الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R M.1874-1

(2013/02)

الخصائص التقنية والتشغيلية للرادارات الأوقيانوغرافية العاملة في النطاقات الفرعية في مدى التردد 3-50 MHz

السلسلة M

الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيـــد

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 لمدى 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 الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات 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)

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2014

© ITU 2014
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).

التوصيـــة ITU-R M.1874-1

الخصائص التقنية والتشغيلية للرادارات الأوقيانوغرافية العاملة في النطاقات الفرعية في مدى التردد 3-50 MHz

(المسألة ITU-R 240/5)

(2013-2010-2009)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية للرادارات الأوقيانوغرافية لاستخدامها في دراسات التقاسم والتوافق وتخطيط الطيف وأنظمة النشر داخل النطاق 3 إلى 50 MHz. وهي تقدم الخصائص ذات الصلة لأنظمة قياس المدى القصير، والمدى المعياري، والمدى الطويل، والمدى الطويل جداً وأنظمة القياس الأوقيانوغرافية عالية الاستبانة.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن ثمة حاجة لتشغيل أنظمة الرادارات الأوقيانوغرافية في خدمة الاستدلال الراديوي[1]، باستعمال طيف ترددي في المدى 3 إلى 50 MHz؛

ب) أن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012 وزع عدداً من نطاقات التردد بين 3 و50 MHz لتشغيل هذه الترددات؛

ج) أن ثمة اهتماماً عالمياً بنشر أنظمة التشغيل في جميع أنحاء العالم؛

د) أن متطلبات الأداء والوظائف والبيانات هي التي تحدد عادة المدى الطيفي الذي يمكن استخدامه في أنظمة رادارات رصد المحيطات،

وإذ تقر

بأن الخصائص التقنية والتشغيلية التمثيلية لأنظمة الرادارات الأوقيانوغرافية مطلوبة لإدارة الطيف وتخطيط النشر،

توصي

1 بمراعاة الجوانب التقنية والتشغيلية التمثيلية لأنظمة الرادارات الأوقيانوغرافية الواردة في الملحق، ينبغي مراعاتها عند إجراء دراسات التقاسم والتوافق مع الأنظمة العاملة في الخدمات الأخرى؛

2 بمراعاة الجوانب التقنية والتشغيلية للرادارات الأوقيانوغرافية الواردة في الملحق لأغراض التخطيط.

[1] يمثل كل من التحديد الراديوي للموقع والملاحة الراديوية خدمتين فرعيتين لخدمة الاستدلال الراديوي.

الملحق

الخصائص التقنية والتشغيلية للرادارات الأوقيانوغرافية العاملة في النطاقات الفرعية في مدى التردد 3-50 MHz

1 مقدمة

تعيش نسبة كبيرة من سكان العالم في شريط ساحلي بطول 50 ميلاً، الأمر الذي يشدد من ضرورة وضع قياسات صحيحة وموثوقة وتفصيلية عن المتغيرات البيئية الساحلية.

فكما توفر الرياح في الغلاف الجوي معلومات عن مكان وزمان حدوث أنظمة الطقس، تحدد تيارات المحيطات حركة الظواهر المحيطية. ويستخدم كل من هذه التدفقات الدينامية في تحديد الأماكن التي تنتقل إليها الملوثات، طبيعية كانت أم من صنع الإنسان. غير أن قياسات تيارات المحيطات، في الوقت الحالي، ليست متوافرة وجاهزة كما هو الحال مع قياسات الرياح.

ونتيجة ذلك، يتزايد الاهتمام بإمكانية قياس التيارات والأمواج قياساً صحيحاً في المياه الساحلية. إذ تتمتع أنظمة الرادار العاملة بترددات أعلى من 50 MHz بقدرة محدودة على توفير بيانات تلبي المتطلبات المتعلقة بمدى التيار والدقة والاستبانة. وتعمل المجموعة العالمية لدراسة المحيطات على وضع خطة لتنفيذ شبكة رادارات لرصد سطح البحر في المناطق الساحلية. وتشمل الفوائد التي تعود على المجتمع من تحسين قياس التيارات الساحلية وحالة البحر تحسن فهم قضايا من قبيل التلوث الساحلي وإدارة مصائد الأسماك والبحث والإنقاذ وتحات الشواطئ والملاحة البحرية وانتقال الرواسب والتسونامي والانعكاس الرنيني للموجات السطحية المرتبط بذلك (انظر التذييل). وتوفر قياسات الرادار الساحلية لسطح البحر الدعم لعمليات الأرصاد الجوية من خلال جمع بيانات عن حالة البحر وأمواج المحيطات السائدة. ولتكنولوجيا الرادارات الأوقيانوغرافية، فضلاً عن ذلك، تطبيقات في نظام الوعي بالمجال البحري العالمي وذلك عن طريق إتاحة الاستشعار طويل المدى لسفن السطح، وهو ما من شأنه أن يعود بالنفع على السلامة والأمن العالميين للنقل البحري والموانئ[2].

وقد نُظر في الاستخدام التشغيلي لشبكات الرادارات الأوقيانوغرافية على نطاق عالمي نظراً للحاجة إلى إتاحة المزيد من المعلومات لتخفيف آثار الكوارث، بما في ذلك أمواج تسونامي، وفهم تغير المناخ، وضمان السلامة في السفر البحري.

ويبين الشكلان 1 و2 تنفيذ هذه الأنظمة في اليابان.

[2] استخدام تكنولوجيا الرادار للتطبيقات الخاصة بدينامية المحيطات الساحلية (CODAR) في تخطيط عمليات البحث والإنقاذ لحرس سواحل الولايات المتحدة الأمريكية، ديفيد أولمان؛ جيمس أودونيل؛ كريستوفر إدواردز؛ تود فيك؛ ديفيد مورشاوزر؛ مركز بحوث وتطوير حرس السواحل بغروتون، ولاية كونيتيكت.

الشـــكل 1

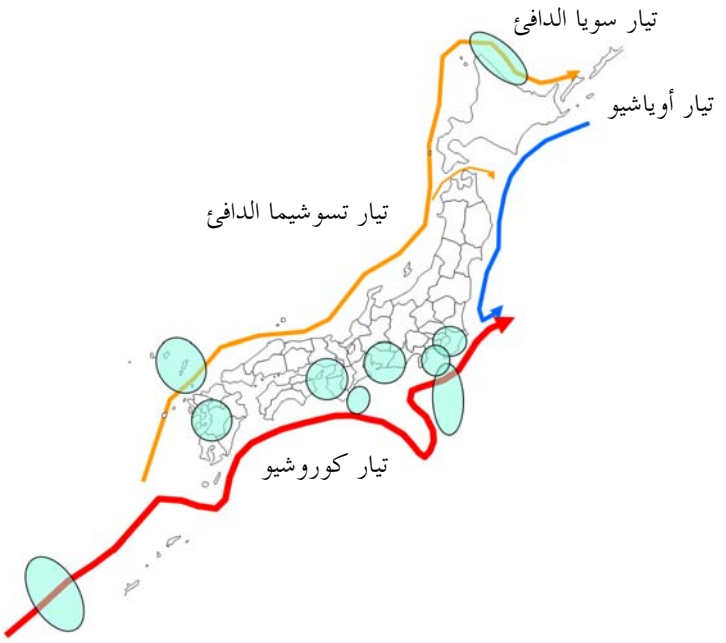
مثال على رصد تيار سطحي باستخدام رادارات أوقيانوغرافية في نظام مراقبة خليج طوكيو الذي تديره وزارة الأراضي والبنية التحتية والنقل والسياحة في اليابان

M.1874-01

الشـــكل 2

الرادارات الأوقيانوغرافية في اليابان

(تبين مناطق الرصد بالنسبة لكل موقع رادار ثابت)

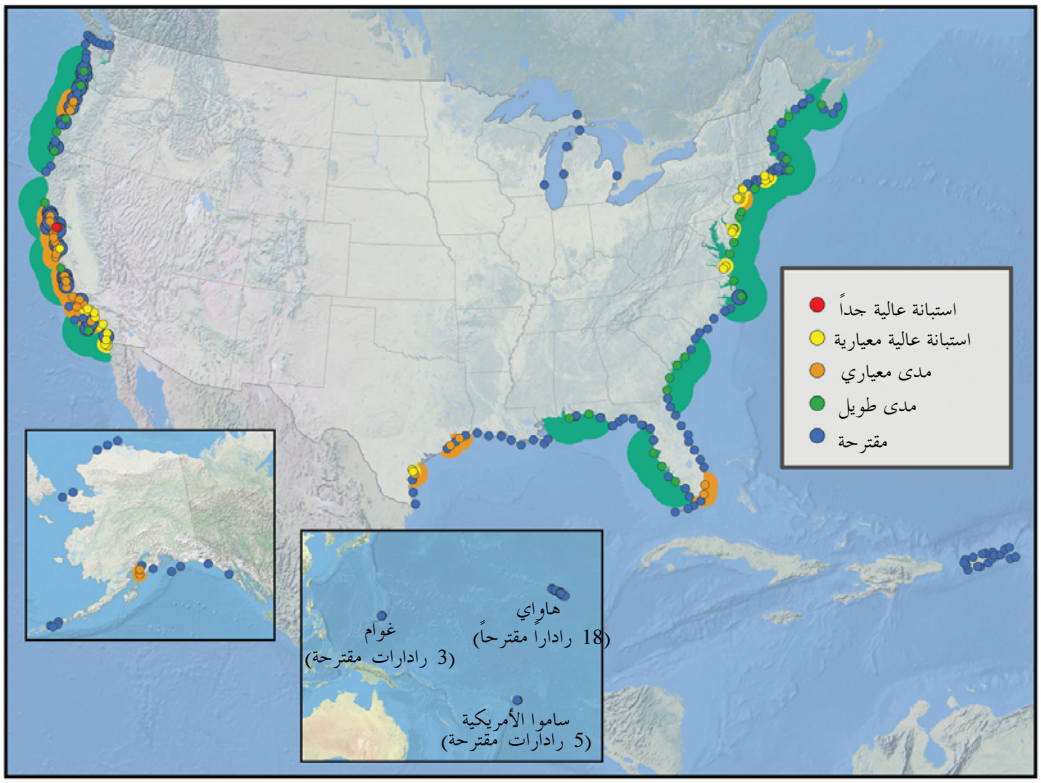


M.1874-02

واعتباراً من 2009، تم نشر 143 راداراً أوقيانوغرافياً على نحو غير متساوٍ في كل أنحاء المناطق الساحلية في الولايات المتحدة الأمريكية (ويشمل هذا الإجمالي الرادارات التي لا تعمل حالياً بصورة منتظمة). وتملك أقسام البحوث في الجامعات في الولايات المتحدة الأمريكية وتشغل جميع أنظمة الرادارات الأوقيانوغرافية تقريباً. ويبين الشكل 3 مواقع الرادارات الأوقيانوغرافية الحالية والمقترحة في الولايات المتحدة الأمريكية ومنطقتي جزر المحيط الهادئ والبحر الكاريبي.

الشـــكل 3

مواقع الرادارات الأوقيانوغرافية الحالية والمقترحة في الولايات المتحدة الأمريكية ومنطقتي جزر المحيط الهادئ والبحر الكاريبي



M.1874-03

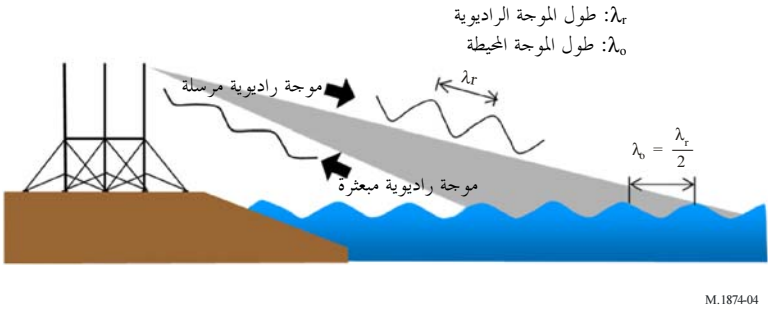
وتشمل خطة تطوير النظام المتكامل لرصد المحيطات (IOOS) إنشاء شبكة لمواقع رصد الرادارات الأوقيانوغرافية وهي جزء من النظام العالمي لرصد المحيطات (GOOS) الذي يمثل، بدوره، مكوناً جوهرياً في المنظومة العالمية لنظم رصد الأرض (GEOSS).

2 مبدأ التشغيل

في الرادارات الأوقيانوغرافية التي تستعمل تبعثر براغ (Bragg Scattering)[3]، يكون للمدى الترددي من 3 إلى 50 MHz (طول الموجة من 100 إلى 6 أمتار) فائدة كبيرة في قياس الموجات المحيطية التي تحركها الرياح (انظر الشكل 4). وتكون الاستبانة المكانية للرادار محدودة بعرض نطاق الإشارة، على سبيل المثال، يوفر عرض النطاق من 100 إلى 300 kHz استبانة تصل إلى 1,5 km و500 m على التوالي[4].

الشـــكل 4

صورة تخطيطية لانتشار الموجات الراديوية وتبعثر براغ



وتتمثل أهداف هذه الأنظمة في الحصول على معلومات مستمرة وآنية عن التشغيل البيئي (مثلاً، منع ومكافحة التلوث) وتقديم خدمات التخفيف من آثار الكوارث (مثلاً، الكشف عن أمواج تسونامي) وتقديم خدمات السلامة البحرية (مثلاً، رصد التيارات المحيطية ومراقبة حالة البحر) عن طريق الرادارات الأوقيانوغرافية.

وتعمل المعلمات الفيزيائية التي تقيسها الرادارات الأوقيانوغرافية وما يتصل بها من متطلبات أداء على تحديد المدى الترددي الذي يدعم جمع البيانات. وتستخدم الرادارات الأوقيانوغرافية المستعملة في رصد المحيطات السطح الخشن للمحيط لقياس تيارات المحيطات وحالة البحار. فعندما يساوي التباعد بين الموجات على سطح المحيط نصف طول موجة التردد المستعمل في الرادارات الأوقيانوغرافية، تنعكس إشارة قوية مرتدة في اتجاه الرادار. وتُعرف هذه الظاهرة بتبعثر براغ. ويمثل المدى الترددي 3 إلى 50 MHz أهمية كبيرة بالنسبة لعمليات رادارات الرصد الأوقيانوغرافية إذ توجد الموجات المحيطية دوماً حيثما كان التباعد بين الموجات متناسباً مع التردد التشغيلي للرادار. فتستخدم الاستبانة الزمنية العالية لأغراض التخفيف من آثار الكوارث في حين تستخدم الاستبانة المكانية العالية لأغراض التشغيل البيئي. وفضلاً عن ذلك، يسمح قياس الإزاحة الدوبلرية لارتداد الإشارات للمشغلين بقياس الخصائص الأخرى لحالة البحار وتياراتها.

وتمثل تقنية نبضات الموجة المستمرة وتقنية زقزقات الموجات المستمرة بتشكيل التردد الخطية تقنيتي الإرسال المستخدمتين في الرادارات الأوقيانوغرافية. ويرد في الجدول 1 قائمة بالمعلمات الخاصة برادار أوقيانوغرافي نمطي.

[3] عندما يساوي طول الموجة السطحية المرسلة نصف طول الموجة السطحية في المحيط، ترتد إشارة منعكسة قوية في اتجاه الرادار.

[4] الاستبانة L، وسرعة الضوء c (=300 000 km/s) وعرض النطاق fc لهم العلاقة $L = c/2fc$.

الجـــدول 1

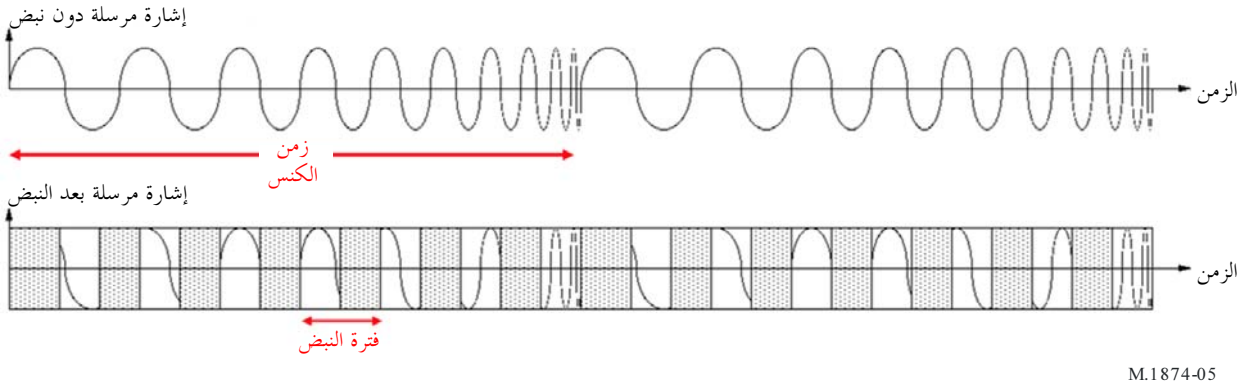
قائمة بمعلمات أشكال الموجات لرادار أوقيانوغرافي نمطي

التردد المركزي (MHz)	عرض نطاق الكنس (kHz)	زمن الكنس (Tsweep) (s)	فترة النبض (Tpulse Period) (µs)	دورة العمل (%)
4,53	25,6	1	1 946	50
13,46	49,4	0,5	669	50
24,65	101	0,5	486	50

ويوضح الشكل 5 هيكل أشكال الموجات للرادارات الأوقيانوغرافية النمطية. ويمثل شكل الموجة الموضح في أعلى الصورة إشارة موجة مستمرة بتشكيل التردد (FMCW). ويمثل شكل الموجة الموضح في أدنى الصورة إشارة مدخلة.

الشـــكل 5

هياكل نمطية لأشكال الموجات الأوقيانوغرافية

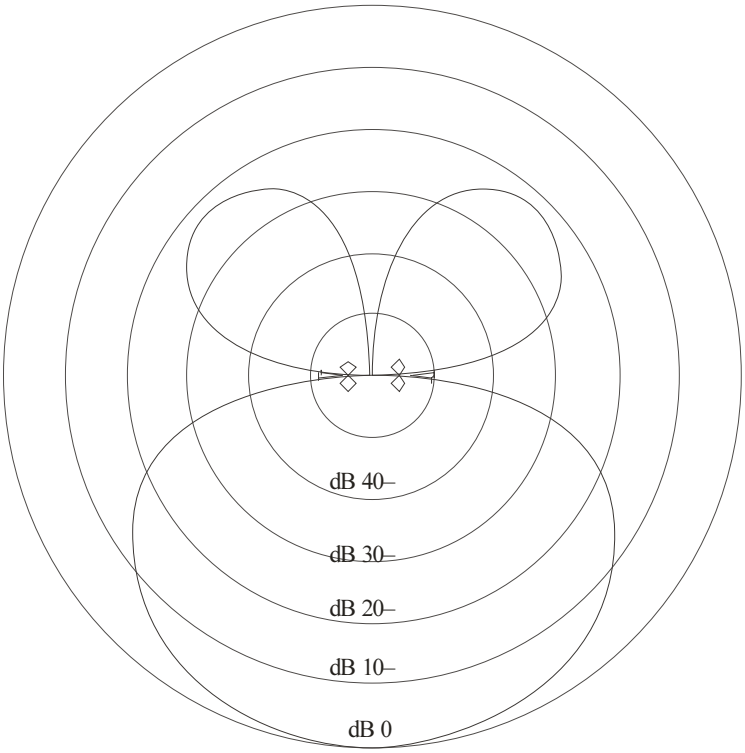


3 هوائيات الرادارات الأوقيانوغرافية

تُستخدم حالياً مجموعة متنوعة من الهوائيات في أنظمة الرادارات الأوقيانوغرافية لرصد المحيطات. فتستخدم بعض الأنظمة إما هوائي ياغي ثلاثي العناصر أو نظام صفيف مطاور من أجل الكنس في اتجاه زاوية السمت باستخدام مجموعات متعددة من هوائيات ياغي للإرسال، مما يضع حدوداً للمنطقة الجغرافية التي تنتشر عليها إشارة الرادار الأوقيانوغرافي. وتبين الأشكال 6 و7 و8 بعض الأنماط المعتادة لهوائيات الرادارات الأوقيانوغرافية.

الشـــكل 6

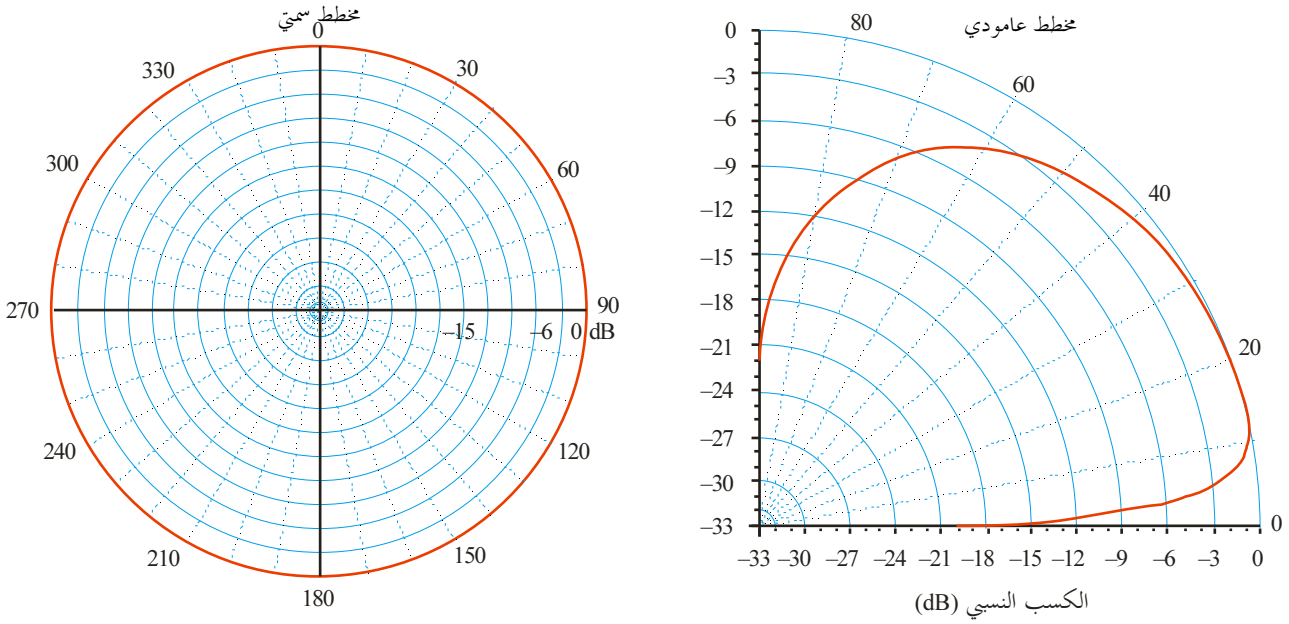
مخططات نمطية لهوائيات الرادارات الأوقيانوغرافية
(صفيف رأسي من 4 وحدات أحادية القطب)



M.1874-06

الشـــكل 7

مخططات نمطية لهوائيات الرادارات الأوقيانوغرافية
(أحادية الاتجاه؛ على اليسار: اتجاه زاوية السمت، على اليمين: عمودي)

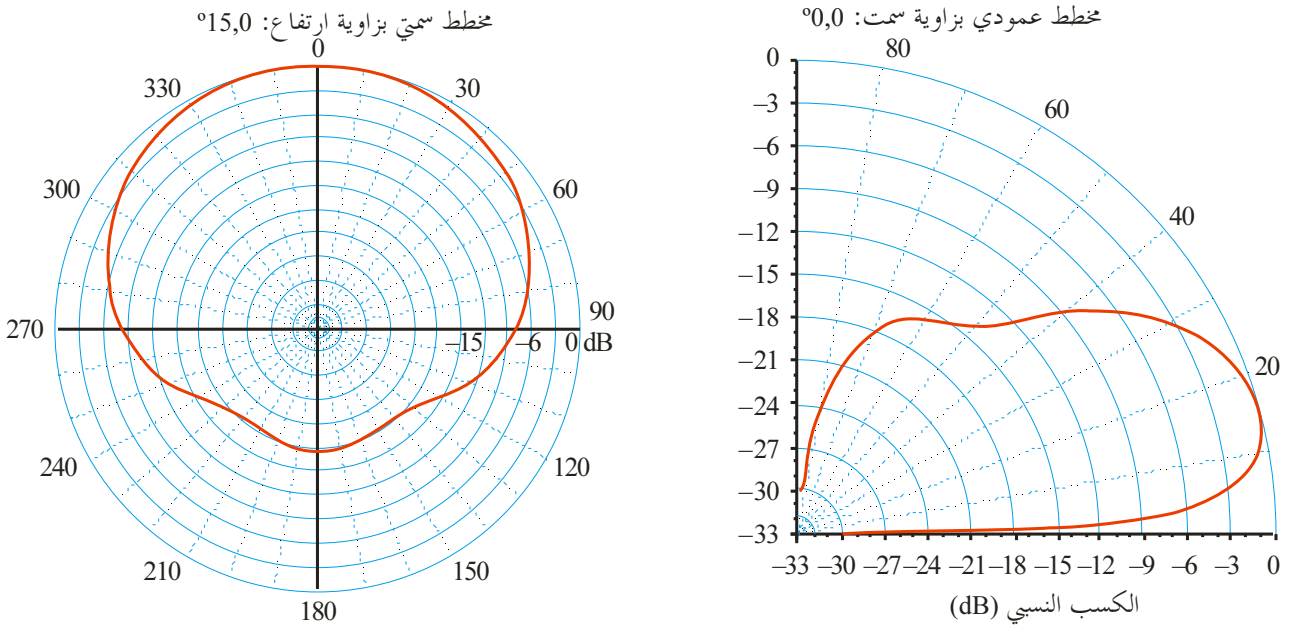


M.1874-07

الشـــكل 8

مخططات نمطية لهوائيات الرادارات الأوقيانوغرافية

(أحادية الاتجاه، ياغي ثلاثي العناصر؛ على اليسار: باتجاه زاوية السمت، على اليمين: عمودي)



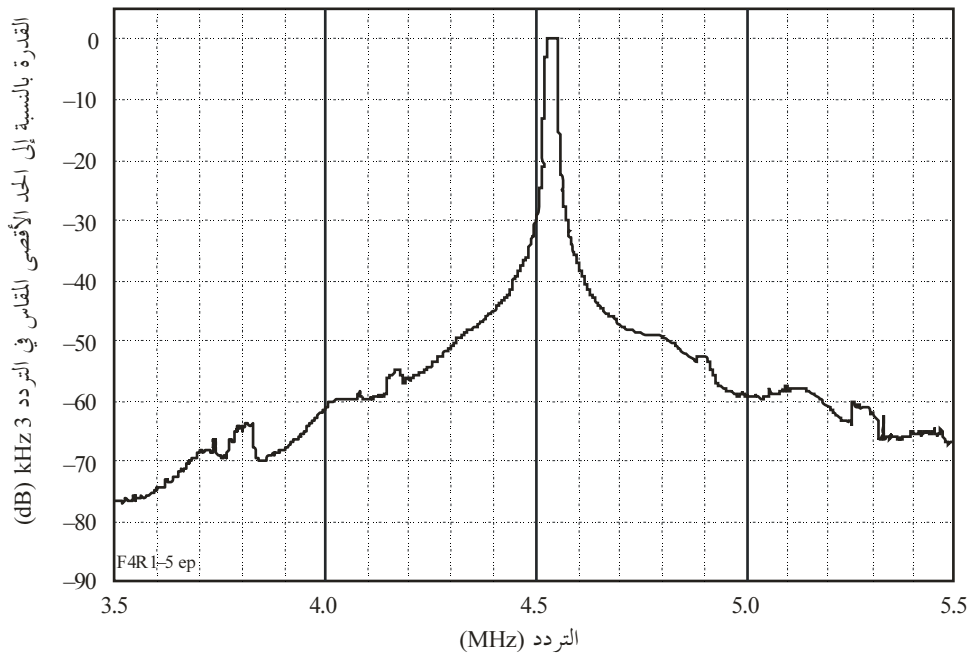
M.1874-08

4 بث المرسل

يبين الشكلان 9 و10 البث النمطي للرادارات الأوقيانوغرافية في الترددين 4,5 MHz و24 MHz.

الشـــكل 9

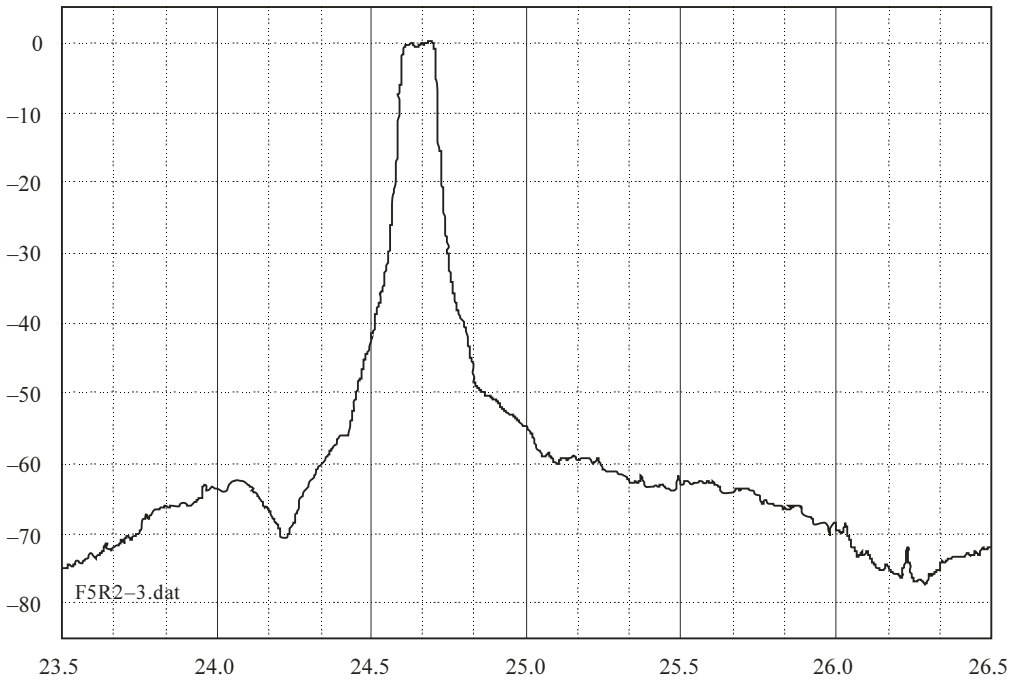
بث لرادار أوقيانوغرافي في التردد 4,5 MHz



M.1874-09

الشـــكل 10

بث لرادار أوقيانوغرافي في التردد 24 MHz



M.1874-10

5 خصائص النظام

تحتوي الجداول من 2 إلى 4 على ملخص لخصائص الترددات الراديوية لأنظمة الرادار الأوقيانوغرافي النمطية المستخدمة لرصد المحيطات في مدى تردد ما بين 3 إلى 50 MHz.

الجـــدول 2

خصائص الرادارات الأوقيانوغرافية العامة لرصد المحيطات باستخدام الموجة المستمرة المقطوعة بتشكيل التردد (FMICW)

الخصائص	الوحدات	النظام 1 MHz 5	النظام 2 MHz 13	النظام 3 MHz 25	النظام 4 MHz 42
الوظيفة		قياسات أوقيانوغرافية طويلة المدى	قياسات أوقيانوغرافية معيارية	قياسات أوقيانوغرافية عالية الاستبانة	
أقصى مدى (قياسات) تشغيلي[1]	km	200-170 (المتوسط خلال فترة النهار)[2]	90-60 (المتوسط خلال فترة النهار)[2]	50-30 (المتوسط خلال فترة النهار)[2]	25-15 (المتوسط خلال فترة النهار)[2]
مدى استبانة المدى الذي يمكن للمستعمل اختياره	km	[3]12-3	[3]3-2	[3]2-0,3	[3]1-0,3
عرض النطاق النمطي للكنس	kHz	[3]25	[3]50	[3]100	[3]125
مدى التردد[4]	MHz	[4]6-4	[4]14-12	[4]27-24	[4]44-40
قدرة الذروة النمطية المستعملة أقصى قدرات للنظام – قدرة الذروة في الهوائي	W	50 80			50 (100)80
عرض النبضة	µs	2 000-1 000	600-300		100-30
أقصى دورة عمل	%	50			
زمن ارتفاع/انخفاض النبضة (µs)	µs	32/16	16		16/8
أسلوب توليف المرسل		رقمي			
أسلوب توليف المستقبل		رقمي			
جهاز الخرج		Gated FET (تشغيل الفئة AB)			
استقرار المرسل	ppm	0,001			
استقرار المستقبل	ppm	0,001			
نمط مخطط هوائي المرسل		أحادي الاتجاه (في المستوى الأفقي)			
نمط هوائي المرسل		أحادي الاتجاه بربع موجة ذو مستوى أرضي			

الجـــدول 2 (*تتمة*)

الخصائص	الوحدات	النظام 1 MHz 5	النظام 2 MHz 13	النظام 3 MHz 25	النظام 4 MHz 42
استقطاب الهوائي		عمودي			
كسب الهوائي في الحزمة الرئيسية	dBi	8			
عرض حزمة ارتفاع هوائي المرسل	درجة	35			
عرض نطاق حزمة زاوية السمت لهوائي المرسل		أحادية الاتجاه			
معدل الكنس الأفقي لهوائي المرسل		هوائي ثابت			
ارتفاع هوائي المرسل	m	10	4	2	1,2
نمط مخطط هوائي المستقبل		ذو قطبين كهربي ومغنطيسي			
نمط هوائي المستقبل		عروتان متقاطعتان وقطب أحادي في شكل وحدة واحدة			
استقطاب هوائي المستقبل		عمودي			
كسب الهوائي في الحزمة الرئيسية للمستقبل	dBi	5			
عرض حزمة ارتفاع هوائي المستقبل	درجة	45			
عرض حزمة زاوية السمت لهوائي المستقبل	درجة	360-90			
معدل الكنس الأفقي لهوائي الاستقبال		هوائي ثابت			
ارتفاع هوائي الاستقبال	m	4			
عرض النطاق 3 dB متوسط التردد للمستقبل	Hz	500			
رقم ضوضاء المستقبل	dB	12 بنبض			
أدنى إشارة يمكن تمييزها	dBm	–147 (RBW Hz 500)[5] (المستوى المحدد لضوضاء النظام)			

الجـــدول 2 (*تتمة*)

الخصائص	الوحدات	النظام 1 MHz 5	النظام 2 MHz 13	النظام 3 MHz 25	النظام 4 MHz 42
فاصل الكنس	ثانية (s)	0,5 إلى 1,0			
عرض نطاق بث المرسل dB 3 dB 20	kHz	26 58	54 70	105 150	128 170
إلغاء التوافق		نعم			

(1) يعتمد المدى على عدد العوامل البيئية: الضوضاء البيئية والارتفاع الكبير في الأمواج، وسرعة التيار وموقع الرادار (مثل قربه من المياه ووجود موانع قريبة) والتردد التشغيلي.

(2) ينخفض المدى انخفاضاً كبيراً أثناء فترة الليل.

(3) في حين يمكن ضبط عرض نطاق الكنس (عرض النطاق الأعلى يفرز بيانات ذات درجة استبانة أعلى)، فإن الأنظمة تعمل عادةً عند المستوى النمطي لعرض نطاق الكنس المحدد نظراً لمحدودية عرض النطاق المتاح وضرورة التعايش مع الأنظمة الراديوية الأخرى.

(4) تحدد مدى التردد اللازم لتحقيق الأداء الأمثل من منظور علمي. وليس هناك حاجة إلى كامل مدى التردد لأغراض العمليات.

(5) RBW اختصار لمصطلح عرض نطاق الاستبانة.

الجـــدول 3

خصائص الرادارات الأوقيانوغرافية العامة للموجة المستمرة بتشكيل التردد (FMCW)

الخصائص	الوحدات	النظام 5 MHz 8	النظام 6 MHz 12	النظام 7 MHz 16	النظام 8 MHz 25	النظام 9 MHz 42
الوظيفة		قياسات أوقيانوغرافية ذات مدى شديد الطول	قياسات أوقيانوغرافية طويلة المدى	قياسات أوقيانوغرافية معيارية	قياسات أوقيانوغرافية عالية الاستبانة	قياسات أوقيانوغرافية قصيرة المدى وتتسم بأفضل استبانة
أقصى مدى (قياسات) تشغيلي	km	300-150 (المتوسط خلال فترة النهار)(1)	150-100 (المتوسط خلال فترة النهار)(1)	100-50 (المتوسط خلال فترة النهار)(1)	60-30 (المتوسط خلال فترة النهار)(1)	20-10 (المتوسط خلال فترة النهار)(1)
استبانة المدى	km	12-3	3-1	3-1 وضع استبانة عالية: km 0,5	2-0,5 وضع استبانة عالية: km 0,25	0,5-0,15
عرض مدى الكنس	kHz	12,5-50	50-150	50-300	75-600	1 000-300

الجـــدول 3 (*تابع*)

الخصائص	الوحدات	النظام 5 MHz 8	النظام 6 MHz 12	النظام 7 MHz 16	النظام 8 MHz 25	النظام 9 MHz 42
مدى التردد	MHz	9-6	14-11	18-14	27-24	44-40
متوسط القدرة في الهوائي (= قدرة الذروة)	W	30 7 لكل هوائي				
عرض النبضة		لا نبض				
أقصى دورة عمل		موجة مستمرة				
زمن ارتفاع/انخفاض النبضة		موجة مستمرة				
أسلوب توليف المرسل		رقمي (DDS)				
أسلوب توليف المستقبل		رقمي (DDS)				
جهاز الخرج		حالة صلبة، ثنائي الأقطاب (تشغيل الفئة AB)				
استقرار المرسل	ppm	0,1/السنة				
استقرار المستقبل	ppm	0,1/السنة				
نمط مخطط هوائي المرسل		اتجاهي > 90% طاقة داخل نطاق الحزمة $\pm 60^{\circ}$				
نمط هوائي المرسل		صفيف مستطيل من أربع وحدات أحادية القطب رأسية 0,5 × 0,15				
استقطاب الهوائي		عمودي				
كسب الهوائي في الحزمة الرئيسية	dBi	5 إلى 8				
عرض حزمة ارتفاع هوائي المرسل	درجة	25 إلى 35				
عرض حزمة زاوية السمت لهوائي المرسل	درجة	120				
معدل المسح الأفقي لهوائي المرسل		هوائي ثابت				

الجـــدول 3 (*تتمة*)

الخصائص	الوحدات	النظام 5 MHz 8	النظام 6 MHz 12	النظام 7 MHz 16	النظام 8 MHz 25	النظام 9 MHz 42
ارتفاع هوائي المرسل (m)		10>	6>	4>	3>	2>
نمط مخطط هوائي المستقبل		اتجاهي بعرض حزمة يبلغ ±3 إلى ±15°				
نمط هوائي المستقبل		صفيف من وحدات أحادية القطب (4 إلى 6 أقطاب أحادية)				
استقطاب هوائي المستقبل		عمودي				
كسب الهوائي في الحزمة الرئيسية للمستقبل	dBi	10 إلى 18				
عرض نطاق ارتفاع هوائي المستقبل	درجة	35				
عرض حزمة زاوية السمت لهوائي المستقبل	درجة	6 إلى 30 حسب حجم الصفيف				
معدل المسح الأفقي لهوائي المستقبل		هوائي ثابت				
طول/ارتفاع هوائي المستقبل	m	10>	6>	4>	3>	2>
عرض النطاق 3 dB متوسط التردد للمستقبل	kHz	لا يُستخدم تردد متوسط. عرض النطاق للنطاق الأساسي 1,5				
رقم ضوضاء المستقبِل	dB	8				
أدنى إشارة يمكن تمييزها	dBm	−142 في 1 500 Hz RBW[2] (المستوى المحدد لضوضاء النظام)				
عرض النطاق 3 dB 20 dB 60 dB	kHz	0,2 0,6 30				
إلغاء التوافق	dBc	< −60				
فاصل الكنس	ms	200 إلى 500		130 إلى 500		130 إلى 250

(1) ينخفض المدى انخفاضاً كبيراً أثناء الليل.

(2) RBW اختصار لمصطلح عرض نطاق الاستبانة.

الجـــدول 4

الخصائص	الوحدات	النظام 10 MHz 9,2	النظام 11 MHz 24,5	النظام 12 MHz 24,5	النظام 13 MHz 41,9
الوظيفة		قياسات أوقيانوغرافية طويلة المدى	قياسات أوقيانوغرافية معيارية		قياسات أوقيانوغرافية عالية الاستبانة
أقصى مدى (قياسات) تشغيلي	km	300-200	70-50		25-20
استبانة المدى	km	6,8	1,5		0,5
عرض نطاق الكنس	kHz	22	100		300
مدى التردد	MHz	9,2	24,5		41,9
قدرة الذروة في الهوائي	W	1 000	100	200	100
عرض النبضة	µs	1 330	488		280-244
أقصى دورة عمل	%	50			
زمن ارتفاع/انخفاض النبضة		ممهد[1]			
أسلوب توليف المرسل		رقمي			
أسلوب توليف المستقبل		رقمي			
جهاز الخرج		Gated FET (تشغيل فئة AB)			
استقرار المرسل	ppm	0,03/السنة			
استقرار المستقبل	ppm	0,03/السنة			
نمط مخطط هوائي المرسل		اتجاهي			
نمط هوائي المرسل		ياغي ثلاثي العناصر	8 أطقم ياغي ثلاثي العناصر		ياغي ثلاثي العناصر
استقطاب الهوائي		عمودي			
كسب الهوائي في الحزمة الرئيسية	dBi	6	15		6
عرض حزمة زاوية ارتفاع هوائي المرسل	درجة	30	25		
عرض حزمة زاوية السمت لهوائي المرسل	درجة	120	15		120

الجـــدول 4 *(تتمة)*

الخصائص		النظام 10 MHz 9,2	النظام 11 MHz 24,5	النظام 12 MHz 24,5	النظام 13 MHz 41,9
معدل المسح الأفقي لهوائي المرسل		هوائي ثابت	صفيف مطاور لهوائي ثابت 60 دقيقة لكل 12 اتجاه	هوائي ثابت	
ارتفاع هوائي المرسل[2]	m	10	14-2		
نمط مخطط هوائي المستقبل		اتجاهي			
نمط هوائي المستقبل		16 طقماً من ياغي ثنائي العناصر	8 أطقم من ياغي ثلاثي العناصر		
استقطاب هوائي المستقبل		عمودي			
كسب الهوائي في ارتفاع الحزمة الرئيسية للمستقبل	dBi	16	15		
عرض حزمة زاوية ارتفاع هوائي المستقبل	درجة	30	º25		
عرض حزمة زاوية السمت لهوائي المستقبل	درجة	10-8	º15		
معدل المسح الأفقي لهوائي المستقبل		هوائي ثابت DBF[3]	صفيف مطاور لهوائي ثابت 60 دقيقة لكل 12 اتجاه		هوائي ثابت DBF[3]
ارتفاع هوائي المستقبل[2]	m	10	14-2		
عرض نطاق 3 dB متوسط التردد للمستقبل	Hz	200			
رقم ضوضاء المستقبل	dB	17 مع النبض	12 مع النبض		13 مع النبض
أدنى إشارة يمكن تمييزها	dBm	(RBW Hz 1 [4]) 157−	(RBW Hz 1 [4]) 162−		(RBW Hz 1 [4]) 161−
عرض نطاق بث المرسل	kHz	25	110		320
إلغاء التوافق		نعم			
فاصل الكنس	s	0,7	0,5		0,25

(1) تُشكَل حواف النبض للتحكم في طيفه. ويحدد الانحدار بشكل غير مباشر من خلال الطيف.

(2) ارتفاع نقطة التغذية في صفيف الهوائي من مستوى أرضي.

(3) تكون الحزمة الرقمية.

(4) RBW اختصار لمصطلح عرض نطاق الاستبانة.

التذييل

دراسة حالة بشأن استخدام الرادارات الأوقيانوغرافية

كشف الانعكاس الرنيني للموجات السطحية للتسونامي

1 نظرة عامة

في الساعة 1446 يوم 11 مارس 2011 بالتوقيت القياسي الياباني (JST)، ضرب زلزال شديد بقوة 9,0 درجات بمقياس ريختر شرق اليابان وهاجمت موجات التسونامي المصاحبة له ساحل المحيط الهادئ. ونود أن نعرب عن تعازينا للضحايا وعن شكرنا لما قدمه العالم لنا من مساعدة وغمرنا به من تعاطف.

وتعرض هذه المساهمة الموجزة كيف تساعد الرادارات الأوقيانوغرافية في الكشف عن موجات التسونامي في منطقة ساحلية وتشدد على أهمية منح توزيعات جديدة لخدمة التحديد الراديوي (للموقع) (RLS) من أجل تطبيقات الرادارات الأوقيانوغرافية إلى جانب الأحكام التنظيمية المناسبة لإمكانية التقاسم مع الخدمات القائمة لتمكين استعمال الطيف بأكبر كفاءة ممكنة والحد من التداخلات على الخدمات القائمة.

2 موجات التسونامي على ساحل المحيط الهادئ في اليابان

بلغ ارتفاع الاندفاع الأقصى أكثر من 39 m في منطقة الشمال الشرقي من اليابان (الشكل 11: صادر عن فريق المسح المشترك لتسونامي الزلزال بطوكيو، http://www.coastal.jp/ttjt/). وسجل ارتفاع التسونامي وعرض منطقة إغراقه رقماً تاريخياً، حيث تأثرت به مساحة تزيد عن 500 km^2.

وقد وصلت أمواج التسونامي إلى منحدر الرصيف القاري جنوب قناة كيي (Kii)، الجزء الغربي من اليابان (الشكل 12) حوالي الساعة 1620 يوم 11 مارس 2011 بالتوقيت القياسي الياباني، بعد ساعة ونصف تقريباً من وقوع الزلزال. وقد تسببت الاهتزازات المطولة والأقوى بالقناة في أضرار بالغة بالإغراق. وقد تم رصد ارتفاع لموجة من موجات الغمر مقداره 3,5 m تقريباً في ميناء تاشيبانا على الجانب الغربي من القناة. وفي ميناء كافيان (KA في الشكل 12) على الجانب الشرقي من القناة، بلغ أقصى ارتفاع للموجات نحو 2,6 m، وقد تم رصده بعد أربع ساعات ونصف تقريباً من وصول أول موجة من موجات التسونامي كما هو مبين في الشكل 13.

3 النظام المستعمل

تم الكشف بواسطة نظام رادار أوقيانوغرافي غطى، النظام 12 لهذه التوصية. وكان للرادار نظام هوائي اتجاهي (يتألف من هوائي واحد للإرسال و8 هوائيات للاستقبال من النمط ياغي يتكون كل منها من ثلاثة عناصر) بتكوين رقمي للحزمة. وتبلغ استبانة السمت 7,5 درجة في زاوية التغطية البالغة ±45 درجة. ويعمل النظام كموجة مستمرة مع تقطعات بتشكيل التردد (FMICW) بتردد مركزي يساوي 24,515 MHz وعرض نطاق مسح يبلغ 100 kHz، يؤدي إلى استبانة في المدى تبلغ 1,5 km. وتسمح هذه المواصفات بكشف التيارات السطحية بتوزيع خاص يتسم باستبانة زمانية مكانية مرتفعة.

وفي أسلوب التشغيل العادي، تقاس خريطة السرعة الدائرية السطحية كل ساعة. وكأسلوب تشغيل مخصص، يسمح الإرسال والاستقبال المستمر للإشارة بالحصول على خريطة السرعة كل 2-3 دقائق. وظل الرادار الأوقيانوغرافي يعمل بأسلوب التشغيل المخصص من الساعة 1700 يوم 11 مارس حتى الساعة 1630 يوم 19 مارس 2011، بالتوقيت القياسي الياباني.

و لم يستعمل في التحليل الرادار الأوقيانوغرافي فقط، بل استعملت كذلك بيانات ارتفاع سطح البحر في القناة (KA وKO) وعلى منحدر الرصيف القاري (WA). وتم الحصول على البيانات عند KA من خلال سلطة المعلومات الجغرافية المكانية باليابان، فيما تم الحصول على البيانات عند KO وWA من خلال الشبكة الوطنية لمعلومات أمواج المحيط من أجل الموانئ والمرافئ (NOWPHAS) وقدمتها وزارة الأراضي والبنى التحتية والنقل والسياحة (MLIT).

4 نتائج الرصد

وصلت أولى موجات تسونامي إلى نقطة WA حوالي الساعة 1620 يوم 11 مارس 2011. ووصلت بعد ذلك إلى نقطة KO حوالي الساعة 1700 ومنطقة KA حوالي الساعة 1705 كما هو مبين في الشكل 13. ويمكن تفسير ارتفاع الموجة الأولى عند KA (168 cm) بضحالة الموجة عند WA (63 cm) على الرصيف القاري، في حين كان الارتفاع عند KO (66 cm) على الجانب الغربي من القناة مماثلاً تقريباً للارتفاع عند WA (63 cm) ويرجح أن يكون ذلك بسبب الجمع بين تأثيرات انكسار الموجات المستحث من زيادة الأعمال وضحالتها.

وقد تناقض ارتفاع الموجات في WA وKO تدريجياً بمرور الوقت وقل عن 15 cm الساعة 1200 يوم 12 مارس. وعلى النقيض من ذلك، فعلى الرغم من التناقص التدريجي لارتفاع الموجات من الأولى حتى الثالثة عند KA، فق زادت سريعاً اعتباراً من الموجة الرابعة نتيجة للرنين الخاص بالموجات السطحية. وقد تم رصد ارتفاع أقصى للموجة وصل إلى 262 cm مع الموجة السابعة حوالي الساعة 2130 عند KA. وقد نتج عن الاهتزاز الرنيني للموجات السطحية عند KA ارتفاع للموجات أعلى من 50 cm، تم رصده حوالي الساعة 1200 يوم 12 مارس.

ومن الموجة الأولى حتى الموجة الثالثة ذات اتساعات السرعة الدائرية الأكبر، سبقت الأطوار في المديات البعيدة تلك الموجودة في المديات الأقرب (الشكل 14). وقد تغيرت علاقة الطور تدريجياً بعد الموجة الثالثة وأصبحت خارج الطور اعتباراً من الساعة 2000 وحتى الساعة 2300 تلاها تكون علاقة متطاورة خلال المدى بالكامل المقدر بين 1,5 km و30 km عبر حزمة الرادار نتيجة لوقوع رنين الموجات السطحية. وتغير علاقة الطور واضح في مخطط التسلسل الزمني لقيم السرعة الدائرية عند HF-12K وHF-24K (الشكل 14). وفي الموجات من الأولى إلى الثالثة، تأخر الطور عند HF-12K عن الطور عند HF-24K بنحو 4 دقائق. ونتيجة للفارق في عمق المياه بين النقطتين البالغ 50 m، يقدر أن تستغرق رحلة التسونامي بين النقطتين نحو 8 دقائق، وهي مدة أقصر من التأخير الزمني المسجل، بما يشير إلى أن اتجاه انتشار الموجات الثلاث الأولى يختلف عن اتجاه حزمة الرادار.

5 الاستنتاجات

انتشرت موجات التسونامي من منحدر الرصيف القاري نحو الجزء الداخلي من قناة كيي (Kii) في شكل موجات متوالية حتى الموجة الثالثة، تلاها حث لاهتزازات طبيعية بواسطة الموجات. وتسبب ذلك في اهتزازات ثانوية في القناة وغمر للسواحل.[5]

ويعتقد أن الميزة الأساسية للرادار الأوقيانوغرافي تتمثل في المدى من الشاطئ الذي يمكن الكشف منه عن التسونامي، ومع ذلك يحتاج الأمر إلى مزيد من الدراسات التقنية والتشغيلية[6،7].

[5] Hinata, H. *et.al.*، انتشار موجات التسونامي وإشارات الانعكاس الرنيني اللاحقة المكتشفة برادار HF في قناة Kii، اليابان، *علم المصبات والسواحل والأرصفة*، 95: 268-273، 2011.

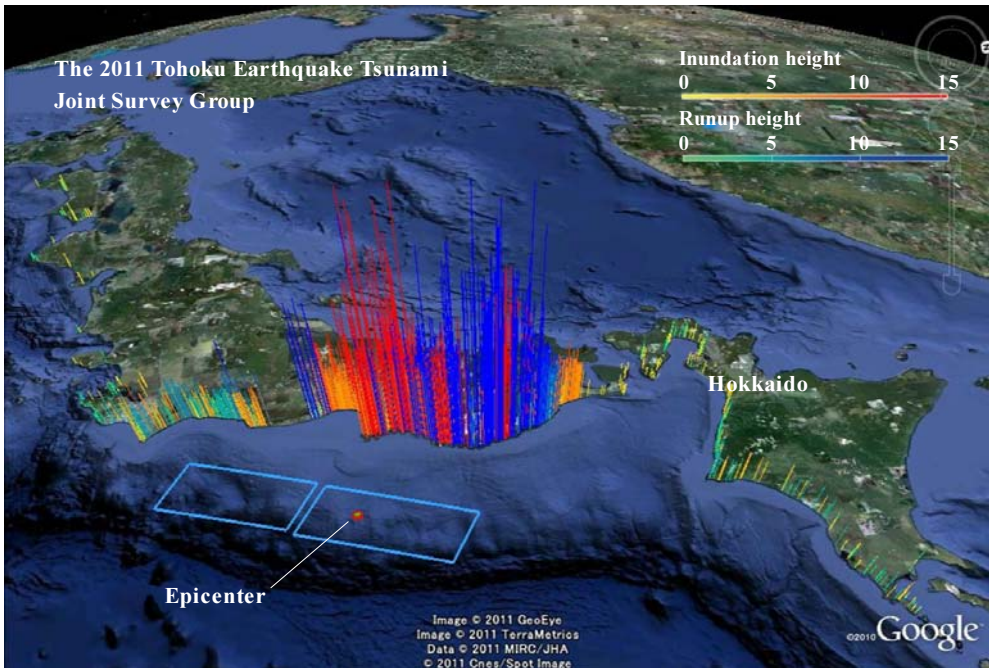
[6] Lipa *et al.*، تدفقات تيارات تسونامي اليابان المرصودة برادارات HF من قارتين، *الاستشعار عن بُعد* 3: 1663-1679، 2011.

[7] HELZEL Messtechnik GmbH.، الرادار الأوقيانوغرافي من النوع WERA الموجود في شيلي يرصد آثار للتسونامي بعد الزلزال الذي ضرب اليابان يوم 11 مارس، 2011، *نشرة صحفية* في مايو 2011، (http://www.helzel.com/files/432/upload/Tsunami/Press-Release-Tsunami-WERA-2011.pdf).

وتضيف النتائج دوراً جديداً للرادار الأوقيانوغرافي يتمثل في قياس المجالات التفصيلية للتيارات السطحية باستبانة زمانية مكانية عالية لفهم العمليات التفصيلية للانعكاس الرنيني لموجات التسونامي في القنوات. ونظراً إلى أن الانعكاس الرنيني يمكن أن يثير موجات أعلى من موجات الدخل الأصلية، فهذا أمر هام آخر للتأهب للكوارث غير المتوقعة.

الشـــكل 11

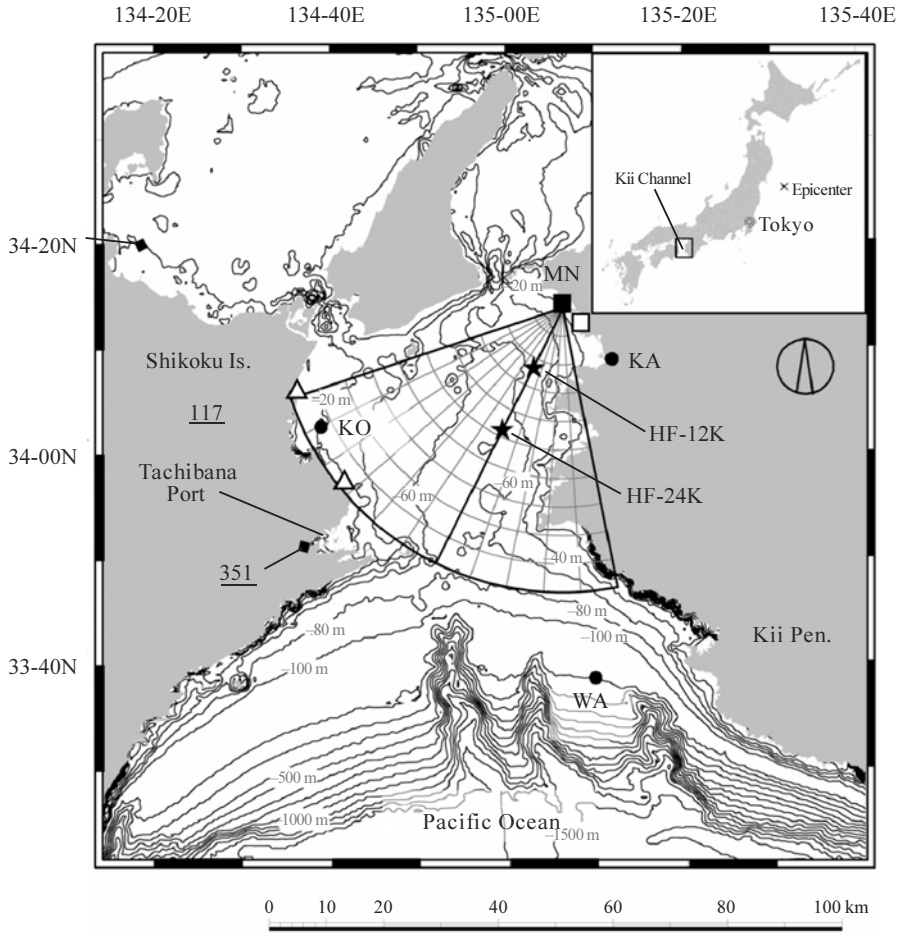
خريطة للغمر وارتفاع الاندفاعات الناتجة عن تسونامي زلزال طوكيو
وفريق المسح المشترك (http://www.coastal.jp/ttjt/)



M.1874-11

الشـــكل 12

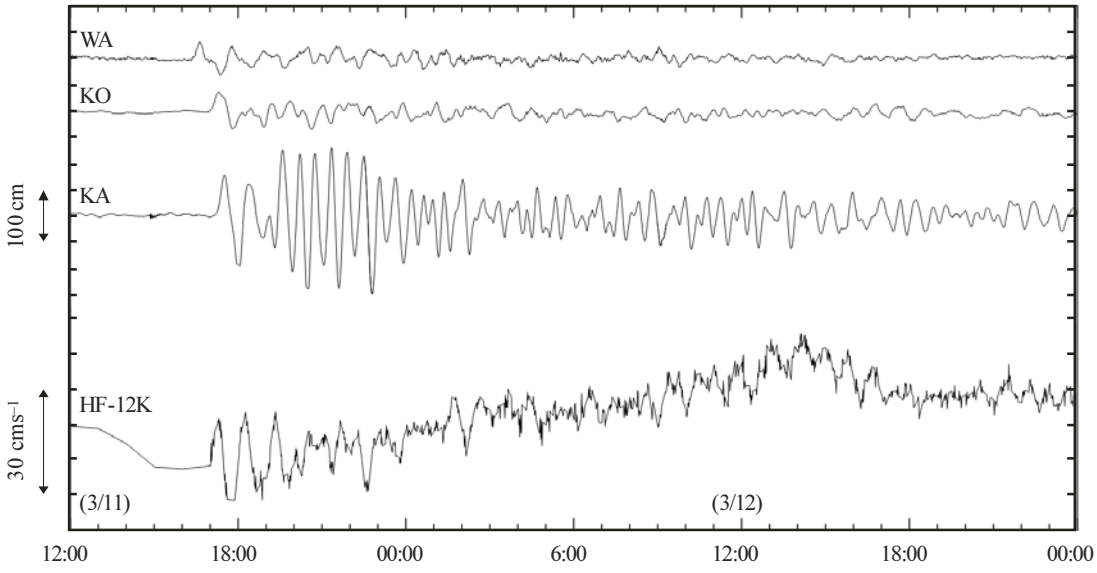
خريطة لأنظمة الرادارات الأوقيانوغرافية (مربعات ومثلثات)
وأنظمة رصد ارتفاع سطح البحر في قناة Kii،
الساحل الغربي من اليابان



M.1874-12

الشـــكل 13

ارتفاع سطح البحر بالتفصيل عند WA وKO وKA
والسرعة الدائرية عند HF-12K (12 km بعيداً عن الشاطئ من الرادار)

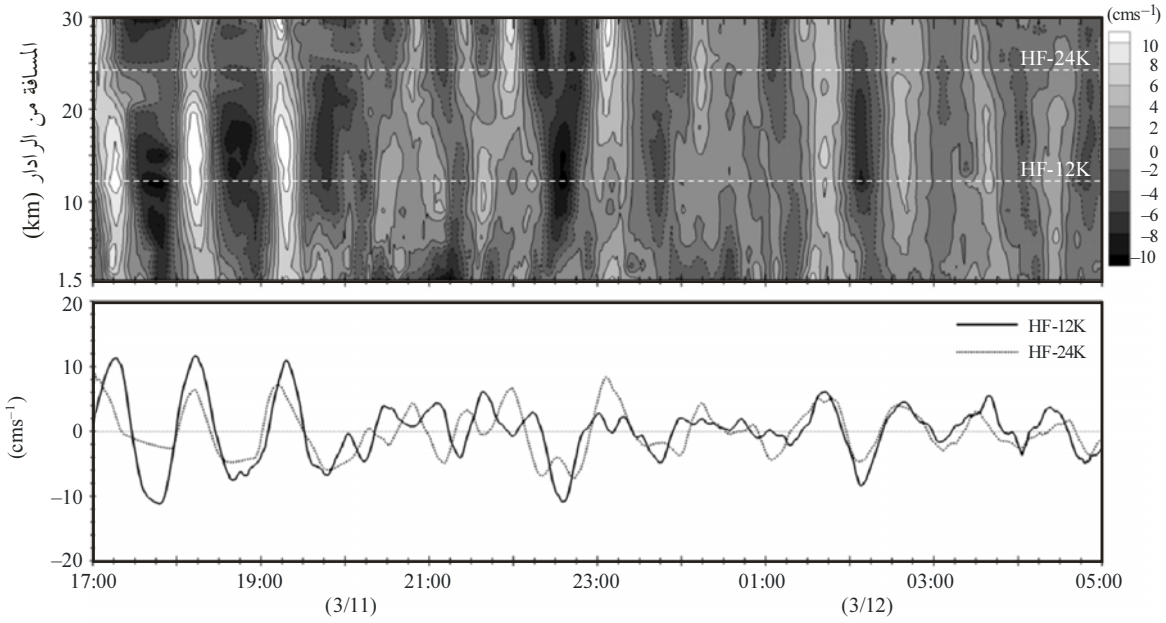


التوقيت القياسي الياباني (الساعة)

M.1874-13

الشـــكل 14

مخططا الزمن–المسافة (أعلى) والتسلسل الزمني (أسفل)
تقييم السرعات الدائرية لمدة 12 ساعة من الساعة 1700 يوم 11 مارس 2011



التوقيت القياسي الياباني (الساعة)

M.1874-14