

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R RS.1859-1
(2018/12)

استعمال أنظمة الاستشعار عن بُعد
لجمع البيانات التي يتعين استخدامها
في حال وقوع كوارث طبيعية
وحالات طوارئ مماثلة

السلسلة RS

أنظمة الاستشعار عن بُعد

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في القرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en> حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

العنوان	السلسلة
البث الساتلي	BO
التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية	BR
الخدمة الإذاعية (الصوتية)	BS
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)	BT
الخدمة الثابتة	F
الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوي	RA
أنظمة الاستشعار عن بُعد	RS
الخدمة الثابتة الساتلية	S
التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية	SA
تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة	SF
إدارة الطيف	SM
التجميع الساتلي للأخبار	SNG
إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت	TF
المفردات والمواضيع ذات الصلة	V

ملاحظة: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.

النشر الإلكتروني

جنيف، 2019

© ITU 2019

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R RS.1859-1

استعمال أنظمة الاستشعار عن بُعد لجمع البيانات التي يتعين استخدامها في حال وقوع كوارث طبيعية وحالات طوارئ مماثلة

(2010-2018)

مجال التطبيق

- تقدم هذه التوصية المبادئ التوجيهية بشأن تقديم بيانات الاستشعار عن بعد الواردة من الساتل في مراحل مختلفة من إدارة الكوارث:
- 1 ما قبل الكوارث (التخفيف، أو التدابير المتخذة للحد من الأضرار والتعطل والإصابات؛ والتحضير، أو التدابير التي تمكن من التصدي السريع للكوارث الطبيعية؛ والمنع أو تجنب الآثار السلبية للأخطار والكوارث ذات الصلة)،
 - 2 أثناء وقوع الكارثة (كشف كارثة والاستجابة الفورية في شكل خدمات الطوارئ والمساعدة)،
 - 3 بعد الكارثة (التعافي من الآثار الفورية للكارثة وإعادة التأهيل على المدى الطويل والترميم وصولاً إلى ظروف قريبة مما كانت عليه قبل الكارثة).
- ولا تقدم هذه التوصية معلومات عن نشر هذه البيانات.

مصطلحات أساسية

خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشطة)، خدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفصلة)، خدمة استكشاف الأرض الساتلية، الاستشعار عن بُعد، الكوارث، إدارة الكوارث

التوصيات والتقارير ذات الصلة من قطاع الاتصالات الراديوية

- التوصية ITU-R RS.1883 - استعمال أنظمة الاستشعار عن بُعد في دراسة تغير المناخ وآثاره.
- التقرير ITU-R RS.2178 - الدور الأساسي للظيف الراديوي وأهمية استعماله على الصعيد العالمي لمراقبة الأرض والتطبيقات ذات الصلة.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن إدارة الكوارث في ميدان الاتصالات الراديوية تشتمل على الجوانب التالية التي لا تقل أهمية:
- 1 الإنذار المبكر والوقاية، من خلال:
 - التنبؤ بوقوع الكوارث، بما في ذلك الحصول على البيانات التي تتناول احتمال وقوع الكوارث في المستقبل ومكان وقوعها ومدتها ومعالجتها هذه البيانات؛
 - الكشف عن الكوارث، بما في ذلك التحليل المفصل لمكان وقوعها المحتمل وحدتها؛
 - 2 التخفيف من آثار الكوارث، بما في ذلك الإعلان سريعاً عن معلومات الكوارث الوشيكة والإنذارات المرتبطة بها وإبلاغها إلى وكالات الإغاثة في حالات الكوارث؛
 - 3 الاتصالات الراديوية لعمليات الإغاثة في أعقاب الكوارث، بما في ذلك توفير أنظمة اتصالات أرضية وساتلية في عين المكان للمساعدة في الحفاظ على الأرواح والممتلكات ووصولها في المنطقة المنكوبة،

(ب) أن وقوع الكوارث الطبيعية عصي على التنبؤات، مما يستدعي ضمناً قدرات فورية عالمية لرصد الأرض لا تفي بها إلا أجهزة الاستشعار عن بُعد المحمولة بالساتل؛

(ج) أن مثل أجهزة الاستشعار عن بُعد المحمولة بالساتل هذه توجد وتشغل في نطاقات الترددات الموزعة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) اليوم؛

(د) أن هناك وكالات الغرض منها هو تسهيل معالجة وتقديم البيانات المتعلقة بالكوارث من مشغل ومزود الخدمة الساتلية إلى وكالة الإغاثة التي تستعملها،

وإذ تدرك

(أ) أن القرار 55 لقطاع الاتصالات الراديوية عن دراسات الاتحاد الدولي للاتصالات عن التنبؤ بالكوارث والكشف عنها والتخفيف من آثارها والإغاثة، والقرار (Rev.WRC-15) 646 - حماية الجمهور والإغاثة في حالة الكوارث، تعترف بأهمية جوانب الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ذات الصلة باتقاء الكوارث والتنبؤ بها والكشف عنها والتحذير والتخفيف منها وعمليات الإغاثة، وتعترف أيضاً بالدور الهام للجنة الدراسات 7 التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية وبالاستشعار عن بُعد في إدارة الكوارث؛

(ب) أن القرار (Rev.WRC-12) 673 يقرّر "مواصلة الاعتراف بأن لاستعمال تطبيقات رصد الأرض للطيف قيمة اقتصادية ومجتمعية كبيرة؛حث الإدارات على أن تراعي متطلبات عمليات رصد الأرض من الترددات الراديوية لا سيما الحاجة إلى حماية أنظمة رصد الأرض في نطاقات التردد ذات الصلة؛ وتشجيع الإدارات على النظر في أهمية استعمال وتيسر الطيف لتطبيقات رصد الأرض قبل اتخاذ قرارات تؤثر سلباً على تشغيل هذه التطبيقات،

وإذ تلاحظ

أن تقرير المسألة 22/2 في قطاع تنمية الاتصالات، بشأن استعمال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من أجل إدارة الكوارث، والموارد، وأنظمة الاستشعار النشطة والمنفصلة المحمولة في الفضاء المستعملة في حالات الكوارث والإغاثة في حالات الطوارئ، يقدم وثيقة مبادئ توجيهية تهدف إلى تسهيل تنفيذ معيار بروتوكول التنبيه المشترك (CAP) لتنبيه الجمهور وإعلامهم بالمخاطر في حالات الكوارث والطوارئ،

توصي

1 بأنه تتعرف الإدارات على تطبيقات أجهزة الاستشعار عن بُعد المحمولة بالساتل والمتعلقة بإدارة التصدي للكوارث الطبيعية وحالات الطوارئ المماثلة، على النحو الموضح في الملحق 1؛

2 أن تواصل الإدارات وهيئات التشغيل توريد البيانات البيئية المتعلقة بالكوارث على النحو الموصوف في الملحق 2.

الملاحظة 1 - ينبغي إكمال هذه التوصية بتوصية جديدة بشأن استعمال البيانات التي تم جمعها.

الملحق 1

استعمال أنظمة الاستشعار عن بُعد لجمع بيانات معدة للاستخدام في حال وقوع الكوارث الطبيعية وحالات الطوارئ المماثلة

1 مقدمة

تقوم مساعدات الأرصاد الجوية وخدمات سائل الأرصاد الجوية وسائل استكشاف الأرض بدور كبير في أنشطة من قبيل:

- تحديد المناطق المعرضة للخطر؛
- التنبؤ بالأحوال الجوية وتوقع تغير المناخ؛
- كشف وتعقب الزلازل والتسونامي والأعاصير وحرائق الغابات والتسربات النفطية، وما إلى ذلك؛
- توفير معلومات للتنبيه والتحذير من كوارث من هذا القبيل؛
- تقييم الأضرار الناجمة عن مثل هذه الكوارث؛
- توفير المعلومات للتخطيط لعمليات الإغاثة؛
- مراقبة التعافي من الكوارث.

وتوفر هذه الخدمات بيانات مفيدة، إن لم تكن ضرورية، لصيانة التنبؤات الجوية وتحسينها ومراقبة التغيرات المناخية والتنبؤ بها وللحصول على معلومات عن الموارد الطبيعية. ويرد في الجدول 1 ملخص للترددات التي تستعملها تلك الخدمات والتطبيقات المرتبطة بها.

الجدول 1

النطاقات الترددية المستعملة في الاستشعار عن بُعد للتنبؤ بالكوارث والكشف عنها

حرائق هوجاء	البراكين	جليد البحار والبحيرات	تلوث (المحيطات)	الانزلاقات الأرضية	الفيضانات	الطقس الجامح	الزلازل	القحط	المخاطر الساحلية والتسونامي	توزع المخاطر	النطاق (GHz)
X	X			X	X		X	X	X	A	0,43
	X	X	X	X	X		X	X	X	A	1,25
X				X	X			X		P	1,42
										P	1,67
X				X	X			X		p	2,65
										a	3,20
										p	4,30
								X		p	4,90
X	X	X	X	X	X		X	X	X	A	5,30
								X		p	6,70
		X						X		p	7,15
X		X		X	X	X	X	X		A	8,60
X		X		X	X	X	X	X		A	9,60
		X		X	X	X		X	X	P	10,65
X		X		X	X	X		X		A	13,50
										p	15,30
				X	X	X			X	P	15,40
X						X		X		A	17,25
				X	X	X		X	X	P	18,70
		X		X	X	X		X	X	P	21,30
				X	X	X		X	X	P	22,30
				X	X	X		X	X	P	23,80

التوصية ITU-R RS.1859-1

الجدول 1 (تتمة)

حرائق هوجاء	البراكين	جليد البحار والبحيرات	تلوث (المحيطات)	الانزلاقات الأرضية	الفيضانات	الطقس الجامح	الزلازل	القحط	المخاطر الساحلية والتسونامي	توزع المخاطر	النطاق (GHz)
				X	X	X		X		A	24,10
		X		X	X	X		X	X	P	31,50
				X	X	X		X		A	35,55
		X		X	X	X		X	X	P	36,50
				X	X	X		X	X	P	50,30
				X	X	X		X	X	P	55,00
										P	64,50
						X				A	78,50
		X		X	X					P	89,00
						X				A	94,00
						X		X		P	101,0
										P	110,0
				X	X	X		X	X	P	118,0
				X	X	X		X	X	P	150,5
										P	157,0
				X	X	X		X	X	P	166,0
				X	X	X		X	X	P	175,5
				X	X	X		X	X	P	183,0
				X	X	X		X	X	P	201,0

ملاحظة - يشير الحرفان A و P إلى التوزيعات النشطة والمنفعلة للاستشعار عن بُعد في هذه النطاقات الترددية. وتشير الأحرف الكبيرة إلى توزيع أولي، وتشير الأحرف الصغيرة إلى توزيع ثانوي.

وعادةً ما تكون عمليات القياس أو الرصد على أرض الواقع وفي عين المكان (في الموقع نفسه) وفي الوقت نفسه، أدق وأصح من عمليات الرصد المماثلة الجارية من الفضاء. وتُعرف هذه الأنواع من الرصد "بالحقيقة على الأرض" وتُستعمل لمعايرة الأجهزة المحمولة في الفضاء. ولكن في حال تسبب الكارثة في غياب أو تعطل الأجهزة في الموقع أو البنية التحتية المساندة اللازمة لاستعمال هذه الأجهزة، أو في حال عدم دقة القياسات على الأرض بما يكفي، فإن الرصد الفضائي يمكن أن يوفر معلومات تساعد في التصدي لآثار الكوارث. ويستفاد منه بصورة خاصة في المناطق الشاسعة ذات الكثافة السكانية المنخفضة التي تكون فيها البنية التحتية التقنية عرضة للعطب أو غير متطورة جيداً.

وترد فيما يلي أوصاف لكيفية الاستفادة من منتجات البيانات في التصدي لآثار الكوارث الطبيعية والكوارث من صنع الإنسان. وتشمل هذه التطبيقات تلك العاملة حالياً وكذلك تلك التي يُعقل تنفيذها في المستقبل. وهذه القائمة ليست شاملة.

2 المخاطر الساحلية/التسونامي

يمكن لأجهزة الاستشعار المحمولة في الفضاء أن تساعد في تحديد المناطق المعرضة للخطر من خلال نماذج الارتفاع الرقمية (DEM) المولدة باستعمال الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) لتحديد المناطق المنخفضة المعرضة للفيضانات أو من خلال قياس الأعماق المائية باستعمال الرادار ذي الفتحة الاصطناعية لتحديد هيكل قعر المحيطات الذي قد يشتد معه التسونامي أو هبوب العواصف. ويمكن تتبع الظواهر الجوية العاتية مثل المنخفضات الجوية والأعاصير الاستوائية التي تهب معها العواصف بواسطة سواتل الطقس. ويمكن الاستفادة من هذا التتبع لتنبه المناطق المعرضة لخطر محتمل قبل عادة أيام عادةً.

ويمكن تحديد مدى الضرر الواقع باستعمال الصور المرئية أو بالأشعة تحت الحمراء ذات الاستبانة المعتدلة أو العالية من الأجهزة المحمولة بالساتل. كما يمكن استعمال صور الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) التي لا تتأثر بالأمطار وبغطاء السحب وحلول الظلام لإظهار المناطق المتضررة. ويستفاد بصورة خاصة من قدرة الرادارات ذات الفتحة الاصطناعية على اختراق الغيوم وإمكانية عملها عبر الأجواء كافة في المناطق التي تكثرت فيها السحب مثل وسط إفريقيا والأمازون ومناطق الجزر مثل إندونيسيا.

كمثال على ذلك، في أعقاب الزلزال بقوة 9 درجات قبالة سواحل سومطرة، ضربت إندونيسيا وجنوب تايلاند موجات مد (تسونامي) وهزات ضخمة في 26 ديسمبر 2004 فخلّفت أكثر من 104 000 قتيلاً في إندونيسيا وأكثر من 5 000 قتيلاً في تايلاند. وترد في الشكل 1 صور ضوئية متوسطة وعالية الاستبانة لإقليم آتشيه في إندونيسيا، وهي صور أُخذت قبل وبعد تسونامي 26 ديسمبر 2004 عن طريق السواتل التي تدور حول كوكب الأرض في مدار منخفض. وقد زودت صور كهذه السلطات بتقييم شامل للأضرار.

الشكل 1

تقييم أضرار التسونامي في إقليم آتشيه

تقييم أضرار التسونامي في إقليم آتشيه:

منظورا الساتلين Landsat و QuickBird



في الأعلى: صورة فضائية من مشهدين للرأس الشمالي لسومطرة، إقليم آتشيه. 3 يناير 2005: استعمل ديفيد سكول ومركز معلومات الغابة المطرية الاستوائية بيانات الساتل Landsat 7 لمساعدة الحكومة الإندونيسية في جهود الإغاثة في إقليم آتشيه في سومطرة. فباستعمال بيانات Landsat 7 التي جُمعت بعد ثلاثة أيام من الكارثة، رسم فريق MSU خرائط التأثير الإقليمية التي استعملتها الحكومة الإندونيسية لتوجيه جهود الإغاثة. وقد أمكن القيام بهذا العمل بفضل التغطية الإقليمية الواسعة والاستبانة الفضائية العالية لجهاز الاستشعار ETM+



- Landsat 7

حزام بعرض 183 km

استبانة فضائية 30 m

استبانة في كل

النطاقات 15 م

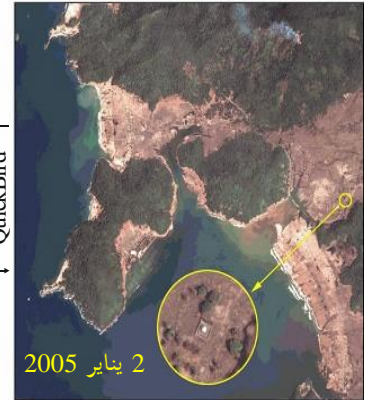
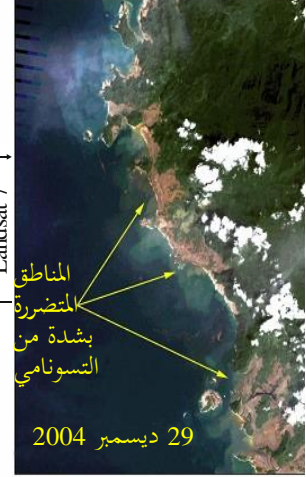
- QuickBird

حزام بعرض 16,5 km

استبانة 2,44 m

استبانة في كل

النطاقات 61 cm



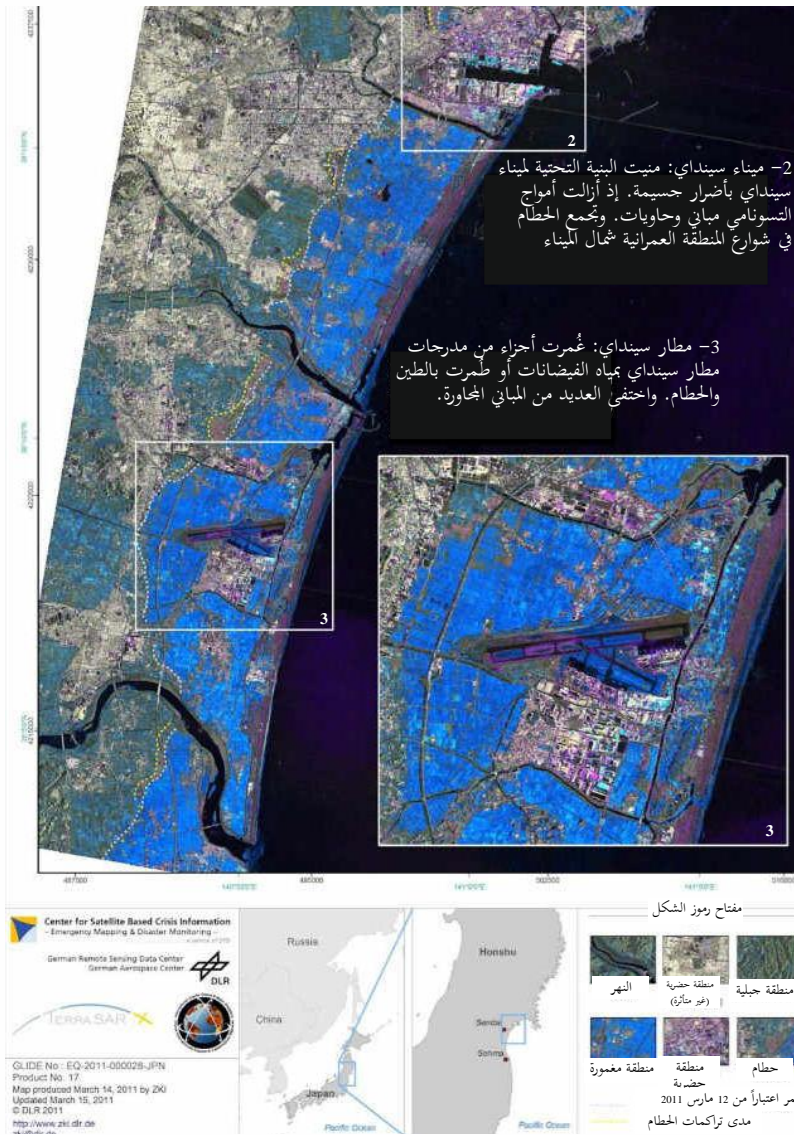
RS.1859-01

تُظهر مجموعتا الصور في الشكل 1 قيمة وجود مجموعتين مختلفتين من الأجهزة. فتغطي صور لاندسات مساحة أكبر وتساعد على تحديد المناطق المتأثرة، فيما تظهر صور كويك بيرد الأضرار بتفاصيل أكبر ولكنها محصورة في منطقة أصغر بكثير.

وتقدم صور الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) مؤشراً بالغ الدقة للمناطق التي غمرتها الفيضانات، حيث يكاد ينعكس الخلفي من المياه السطحية نحو المسح الجانبي لرادارات SAR. ويرد في الشكل 2 مثال يظهر الفيضانات التي أعقبت التسونامي الذي ضرب اليابان، في 11 مارس 2011، إثر زلزال تحت سطح البحر.

الشكل 2

المناطق التي اجتاحتها الفيضانات حول سينداي، اليابان بعد كارثة تسونامي في 11 مارس 2011

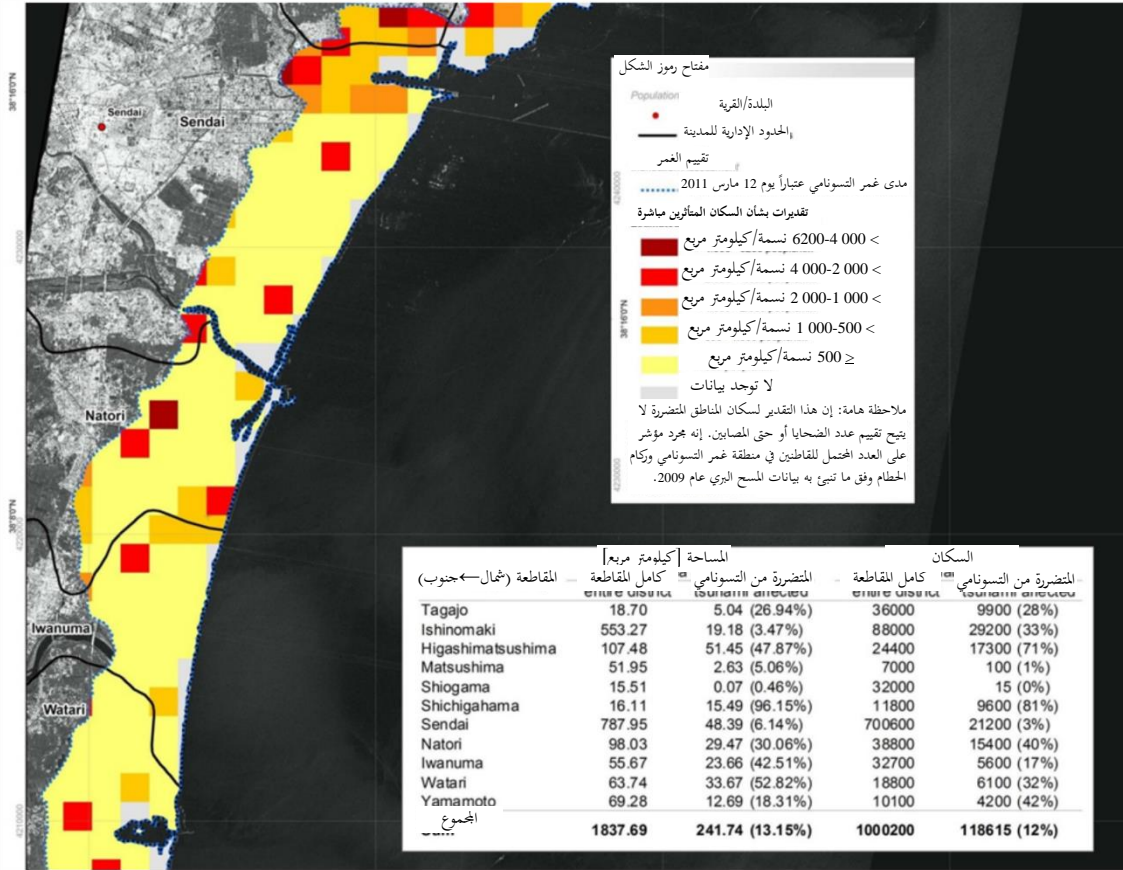


RS.1859-02

يشار إلى المناطق المغمورة جلياً باللون الأزرق. وبالجمع بين هذه المعلومات والبيانات السكانية، يمكن العثور على المناطق المأهولة بالسكان على النحو الموضح في الشكل 3.

الشكل 3

تحديد شدة الخطر المحقق بالسكان من خلال تحليل بيانات الفيضانات والسكان



RS.1859-03

يمكن لمثل هذه التحليلات أن توجه جهود الإنقاذ وتعزز فعاليتها.

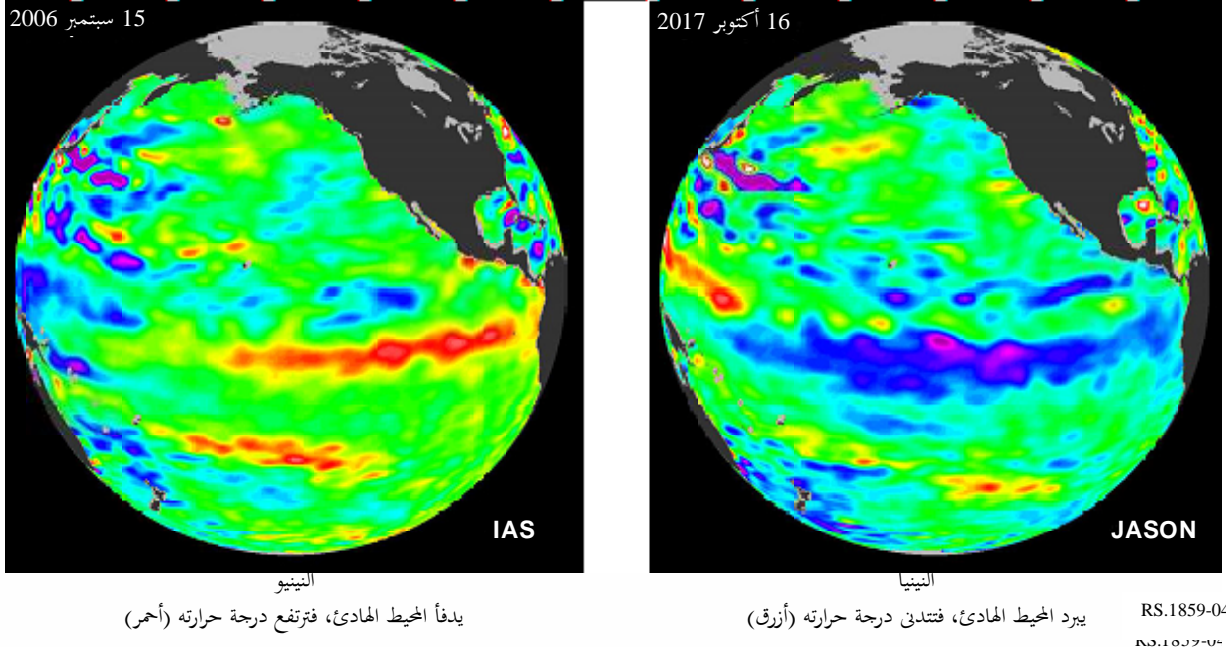
3 القحط

يمكن رصد ظهور القحط واستشرائه من الفضاء بملاحظة رطوبة التربة وهطول الأمطار ومستوى معاناة الغطاء النباتي في المناطق المتضررة. ويمكن التنبؤ بتنبؤات بعيدة المدى بشأن ظروف القحط الإقليمية عن طريق تتبع درجات حرارة المحيط الهادئ ومستويات سطح البحر التي تنذر بيوادر ظاهرة النينو (el Nino) أو الظاهرة المعاكسة المدعوة النينيا (La Nina).

فأثناء حدث النينو، يزداد دفء المحيط الهادئ الاستوائي الشرقي فترتفع مياهه بفعل التمدد الحراري. وكثيراً ما تحدث حالات القحط في أستراليا واندونيسيا في ظل هذه الظروف، وتضعف الرياح التجارية. وعلى العكس من ذلك، يبرد المحيط الهادئ الاستوائي الشرقي خلال حدث النينيا فتتخفف مياهه بفعل التقلص الحراري. فتسود شروط الجفاف في الشواطئ الغربية للأمريكتين، وتشتد الرياح التجارية. ومن بين المؤشرات المستخدمة للتنبؤ بأحداث النينو/النينيا الرياح المنطقية ودرجات حرارة سطح البحر وشذوذ درجة الحرارة وشذوذ مستوى سطح البحر وإشعاع الموجات الطويلة الصادرة، وتراقب السواتل كل هذه المؤشرات. وتقدم مراقبة هذه الظروف في منطقة المحيط الهادئ من سواتل الاستشعار عن بعد إشعاراً مسبقاً ببدء حدث النينو/النينيا (انظر الشكل 4).

الشكل 4

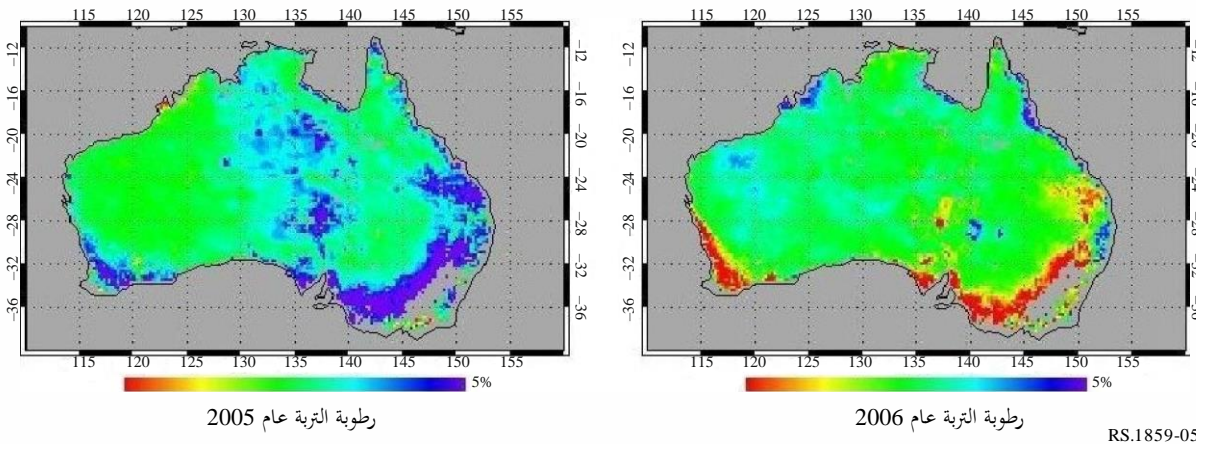
حدثا النينو والنينيا في منطقة المحيط الهادئ



ويبين الشكل 5 التغير السنوي في توزيع رطوبة التربة في أستراليا خلال أكتوبر 2005 و 2006. وقد جُمعت هذه البيانات بواسطة قنوات جهاز القياس الراديوي AMSR-E المركب على ساتل رصد الأرض أكوا (Aqua) الخاص بوكالة ناسا الأمريكية. فيشير اللون الأحمر إلى انخفاض كميات الرطوبة في التربة، فيما يشير اللون الأزرق إلى كميات أكبر من رطوبة التربة. وتدل النسبة المئوية المبينة (بوحدرة رطوبة التربة) على الفارق بين القيم المتوسطة لرطوبة التربة خلال سنتين (2005-2006). وقد عانت منطقة جنوب شرق أستراليا (منطقة غرينري (Granary)) في عام 2006. وتتسق هذه الحالة مع رصد النينو هو مبين في الشكل 4.

الشكل 5

قياسات AMSR-E للقحط في أستراليا في أكتوبر 2005 وأكتوبر 2006



المصدر: جهاز AMSR-E المركب على ساتل رصد الأرض أكوا (AQUA)

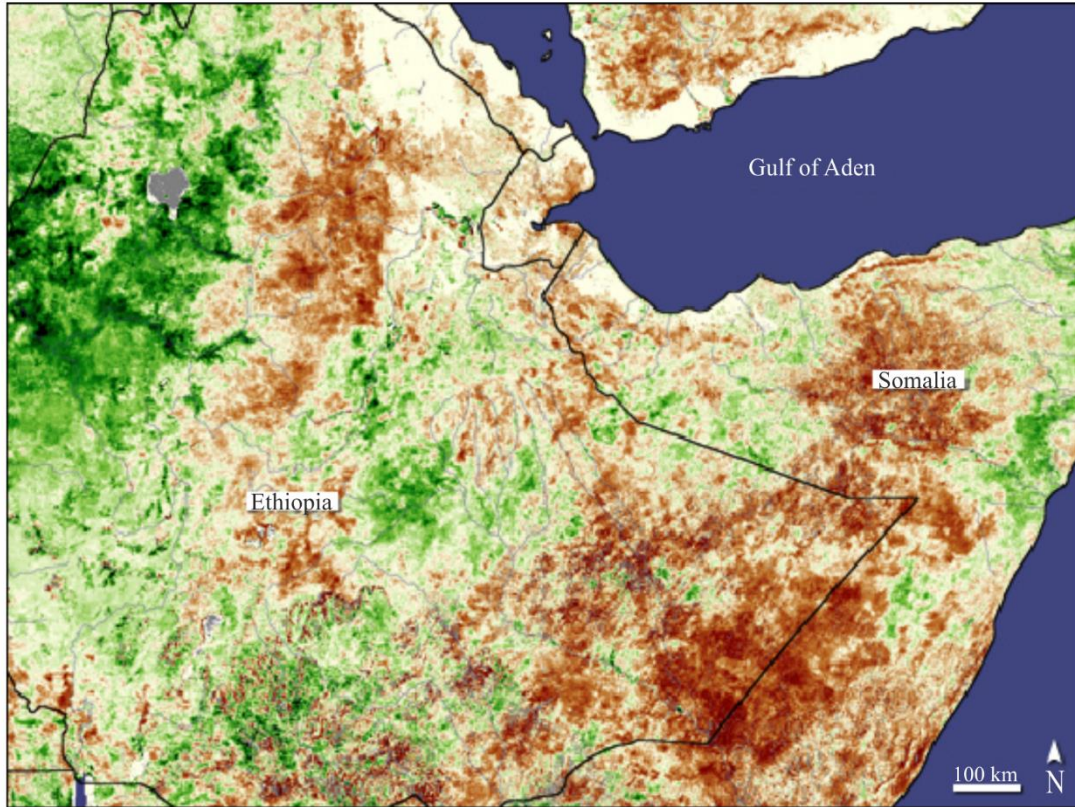
أفاد صندوق الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسيف، UNICEF) بأن الملايين واجهوا الجوع في شرق إثيوبيا بحلول نهاية مايو 2008، عندما ساءت غلال المحاصيل وحلّت أسعار المواد الغذائية. فقد خلّف موسمان متعاقبان من شح الأمطار قحطاً في إثيوبيا، وتظهر وطأته على الغطاء النباتي في الشكل 6. أما صورة خروج الغطاء النباتي عن المؤلف فهي صنيعة البيانات التي جمعها ساتل الغطاء النباتي سبوت (SPOT) في الفترة بين 11 و20 مايو 2008، وتقرّن مع ما تتمتع به النباتات من صحة نسبياً في الظروف الوسطية. فيميز اللون البني المناطق التي تضاءلت فيها النباتات أو خفت كثافتها أو تباطأ نموها، فيما يميز اللون الأخضر المناطق التي عايش فيها الغطاء النباتي ظروفاً أفضل من المتوسط.

وأثبتت أجهزة الاستشعار عن بُعد المستندة إلى السواتل فائدتها في تقديم تقييم شامل لظروف الجفاف، وحددت في بعض الأحيان مناطق مجاورة خافية سابقاً محاصيلها أفضل بكثير من المحاصيل المتوسطة. وأتاح هذه المعلومات تقديم إغاثة سريعة غير مكلفة بتقليل وقت النقل والتكاليف إلى أدنى حد (أي باستخدام الشاحنات القريبة بدلاً من الطائرات البعيدة). والوضع في إثيوبيا قدم مثل هذه الصورة من التباينات. ففيما يذوي النصف الشرقي من البلاد في المحل، يوجد الغيث في مناطق الغلال الغربية فتزدهر. وقد أفادت شبكة نظام الإنذار المبكر بالجماعة أن القحط حد من إنتاج كل من المواد الغذائية والمحاصيل النقدية مثل البن. وتقدر اليونيسيف أن 3,4 مليون شخص سيحتاجون إلى مساعدات غذائية في أشهر يونيو ويوليو وأغسطس مع تواصل ضعف المواسم الزراعية.

الشكل 6

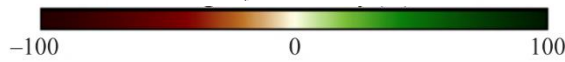
حالة الغطاء النباتي خلال القحط الإثيوبي عام 2008

يبين اللون البني غطاءً نباتياً مازوماً، ويبين اللون الأخضر غطاءً نباتياً سليماً



20-11 مايو، 2008

شدوذ الغطاء النباتي (%)



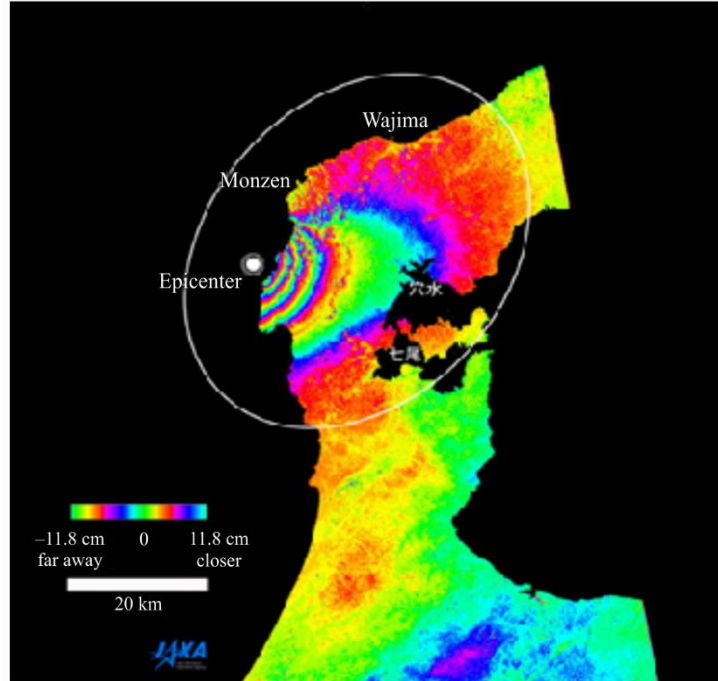
RS.1859-06

4 الزلزال

بعد وقوع زلزال كبير، كلما أبكر التقدير الدقيق للأضرار، أعجلت إمكانية تعبئة أسباب الإنقاذ المناسبة. وتستفيد أنظمة دعم قرار تقدير الأضرار التي تستخدمها الإدارات والمنظمات غير الحكومية من الكثافة السكانية ونمط تشييد البناء والتضاريس المحلية (الطوبوغرافيا ونوع التربة) وموقع وحجم الزلزال لتقدير الأضرار. فمسجلات الاهتزازات وقياسات التداخل بواسطة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (InSAR) والقياسات في عين المكان بواسطة أنظمة سائل الملاحظة العالمية (GNSS) توفر وسيلة لتحديد الموقع ومدى تدميره لاستخدامها في تقدير الأضرار. وتحدد رصدات الرادار InSAR مواقع مراكز الزلزال بدقة أكبر بكثير من مسجلات الاهتزازات النائية، مما يتيح تقديرات أدق للأضرار تحدد بدورها جهود الإغاثة. وقد أتاحت عمليات الإطلاق الأخيرة لأساطيل السواتل المجهزة برادار SAR (COSMO-SkyMed (ASI)، TDX، (DLR) TSX) وسلسلة Sentinel-1 (ESA) وكوكبة RADARSAT القادمة (CSA) هذه التقييمات بسهولة أكبر مما كان عليه الأمر في الماضي.

الشكل 7

قياسات سائل باليسار (PALSAR) تغير أديم الأرض قبل وبعد زلزال في شبه جزيرة نوتو في اليابان يوم 25 مارس 2007



عادةً ما تكون حركات الأرض المرتبطة بالزلازل أصغر من أن تظهر في الصور المرئية أو صور الأشعة تحت الحمراء للسواتل. ومع ذلك، يمكن أن تكون الصور المرئية مفيدة جداً في التقييم المباشر للأضرار الناجمة عن زلزال وفي توجيه جهود الإنقاذ.

5 الطقس الجامح

في هذه الأيام، تكاد سواتل الأرصاد الجوية أو الطقس، GOES و Meteosat و MetOp و POES، تغطي كوكب الأرض بأسره، وهي إما سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض أو في مدارات قطبية أرضية منخفضة. وإذ تدور السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض بنفس سرعة دوران الكرة الأرضية حول محورها، فهي تبدو كنقطة مستقرة في السماء على ارتفاع يناهز 35 800 كيلومتر. وتقدم مثل هذه السواتل استبانة زمنية متميزة بصور متاحة كل 15-30 دقيقة (انظر الشكل 9) وتدعم مراقبة هيكل الغيم ومدى العواصف

والحركة الإجمالية للطقس الجامح. وباستخدام البيانات من سواتل الطقس هذه المستقرة بالنسبة إلى الأرض تمكن رؤية المكان الذي وقع الضرر فيه فعلاً، والتنبؤ بالاتجاه الذي تتجه إليه العاصفة. ويمكن تتبع العواصف الكبرى أثناء عبورها المحيطات، ويمكن تحديد مناطق اليابسة المعرضة لخطرهما مما يتيح تحذير السكان قبل أيام. وتوضح الأشكال من 8A إلى 8C الموقع اليومي للإعصار البحري كاترينا، بما في ذلك اليوم الذي ضرب فيه مدينة نيو أورليانز في 29 أغسطس 2005. وقد رُصد كعاصفة مدارية فوق جزر البهاما في 24 أغسطس، وعبر شبه جزيرة فلوريدا في 25 أغسطس، واشتدت قوته فوق المياه الدافئة لخليج المكسيك يومي 26 و 27 أغسطس.

الشكل 8

الإعصار البحري كاترينا غادر جزر البهاما وعبر فلوريدا

26 أغسطس، الساعة 18:15 بالتوقيت العالمي



25 أغسطس، الساعة 18:15 بالتوقيت العالمي



A - الإعصار البحري كاترينا غادر جزر البهاما وعبر فلوريدا

28 أغسطس، الساعة 18:15 بالتوقيت العالمي

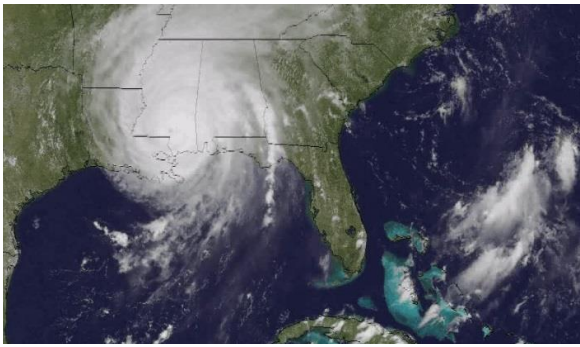


27 أغسطس، الساعة 18:15 بالتوقيت العالمي

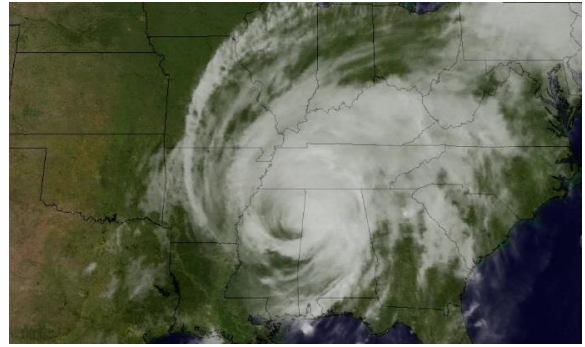


B - الإعصار البحري كاترينا يعبر خليج المكسيك

30 أغسطس، الساعة 18:15 بالتوقيت العالمي



29 أغسطس، الساعة 18:15 بالتوقيت العالمي



C - الإعصار البحري كاترينا يتوغل براً ويتبدد

RS.1859-08

أكملت تطور عين الإعصار البحري في 28 أغسطس.

و ضرب الإعصار البحري كاترينا نيو أورليانز في 29 أغسطس 2005 وتسبب في دمار كبير.

وتبدد الإعصار البحري كاترينا بعد عبوره أرض جافة وتخفص تصنيفه إلى عاصفة مدارية ثم إلى منخفض استوائي في 30 أغسطس. وتعمل السواتل الدائرة حول قطبي الأرض على ارتفاعات أقل بكثير من السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض وعادةً ما تمر فوق منطقة ما مرتين في اليوم، مرة في وضوح النهار ومرة في الليل. فتقوم بعمليات رصد أدق في التفاصيل ولكن أقل دقة في التوقيت. ويتيسر الكثير من البيانات ذات الصلة من خلال شبكة الإنترنت بعد أيام قليلة من جمعها ومعالجتها. وعندما تدعو الحاجة لمعلومات فورية عن الطقس المحلي، يمكن شراء محطات أرضية زهيدة الثمن نسبياً وتركيبها واستعمالها لجمع البيانات في الوقت الفعلي التي تُبث باستمرار من السواتل الدائرة حول قطبي الأرض العابرة من فوق.

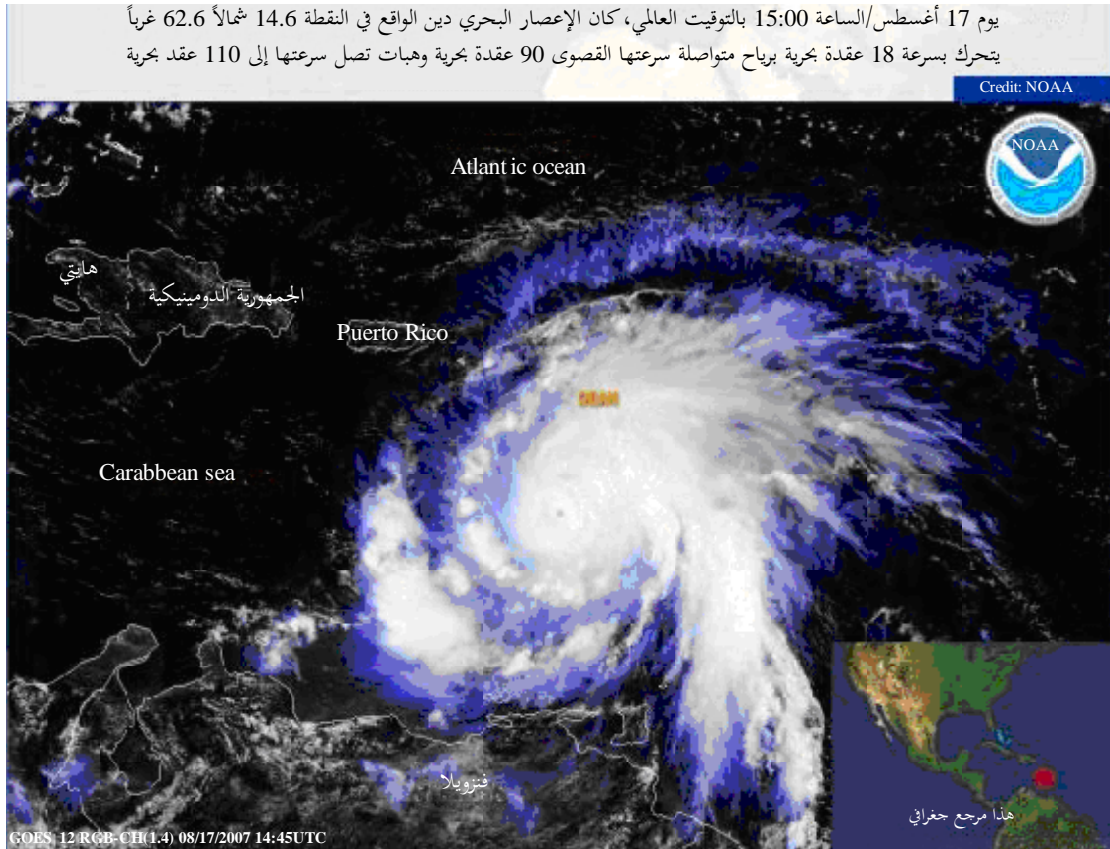
ويوضح الشكل 9 صورة للإعصار البحري دين (Dean) الذي رصده الساتل GOES من ارتفاع متزامن مع الأرض.

يمكن رصد الأحوال الجوية بمزيد من التفصيل باستعمال تقنيات مقياس الانتثار الرادارية التي تقيس سرعة الرياح عند سطح البحر واتجاهها. ويبين الشكل 10 رصد ساتل مقياس الانتثار السريع (QuikScat) للإعصار البحري دين (Dean) (2007) مظهراً سرعة الرياح واتجاهها على سطح البحر. وقد كان ساتل QuikScat مركبة فضائية تدور حول الأرض في مدار قطبي منخفض ولا يسعها تقديم تغطية مستمرة كالتى يقدمها رصد الساتل الجيوديسي الدائر حول الأرض (GOES) من المدار المتزامن مع الأرض. ولسوء الحظ، لا يمكن أن تعمل مقاييس الانتثار في المدار المتزامن مع الأرض. ومع ذلك، يمكن لمقاييس الانتثار الراداري مثل QuikScat، و RapidScat الذي حل محله على محطة الفضاء الدولية، تقديم معلومات إضافية مفيدة للغاية للمتنبئين بالطقس.

ويساعد الجمع بين هذه البيانات والأخرى الواردة من سواتل أخرى على توفير فهم أفضل لطبيعة كل إعصار بحري وعلى التنبؤ بمكان وزمان الإعصار ومدى قوته في المستقبل القريب.

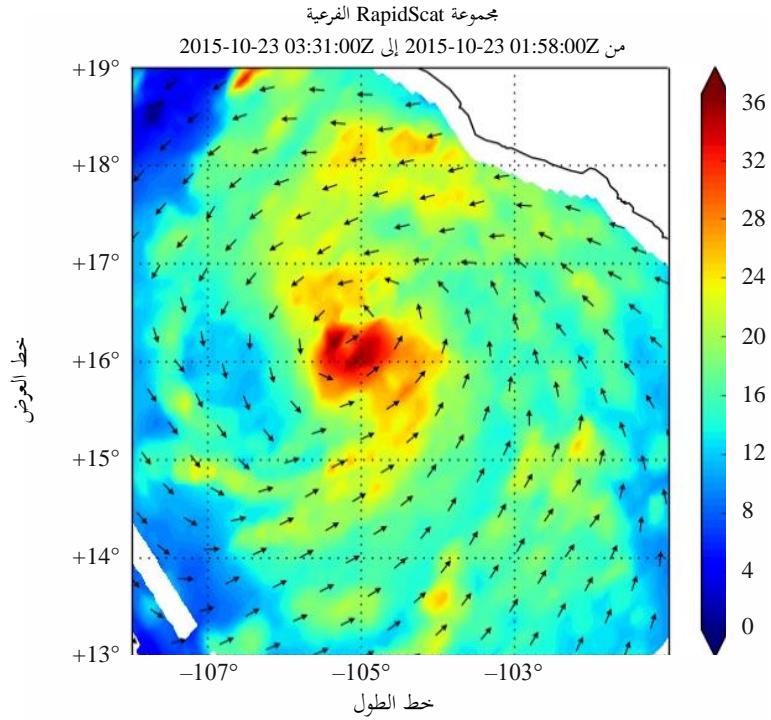
الشكل 9

الإعصار البحري دين (Dean) الذي رصده الساتل GOES من ارتفاع متزامن مع الأرض



الشكل 10

رصد مقياس RapidScat للإعصار البحري باتريشا (Patricia)، 23 أكتوبر 2015

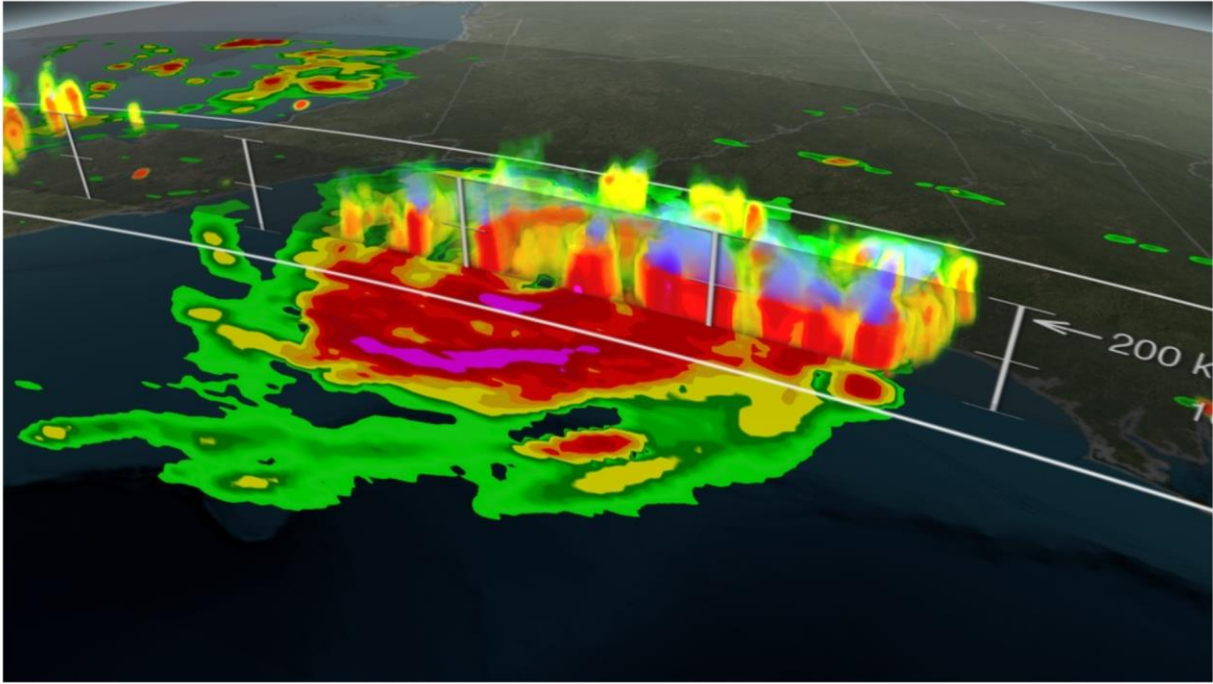


تقدم رادارات الهطولات التي تُخلق في مهمة الهطولات العالمية (GPM) صوراً ثلاثية الأبعاد لهطول الأمطار جراء العواصف الشديدة. وتتضمن هذه المهمة أجهزة منفصلة تقدم معلومات متممة عن العواصف تشمل ما وراء عرض المسح الراداري.

ويوضح الشكل 11 الإعصار البحري آرثر (Arthur) كما تراه أجهزة استشعار المصورات بالموجات الصغيرة (عرض المسح 680 km) ورادارات الهطولات المزدوجة (عرض المسح 120 km في النطاق Ka، وعرض المسح 245 km في النطاق Ku) في مهمة الهطولات العالمية (GPM). وهذا هو الإعصار البحري آرثر في 3 يوليو 2014 قبالة ساحل كارولينا الجنوبية. وتشير الألوان التي تتراوح بين الأخضر الفاتح إلى الأحمر إلى المناطق ذات الهطولات السائلة الخفيفة وصولاً إلى تلك ذات الهطولات السائلة الغزيرة. أما المناطق البنفسجية في الغلاف الجوي العلوي فهي المناطق التي تبين الهطولات المتجمدة.

الشكل 11

رصدات مهمة الهطولات العالمية (GPM) للإعصار البحري آرثر (Arthur) في 3 يوليو 2014



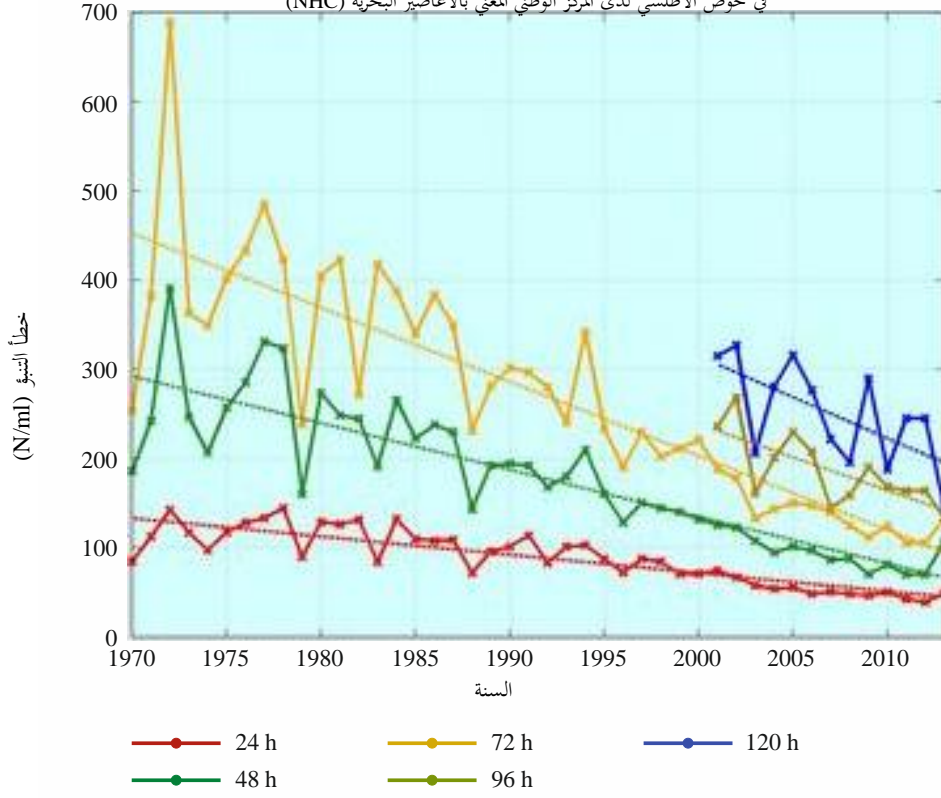
RS.1859-11

ويساعد الجمع بين هذه البيانات والأخرى الواردة من سواتل أخرى على توفير فهم أفضل لطبيعة كل إعصار بحري وعلى التنبؤ بمكان وزمان الإعصار ومدى قوته في المستقبل القريب. وقد خف خطأ التنبؤ بمسارات الأعاصير الأطلسية بقدر ملحوظ في السنوات الخمس والثلاثين الماضية (انظر الشكل 12)، وأدى ذلك إلى إنقاذ أرواح ومنع تلف ممتلكات.

الشكل 12

اتجاه خطأ المسارات في التوقعات لحوض الأطلسي

المتوسط السنوي الرسمي لأخطاء مسارات العواصف الاستوائية والأعاصير البحرية في حوض الأطلسي لدى المركز الوطني المعني بالأعاصير البحرية (NHC)

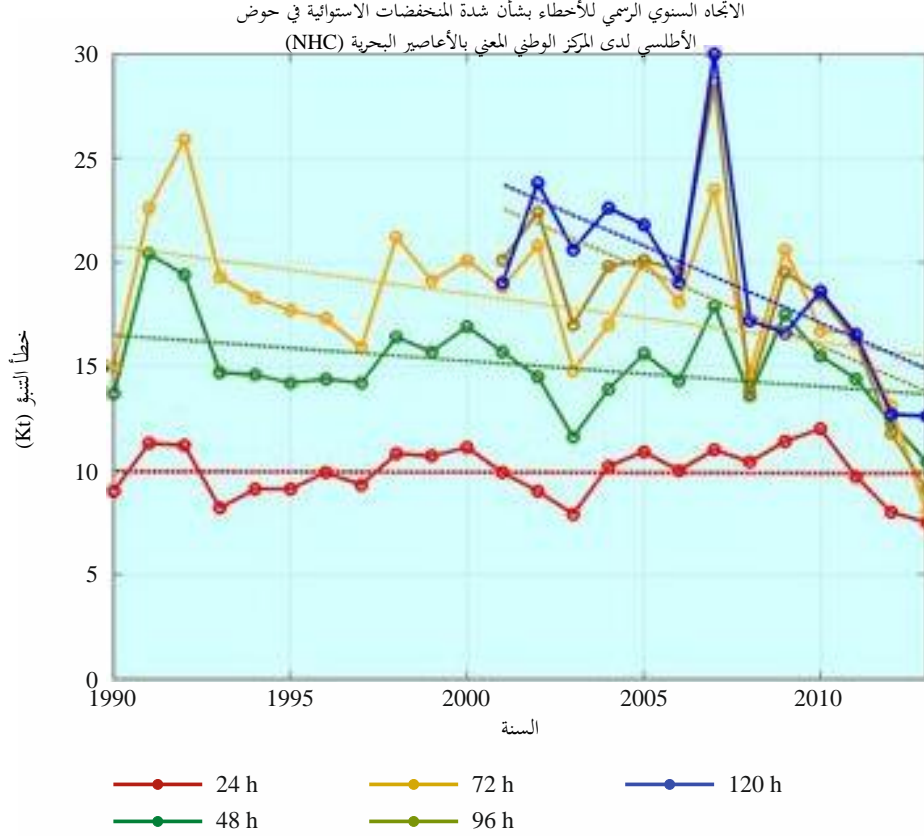


RS.1859-12

لسوء الحظ، فإن القدرة على التنبؤ بشدة هذه العواصف، كما تحدها سرعة الرياح، لم تتحسن بالقدر نفسه (انظر الشكل 13).

الشكل 13

اتجاه خطأ الشدة في التوقعات لحوض الأطلسي



RS.1859-13

توفر مراكز الأرصاد الجوية الحديثة تنبؤات ذات جودة أعلى مما كان متاحاً في الماضي، وتشكل مصدراً آخر للبيانات المفيدة للغاية. وتضم قائمة جزئية لهذه المراكز ما يلي:

- 1 المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (<http://www.ecmwf.int/>)
- 2 خدمة الأرصاد الجوية الإيطالية (<http://www.meteoam.it/>)
- 3 المركز الوطني للتنبؤات البيئية (<http://www.ncep.noaa.gov/>)

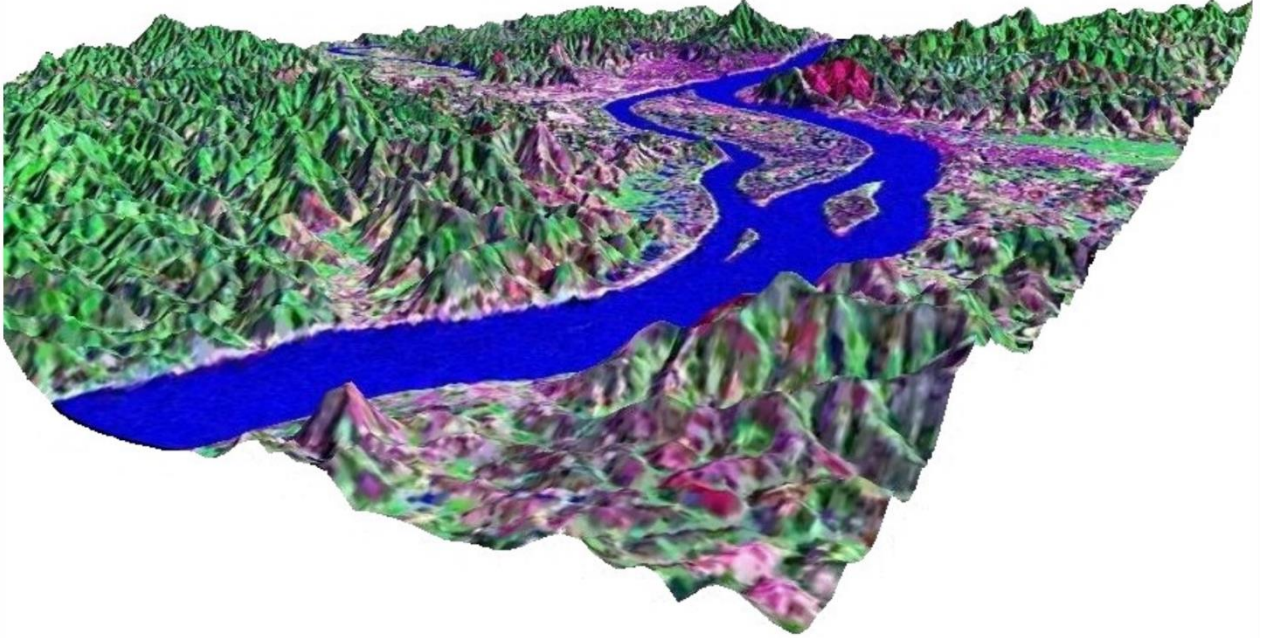
وتنسق المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO، على العنوان الإلكتروني <http://www.wmo.int/>) توزيع هذه البيانات ووضع نسقها وتنظيمها في جميع أنحاء العالم.

6 الفيضانات

يمكن تحديد المناطق المعرضة للغرق (المناطق المحفوفة بالمخاطر) بمساعدة نماذج الارتفاع الرقمية (DEM) المستخلصة من الساتل. وتتيح نماذج الارتفاع الرقمية رسم خارطة طبولوجيا المناطق النائية المنخفضة. وتساعد خرائط استعمال الأراضي في تقدير حجم المخاطر عن طريق تحديد المناطق المأهولة بالسكان. فيمكن عندئذ أن ينصرف الاهتمام إلى تحديد البنية التحتية اللازمة (من طرق وجسور واتصالات وغيرها) للمساعدة عند وقوع الفيضان (انظر الشكل 14)، وإلى استراتيجيات الإجلاء المناسبة.

الشكل 14

صورة من الساتل لاندسات (Landsat) حوالي عام 2000 مكسوة فوق نموذج الارتفاع الرقمي لمهمة طبوغرافيا رادار مكوك الفضاء² (SRTM DEM) في مدينة وجو في إقليم غوانغشي الصيني (تظهر المناطق المأهولة بالسكان باللون الأرجواني الضارب إلى الأحمر)



RS.1859-14

يمكن لمراقبة الطقس والأرصاد الجوية أن تنذر بإمكانية وقوع الفيضانات أو بدنو موعدها. وتشمل منتجات البيانات الداعمة الهطولات المطرية، والمكافئ المائي للهطولات الثلجية، ورطوبة التربة، وهي تدل بمحملها عما إذا كانت الأرض قادرة على امتصاص المزيد من المطر أم إنها أشبعت بالماء. ويمكن أن يؤدي إصدار تحذيرات موثوقة أبكر إلى تحسين حركة السكان خارج سهول الفيضانات. ولحسن الحظ، تحسنت التنبؤات الجوية على المدى المتوسط (من 3 إلى 10 أيام) على نحو ملحوظ في العقود الأخيرة. ونتج الكثير من التحسن في تنبؤات الطقس هذه عن تحسن نماذجها، وعن حواسيب أسرع لتشغيل النماذج، وعن بيانات أفضل وأكثر اكتمالاً لتزود البرمجيات. ونتج تحسن كبير عن أجهزة الاستشعار عن بعد القائمة على السواتل التي تقدم البيانات الوصفية للحرارة والرطوبة في الغلاف الجوي. وعلى الرغم من أن هذه البيانات الوصفية قد جُمعت في الماضي من بيانات مستقاة من مسابير راديوية محمولة على متن مناطيد مرتين يومياً في جميع أنحاء العالم، فإن التغطية في نصف الكرة الأرضية الجنوبي والمحيطات لم تواكب التغطية المتاحة في المناطق المكتظة بالسكان في نصف الكرة الأرضية الشمالي. ويظهر هذا التحسن في التنبؤ الناتج عن إضافة أجهزة استشعار عن بعد قائمة على السواتل في الشكل 15 أدناه.

² مهمة طبوغرافيا رادار مكوك الفضاء (SRTM)، <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>.

الشكل 15

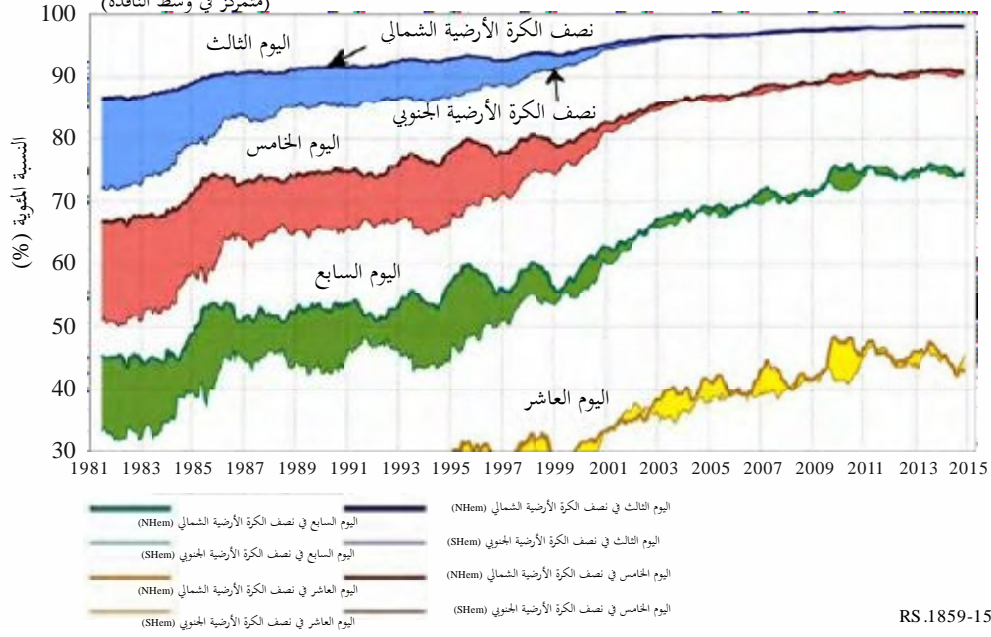
متوسط مهارة التنبؤ السنوي للمركز الأوروبي للتنبؤ بالطقس على المدى المتوسط

علو الكمون الجغرافي للضغط الجوي hPa 500

تلازم الشذوذ

المتوسط عبر 12 شهراً متواصلة

(متمركز في وسط النافذة)

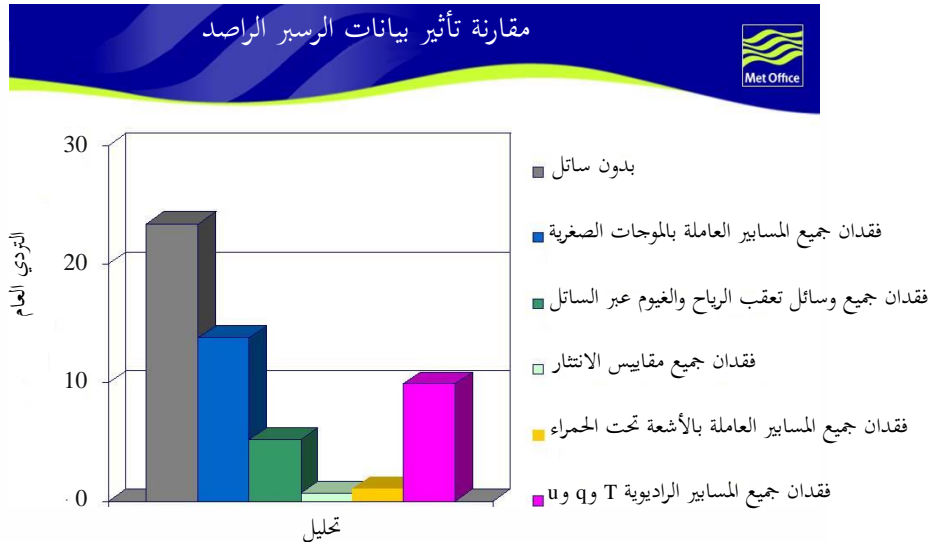


RS.1859-15

يعزى التحسن في مهارة التنبؤ وقيمته الاستعمالية بقدر كبير إلى البيانات الوصفية للحرارة والرطوبة في الغلاف الجوي التي تقدمها أجهزة الموجات الصغرية المنفعلة العاملة في النطاقات المحمية بموجب الرقم 340.5 من لوائح الراديو. وتعد البيانات الوصفية هذه أهم البيانات التي تُجمع من مصادر السواتل والمناطق عند مقارنة التأثير النسبي لمختلف مدخلات البيانات في دقة التنبؤ بالطقس (انظر الشكل 16).

الشكل 16

مقارنة بين قيمة البيانات السبر



RS.1859-16

رغم ما تقدمه المسابير العاملة بالأشعة تحت الحمراء والمسابير الراديوية من قياسات أدق، فإن قدرة المسابير العاملة بالموجات الصغيرة في السواتل على العمل بصرف النظر عن الغطاء السحابي (الذي يحجب عادة 60% من كوكب الأرض ويعيق رصدات الأشعة تحت الحمراء) وتقديم تغطية عالمية مرتين يومياً (على عكس التغطية غير المنتظمة المتاحة بواسطة المسابير الراديوية) تعود بقيمة أكبر على مجتمع التنبؤ.

وعندما يشتري المرء رغيف خبز، نادراً ما يرى حقل القمح أو سنبلة واحدة من القمح اللازم لإنتاج الخبز. وبالمثل، عندما يقرأ المرء توقعات الطقس أو يسمعها، فإنه لا يرى البيانات التي أفرزت هذا التنبؤ. وبدون البيانات الوصفية الساتلية عن الحرارة والرطوبة في الغلاف الجوي، تنعدم توقعات الطقس الحديثة. وعلى الرغم من أن النطاقات الترددية المنفصلة المستخدمة في إنتاج البيانات المستخدمة في التنبؤات الجوية خافية على عامة الناس، إلا أنها ضرورية للغاية وتجب حمايتها.

وخلال وقوع الفيضان، يمكن للصور المستخلصة من آلات التصوير متعددة الأطياف و/أو بالأبيض والأسود والرادارات ذات الفتحة الاصطناعية أن تساعد في إرشاد العاملين في الإنقاذ إلى مناطق محددة متضررة وأن تساعد في تقييم الضرر الإجمالي. وقبل وقوع فيضان، يمكن دمج صور SAR لإنتاج خرائط الارتفاع التي تسهل تحديد المناطق المعرضة للفيضانات. ويستفاد بصورة خاصة من قدرة الرادارات ذات الفتحة الاصطناعية (SAR) على اختراق السحب للتمكن من العمل في جميع ظروف الطقس ليلاً نهاراً أثناء فيضان ناجم عن عاصفة أو فصل مطر. وبما أن الرادارات ذات الفتحة الاصطناعية هي رادارات مسح جانبي، وأن الانتثار العكسي من المياه خارج المحور ضئيل للغاية، فإن التعرف على المناطق المغمورة بالمياه أسهل في صور SAR مقارنة بالصور الضوئية. ويرد في الشكل 17 مثال عن قدرة الرادارات ذات الفتحة الاصطناعية على تحديد المناطق المغمورة بمياه الفيضان.

الشكل 17

فيضان نهر خي الذي أصاب مدينة ووجو في إقليم غوانغكسي
 ترد البيانات المرجعية من ساتل Landsat، وبيانات الفيضان من الرادار
 ذي الفتحة الاصطناعية المتطور (ASAR) في ساتل Envisat



RS.1859-17

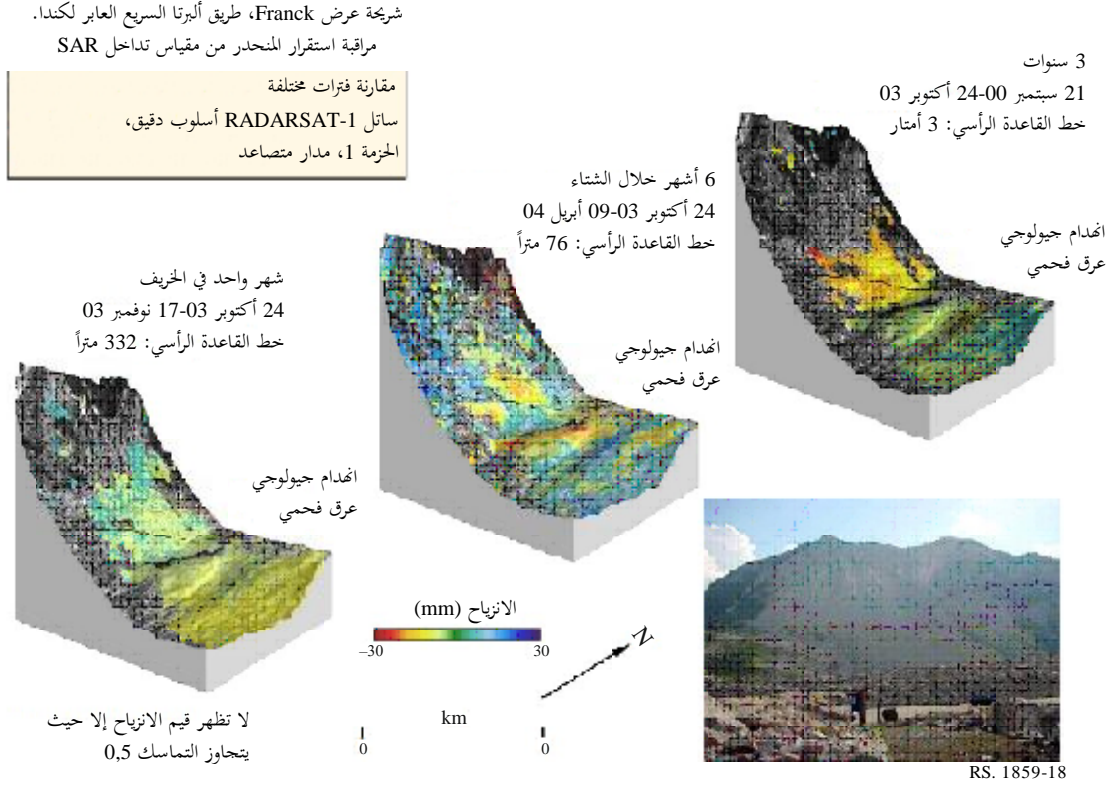
7 الانزلاقات الأرضية/انخساف الأرض/الانهيارات الجليدية

يمكن تحديد المناطق المعرضة لنشاط الانزلاق الأرضي باستعمال خرائط الارتفاع الرقمية (DEM) من قياسات الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR). وفي هذه الحالة، تُستعمل الميول بدلاً من الارتفاعات. وعند الاشتباه بحركة دقيقة للأرض، يمكن لوحدة قياس التداخل بواسطة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (InSAR) ووحدات القياس في الموقع نفسه بواسطة أنظمة ساتل الملاحية العالمية (GNSS) أن توفر قياسات دقيقة لمكان ومدى تحرك منطقة بالنسبة إلى قياسات سابقة.

وبعد أكبر انزلاق أرضي في تاريخ أمريكا الشمالية وما بقي من جبل تزل (Turtle Mountain) في كندا لا يزال تهديداً ماثلاً. وتجري مراقبة حركته الأرضية، الظاهرة في الشكل 18، عن طريق ساتل RADARSAT-1 الكندي باستعمال تقنية قياس التداخل بواسطة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (InSAR).

الشكل 18

قياس التداخل بواسطة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (InSAR) لساتل RADARSAT يتتبع انزياح الأرض ما بين عامي 2000-2004



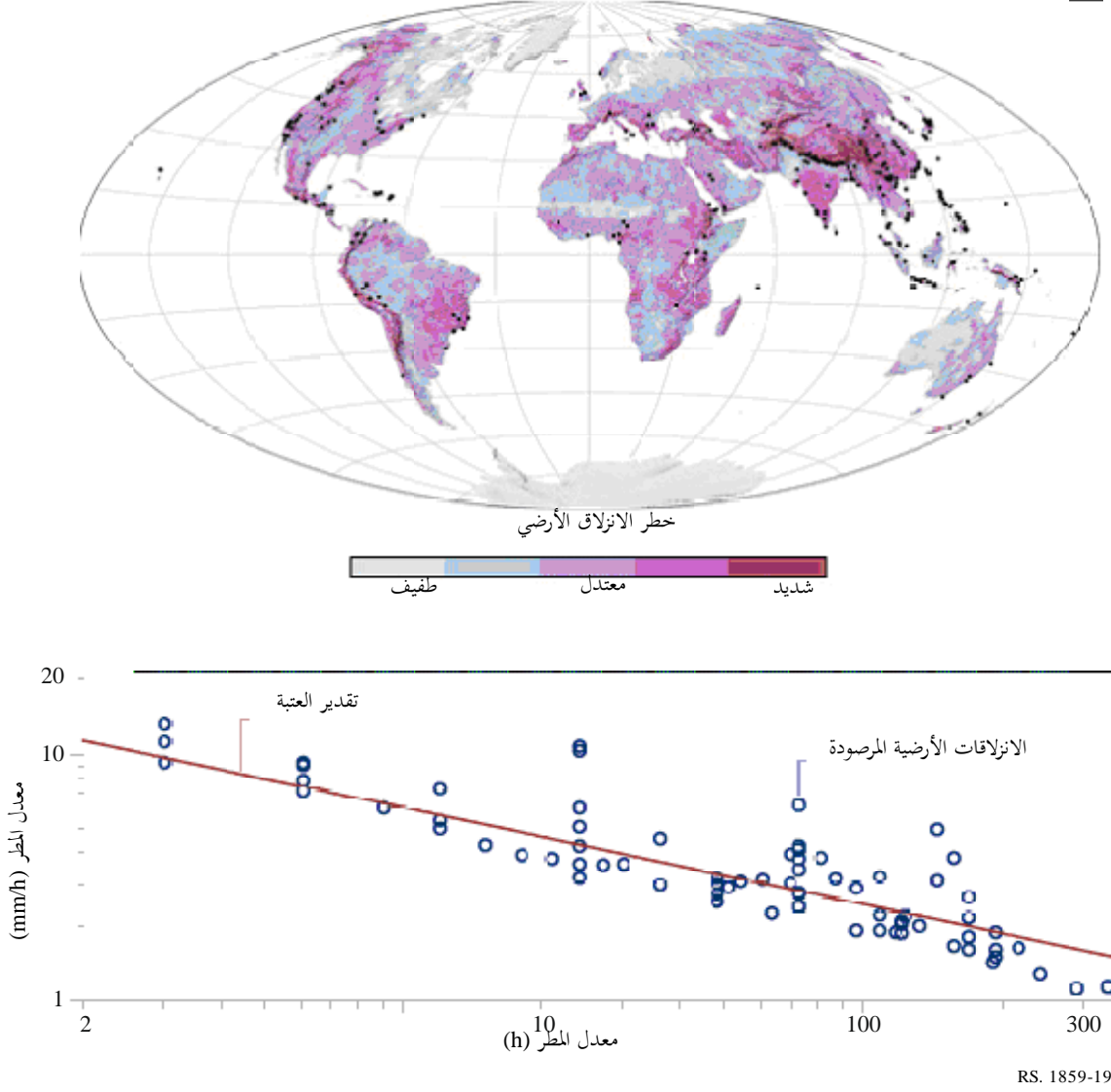
يمكن للتغيرات في الغطاء الأرضي أو في استعمال الأراضي أن يفاقم من مخاطر الانزلاقات الأرضية. فعلى سبيل المثال، يستفحل تعرض المنطقة لمخاطر الانزلاقات الأرضية حين تُقطع أشجارها قطعاً جائراً (أو تزال أحراجها)، مقارنة مع منطقة ذات نظام بيئي يثبت استقرار الأرض. وتساعد خرائط استعمال الأرض في تقدير حجم المخاطر عن طريق تحديد المناطق المأهولة بالسكان التي قد تكون عرضة للخطر. ويمكن مراقبة الغطاء الأرضي أو استعمال الأراضي من الفضاء، فتساعد التغيرات المرصودة في مراقبة المخاطر.

وعندما تُشبع التربة بالماء على سفوح الجبال خلال الهطول الغزير للأمطار، تصبح التربة معرضة للانزلاقات الأرضية. ومن ثم، فإن التنبؤات بهطول أمطار غزيرة المقرونة بمعرفة رطوبة التربة ما قبل هطول الأمطار، يمكن أن تُستعمل لتوفير تحذيرات بإمكانية حدوث انزلاقات أرضية. وتتوفر هذه المعلومات من النظام العالمي لمراقبة الفيضانات على شبكة الإنترنت (عبر الرابط <http://flood.umd.edu>).

ويمكن استعمال بيانات ساتلية لإنتاج خرائط تبين مخاطر الانزلاقات الأرضية. وقد استُخرجت البيانات الظاهرة في الشكل 19 من مهمة طبوغرافيا رادار مكوك الفضاء (SRTM) لبيانات الطبوغرافيا ومن المقياس الراديوي الطيفي للتصوير باستبانة معتدلة (MODIS) لبيانات غطاء الأراضي واستعمالها ومن رحلة قياس هطول الأمطار الاستوائية (TRMM) لبيانات هطول الأمطار.

الشكل 19

خارطة مخاطر الانزلاقات الأرضية المستخرجة من الساتل.
وتبين النقاط السوداء الانزلاقات الأرضية من عام 2003 حتى عام 2006



بعد حدوث انزلاق أرضي، يمكن لصور قياس التداخل بواسطة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (InSAR) أن تتيح رسماً دقيقاً لخارطة تحرك الأرض (الانخساف) بمقارنة صور الرادار ذو الفتحة الاصطناعية (SAR) للأرض دون غطاء. ويمكن لصور أخرى أن تظهر الغطاء النباتي وسمات السطح الأخرى في هذه المناطق المتضررة.

وكمثال على الدمار الذي يمكن أن يحدث مع انزلاق أرضي، كان الزلزال الذي بلغت قوته 7,6 وضرب باكستان في 8 أكتوبر 2005، قد ألحق أضراراً في المنطقة المحيطة بمدينة مظفر آباد على بعد حوالي 10 كيلومتر جنوب غرب مركز الزلزال. فسوّى الزلزال المباني بالأرض وأطلق انزلاقات أرضية في جميع أنحاء كشمير. والتقط ساتل إيكونوس (Ikonos) صورة بالطيف المرئي لانزلاق أرضي (الشكل 20، إلى اليمين) في قرية مخري (Makhri) على المشارف الشمالية من مظفر آباد، في 9 أكتوبر 2005. فقد انحارت الواجهة الغربية للجبل مرسلّةً وإبلاً من الصخور البيضاء الرمادية على نهر نيلوم.

الشكل 20

صور ساتلية تظهر آثار الانزلاق الأرضي على نهر نيلوم في 8 أكتوبر 2005 عقب الزلزال في باكستان



15 سبتمبر 2002

9 أكتوبر 2005

RS. 1859-20

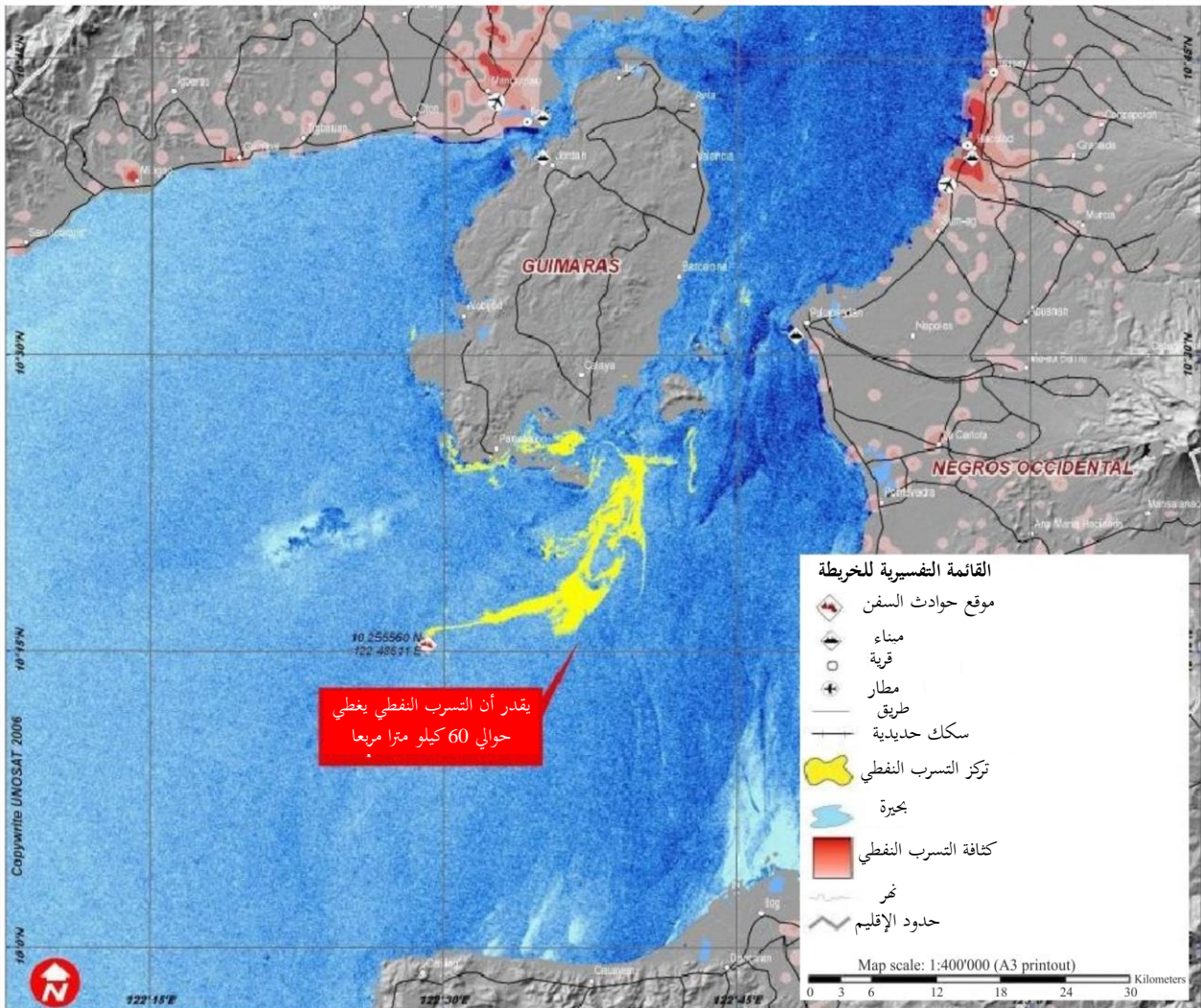
8 تلوث المحيطات

يمكن الكشف عن تسرب النفط في المحيطات باستخدام صور الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR). ومن الناحية العملية، تُعامل عمليات كشف تسرب النفط في المحيطات كعمليات رصد أولية وتؤكد فوراً عبر قياسات تجرى في البحر في موقع التسرب نفسه. وتسمح هذه التقنية بمراقبة مناطق واسعة بتكلفة أقل. وبعد التأكد من التسرب النفطي في موقعه، تمكن مراقبة المنطقة المتضررة عبر الساتل.

في 11 أغسطس 2006، غرقت ناقلة النفط سولار (Solar) قبالة سواحل جزيرة جومباراس في الفلبين. وبحلول 24 أغسطس 2006، كان نحو 50 000 غالون من النفط قد تسرب إلى البحر ملوثاً أكثر من 300 km من السواحل البحرية ومهدداً صيد الأسماك وكذلك الجزر الأخرى في الفلبين. وقد استُعمل الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) على متن الساتل ENVISAT لاستخراج الصورة الظاهرة في الشكل 21. وهي تبين الموقع بدقة وامتداد البقعة النفطية بتاريخ 24 أغسطس 2006.

الشكل 21

تسرب النفط قرب جزيرة جويماراس في الفلبين: صورة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية

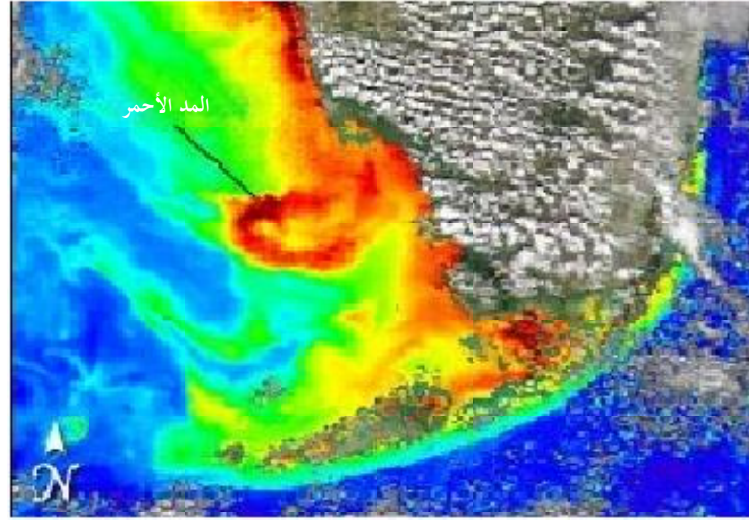


RS.1859-21

وهناك تلوث طبيعي في المحيطات في شكل "مد أحمر" (وهو اسم شائع لانتشار الطحالب المرتبط بإنتاج سموم طبيعية أو بنضوب الأكسجين المحلول بالماء أو بطروف ضارة أخرى) ويمكن كشفه ومراقبته من الفضاء برصد لون المحيط. ومن شأن تحديد المناطق المصابة بالمد الأحمر وحجرها صحياً أن يحمي صحة الإنسان. ويمكن الكشف عن أشكال التلوث الأخرى (مثل ملوثات المياه والرواسب الساحلية) باستعمال صور ساتلية في الطيف المرئي و/أو طيف الأشعة تحت الحمراء (انظر الشكل 22).

الشكل 22

المد الأحمر المرصود بجهاز SeaWiFS بتاريخ 21 نوفمبر 2004 في فلوريدا
في الركن الجنوبي الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية



تركيز الكلوروفيل في المحيط (mg/m³) كما يرصده جهاز الاستشعار SeaWiFS

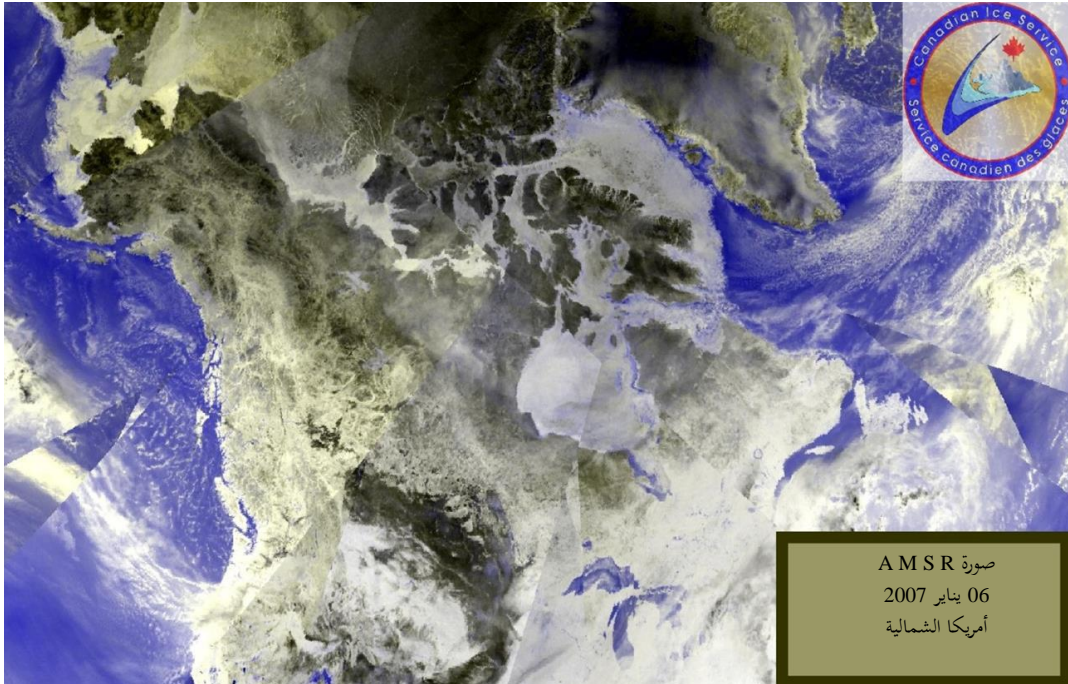


9 جليد البحار والبحيرات

إن أجهزة الاستشعار المنفصلة العاملة بالموجات الصغيرة والمحمولة على متن السوتل (الشكل 23) ظلت لعقود من الزمن ترسم خارطة امتداد الجليد البحري، وتُستعمل الرادارات ذات الفتحة الاصطناعية (SAR) (الشكل 24) من الناحية التشغيلية لإرشاد سفن الشحن في القطب الشمالي وفي البحيرات الواقعة في خطوط العرض العليا، لإطالة أمد موسم الشحن في خطوط العرض العليا.

الشكل 23

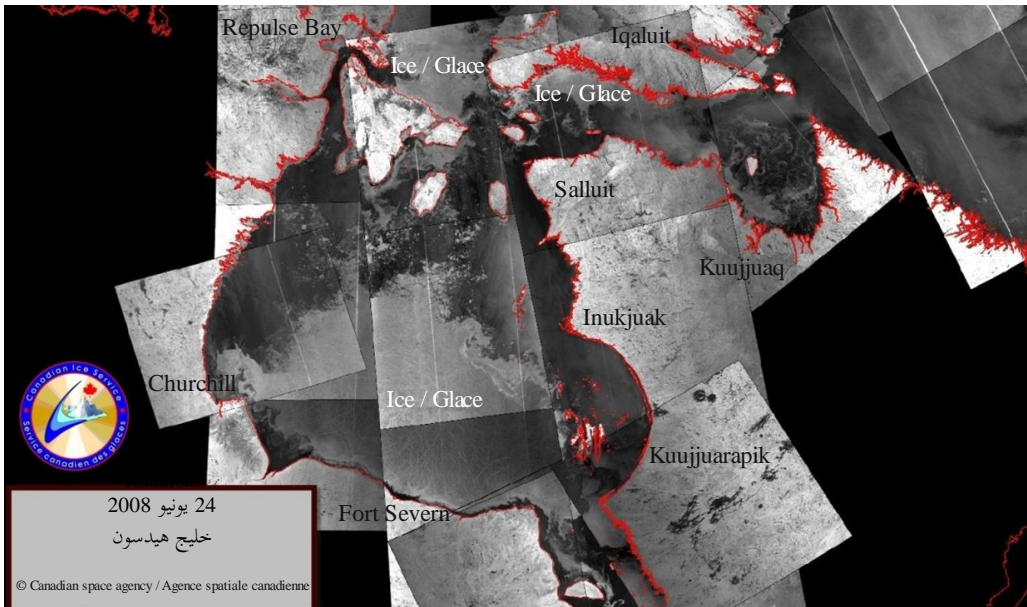
الجليد فوق أمريكا الشمالية في يناير 2007 (انسداد منافذ خليج هدسون)



RS. 1859-23

الشكل 24

الجليد في خليج هدسون في كندا في يونيو 2008 (المياه المفتوحة على طول الساحل الشرقي)



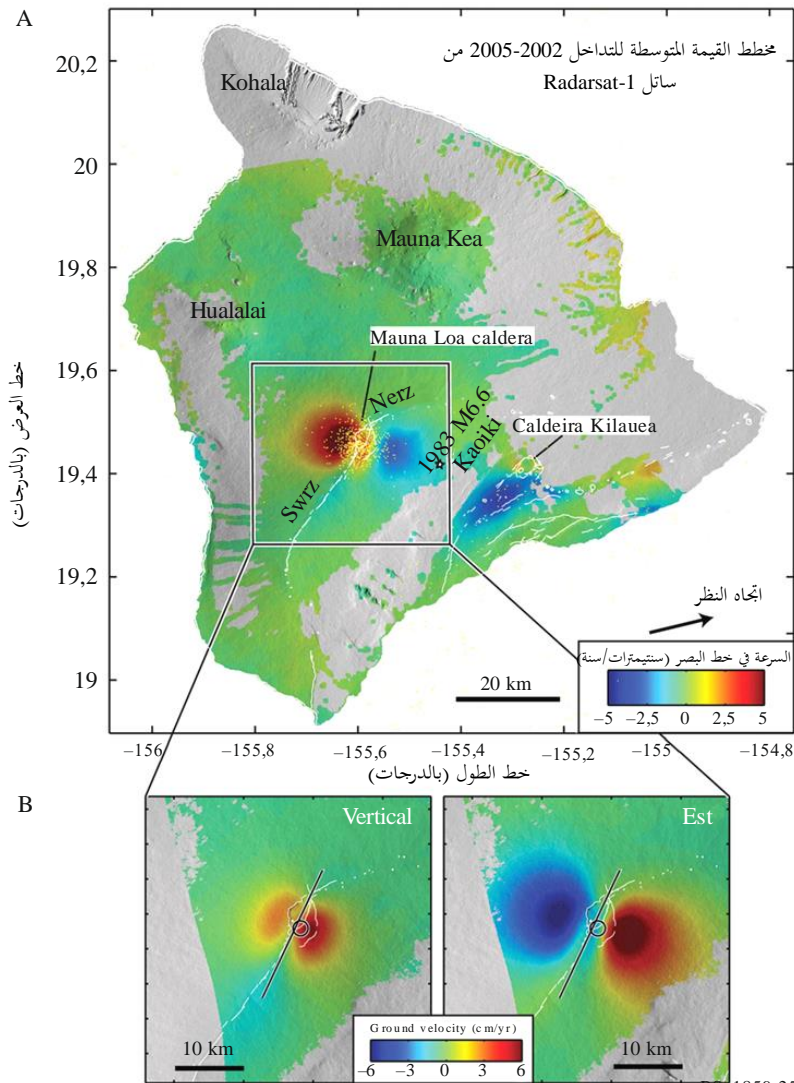
RS. 1859-24

10 البراكين

بما أن النشاط البركاني كثيراً ما يسبقه انتفاخ وارتفاع في أديم الأرض في المنطقة نفسها، تمكن مراقبة النشاط البركاني المحتمل إلى حد ما برسم خارطة لتحركات من هذا القبيل للأرض. ويمكن لوحدة أنظمة سائل الملاحة العالمية (GNSS) في عين المكان أن توفر مراقبة محلية فيما يمكن لعمليات الرصد بقياسات التداخل بواسطة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (InSAR) الدائر في مدار قطبي أن توفر قياسات في مواقع نائية أقل دقة في توقيتها حيثما تحول الاعتبارات العملية من تموضع وحدات GNSS في عين المكان. وتبين صورة قياس التداخل بواسطة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية لبركان مونا لوا في هاواي (الشكل 25) التغير في السطح على المدى الطويل على شكل انتفاخ يدل على النشاط البركاني تحت الأرض. ومن المعروف أن بركاني مونا لوا وكيلاوا كليهما من البراكين النشطة. ويقع مرصد علم الفلك على قمة جبل مونا كيا الذي كان هادئاً بركانياً في التاريخ الحديث. ويمكن الاستدلال بكشف هذه الحركات الدقيقة للأرض، بواسطة عمليات InSAR المستندة إلى الساتل، لتحديد المخاطر البركانية المحتملة في أي مكان في العالم

الشكل 25

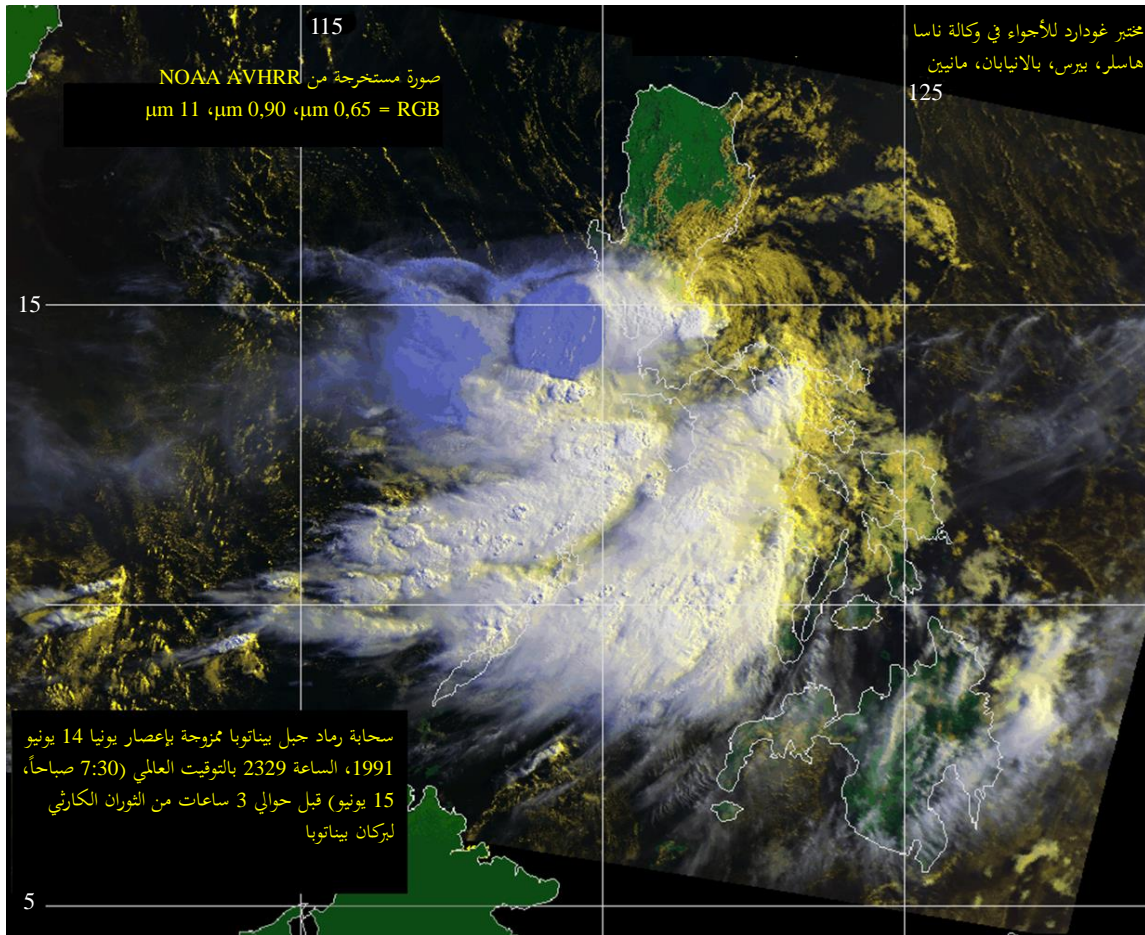
صورة بقياسات التداخل بواسطة الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) في كالديرا ماونا لوا في هاواي تشير حركة الأرض إلى خطورة النشاط البركاني تحت الأرض



وفي أثناء ثوران بركاني وبعده، يراقب الأثر الحراري للحمم والرماد والغازات الساخنة على نحو روتيني بالرصد بواسطة الأشعة تحت الحمراء والرصد المرئي من الفضاء. وعلى وجه الخصوص، يشكل الرماد البركاني في الغلاف الجوي مخاطر جدية على الطائرات الطائرة. وأدى الرماد البركاني الناتج عن ثوران بركان إيجافجالاجوكول (Eyjafjallajökull) عام 2010 في أيسلندا إلى أكبر إغلاق للحركة الجوية منذ الحرب العالمية الثانية. وأقيمت تسعة مراكز استشارية بشأن الرماد البركاني لمراقبة أعمدة الرماد البركاني في المجال الجوي المخصص لها (<http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/vaac.html>).

الشكل 26

سحابة الرماد المنبعثة من جبل بيناتوبو مخلوطة بإعصار يونيا قبل ثلاث ساعات من الثوران الذي حدث في 15 يونيو 1991

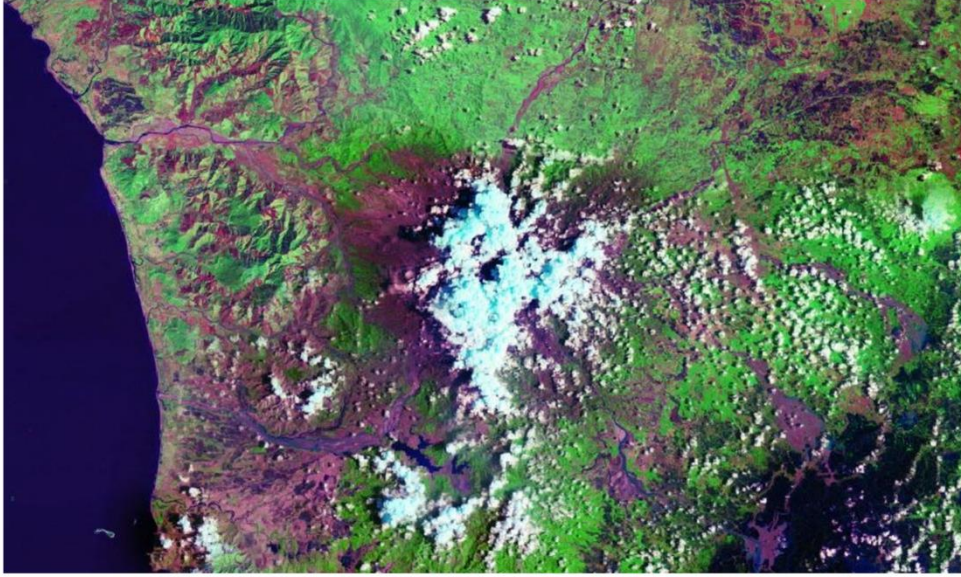


RS. 1859-26

ويقدم التصوير من السواتل دعماً لتحديد المناطق المتأثرة ومراقبة تعافيتها. أما الصور من الأجهزة ذات الأطوال الموجية المرئية وفي الأشعة تحت الحمراء فتقدم دعماً لمراقبة الانتعاش النباتي (انظر الأشكال 27 و 29 و 30). وفي المناطق التي تتلبد فيها السحب فتعيق الرؤية، تقدم صور الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) مصدراً آخر للمعلومات (انظر الشكل 28). ويترسم التابع التالي للصور ما حدث بعد انفجار بركان بيناتوبو في الفلبين في 15 يونيو 1991. وتعود الأوتاد الوترية الداكنة في الشكل 30 إلى عطل في الساتل Landsat 7 عندما تعطل الجهاز الموجود على متن الساتل الذي يحول المسوحات المتعرجة إلى مسوحات تنقيطية خطية.

الشكل 27

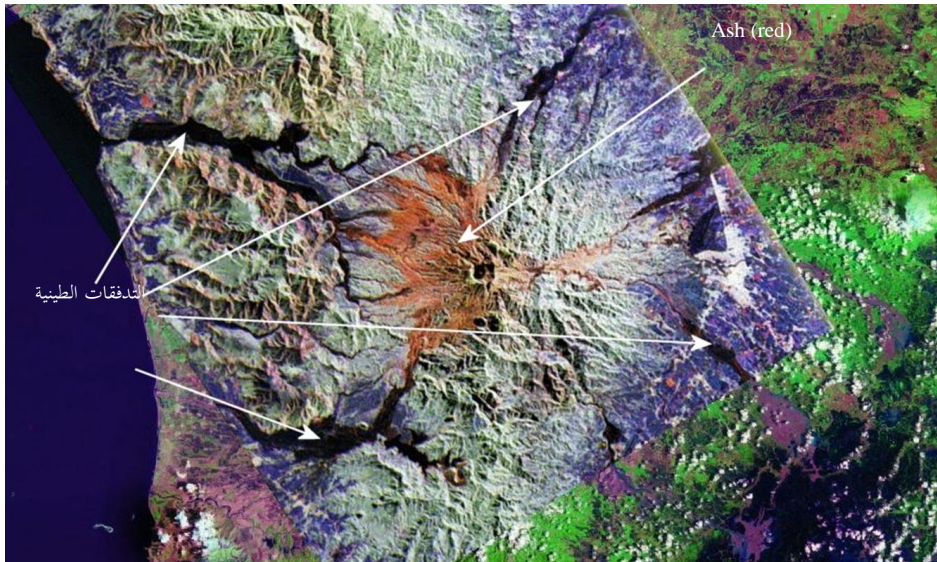
الساتل Landsat 5 - في 9 سبتمبر 1991. يظهر الغطاء النباتي المتضرر باللون الأحمر الضارب إلى البني



RS.1859-27

الشكل 28

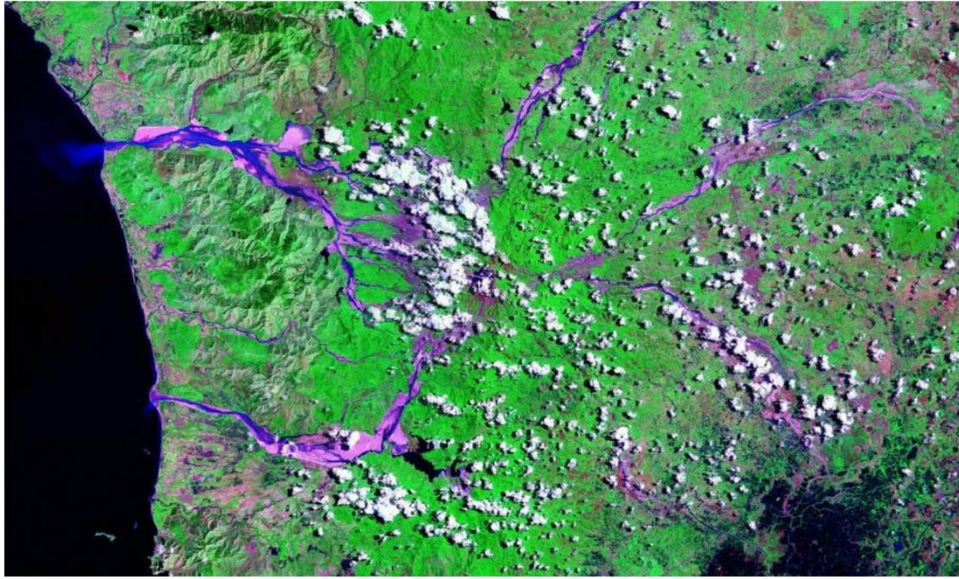
الساتل Landsat 5 المتراكب مع رادار التصوير الفضائي SIR-C - أكتوبر 1994. لا مشاكل سحابية وتضاريس الأرض مرئية والتدفقات الطينية واضحة ويسهل تمييزها



RS. 1859-28

الشكل 29

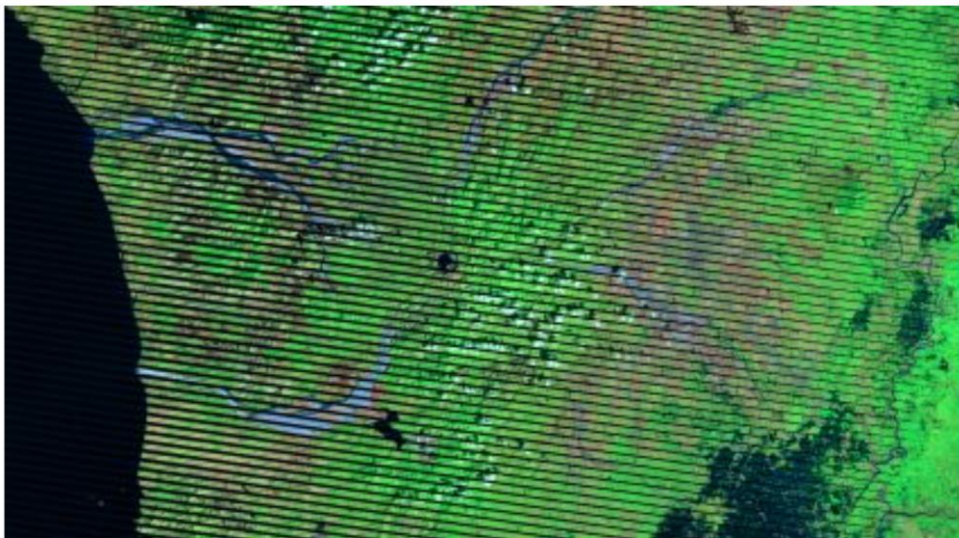
الساتل 7 Landsat - 18 مايو 2001. تعافي الغطاء النباتي



RS:1859-29

الشكل 30

الساتل 7 Landsat - في 4 فبراير. تواصل التعافي، وتشكُّل بحيرة



RS:1859-30

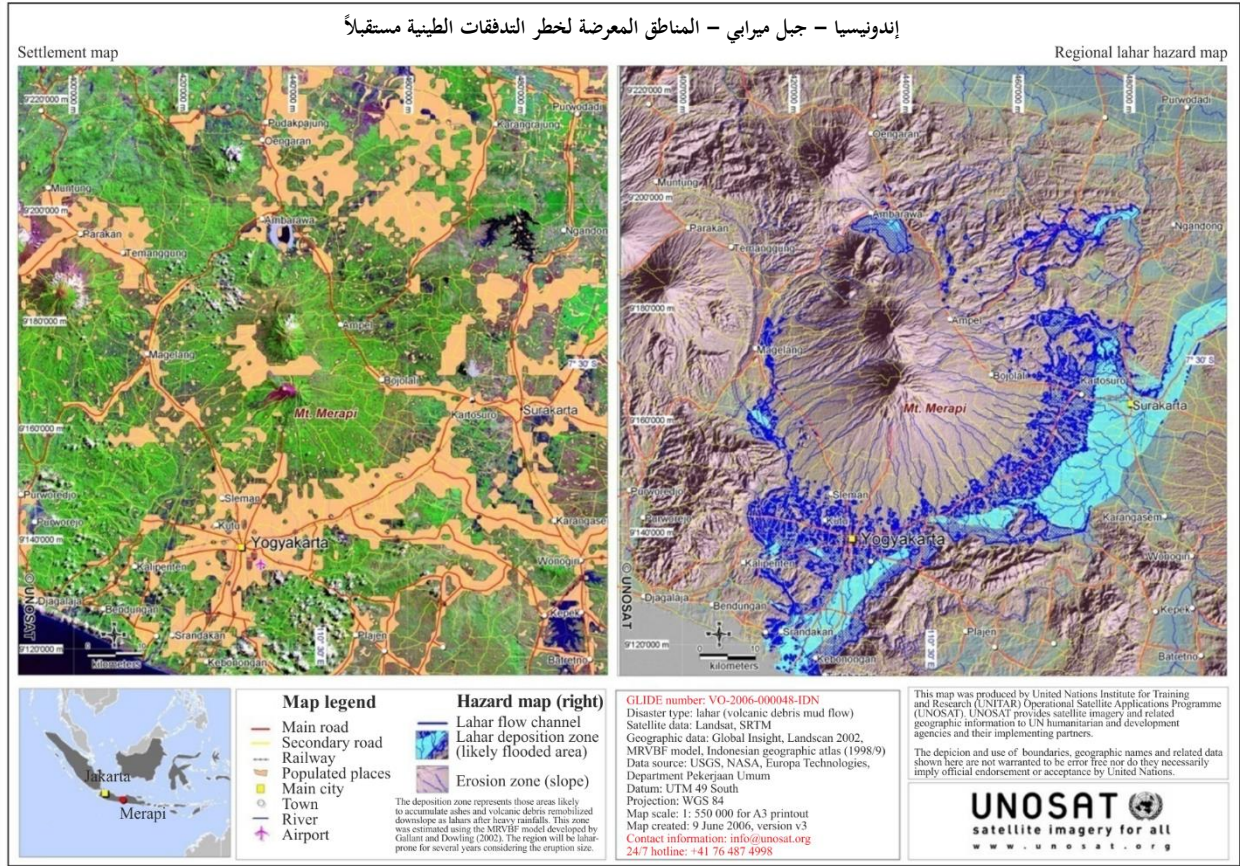
كما يستفاد من صور الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) في تحديد المناطق المعرضة للخطر. فقد حرك ثوران البركان بيناتوبو العديد من التدفقات الطينية التي يسهل التعرف عليها في صور الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (الشكل 28) ويمكن إعادة تفعيلها من خلال الأمطار الغزيرة. وصادف وقوع ذلك في عام 1994 وجرى تصوير الحدث برادار تصوير مكوك الفضاء. وصارت المناطق المأهولة القريبة عرضة للخطر. وتمكن في الشكل 30 رؤية بحيرة حمضية جداً تكونت في كالديرا، ولكن السحب تحجبها في الشكل 29.

وقد ثبتت فائدة نماذج الارتفاع الرقمية (DEM) في التنبؤ بالمواقع التي يمكن أن تحدث فيها التدفقات الطينية، فهي تتبع مسارات الأحاديد وتندفق إلى المناطق المنخفضة.

ويمكن الجمع بين نماذج الارتفاع الرقمية وخرائط استعمال الأرض والغطاء الأرضي، كتلك المستخرجة من سائل Landsat أو المقياس الراديوي الطيفي للتصوير باستبانة معتدلة (MODIS) لتحديد ورسم خريطة المناطق المعرضة للخطر. ويرد في الشكل 31 مثال عن مثل هذه الخريطة للمناطق المعرضة للخطر.

الشكل 31

الجمع بين سائل لاندسات ومهمة طبوغرافيا رادار مكوك الفضاء (SRTM) لتحديد المناطق والسكان المعرضين للخطر



RS.1859-31

في الصورة اليسرى، استُخدمت بيانات سائل لاندسات (Landsat) لتحديد المناطق الحضرية وفرزها عن الحقول الزراعية. وفي الصورة اليمنى، استُعملت البيانات الطبوغرافية من بعثة وكالة ناسا الطبوغرافية لرادار المكوك (SRTM) لتحديد المناطق التي يرجح أن تدفن تحت الطين أو الرماد. والجمع بين الخريطين يزود السلطات المحلية بأداة لتخطيط الإجراءات التي يجب اتخاذها في حال ثوران بركان جبل ميرابي في المستقبل.

11 الحرائق الهوجاء

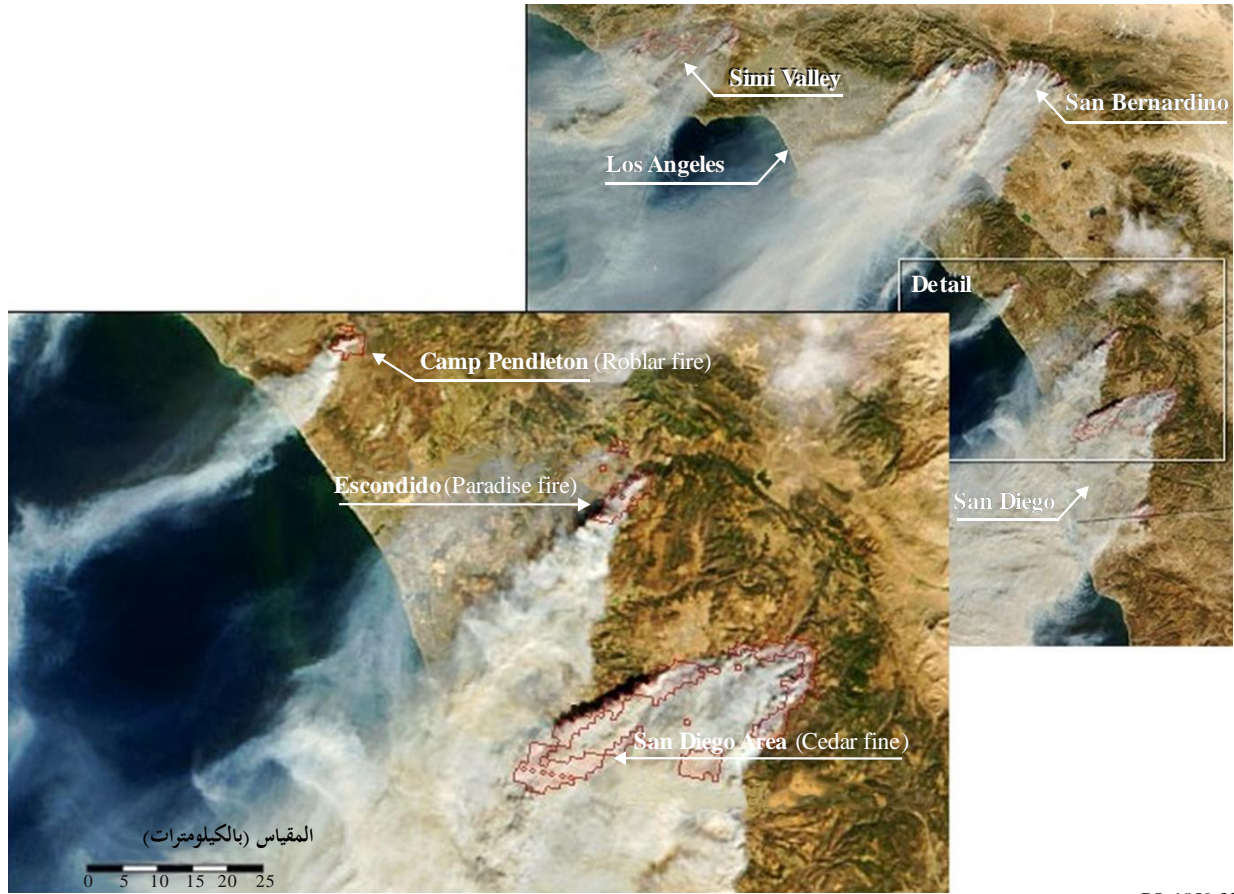
يمكن تقدير خطر الحرائق الهوجاء في المناطق النائية التي تنخفض فيها كثافة السكان من قياسات الفضاء من رطوبة التربة وحالة النباتات (أي تحديد ما إذا كان الغطاء النباتي بصحة جيدة أو مأزومة/عطشى). ويمكن اكتشاف الحرائق الهوجاء باستعمال قنوات فضائية معينة للأشعة تحت الحمراء في الأجهزة المحمولة جواً. فهذه قنوات تحترق على نحو فعال الدخان والضباب الذي يحجب الرصد في أطوال الموجة المرئية. وترد هذه البيانات في الموقع الإلكتروني لمعلومات الحرائق المعدة لنظام إدارة الموارد (FIRMS) (<https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms>) وفي موقع المشهد العالمي (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>) لدى وكالة ناسا، وعلى وجه التحديد منها، منتج "الحرائق والشذوذ الحراري". واختصاراً للوقت الفاصل بين الرصد الساتلي وتوليد منتجات البيانات

اللازمة، قام العديد من الوكالات والحكومات والمنظمات غير الحكومية في جميع أنحاء العالم بتركيب محطات أرضية لاستقبال البيانات في الوقت الفعلي في كل مرة يعبر فيها ساتل يدور في مدار قطبي سماء موقعها.

ويستفاد من هذه الصور في مكافحة الحرائق الهوجاء. ومنطقة جنوب كاليفورنيا في الولايات المتحدة معرضة لاندلاع الحرائق الهوجاء خلال موسم الجفاف فيها (انظر الشكل 32). وتتأجج هذه الحرائق بمهبوب رياح سانتا آنا (Santa Ana) المحلية، مما يصعب مكافحتها. وتساعد الصور الساتلية رجال الإطفاء ولا سيما خاص في المناطق النائية وغير المأهولة.

الشكل 32

الحرائق في جنوب كاليفورنيا، 26 أكتوبر 2003



RS. 1859-32

وبعد إخماد الحريق، يمكن استعمال الصور الساتلية المرئية وبالأشعة تحت الحمراء وصور الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) لتحديد مدى الضرر الحاصل ومراقبة تعافي الغطاء النباتي.

وقد شبت الحرائق الهوجاء في الصيف الأسترالي عام 2003-2002 بواقع 50 حريقاً منفصلاً في الجزء الجنوبي الشرقي من القارة. وكانت العاصمة كانبرا مهددة بحريق غابات اندلع في 18 يناير في منتزه نامادجي الوطني. في غضون بضعة أيام، انتشرت الحرائق إلى مشارف المدينة، مما اضطر الآلاف إلى إخلائها، ودفع آلاف غيرهم للتطوع كرجال إطفاء لحماية كانبرا من النيران. وبحلول الوقت الذي تمت السيطرة فيه على الحريق، قضى أربعة أشخاص نحبهم ودُمر 419 منزلاً. وفي صور الساتل Landsat 7 أدناه (الشكل 33)، يظهر الغطاء النباتي السليم باللون الأخضر، فيما تبدو المناطق المحروقة في ظلال متفاوتة من اللون الأحمر.

الشكل 33

صور الساتل لاندسات لكانبيرا، أستراليا قبل وبعد حرائق عام 2002-2003



RS. 1859-33

12 قواعد بيانات جهاز الاستشعار عن بُعد

تتوفر مصادر البيانات التالية لعامة الناس ولكنها لا تستجيب لحوادث معينة. ويرد سرد المنظمات التي تستجيب لطلبات المساعدة في الخلاصة.

نتيجة للدراسات التي جمعت في قطاع تنمية الاتصالات، أُعدت "قاعدة بيانات الاستشعار عن بعد بالكوارث" لتوفر دراسة استقصائية عن مصادر بيانات جهاز الاستشعار، الفاعل والمنفعل المرابط في الأرض وفي الفضاء، لتقديم الدعم أثناء الكوارث. وتتخذ قاعدة البيانات الموجزة هذه شكل جدول بيانات يمكن النفاذ إليه على شبكة الإنترنت عبر الرابط: <https://www.sfcgonline.org/home.aspx>. ولا ضرورة لمستخدم قاعدة البيانات هذه تسجيل الدخول إلى النظام.

وتدعم وكالة ناسا مواقع الإنترنت التي تقدم بيانات الاستشعار عن بُعد في الوقت الفعلي فيما يتعلق بجودة الهواء، وأعمدة الرماد، والقحط، والعواصف الترابية، والحرائق، والفيضانات، والعواصف الشديدة، والشحن (المرتبط في المقام الأول بالجليد القطبي)، وأعمدة الدخان، والغطاء النباتي عبر الرابط:

<https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/hazards-and-disasters>

وتتوفر بيانات إضافية عن إدارة الفيضانات عبر الرابط التالي: <http://floodobservatory.colorado.edu/> وفي النظام العالمي لمراقبة الفيضانات على شبكة الإنترنت (عبر الرابط: <http://flood.umd.edu>).

13 الخلاصة

توضح الأمثلة المذكورة أعلاه بيانات الاستشعار عن بُعد في إدارة آثار الكوارث الطبيعية. وللحصول على أقصى فائدة من بيانات الاستشعار عن بُعد، تدعو الحاجة إلى وكالة محلية لإدارة الطوارئ كي توجه المعلومات المناسبة إلى الأشخاص الذين يحتاجون إليها في الميدان. وبرنامج الأمم المتحدة للمعلومات الفضائية من أجل إدارة الكوارث والاستجابة في حالات الطوارئ (UN-SPIDER) هو منظمة تركز على مساعدة الدول في تطوير القدرات على إدارة الكوارث. وإذ يساعد برنامج UN-SPIDER في تنظيم منظمات الإغاثة وتدريب موظفيها، ينصرف توجه منظمات أخرى بقدر أكبر نحو البيانات. بيد أن الموقع الإلكتروني لبرنامج UN-SPIDER يتضمن قوائم ببرمجيات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) ومصادر بيانات. أما موقع UN-SPIDER على شبكة الإنترنت فهو: <http://www.un-spider.org>.

ولاستعمال البيانات التي تجمعها أنظمة الاستشعار عن بعد وغيرها من المصادر، أنشئت جهة اتصال واحدة لاستدعاء الدعم الدولي أثناء الكوارث باستعمال الموارد الفضائية عقب مؤتمر الأمم المتحدة الثالث المعني باستكشاف الفضاء الخارجي واستخدامه في الأغراض السلمية (UNISPACE III) الذي عقد في فيينا، النمسا في يوليو 1999. فيمكن لمستعمل مخول الآن أن يتصل برقم واحد محدد على مدار الساعة ليلتمس تعبئة الموارد الفضائية والموارد الأرضية المرتبطة بها (سواتل RADARSAT و COSMO-SkyMed و Sentinel و SPOT و IRS و SAC-C و سلسلة NOAA و LANDSAT و ALOS-2 و DMC وغيرها) من الوكالات الأعضاء للحصول على بيانات ومعلومات عن وقوع كارثة. ومن بين الوكالات الأعضاء، وكالات الفضاء الأوروبية، وفرنسا، وكندا، والهند، والأرجنتين، واليابان، والمملكة المتحدة، و DMC International Imaging (الجزائر، ونيجيريا، وتركيا)، والصين، وألمانيا، وكوريا، والبرازيل، وروسيا، وفنزويلا، فضلاً عن الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (الولايات المتحدة الأمريكية) ووكالة المسح الجيولوجي الأمريكية (الولايات المتحدة الأمريكية) و EUMETSAT (أوروبا). ويمكن الاطلاع على أمثلة البيانات المقدمة عبر الرابط: <http://www.disasterscharter.org>. وينبغي إرسال أي أسئلة أو تعليقات موجهة إلى الأعضاء المؤسسين، أو بشأن الموقع الإلكتروني، إلى العنوان الإلكتروني: webmaster@disasterscharter.org.

ويعد معهد التدريب والبحوث التابع للأمم المتحدة (UNOSAT) مصدراً آخر لبيانات الاستشعار عن بعد المحللة. والمعهد هو من برامج الأمم المتحدة التي استحدثت لتحسين نفاذ المجتمع الدولي والدول النامية إلى الصور الساتلية وخدمات أنظمة المعلومات الجغرافية. وتُستعمل هذه الأدوات بصورة رئيسية للإغاثة الإنسانية والوقاية من الكوارث وإعادة الإعمار في مرحلة ما بعد الأزمة. وتشمل الخدمات المقدمة اختيار الصور الفضائية والمساعدة في المشتريات ومعالجة الصور وإنتاج الخرائط والتوجيه المنهجي والمساعدة التقنية والتدريب. وموقع المعهد على الإنترنت هو: <http://www.unitar.org/unosat>.

والمصدر الثالث للاستشعار عن بُعد هو نظام SERVIR، وهو نظام للمعاينة والمراقبة الإقليمية، ويمكن الوصول إليه عبر الرابط: <https://www.servirglobal.net/> (وباللغة الإسبانية عبر الرابط: <http://www.servir.net>).

ونظام SERVIR هو مبادرة تنموية مشتركة بين الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) والوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID). ويعمل نظام SERVIR بالشراكة مع المنظمات الإقليمية الرائدة في جميع أنحاء العالم لمساعدة البلدان النامية على استخدام المعلومات التي تقدمها سواتل رصد الأرض والتكنولوجيات الجغرافية الفضائية لإدارة مخاطر المناخ واستخدام الأراضي. ويقدم نظام SERVIR لصانعي القرار الأدوات والمنتجات والخدمات اللازمة لاتخاذ إجراءات محلياً بشأن القضايا المتحسسة بالمناخ مثل الكوارث والزراعة والمياه والأنظمة البيئية واستخدام الأراضي.

وقد أسس نظام SERVIR مراكز في إفريقيا (نيروبي، كينيا)، وهندو كوش هيمالايا (كاتماندو، نيبال)، ونهر ميكونغ (بانكوك، تايلاند)، وأمريكا الوسطى (بنما سيتي، بنما) لإدارة التحديات في مجالات الأمن الغذائي وموارد المياه وتغيير استخدام الأراضي والكوارث الطبيعية.

الملاحظة 1 - يستحسن للأطراف، التي يحتمل، أو يرجح، أن تحتاج طلب المساعدة من أي من أو من جميع الوكالات أعلاه، أن تتصل بما قبل وقوع أية كارثة لإرساء الإجراءات (مثل تعيين موظفي اتصال مع الأسماء، وعناوين البريد الإلكتروني وأرقام الهاتف، وما إلى ذلك) للحصول على مساعدة في حال وقوع كارثة. فيمن شأن مثل هذا التخطيط المسبق أن يختصر الوقت اللازم للحصول على المساعدة عند الحاجة إليها.

الملحق 2

حالة الرصدات المفيدة عند وقوع كارثة طبيعية وطوارئ أخرى

تلخص الجداول التالية حالة الرصدات الفضائية المفيدة في إدارة آثار الكوارث الطبيعية والطوارئ الأخرى. ويوضح الجدول 1-A2-1 التباينات بين أنواع الكوارث والتكنولوجيا المستخدمة، والتي يرد تفصيلها في الجدول 2-A2-2. ويسرد الجدول 2-A2-2 حالة التكنولوجيا المستخدمة والرصدات والمهمات المتاحة لتقديم تلك الرصدات قرابة عام 2015 (عند كتابة هذا الملحق) وكذلك في المستقبل.

الجدول 1-A2

التكنولوجيات المساعدة في إدارة الكوارث الطبيعية

الهدف	صور SAR	صور InSAR	صور MW النشطة	مقياس الارتفاعات الراداري	مقياس الانتشار الراداري	رادار الهطولات	لتحديد المواقع العالمي (GPS)	الخصوف الرادوي للنظام العالمي	صور MW المنفصلة	مسبار MW المنفعل	الرصد، المستقر بالنسبة إلى الأرض، المرئي والأشعة تحت الحمراء	الصور البصرية	الصور البصرية متعددة الأطياف	الصور بالأشعة تحت الحمراء
المخاطر الساحلية	X											X		
القيحط	X		X	X	X				X		X	X	X	
الزلازل	X	X					X					X		
الطقس الجامح					X	X	X	X	X	X	X	X		
الفيضانات	X		X		X	X	X	X	X	X		X		
الانزلاقات الأرضية	X	X										X	X	
تلوث المحيطات	X											X		
التلوث												X	X	
جليد البحار والبحيرات	X								X			X		
البراكين	X	X							X			X	X	X
حرائق هوجاء									X			X	X	X

الجدول 2-A2

حالة الدعم أثناء الكوارث

التكنولوجيا	نوع (أنواع) الكارثة	القياس	الحالة (قراءة عام 2018)	لاحقاً (2018-2025)
صور SAR	المخاطر الساحلية، الفيضانات، الانزلاقات الأرضية، البراكين	نماذج الارتفاع الرقمية (DEMs)	رادارات SAR على سواتل RADARSAT (1995, +)، TDX، TSX (2007) COSMO-، (2010) SkyMeds (2007, +) HJ-1C؛ Sentinel-1 (2014)؛ وCOSI على الساتل (2012)؛ KOMPSAT-5 (2013) وPALSAR-2 على (2014) ALOS-2؛ وRISAT-SAR على (2012) RISAT-1؛ وX-SAR؛ على (2009) RISAT-2؛ وS-M OBRC على (2014) METEOR-M2؛ وSAR-10 على (2013) X-SAR؛ وTECSAR (2008)	METEOR- على BRLK MP (2021)؛ CSG-SAR على CSG PAZ-SAR؛ (2019) على PAZ (2018)؛ على RISAT-SAR؛ RISAT-1A (2019)؛ SAR على كوكبة سواتل (2018) RADARSAT على S-SAR (+)؛ NovaSAR-S (2018)؛ SAR على TSX-NG؛ SAR-L (2018)؛ SAOCOM-1,2 (2018)؛ SAR-P على BIOMASS (2020)؛ SAR-X على SAR؛ METEOR-MP على HJ-C
	المخاطر الساحلية، الزلازل، الفيضانات، الانزلاقات الأرضية، التلوث، الجليد، البراكين	المناطق المتضررة		
	تلوث المحيطات	كشف التسربات النفطية		
	مخاطر جليد البحار والبحيرات	مدى امتداد جليد البحار والبحيرات	رادارات SAR على سواتل RADARSAT (1995, +)، TDX (2010)، TSX (2007)، COSMO-SkyMeds (2007، +)؛ Sentinel-1a (2014)؛ SIRAL على CRYOSAT-2 (2010)	SAR على كوكبة سواتل RADARSAT InSAR؛ (2018. +)؛ NISAR (2021) على
	الفيضانات، القحط	عمق الثلج		SAR-X/Ku على SCLP (2030)
صور InSAR	الزلازل، البراكين، الانزلاقات الأرضية	حركة الأرض	سواتل RADARSAT (1995, +)، TSX (2007)، COSMO-، TDX (2010)؛ SkyMeds (2007, +)؛ Sentinel-1a (2014)	InSAR على NISAR (2021) وفوق إرسالات SAR
مقياس الارتفاعات الراداري	مواسم القحط	علو المحيط	SSALT على سلسلة JASON (2001, +)؛ Altika-AMU على (2013) SARAL؛ RA على (2011) HY-2A؛ SRAL؛ Sentinel-3 (2016) على	KaRIN على SWOT JASON-3؛ (2020)؛ SRAL على (2015)؛ JASON-CS/SENTINEL-6 SHIOSAI؛ (2020, +)؛ COMPIRA على (2019)

الجدول 2-A2 (تابع)

لاحقاً (2025-2018)	الحالة (قراءة عام 2018)	القياس	نوع (أنواع) الكارثة	التكنولوجيا
	GPM على (2014) DPR	الأمطار	الطقس الجامح، الفيضانات	رادار المطولات
OSCAT on OceanSat-3 (2018); SCA on MetOp-SG-B (2022); SCAT on CFOSAT (2018); SCAT on METEOR- MP (2021); SWIM on CFOSAT (2018); WindRAD on FY-3 (2018)	MetOps على ASCAT على SCAT (2006, +) OSCAT ؛HY-2A (2011) على OceanSat-2 (2009) ؛SAC-D على ALScat على CYGNSS على DDMI على OSCAT (2017) ScatSAT-1 (2015)	متجه الرياح على سطح البحر، حالة البحر	مواسم القحط، الطقس الجامح	مقياس الانتثار الراداري
على ASCAT METOP-SG-B (2022)		خصائص الثلج (التغطية، المكافئ المائي)	مواسم القحط، الفيضانات	
		رطوبة التربة البرية	مواسم القحط، الفيضانات، الانزلاقات الأرضية	
		مدى امتداد جليد البحار والبحيرات	مخاطر جليد البحار والبحيرات	
	MetOps على ASCAT (2006, +)	صحة الغطاء النباتي (مؤشر المساحة المورقة)	مواسم القحط، (التعافي من) البراكين، (التعافي من) الحرائق الهوجاء	
COSMIC-2/FORMOSAT-7 (2018); FY-3D-3F(2016-2020); JASON-CS/SENTINEL-6 (2020+); GRACE-FO (2018); METEOR-M-N3, METEOR-MP-N1,-N3 (2018); METOP-SG-A,-B (2022)	COSMIC/FORMOSAT-2; DDMI on CYGNSS (2017); (2006); KOMPSAT-5 (2013); FY-3-C (2013); MetOp (2006, 2012); TDX (2010); TSX (2007); Megha-Tropiques (2011); OceanSat-2 (2009)	البيانات الوصفية لحرارة الغلاف الجوي البيانات الوصفية لرطوبة الغلاف الجوي	الطقس الجامح، الفيضانات	الخشوف الراديوي للنظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)

الجدول 2-A2 (تابع)

لاحقاً (2025-2018)	الحالة (قراءة عام 2018)	القياس	نوع (أنواع) الكارثة	التكنولوجيا
SSM/IS on DMSP (2020); MWI on METOP-SG-A (2022) MWI on MetOp-SG-A (2022)	MIRAS on SMOS (2009); Radiometer on SMAP (2015); SSM/I on DMSP series (1987, +), SSMIS on DMSP series (2003, +); MWRI on FY-3 series (2008, +); VIIRS on SNPP (2011)	رطوبة التربة	مواسم القحط، الفيضانات	صور منفصلة بالموجات الصغرية
	GMI on GPM (2014); SSM/I on DMSP series (1987, +), SSMIS on DMSP series (2003, +); MADRAS on Megha-Tropiques (2011); MWRI on FY-3 series (2008, +)	معدل الأمطار ومساحتها	الطقس الجامح، الفيضانات	
	SSM/I on DMSP series (1987, +), SSMIS on DMSP series (2003, +); AMSR-2 on GCOM-W1 (2012);	مدى امتداد جليد البحار والبحيرات	مخاطر جليد البحار والبحيرات	
	AMSU on AQUA (2002), MetOp series (2006+), NOAA series (1998, +); ATMS on SNPP (2011) and NOAA-20 (2018); SSM/T on DMSP series (1999, +)	حرارة الأرض	البراكين، الحرائق الهوجاء	
	SSM/I on DMSP (1995, +); AMSR-2 on GCOM-W1 (2012)	المكافئ المائي للثلج	الفيضانات، القحط	
	SSM/I on DMSP series (1987, +), SSMIS on DMSP series (2003, +); Windsat on Coriolus (2003), AMSR-2 on GCOM-W1 (2012); MTVZA-GY on Meteor-M series (2009, +) MWR on SAC-D (2011); MWRI on HY-2A (2011)	رياح المحيطات	مواسم القحط، الطقس الجامح	

الجدول 2-A2 (تابع)

لاحقاً (2025-2018)	الحالة (قراءة عام 2018)	القياس	نوع (أنواع) الكارثة	التكنولوجيا
	AMSR-2 on GCOM-W1 (2012); MWRI on HY-2A (2011); MIRAS on SMOS (2009); WindSat on Coriolus (2003); CrIS, ATMS on SNPP(2011) and NOAA-20 (2017)	حرارة المحيطات	مواسم القحط	
MWS and MWI on MetOp-SGs (2018, +); MTVZA-GY-MP on METEOR-MP (2021);	MSU since 1979 currently on NOAA series (2002, +); SSM/I on DMSP (1995, +); AMSU on Aqua (2002), MetOp (2006, +); DFMRM on FAST-T; MTVZA-GY on Meteor-M Series (2009, +); MWTS on FY-3 series (2003, +) CrIS, ATMS on SNPP (2011) and NOAA-20(2018);	البيانات الوصفية لحرارة الغلاف الجوي		مسابير منفصلة بالموجات الصغيرة
AMR on SWOT (2020); AMR-C on JASON-CS/SENTINEL-6 (2020); MTVZA-GP-MP on METEOR-MP (2021); MWI and MWS on METOP-SG-A (2022)	AMSU on AQUA (2002) & POES's (1998, +); ATMS on SNPP (2011) and NOAA-20(2018) ; MHS on POES's (1998, +) & MetOps (2006, +); SSM/T on DMSP series (1999, +); MTVZA-GY on Meteor-M series (2009, +); MWHS on FY-3 series (2003, +); SAPHIR on Megha-Tropiques (2011); AMR-2 on JASON-3 (2016); MWR on Sentinel-3 (2016)	البيانات الوصفية لرطوبة الغلاف الجوي والمحتوى الكلي للعمود المائي	الطقس الجامح، الفيضانات	
GOES series (2016, +), METEOSAT series (2018)	GOES-series since 1975, METEOSAT series since 1977	حركة الغيوم	الطقس الجامح	الرصدات، المستقرة بالنسبة إلى الأرض، المرئية وبالأشعة تحت الحمراء

الجدول 2-A2 (تتممة)

لاحقاً (2025-2018)	الحالة (قراءة عام 2018)	القياس	نوع (أنواع) الكارثة	التكنولوجيا
	ASTER on TERRA (1999)	نماذج الارتفاع الرقمية (DEMs)	المخاطر الساحلية، الفيضانات، الانزلاقات الأرضية، البراكين	الصور البصرية
MSI on Sentinel-2 (2015); PRISM-2 on ALOS-3 (2019); SGLI on GCOM-C1 (2018); NOAA-20	Moderate Resolution: AVHRR since 1981, on NOAA series (2002, +); AwiFS on Resourcesats (2011); Landsat since 1973, -7, -8 (1999, 2013); SPOT series (1994, +); MODIS on TERRA (1999), AQUA (2002); AVHRR on Metops (2006, +); Cameras and IRMSS on HJ-1 (2008); MSI on Sentinel-2 (2015); OLCI on Sentinel-3 (2015); VIIRS on SNPP (2011) and NOAA-20 (2018)	المساحات المتضررة	المخاطر الساحلية، القحط، الزلازل، الطقس الجامح، الفيضانات، الانزلاقات الأرضية، التلوث، الجليد، البراكين، الحرائق	
	High Resolution: (commercial) IKONOS-2 (1999); QuickBird (2001); WorldView-1 (2007), WV-2 (2009), WV-3 (2014); GeoEye-1 (2008)			
	AVHRR since 1981, on NOAA series (2002, +); MODIS on Terra (2000), Aqua (2002); MISR on Terra (2000); Landsat since 1973, -7, -8 (1999, 2013); SPOT series (1994, +); SeaWiFS on SeaStar (1997); VIIRS on SNPP (2011) and NOAA-20 (2018)	صحة الغطاء النباتي (مؤشر المساحة المورقة) الغطاء البري/استخدام البر تلوث المحيطات الطبيعي (المد الأحمر)	مواسم القحط، (التعافي من) البراكين، (التعافي من) الحرائق الهوجاء الانزلاقات الأرضية، (التعافي من) البراكين تلوث المحيطات	الصور البصرية متعددة الأطياف
	Landsat since 1973, -7, -8 (1999, 2013); SPOT series (1994, +); MODIS on TERRA (1999), AQUA (2002)	حرارة الأرض	البراكين، الحرائق الهوجاء	الصور بالأشعة تحت الحمراء