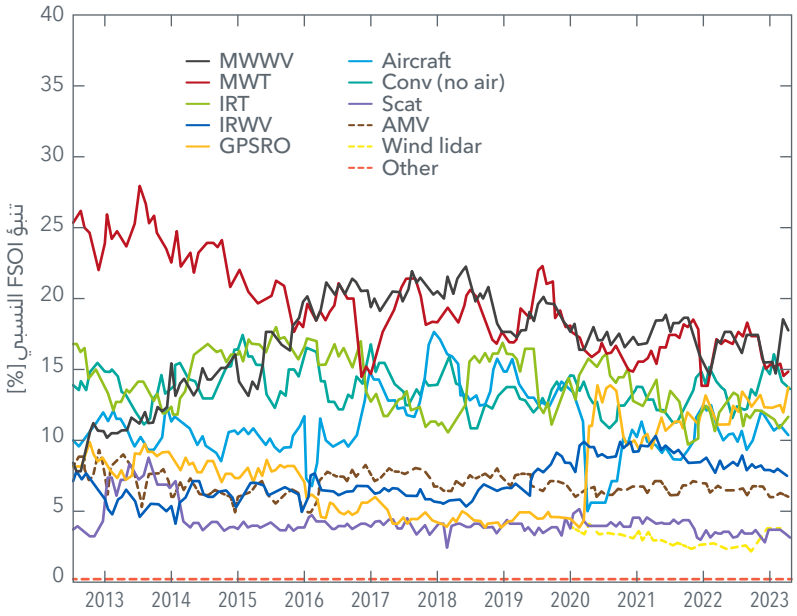
المصدر: Buelher et al. (2007) حقوق النشر © 2007، الجمعية الملكية للأرصاد الجوية

ما أهمية رصد الترددات الراديوية في التنبؤ

توفر عمليات رصد الترددات الراديوية التي يقوم بها المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (ECMWF) أكبر انخفاض في الأخطاء مقارنة بأي نوع من أنواع مراقبة الطقس (انظر الشكل 3).

وتم الإبلاغ عن قيمة سواتل استكشاف الأرض للتنبؤات الجوية على نطاق واسع، بما في ذلك في المركز ECMWF في عام 2018 وورش العمل بشأن تداخل الترددات الراديوية (RFI) في عامَي 2019 و2022، وفي أدبيات، مثل Bormann *et al* (2019) و(2021) Randriamampianina *et al*.

الشكل 3 - التنبؤ بأثر الرصد القائم على الحساسية (FSOI) للفترة 2012-2023



MWWV = مسابير الرطوبة بالموجات الصغرية عند 192-174 GHz

MWT = مسابير درجة حرارة بالموجات الصغرية، GHz 58-50

IRT = مسابير درجة الحرارة بالأشعة تحت الحمراء

IRWV = مسابير الرطوبة بالأشعة تحت الحمراء

GPSRO = الحجب الراديوي للنظام العالمي للملاحة الساتلية

طائرة = عمليات الرصد في الموقع على الطائرة

Conv (عدم وجود هواء) = عمليات رصد أخرى في الموقع

Scat = مقاييس الانتثار (كامل النطاق C حالياً)

AMV = متجهات الحركة في الغلاف الجوي (من تتابعات الصور الساتلية)

كشف الضوء وتحديد المدى لقياس الرياح = كشف الضوء وتحديد المدى الدوبلري فوق البنفسجي لقياس الرياح (ايولوس فقط في هذه الفترة)

غير ذلك = جميع أنواع عمليات الرصد الأخرى

المصدر: آلان غير

تمكن سجلات البيانات الساتلية للمتغيرات المناخية الأساسية، التي تعود إلى أكثر من أربعة عقود، من رصد المناخ من خلال البيانات التقليدية و"إعادة التحليل" في نظام التنبؤ العددي المعدل.

كما أن قواعد البيانات الأوروبية، مثل مرافق التطبيقات الساتلية لمنظمة EUMETSAT ومبادرة تغير المناخ التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية، زادت من إثراء المعرفة المناخية العالمية.

وإن "الخرائط الخالية من الثغرات" الناتجة – مثل ERA-5، التي تنتجها خدمة كوبرنيكوس لتغير المناخ، والتي يديرها المركز ECMWF نيابة عن المفوضية الأوروبية (ECMWF) – تعمل بشكل متزايد على إثراء التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه. والرصد الفضائي على المدى الطويل ضروري لرصد التغيرات في المستقبل.

حماية نطاقات خدمة استكشاف الأرض الساتلية من التداخل

تتعلق عدة مواضيع مطروحة للمناقشة في المؤتمر WRC-23 بخدمات الطقس والمناخ، وقد نشرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) بيان موقفها بشأن هذه المواضيع. وإن عمليات رصد الأرض حول 7 GHz التي تُستخدم لرصد درجات حرارة المحيطات (البند 2.1 من جدول الأعمال) مصدر قلق خاص.

وإن أحكام لوائح الراديو بشأن قياسات أجهزة الاستشعار المنفعلة بالموجات الصغرية (الحاشية 458.5) لا تصل إلى حد توزيع الطيف لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS)، والتي يمكن بالتالي أن تتأثر سلباً بالاتصالات المتنقلة الدولية (IMT 2020/5G) باستخدام نفس التردد.

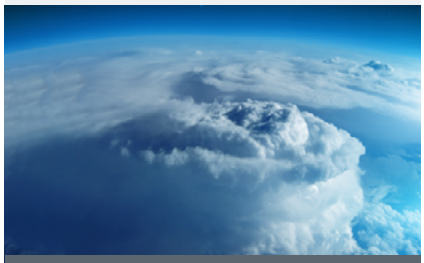
ويؤثر جدول أعمال المؤتمر WRC-23 أيضاً على النطاقات 10,65 GHz (البند 2.1 من جدول الأعمال) و18,7 GHz (16.1 و17.1) و36,4 GHz (1.9 الموضوع د) و36,5 GHz – ذات الصلة بالسحب السائلة وسطح الأرض – والعديد من نطاقات خدمة استكشاف الأرض الساتلية الأخرى (1.9 الموضوع ج).

وهناك حاجة إلى اتخاذ قرارات للحفاظ على القياسات العالمية في نطاقات الاستشعار المنفعل الفريدة هذه.

وسيقدم العلماء الأوروبيون المعنيون بالطيف من أجل رصد الأرض (ESSEO) – وهي مبادرة تقودها وكالة الفضاء الأوروبية – مزيداً من الدعم العلمي لمواقف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، سواء في المؤتمر WRC-23 أو في غضون أربع سنوات أخرى في المؤتمر WRC-27.

للتنبؤ بالطقس أهمية اجتماعية واقتصادية هائلة. ولذلك، لا بد من الحفاظ على الحماية المناسبة له في لوائح الراديو.

> *للتنبؤ بالطقس أهمية اجتماعية واقتصادية هائلة.*



رصد كوكبنا المتغير - مجلة أخبار الاتحاد

أوضح مقال نشرته مجلة أخبار الاتحاد في عام 2019 الدور الذي تؤديه عمليات الرصد المنفعل بالموجات الصغرية في التنبؤات العددية للطقس.

اقرأ المقال في الصفحة 54.

Adobe Stock

فلافيو خورخي

لويس بيدرو

ساندرو ميندونشا

الآفاق الناشئة لرصد الأرض في تحقيق أهداف التنمية المستدامة

فلافيو خورخي، الرئيس الوطني والممثل الدولي بمسار مهني مبكر للجنة E (البيئة الكهرمغنطيسية والتداخل)، الاتحاد الدولي لعلوم الراديو؛ ولويس بيدرو، مدير هيئة ANACOM، البرتغال؛ وساندرو ميندونشا، أستاذة في كلية Iscte للأعمال/معهد جامعة لشبونة، البرتغال، ومستشار، Anatel، البرازيل

لتغير المناخ، الذي يرصد في شكل موجات الحرارة وحرائق الغابات والجفاف وفيضانات، غالباً في نفس المنطقة خلال نفس السنة، آثار اجتماعية واقتصادية كبيرة. فهو يهدد السلامة العامة ويقوض الأمن الغذائي والمائي، فضلاً عن تغير أنماط الأمراض وإجبار الناس على النزوح الجماعي.

ANACOM (الهيئة الوطنية للاتصالات)، البرتغال
Anatel (الهيئة الوطنية للاتصالات)، البرازيل

توفر أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر (SDG) التي حددتها الأمم المتحدة (UN) في عام 2015 المسار الأساسي لحل التحديات المجتمعية الكبرى في عصرنا. ومع انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة المقبل المعني بالمناخ، COP28، في دبي في أواخر نوفمبر، بالتوازي مع المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية (WRC-23)، فقد حان الوقت للاعتراف بتقاطع جدولي أعمال المناخ والاتصالات الراديوية.

كيف تخدم سواتل رصد الأرض التنمية المستدامة

تعد سواتل رصد الأرض جزءاً أساسياً من البنية التحتية، فهي تجس نبض كوكبنا مع القدرة على المساهمة في معظم أهداف التنمية المستدامة، إن لم يكن كلها. وتشكل البيانات الناتجة بشأن المناخ واستخدام الأراضي وغيرها من العوامل مصدراً للذكاء الاستراتيجي لتصميم وتقييم السياسات الاستباقية والتصحيحية.

وإن خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) – التي تشغلها مهمات رصد الأرض وفقاً للوائح الراديو التي يحتفظ بها الاتحاد الدولي للاتصالات – ترقى إلى منفعة عامة عالمية تضمن فوائد فريدة. ولكن استمرار تقديمها يعتمد على ندرة توافر المدارات الساتلية على نحوٍ متزايد، إلى جانب موارد الطيف الراديوي اللازمة للاستشعار عن بعد بالموجات الصغرية، وكذلك للاتصالات.

والإدارة أمر أساسي لضمان المرونة والقدرة على التكيف.

استخدام المدار والطيف سريع النمو

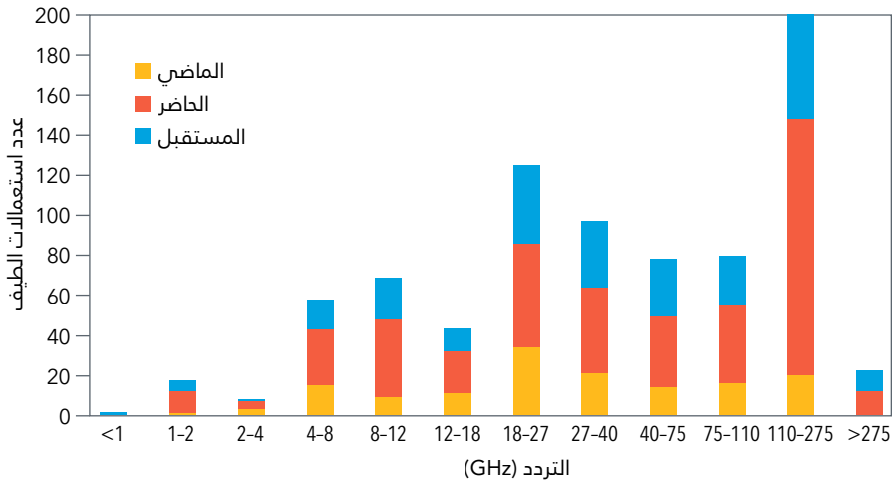
الطيف الراديوي ضروري لأجهزة استشعار رصد الأرض.

OSCAR – تتيح أداة تحليل واستعراض قدرات أنظمة الرصد المقدمة من المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) قاعدة بيانات للترددات الساتلية المستعملة لرصد الأرض، بما في ذلك الاستشعار عن بعد بالموجات الصغرية. ويبين توزيع استعمالات الطيف (انظر الشكل 1) أهمية الطيف الراديوي بالنسبة لأجهزة الاستشعار لرصد الأرض: فجميع مديات الترددات مستعملة أو قيد الاستعمال أو يخطط لاستعمالها في المستقبل.

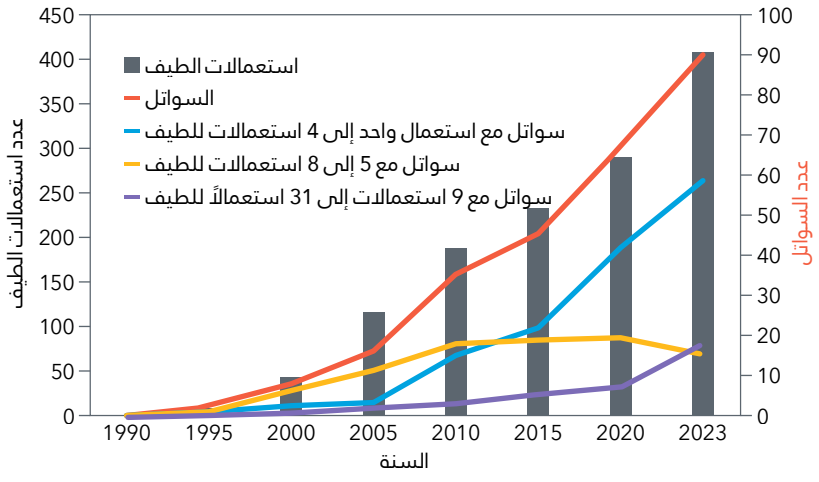
وعلاوةً على ذلك، يتزايد عدد سواتل رصد الأرض بشكل تربيعي، وكذلك عدد استعمالات الطيف من جانب أجهزة الاستشعار لرصد الأرض (انظر الشكل 2).

> *تعد سواتل رصد الأرض جزءاً أساسياً من البنية التحتية، فهي تجس نبض كوكبنا مع القدرة على المساهمة في معظم أهداف التنمية المستدامة، إن لم يكن كلها.*
>
> فلافيو خورخيلويس بيدرو ساندرو ميندونشا

الشكل 1 - توزيع استعمالات الطيف الراديوي في أجهزة الاستشعار لرصد الأرض.



الشكل 2 - تطور استعمالات الطيف في أجهزة الاستشعار لرصد الأرض وسواتل رصد الأرض العاملة (بما في ذلك حسب فئة استعمال الطيف).



"الطيف الراديوي ضروري لأجهزة الاستشعار لرصد الأرض."

رصد الأرض في الوقت المناسب على نحو متزايد

انخفضت في السنوات الأخيرة كل من القيم المتوسطة والوسيطة لاستعمالات الطيف، لكل ساتل، في أجهزة الاستشعار لرصد الأرض، بعد أن بلغت ذروتها حوالي عام 2005 (انظر الجدول).

الجدول 1 – القيمة المتوسطة والقيمة الوسط لاستعمالات الطيف في أجهزة الاستشعار لرصد الأرض لكل ساتل.

	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
القيمة المتوسطة	3,7	5,4	7,4	5,3	5,2	4,3	4,5
القيمة الوسط	5,0	5,5	6,5	5,0	5,0	1,0	1,0

وتتسق هذه النتائج مع اتجاه نشر سواتل أصغر وأبسط وأرخص في كوكبات ذات أعداد أكبر. ويقلل هذا النهج القائم على السواتل الصغيرة والكوكبة الكبيرة من زمن المعاودة ويتيح رصد الأرض في الوقت الفعلي تقريباً.

مهمات أخف تحقق نجاحاً أكبر

من وجهة نظر كثافة استعمال الطيف (انظر الشكل 2)، يتزايد عدد المهمات "الأخف" – مع أقل من خمسة استعمالات متميزة للطيف الراديوي لكل ساتل من جانب أجهزة الاستشعار لرصد الأرض. ويتواصل نشر المهمات "الأثقل"، التي تشمل أكثر من ثمانية استعمالات من هذا القبيل لكل ساتل، ولكن بمعدل أبطأ، وربما تنطوي على تطبيقات أكبر وأكثر تعقيداً وأكثر تكلفة.

بيد أن المهمات "المتوسطة" التي هيمنت على قطاع رصد الأرض في أيامها الأولى، وصلت إلى مستوى ثابت منذ عقد من الزمن تقريباً وبدأت الآن في الانخفاض، بما يتوافق مع العمر النموذجي للمهمات التي تم إيقاف تشغيلها والمتاحة في الوقت الراهن.

استخدام أصول رصد الأرض على نحو يتسم بالاستدامة والكفاءة والفعالية

مع الطلب المتزايد باستمرار على المدارات الساتلية والطيف الراديوي، لم يكن الاستخدام الرشيد لأصول رصد الأرض أكثر أهمية من أي وقت مضى. ومع ذلك، فإن سلسلة القيمة المعقدة للاقتصاد الفضائي تتطلب التنسيق بصورة مستمرة.

وتشمل الأدوار والمسؤوليات المميزة ما يلي:

- **الباحثون** – توسيع جدوى التكنولوجيا وكفاءة استخدام الموارد.
- **المنظمون** – صياغة قواعد عملية وقابلة للتنفيذ، بما في ذلك متطلبات الحماية الواقعية.
- **المصنعون** – تصميم تكنولوجيات متينة وميسورة التكلفة، باتباع مبادئ الاقتصاد الدائري، مع مراعاة اللوائح والتوصيات السارية والتوصيات المقبلة على النحو الواجب.
- **المشغلون** – العمل ضمن أطر راسخة والمطالبة بالحماية الراديوية عند الحاجة (يتم تناول الأساليب والإجراءات في هذا الصدد هنا).
- **سلطات المراقبة والإنفاذ** – ضمان بيئة كهرمغنطيسية آمنة للعمليات، والحفاظ على خلو الطيف الراديوي من التداخل الضار، وتوفير حماية راديوية فعالة عند الحاجة، ودعم تقاسم الطيف بفعالية.

ويضطلع الاتحاد بدور حاسم في تنسيق جميع هذه الوظائف. وبوصفه وكالة الأمم المتحدة المعنية بتكنولوجيات التوصيلية الرقمية، يقوم بتعزيز توافق الآراء مع احترام السيادة والتنوع، وبناء الجسور بين المجتمعات، وتعظيم الفوائد التي تجنيها المجتمعات في جميع أنحاء العالم.

ويشكل رصد الأرض جزءاً لا يتجزأ من النظام الإيكولوجي لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات – وهو عنصر رئيسي في التحول الرقمي الجاري في العالم. وهو أمر أساسي في معالجة أزمتنا العالمية الراهنة.

ولذلك، فقد حان الوقت للالتفاف حول أهداف التنمية المستدامة والعمل معاً من أجل مستقبلنا المشترك، والاستفادة القصوى من المؤتمر WRC-23 لضمان استمرار توافر موارد الطيف والفضاء للجميع.

> *لقد حان الوقت للالتفاف حول أهداف التنمية المستدامة، والعمل معا من أجل مستقبلنا المشترك، والاستفادة القصوى من المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023 لضمان استمرار توافر موارد الطيف والفضاء للجميع.*

Adobe Stock

خدمات استكشاف الأرض الساتلية في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي

تاريسيو باكاوس، نائب رئيس فرقة العمل 7C لقطاع الاتصالات الراديوية (أنظمة الاستشعار عن بعد)، ومنسق الإدارة الدولية للطيف والمدار (شعبة الطيف والمدار والإذاعية)، الوكالة الوطنية البرازيلية للاتصالات (Anatel)

"أحرزت بلدان أمريكا اللاتينية والكاريبي تقدماً كبيراً في رصد الأرض باستخدام خدمة استكشاف الأرض الساتلية."

تارسيسيو باكاوس

خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) هي خدمة اتصالات راديوية بين محطات أرضية ومحطات فضائية تحصل على بيانات من أجهزة استشعار موجودة على سواتل رصد الأرض ومنصات أخرى.

وتتيح هذه الخدمة توفير معلومات عن خصائص الأرض وبيئتها وظواهرها الطبيعية. كما تدعم رصد البيئة والمناخ وإدارة الكوارث والزراعة وإدارة المياه واستكشاف الموارد الطبيعية وأغراض أخرى مختلفة.

وقد أحرزت بلدان أمريكا اللاتينية والكاريبي تقدماً كبيراً في رصد الأرض باستخدام خدمة استكشاف الأرض الساتلية، ويرجع الفضل في ذلك جزئياً إلى الشراكات الدولية والبرامج المحددة المصممة خصيصاً لتلبية احتياجات البلدان النامية.

> *يشغّل أكبر بلد في المنطقة حالياً عدة سواتل لرصد الأرض.*

الأرجنتين

أطلق الساتل من أجل التطبيقات العلمية – (SAC-D) في عام 2011 بالتعاون مع الإدارة الوطنية الأمريكية للملاحة الجوية والفضاء (NASA). وشهدت سلسلة SAOCOM (الساتل الأرجنتيني لرصد الموجات الصغرية) عمليات إطلاق في عامي 2018 و2020. وقدم كلا البرنامجين رؤى شاملة بشأن العمليات المحيطية، بالإضافة إلى رصد الزراعة ورطوبة التربة والفيضانات.

ويهدف مشروع مشترك مقبل بين الأرجنتين والبرازيل لرصد الأرض بساتل مزدوج يعرف باسم الساتل SABIA-Mar (السواتل الأرجنتينية البرازيلية للمعلومات البيئية للبحار) إلى الجمع بين البيانات المحيطية للحصول على فهم أفضل للبحار الإقليمية.

البرازيل

يشغّل أكبر بلد في المنطقة حالياً عدة سواتل لرصد الأرض. وتقوم سلسلة سواتل الموارد الأرضية في الصين والبرازيل (CBERS) وكوكبة SCD (ساتل جمع البيانات)، مع بدء عمليات إطلاق في عام 1999، والساتل Amazonia-1 الذي أطلق في عام 2021 بموجب الميثاق الدولي للكوارث، بجمع بيانات عن إزالة الغابات والتحضر والأنشطة الزراعية. وتؤدي هذه السواتل دوراً حاسماً في فهم موارد البرازيل الطبيعية والحفاظ عليها، وكذلك في مراقبة الكوارث الطبيعية ودعم أنشطة المراقبة الإقليمية.

المكسيك

وقد أتاح الساتل المكسيكي لرصد المناخ وتكوين الغلاف الجوي (OMECCA)الذي أطلق في 2022 والساتل AzTechSat 1، الذي أطلق في عام 2019 بالتعاون مع وكالة ناسا، إمكانيات جديدة في مجال رصد الأرض في البلاد. وتوفر هذه المشاريع إمكانات هائلة لتعزيز الزراعة وإدارة الكوارث وقدرات الأمن والمراقبة، إلى جانب دعم دراسات تغير المناخ والذكاء الحضري ورسم الخرائط.

مبادرات أمريكا اللاتينية الأخرى

توفر المبادرات البارزة من شيلي (FASat-Charlie Satellite, 2011) وبوليفيا (Túpac Katari-1، أو TKSat-1، بالاشتراك مع الصين، 2013)، وأوروغواي (AntelSat، 2014)، وبيرو (PerúSAT-1، 2016)، وكولومبيا (FACSAT-1، 2018)، من بين مبادرات أخرى، قدرات لا تضاهى في الحصول على البيانات تعزز الرصد والإدارة البيئيين.

إن دعم برامج تطوير الفضاء وخدمة استكشاف الأرض الساتلية في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي أمر بالغ الأهمية.

مشاريع منطقة البحر الكاريبي

يساهم المسار الإقليمي لمنطقة البحر الكاريبي للبرنامج التجريبي للقدرة على التكيف مع تغير المناخ (PPCR) والوكالة الكاريبية لإدارة الطوارئ في حالات الكوارث (CDEMA) والمعهد الكاريبي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (CIMH) مساهمة فعالة في البحث والتطوير في مجال أنظمة رصد الأرض.

وعلاوةً على ذلك، أسفر التعاون مع وكالة ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية (ESA) وإدارة الفضاء الوطنية الصينية (CNSA) وغيرها من منظمات الفضاء الدولية عن مشاريع بارزة في منطقة الجزيرة ولا تزال تؤدي دوراً أساسياً في دفع عجلة التقدم والابتكار على نطاق أوسع في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي.

المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023 والخطوات التالية

تعد الحلول التعاونية والمشاركة الاستباقية والتطورات التقنية عوامل أساسية لرصد الأرض في المستقبل. ولذلك فإن دعم برامج تطوير الفضاء وخدمة استكشاف الأرض الساتلية في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي أمر بالغ الأهمية.

ويتيح المؤتمر WRC-23 الذي سيُعقد في نوفمبر وديسمبر الفرصة لتشكيل مستقبل خدمة استكشاف الأرض الساتلية وضمان إحراز التقدم في مختلف جوانب رصد الأرض التي يمكن أن تدعم الأهداف الإنمائية الإقليمية.

ما يمكن توقعه لخدمة استكشاف الأرض الساتلية

من شأن الموافقة في المؤتمر WRC-23 على توزيع ثانوي جديد لخدمة استكشاف الأرض الساتلية لنطاق التردد الراديوي 40-50 MHz أن يسمح بتحقيق تقدم كبير في قياس بواطن الأرض باستخدام الرادارات الصوتية، مما يسهل الكشف عن المياه والجليد في المناطق النائية ذات الكثافة السكانية المنخفضة.

ويتمثل هدف آخر في تعديل توزيعات الترددات الأولية القائمة أو المحتملة الجديدة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) في المدى 231,5-252 GHz، مما يتيح إحراز تقدم في النماذج المناخية التي تلتقط بدقة أثر السحب الجليدية على مناخ الأرض والدورة الهيدرولوجية.

وسيتناول المؤتمر المقبل أيضاً الموضوع الحاسم المتمثل في حماية أجهزة استشعار الطقس الفضائي، التي تعتبر حيوية في منع الآثار الضارة على أنظمة الاتصالات الراديوية، بما في ذلك خدمة الملاحة الراديوية وخدمة الطيران. ويمكن مواصلة الدراسات المتعلقة بهذا الموضوع بهدف استكمالها في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2027 في غضون أربع سنوات.

وبالإضافة إلى ذلك، سيركز المؤتمر WRC-23 على حماية الأنظمة المنفعلة في المدى GHz 37-36 لقياسات السطح والتنبؤ بالطقس والبحوث.

وأخيراً، يجب وضع تدابير لدراسة وتحديث الأحكام التقنية والتنظيمية لضمان استدامة العمليات الفضائية على المدى الطويل.

التعاون من أجل تعزيز الخدمات الفضائية

تعد مشاركة الهيئات الدولية أمر حيوي لضمان استمرار الخدمات الساتلية وقدرات خدمة استكشاف الأرض الساتلية وتسهيل مواصلة تطويرها. وعلاوةً على ذلك، يجب تعزيز الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) وقطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R) التابع له لضمان الاستمرارية في توفير توزيعات جديدة وحماية للعمليات القائمة، وكذلك لتعزيز إطار استدامة الفضاء.

ويتعين تنفيذ هذه الإجراءات بمشاركة كاملة من إدارات الدول الأعضاء في الاتحاد والشركات والمنظمات الأعضاء في قطاعات الاتحاد وجميع الهيئات الدولية والإقليمية ذات الصلة. ويجب أن يحدث ذلك على الصعيدين الإقليمي والعالمي.

ويتطلب تطوير بيئة ساتلية آمنة ومأمونة والحفاظ عليها تعاوناً قوياً سواء في منطقة أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي أو على الصعيد العالمي. وسيستفيد من ذلك خدمة استكشاف الأرض الساتلية بل وصناعة الاتصالات بأكملها.

تعد مشاركة الهيئات الدولية أمر حيوي لضمان استمرار الخدمات الساتلية وقدرات خدمة استكشاف الأرض الساتلية وتسهيل مواصلة تطويرها.

ويتطلب تطوير بيئة ساتلية آمنة ومأمونة والحفاظ عليها تعاوناً قوياً سواء في منطقة أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي أو على الصعيد العالمي.

صورة ساتلية لتدفق الرواسب من نهر فيتزروي إلى الحاجز المرجاني العظيم.

Sentinel-2 European Union

CSIRO

رؤية ساتلية لتحسين الحياة على الأرض

آمي باركر، مديرة مركز رصد الأرض (منظمة الكمنولث للبحوث العلمية والصناعية (CSIRO))، أستراليا

هل تعلم أن السواتل يمكنها اكتشاف تضخم البركان قبل أن ينفجر؟ أو أن الصور الساتلية تستخدم لفهم أثر الحرب في أوكرانيا على إمدادات الغذاء العالمية؟

نستخدم في منظمة الكمنولث للبحوث العلمية والصناعية، وكالة العلوم الوطنية الأسترالية، رصد الأرض للتصدي لأكبر التحديات التي يواجهها المجتمع وكوكبنا. فعلى سبيل المثال، قمنا بتحليل الصور الساتلية للأراضي الزراعية ونشاط الشحن في أوكرانيا منذ فبراير 2022 للمساعدة في قياس أثر الحرب على إمدادات الغذاء العالمية.

وبالقرب من موطننا، نستخدم رصد الأرض لإنشاء خرائط معدنية على المستوى الوطني، وقياس التعافي البيئي بعد حرائق الغابات، وتتبع تأثير رواسب الفيضانات على الحاجز المرجاني العظيم.

> *"في منظمة الكمنولث للبحوث العلمية والصناعية، وكالة العلوم الوطنية الأسترالية، نستخدم رصد الأرض للتصدي لأكبر التحديات التي يواجهها المجتمع وكوكبنا."*
>
> إيمي باركر

تحدي البيانات

يوفر الانتشار الأخير لصور رصد الأرض مفتوح النفاذ فرصاً وقيمة غير مسبوقة. ووفقاً لشركة Deloitte، بلغت الفوائد الاقتصادية المنسوبة إلى بيانات رصد الأرض خلال عام 2020 قيمة 2,5 مليار دولار أسترالي (حوالي 1,6 مليار دولار أمريكي) في أستراليا وحدها. ومع ذلك، فإن الزيادات الهائلة في حجم البيانات وتنوعها تطرح تحديات متزايدة على المستعملين، مما يتطلب منا تغيير الطريقة التي نتعامل بها مع إدارة البيانات وتحليلها.

ولمعالجة هذه المشكلة، يستخدم منظمة الكمنولث للبحوث العلمية والصناعية الحوسبة السحابية لتوفير قدرات معالجة رصد الأرض من الجيل التالي لباحثينا وشركائنا. وبالتعاون مع وكالة Geoscience Australia، والبنية التحتية الحاسوبية الوطنية الأسترالية، واللجنة المعنية بسواتل رصد الأرض، قمنا بإنشاء "Open Data Cube" – وهو برنامج مفتوح المصدر لإدارة البيانات الجغرافية المكانية وتحليلها.

وبدمج برنامج Open Data Cube ومزايا وابتكارات الحوسبة السحابية التجارية، قمنا بتطوير منصة علوم وابتكار تحليلات الأرض (EASI). وتستفيد هذه المنصة عالية الأداء لتحليلات البيانات والقابلة للتطور من مجتمع Open Data Cube، وتساهم فيه مرة أخرى، مع توفير النفاذ أيضاً إلى الخبرة العلمية المتنوعة لدى منظمة CSIRO. وتحسن هذه التكنولوجيا نطاق وسرعة الحسابات بمقاييس كبيرة من حيث الحجم، مما يعزز نهج الإخفاق السريع (والتعلم السريع) وتمكين العلوم المبتكرة.

تقاسم فوائد رصد الأرض

ومن خلال منصة EASI، نسعى جاهدين ليس فقط لدفع حدود العلم، ولكن لضمان المزيد من المساواة في الوصول إلى فوائد رصد الأرض في مناطق مختلفة، ومعالجة القضايا التي تمتد عبر الحدود الجغرافية. وقُربنا من جنوب شرق آسيا يعني أننا في وضع جيد للعمل مع جيراننا هناك، باستخدام العلم لحل المشاكل وتقاسم البنية التحتية للحوسبة والبيانات والمعارف والخبرات والأفكار لمواجهة تحدياتنا المشتركة.

> *يوفر الانتشار الأخير لصور رصد الأرض مفتوح النفاذ فرصاً وقيمة غير مسبوق.*

فعلى سبيل المثال، قمنا بنشر منصة EASI على البنية التحتية للحوسبة السحابية داخل المنطقة في جنوب شرق آسيا في عام 2021 وعملنا منذ ذلك الحين مع الأكاديميين والمبتكرين والعلماء من جميع أنحاء المنطقة لتوفير التدريب التقني وتطوير حالات استعمال تستند إلى مرونة المناخ والتكيف معه. وقد استخدم المتبنيون الأوائل من جامعة حسن الدين في إندونيسيا هذه التكنولوجيا لدراسة آثار تغير المناخ على جودة المياه في بحيرة تيمبي، جنوب سولاويزي.

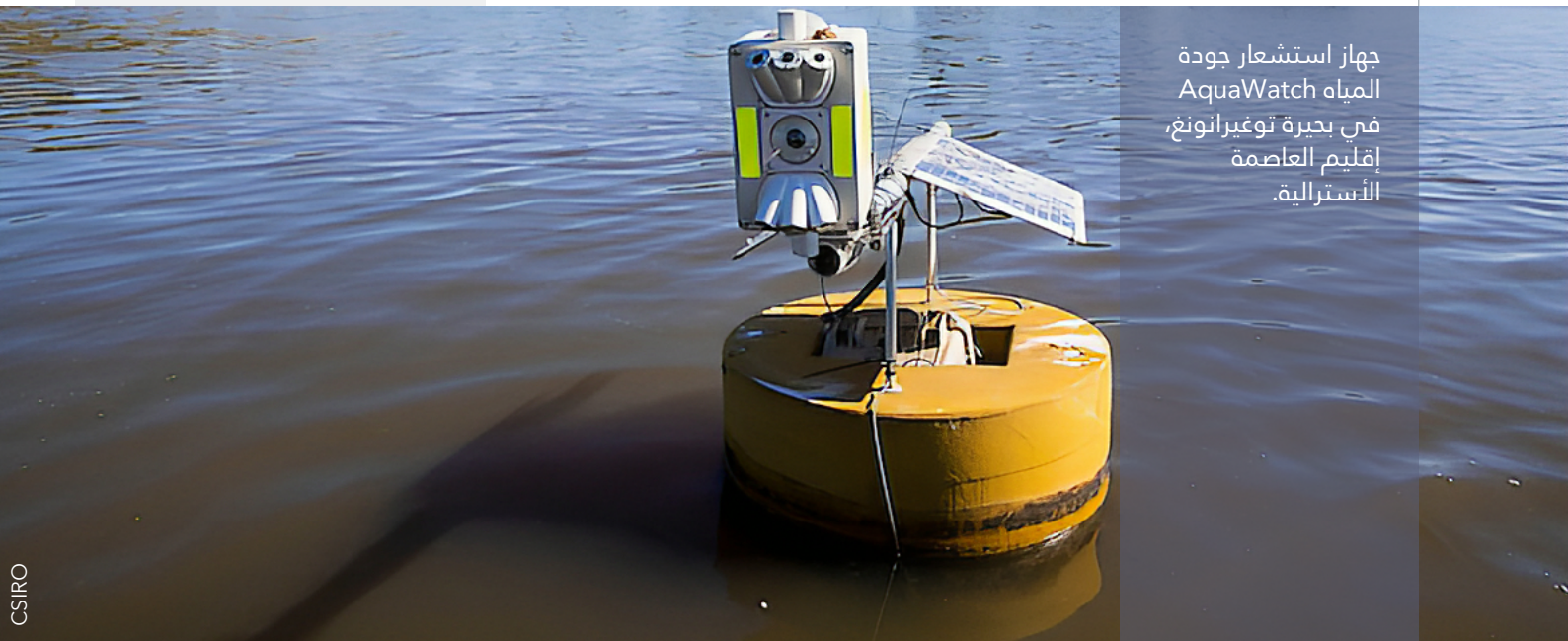
وخلال هاكاثون استمر لمدة أسبوع، عالج أكثر من 80 مشاركاً من أستراليا وجنوب شرق آسيا التطبيقات المتعلقة بمحاسبة انبعاثات الكربون والحفاظ على البيئة والأمن المائي والبنية التحتية المستدامة.

مراقبة جودة المياه من الفضاء

في أستراليا، نقوم حالياً بتطوير الحل القائم على العلوم والابتكارات في تحليلات الأرض لإعلامنا عن أهم مورد لدينا وهو الماء. ونعمل مع المتعاونين من أجل المشاركة في تصميم وتسليم مهمة AquaWatch Australia – "خدمة الأرصاد الجوية لأغراض جودة المياه" – للمساعدة في حماية موارد المياه العذبة والساحلية في أستراليا وحول العالم.

وتتعرض صحة وجودة المجاري المائية الداخلية والساحلية للتهديد من جراء زيادة النشاط البشري وآثار تغير المناخ. ويتضح ذلك في الآثار المتزايدة الناجمة عن الجفاف، ورواسب حرائق الغابات، وأحداث العواصف، وتكاثر الطحالب السامة والتلوث.

> *"في أستراليا، نقوم حالياً بتطوير الحل القائم على العلوم والابتكارات في تحليلات الأرض لإعلامنا عن أهم مورد لدينا وهو الماء."*



جهاز استشعار جودة المياه AquaWatch في بحيرة توغيرانونغ، إقليم العاصمة الأسترالية.

CSIRO

تضم منصة EASI بيانات رصد الأرض من السواتل باستخدام أجهزة الاستشعار في الموقع والذكاء الاصطناعي (AI)، وبالتالي إنشاء نظام متكامل يمكنه تقديم رصد وتنبؤ دقيقين في جميع أنحاء أستراليا وخارجها.

وإن تطوير البنية التحتية لنظام AquaWatch وتصميمها وبناءها ونشرها سيفيد المستعملين النهائيين المتنوعين ويحفز بشكل مباشر النمو في قدرة الفضاء المحلية في أستراليا. كما سيقود الخبرة في مجال الاستشعار عن بعد والتصنيع المتقدم والهندسة.

حماية النفاذ في المستقبل

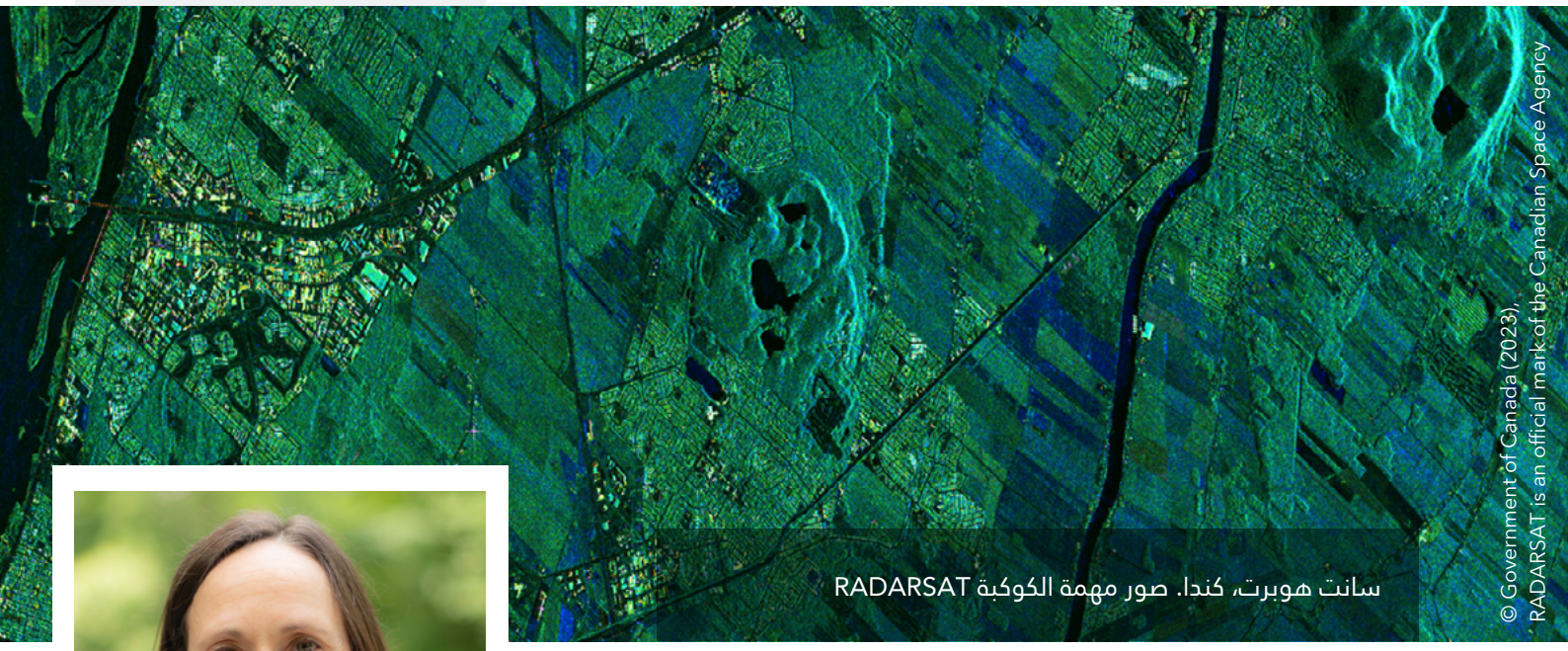
يتيح الفضاء فرصاً كبيرة لتحسين الحياة على الأرض. وإلقاء نظرة ساتلية على كوكبنا يمكّننا من إدارة الموارد الطبيعية والتصدي لتحديات الأمن الغذائي والاستجابة بفعالية للكوارث والتكيف مع تغير المناخ والتخفيف من حدته، وتحقيق النقل والتنمية الحضرية على النحو الأمثل.

ولذلك فإن حماية الترددات الراديوية التي تستعملها أجهزة الاستشعار والسواتل لرصد الأرض أمر بالغ الأهمية. وعلينا أن نحافظ على رؤيتنا الساتلية، من خلال النفاذ دون عوائق إلى هذه البيانات القيمة، الآن وفي المستقبل.

ولذلك فإن حماية الترددات الراديوية التي تستعملها أجهزة الاستشعار والسواتل لرصد الأرض أمر بالغ الأهمية.

نفاذ منظمة CSIRO إلى الصور من NovaSAR-1 الملتقطة هنا في صورة مولدة بالحاسوب.

SSTL


© Government of Canada (2023).
RADARSAT is an official mark of the Canadian Space Agency

سانت هوبرت، كندا. صور مهمة الكوكبة RADARSAT

خدمات استكشاف الأرض الساتلية في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي

جوان فروليك، مهندسة، استخدام الفضاء، وكالة الفضاء الكندية

لا يمر يوم دون أن تؤثر بعض الكوارث على الناس أو الأنظمة الإيكولوجية. فالأعاصير والفيضانات والانهيارات الأرضية وحرائق الغابات وحتى التسربات النفطية – هي كوارث تتسبب في كثير من الأحيان في أضرار جسيمة.

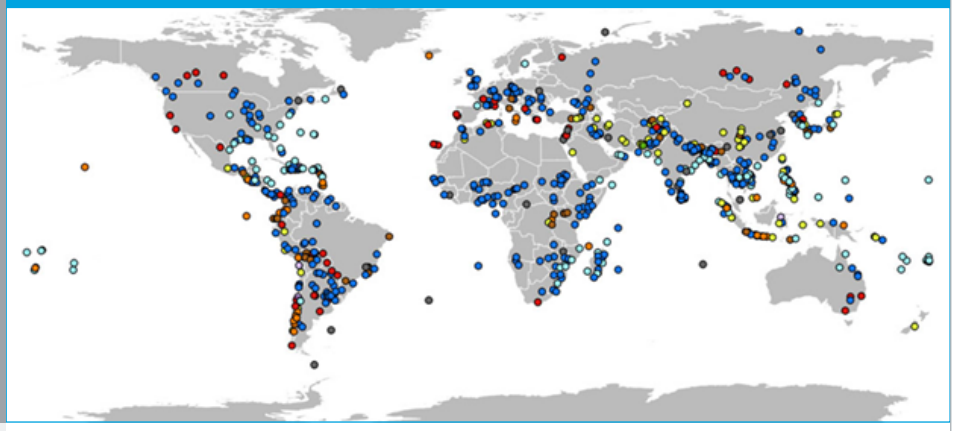
تقدم السواتل العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) مساعدة قيمة ولا تحصى لمنظمات الاستجابة للكوارث، مما يساعدها على الاستجابة بفعالية وكفاءة لإنقاذ الأرواح، والمساعدة في استعادة وحماية البنية التحتية الحيوية والأنظمة الإيكولوجية والممتلكات.

> *تقدم السواتل العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) مساعدة قيمة ولا تحصى لمنظمات الاستجابة للكوارث.*
>
> جوان فروليك

الميثاق الدولي "الفضاء والكوارث الكبرى"

منذ أكثر من 20 عاماً، أنشأت وكالات الفضاء في جميع أنحاء العالم الميثاق الدولي "الفضاء والكوارث الكبرى" بالتعاون بين مختلف وكالات الفضاء ومشغلي السواتل التجارية، ويسمح الميثاق للسلطات الوطنية لإدارة الكوارث في أي بلد بطلب تصوير ساتلي مجاناً للمساعدة في الاستجابة للكوارث.

تفعيل الميثاق (حسب التوزيع)



المصدر: الميثاق الدولي "الفضاء والكوارث الكبرى"، 2023

أجهزة الاستشعار الساتلية - صور مختلفة لأغراض مختلفة

يحدد مشغلو الميثاق أفضل الحلول الساتلية وأجهزة الاستشعار لتوفير أكثر البيانات فائدة بناء على كارثة معينة. وتتيح أجهزة الاستشعار التي تعمل على ترددات منخفضة تغلغلاً أفضل في الغطاء النباتي وهي مفيدة عند وقوع كارثة داخل المناطق النباتية. وتستفيد أجهزة الاستشعار التي تعمل على ترددات أعلى من عرض نطاق متاح أكبر ويمكنها أن توفر صوراً ذات دقة أفضل، مثل تحديد الضرر الذي يلحق بالبنية التحتية.

وخلافاً لأجهزة الاستشعار البصرية، فإن أجهزة الاستشعار الرادارية ذات الفتحة التركيبية (SAR)، ذات الكمون المنخفض، لا تتأثر بالليل أو السحب. وهذا يجعلها فعالة للغاية في التصدي للمخاطر الرئيسية مثل الفيضانات وتسرب النفط والانهيارات الأرضية.

إعصار فيونا

في العام الماضي، مر إعصار فيونا فوق منطقة البحر الكاريبي قبل أن يضرب الساحل الشرقي لكندا. وكانت العاصفة من الفئة 4 هي الأكثر تكلفة على الإطلاق في كندا. واستجابة لذلك، قامت السلطات الكندية بتفعيل الميثاق الدولي "الفضاء والكوارث الكبرى" للحصول على بيانات ساتلية لتسهيل التقييم السريع للأضرار وإدارة الأزمات في الوقت المناسب.

توزيعات مختلفة لأنماط مختلفة من تطبيقات خدمة استكشاف الأرض الساتلية

لا تتطلب أجهزة الاستشعار البصرية حالياً توزيعات الطيف الراديوي للعمل، ولا تُوزع أجهزة الاستشعار العاملة بالأشعة الحمراء في جدول توزيع نطاقات الترددات الذي يحتفظ به الاتحاد الدولي للاتصالات. غير أن أجهزة الاستشعار الرادارية ذات الفتحة التركيبية تتطلب توزيعات الطيف الراديوي.

ويدرج الجدول بعض تطبيقات الرادارات ذات الفتحة التركيبية العاملة في نطاقات تردد مختلفة إلى جانب بعض سواتل الميثاق التي تعمل في هذه النطاقات.

تطبيقات سواتل SAR في توزيعات خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة)

نطاقات التردد الموزعة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية في لوائح الراديو	تطبيقات SAR	سواتل الميثاق التشغيلي
MHz 1300-1215	رسم خرائط الكتلة الحيوية والغطاء النباتي، ومراقبة الغابات، وتشوه الأرض، ورطوبة التربة، وإدارة الكوارث (أفضل استبانة: 3 m)	SAOCOM 1A, -1B ALOS-2
MHz 3300-3100	الزراعة (أفضل استبانة: 1,5 m)	لا توجد
MHz 5570-5250	الزراعة، ورسم خرائط الغطاء الأرضي، والتطبيقات البحرية (سطح البحر، والجليد، والرياح، والتلوث النفطي والأمن البحري)، وإدارة الكوارث. (أفضل استبانة: <1 m)	Envisat Gaofen-3 RCM-1, -2, -3 RADARSAT-2 Sentinel 1A
MHz 400 10-9200	رصد البنية التحتية، وكشف الأشياء/التغيير، والتقابل الطبوغرافي، وكشف السفن وإدارة الكوارث (السدود والجسور والمباني الحضرية). (أفضل استبانة: <0,25 m)	COSMO-SkyMed2 ICEYE-X2, X3, X4, X5, X6, X7 KOMPSAT-5 TerraSAR-X TanDem-X
GHz, 13.75-13.25 17.2-17.3 GHz	رصد مكافئ مياه الثلج لتحسين التنبؤ بأحداث الفيضانات	لا توجد
GHz 36-35.5	تطبيق مقياس الارتفاع SAR الجديد لتضاريس المحيطات والمياه السطحية	لا توجد

يشير الخط المائل إلى أن الرادار SAR الخاص بالساتل يعمل في التوزيع لخدمة استكشاف الأرض الساتلية في النطاق 10,4-10 GHz.

> *وخلافاً لأجهزة الاستشعار البصرية، فإن أجهزة الاستشعار الرادارية ذات الفتحة التركيبية (SAR)، ذات الكمون المنخفض، لا تتأثر بالليل أو السحب.*

سانت هوبرت، كندا

Planet Labs Geomatics Corp., 2019 ©

ضمان تيسر الطيف

من بنود جدول أعمال المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023 توزيع جديد محتمل للخدمة المتنقلة وتحديد للاتصالات المتنقلة الدولية (IMT) في النطاق GHz 10,5-10 في منطقة الأمريكتين (الإقليم 2). وهذا له أهمية كبيرة لمجتمع إدارة الكوارث، نظراً لاحتمال حدوث تداخل ضار على أنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية التي توفر تصويراً مهماً للمجتمع العالمي.

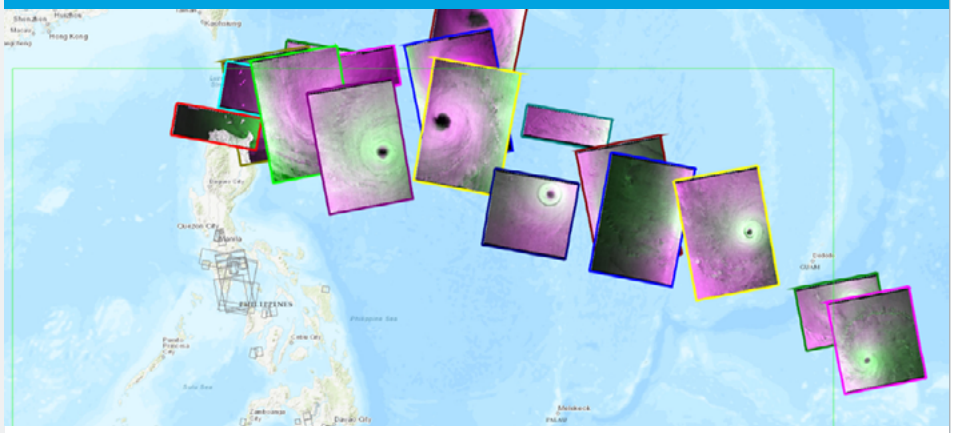
قام مؤتمر عالمي سابق للاتصالات الراديوية في عام 2015 بتوسيع التوزيع الأصلي لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة)، إدراكاً للحاجة إلى بيانات عالية الاستبانة يسمح بها تمديد النطاق. ويعد التوزيع ذا قيمة في الحالات التي تكون فيها البيانات عالية الاستبانة مطلوبة في منطقة محلية وحيث تمنع الظروف الجوية والتوقيت استخدام أجهزة الاستشعار البصرية.

وتعتبر الاستبانة العالية التي يوفرها النطاق GHz 10 مفيدة في تحديد الأضرار التي تتعرض لها البنية التحتية في المدن. وفي الوقت نفسه، ستكون الصور والبيانات الواردة من تلك المناطق الحضرية أكثر عرضة للخطر من جراء عمليات نشر الاتصالات المتنقلة الدولية. ويمكن أن يؤدي التوصل إلى حل وسط بشأن الاستعمال الحالي للنطاق GHz 10 إلى بيانات خاطئة ويساء تفسيرها، مما يؤدي إلى فقدان المعلومات الحاسمة اللازمة لاتخاذ القرارات في الوقت المناسب في مجال الاستجابة للكوارث.

ولتجنب التأثيرات الكبيرة على مجتمع مستعملي خدمة استكشاف الأرض الساتلية، يتعين على جميع أصحاب المصلحة المعنيين برصد الأرض ضمان إمكانية تشغيل أجهزة الاستشعار الساتلية في نطاق التردد هذا وفي النطاقات الأخرى دون تداخل. ومن شأن الإخفاق في حماية توزيعات خدمة استكشاف الأرض الساتلية أن يقلل من جودة الصور الساتلية من أجل جهود الاستجابة للكوارث، مما يقوض الميثاق الدولي ومجتمع مستعملي خدمة استكشاف الأرض الساتلية.

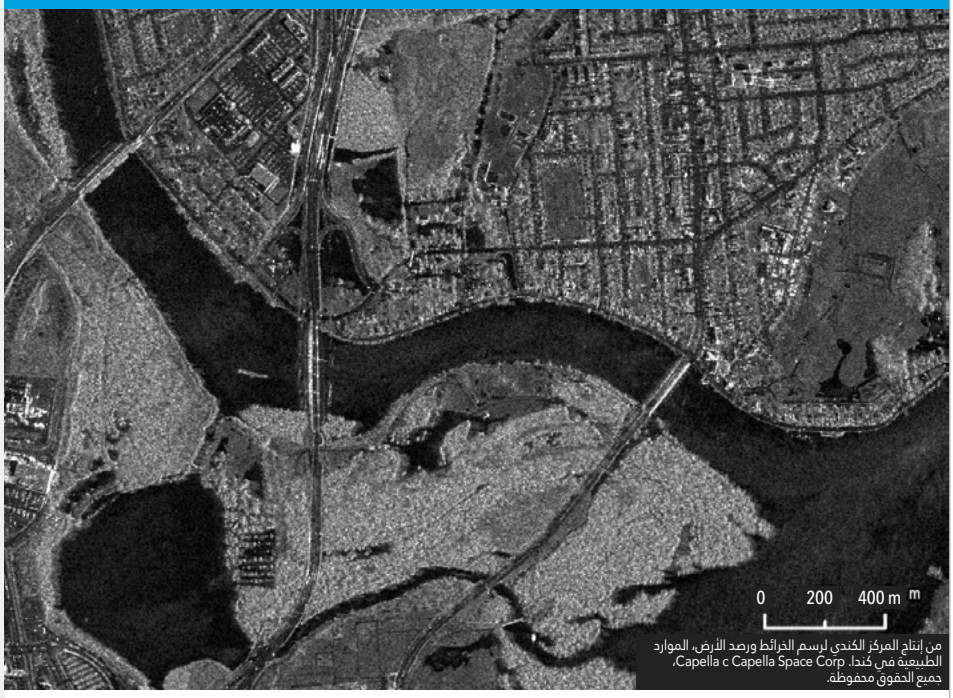
ويمكن أن يؤدي التوصل إلى حل وسط بشأن الاستعمال الحالي للنطاق GHz 10 إلى بيانات خاطئة ويساء تفسيرها، مما يؤدي إلى فقدان المعلومات الحاسمة اللازمة لاتخاذ القرارات في الوقت المناسب في مجال الاستجابة للكوارث.

CSA Hurricane Watch، إعصار ماوار، المعروف أيضاً باسم Super Typhoon Betty، من 22 مايو إلى 10 يونيو 2023. صور مهمة الكوكبة RADARSAT



حكومة كندا (2023). RADARSAT هي علامة رسمية لوكالة الفضاء الكندية

غاتينو، كندا، صورة Capella X-band SAR قبل المعالجة -



المصدر: كابيلا، CCMEO.

صورة Capella X-band SAR، مع تداخل خرائط الفيضانات

المصدر: كابيلا، CCMEO.

ابق مواكباً للتطورات // ابق مطلعاً

سجّل في:

// الاتجاهات الرئيسية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في جميع أنحاء العالم //
رؤى قادة الفكر في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات // آخر أحداث ومبادرات الاتحاد //

أخبار الاتحاد أسبوعياً

كل ثلاثاء

أخبار الاتحاد مقالات

مدوّنات منتظمة

مجلة أخبار الاتحاد

ستة إصدارات سنوياً

التسجيلات الإذاعية للاتحاد

تابع التسجيلات الإذاعية

نشرات صحفية وتقارير إعلامية

استلم آخر الأخبار

انضم إلى مجتمعات الاتحاد على الإنترنت على قناتك المفضلة