

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية **ITU-R M.1796**
(2007/03)

الخصائص ومعايير الحماية لرادارات الأرض
العاملة في خدمة الاستدلال الراديوية في
نطاق التردد **MHz 10 500-8 500**

السلسلة **M**

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

تمهيد

يوظف 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 وجميعيات 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 الملحق 1 بالقرار 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 التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوي	RA
الخدمة الثابتة الساتلية	S
أنظمة الاستشعار عن بعد	RS
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، 2010

© ITU 2010

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 M.1796

الخصائص ومعايير الحماية لرادارات الأرض العاملة في خدمة الاستدلال الراديوية في نطاق التردد 500-8 500 MHz

(المسألة 226/5 (ITU-R))

(2007)

مجال التطبيق

تتناول هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية ومعايير الحماية لأنظمة الاستدلال الراديوية العاملة في نطاق التردد 500-8 500 MHz. وقد وضعت بغرض دعم دراسات التقاسم بالاقتران مع التوصية ITU-R M.1461 التي تتناول إجراءات التحليل لتقرير الملاءمة بين الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوية وفي الخدمات الأخرى.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- (أ) أن خصائص الهوائي وانتشار الإشارة وكشف الأهداف وعرض النطاق الكبير اللازم التي تتيح للرادارات القيام بوظائفها هي الأمثل في بعض نطاقات التردد؛
- (ب) أن الخصائص التقنية لرادارات الاستدلال الراديوية محددة في أهداف النظام وتختلف كثيراً حتى داخل النطاق الواحد؛
- (ج) أن قطاع الاتصالات الراديوية يبحث إمكانية إدخال أنماط جديدة من الأنظمة أو الخدمات في النطاقات الواقعة بين 420 MHz و 34 GHz التي تستعملها الرادارات في خدمة الاستدلال الراديوية؛
- (د) أن الخصائص التقنية والتشغيلية المميزة للرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوية مطلوبة، عند الضرورة، لتحديد إمكانية إدخال أنماط جديدة من الأنظمة في نطاقات التردد الموزعة على خدمة الاستدلال الراديوية،

وإذ تلاحظ

- (أ) أن الخصائص التقنية والتشغيلية للمنارات الراديوية البحرية العاملة في النطاق 300-9 500 MHz واردة في التوصية ITU-R M.824؛
- (ب) أن المعلمات التقنية لمعزات أهداف الرادار التي تعمل في النطاق 300-9 500 MHz واردة في التوصية ITU-R M.1176؛
- (ج) أن الخصائص التقنية والتشغيلية للمرسلات المستجيبات الرادارية المخصصة للبحث والإنقاذ (SART) والعاملة في النطاق 300-9 500 MHz واردة في التوصية ITU-R M.628،

* أدخلت لجنة الدراسات 5 للاتصالات الراديوية تعديلات عام 2009 صياغية على هذه التوصية بموجب القرار ITU-R 1.

وإذ تدرك

- أ) أن خدمة الملاحة الراديوية هي خدمة سلامة كما هو مبين في الرقم 10.4 من لوائح الراديو؛
ب) أن معايير الحماية المطلوبة تتوقف على الأنماط المحددة من إشارات التداخل؛

ج) أن تطبيق معايير الحماية يمكن أن يتطلب النظر في إدراج الطابع الإحصائي لتطبيق هذه المعايير وغير ذلك من عناصر المنهجية لإجراء دراسات الملاءمة (أي خسارة مسير الانتشار). وأن زيادة تطوير هذه الاعتبارات الإحصائية قد يدرج في مراجعات مقبلة لهذه التوصية إلى جانب احتمال الكشف المطلوب عن مختلف السيناريوهات التشغيلية البحرية، حسب الاقتضاء،

توصي

- 1 بأن تعتبر الخصائص التقنية والتشغيلية لرادارات الاستدلال الراديوي الوارد وصفها في الملحق 1، خصائص مميزة للأنظمة العاملة في نطاق الترددات 500-8 500 MHz؛
 - 2 بأن تستعمل هذه التوصية إلى جانب التوصية ITU-R M.1461 كمبادئ توجيهية لتحليل المواءمة بين رادارات الاستدلال الراديوي وأنظمة الخدمات الأخرى؛
 - 3 بأن يستعمل معيار نسبة قدرة الإشارة المسببة للتداخل إلى مستوى قدرة الضوضاء الناجمة عن مستقبل الرادار، أي نسبة I/N البالغة -6 dB، بمثابة مستوى الحماية المطلوب لأغراض رادارات الاستدلال الراديوي في النطاق 500-8 500 MHz، حتى في حال وجود عدة مصادر مسببة للتداخل (انظر الملاحظة 1)؛
 - 4 بأن تستعمل نتائج الاختبارات المنجزة لقابلية التأثر بالتداخل على رادارات الملاحة الراديوية المحمولة على متن السفن العاملة في النطاق 300-9 500 MHz، والواردة في الملحق 3، في تقييم التداخل في رادارات الملاحة الراديوية المحمولة على متن السفن، علماً بأن النتائج تتناول أهدافاً غير متقلبة وأن تقلبات المجال المتقاطع للرادارات (RCS) ينبغي أن تؤخذ في الحسبان (انظر الملاحظة 2).
- الملاحظة 1** - يرد المزيد من المعلومات في الملحق 2. وبشكل خاص فإن الخطاط التغطية الناجم عن المعيار المقترح لرادارات الأرصاد الجوية (21%) أعلى من الخطاط التغطية في الأنظمة الأخرى لتحديد الراديوي للموقع. ويتطلب تطبيق هذا المعيار على رادارات الأرصاد الجوية إلى المزيد من الدراسة.
- الملاحظة 2** - موضوع تقلبات المجال المتقاطع للرادار قيد الدراسة في قطاع الاتصالات الراديوية.

الملحق 1

الخصائص التقنية والتشغيلية للرادارات في خدمة الاستدلال الراديوي العاملة

في نطاق التردد 500-8 500 MHz

1 مقدمة

تُعرض خصائص رادارات الاستدلال الراديوي العاملة على الصعيد العالمي في نطاق التردد 500-8 500 MHz في الجداول 1 و 2 و 3 ويرد وصفها بمزيد من التفصيل في الفقرات التالية.

2 الخصائص التقنية

يُستعمل نطاق التردد 8 500-10 500 MHz من قبل العديد من الأنماط المختلفة للرادارات، المقامة على الأرض أو القابلة للنقل أو المحمولة على متن السفن أو المحمولة جواً. وتشمل وظائف الاستدلال الراديوي التي تؤدي في هذا النطاق: البحث في الجو وعلى الأرض، ورسم خرائط للأرض، وتتبع تضاريس الأرض، والملاحة (الجوية والبحرية على السواء)، والتعرف على الأهداف، والأرصاء الجوية (المحمولة جواً والقائمة على الأرض على السواء). وتشمل الفوارق الهامة بين الرادارات: دورات خدمة الإرسال، وعروض نطاق البث، ووجود تشكيل داخل النبضة وأنماطه، وقدرات بعضها من حيث مرونة الترددات، وذروة ومتوسط قدرة المرسل، وأنماط أجهزة إرسال التردد الراديوي ذات القدرة العالية. ولهذه الخصائص كلها، فرادى ومجمعة، دور كبير في ملائمة الرادارات مع أنظمة أخرى في بيئتها، في حين أن للخصائص الأخرى أثراً أقل على تلك الملائمة. ويمكن افتراض أن ترددات تشغيل الرادار تنتشر بانتظام عبر كل نطاق توليف الرادار. وترد في الجداول 1 و2 و3 الخصائص التقنية لرادارات مميزة للتحديد الراديوي للموقع وللملاحة الراديوية المنشورة في النطاق 8 500-10 500 MHz.

وتُستعمل الرادارات الرئيسية للتحديد الراديوي للموقع العامل في هذا النطاق، في المقام الأول للكشف عن الأجسام المحمولة جواً. إذ يتوجب عليها قياس ارتفاع الهدف وبعده واتجاهه الزاوي. وبعض الأجسام المحمولة جواً صغيرة وبعضها الآخر يقع على مسافة 300 ميل بحري (~556 km)، وبالتالي يجب أن تتوفر في رادارات التحديد الراديوي للموقع بحساسية شديدة وقدرة كبيرة على إخماد جميع أشكال عودة الجلبة بما في ذلك الآتية من البحر أو الأرض أو بسبب هطول الأمطار. وفي بعض الحالات، يتطلب البث الراداري في هذا النطاق إطلاق مرشد راداري.

وبسبب متطلبات البث هذه إلى حد كبير، تميل الرادارات التي تستعمل هذا النطاق إلى الاتصاف بالخصائص العامة التالية:

- تميل إلى امتلاكها ذروة ومتوسط قدرة إرسال منخفضة إلى متوسطة (من 1 W إلى 250 000 W)، مع بعض الاستثناءات الملحوظة؛
 - تستعمل عادةً مرسلات مضخمة القدرة بمذبذب رئيسي بدلاً من مذبذبات القدرة. وتكون عادةً قابلة للتوليف وبعضها يتسم بمرونة التردد. ويستعمل بعضها التشكيل الخطي - أو اللاخطي - FM (الزقزقي) أو التشكيل بين النبضات بتشفير الطور؛
 - يملك بعضها حزمًا رئيسية للهوائي قابلة للتوجيه في أحد البعدين الزاويين أو كليهما باستعمال توجيه إلكتروني للحزم؛
 - تستعمل عادةً قدرات استقبال ومعالجة متعددة الاستعمالات كهوائيات استقبال مساعدة تطمس الفصوص الجانبية، ومعالجة قطارات نبضات الموجة الحاملة المتسقة لمنع عودة جلبه الرادار بواسطة تقنيات دلالة الهدف المتحرك (MTI) أو تقنيات معدل الإنذارات الخاطئة الثابتة (CFAR) وفي بعض الحالات الانتقاء التكييفي للترددات العاملة بالاستناد إلى استشعار التداخل في مختلف الترددات؛
 - كثيراً ما يكون لفرادى الرادارات عروض نبضات وترددات تكرار النبضة متعددة ومختلفة؛ فلبعض الرادارات الزقزقية خيار عروض نطاق الزقزقة؛ ولبعض الرادارات مرنة التردد أساليب متنوعة ومرنة أو ثابتة التردد. ويمكن لهذه المرونة أن توفر أدوات مفيدة للحفاظ على الملائمة مع رادارات أخرى في البيئة.
- يتمتع بعض أو جميع الرادارات المبنية خصائصها في الجداول 1 و2 و3 بهذه الخصائص. وهذه الجداول شاملة بحيث تقدم أمثلة عن مجموعة متنوعة من أهداف الرادار، والمنصات، وأشكال الموجة، وعروض النطاق ودورات التشغيل ومستويات القدرة وأجهزة الإرسال، وما إلى ذلك الموجودة في الرادارات التي تستعمل هذا النطاق، وإن كانت لا توضح القائمة الكاملة للخواص التي قد تظهر في أنظمة مقبلة.

الجدول 1

خصائص رادارات محمولة جواً للاستدلال الراديوي في النطاق MHz 10 500-8 500

النظام A4	النظام A3	النظام A2	النظام A1	الخصائص
رادار تتبع	رادار رسم خريطة للأرض تتبع تضاريس الأرض (متعدد الوظائف)	رادار بحث محمول جواً	رادار بحث وتتبع (متعدد الوظائف)	الوظيفة
10 500-10 000	9 480 و 9 360 و 9 240	9 600-8 500	10 000-9 300	مدى التوليف (MHz)
FMCW ، CW	تشكيل موقع النبضات مرنة التردد غير متسقة	نبضي	نبضي	التشكيل
kW 1,5	kW 95	kW 143 (حد أدنى) kW 220 (حد أقصى)	kW 17	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
لا ينطبق	0,3 و 2,35 و 4 pps 250 و 425 و 2 000 (نبضة في الثانية)، على التوالي	0,5 ؛ 2,5 pps 1 600 و 400 (نبضة في الثانية)	0,285 ؛ 8 pps 23 000 إلى 200 (نبضة في الثانية)	عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضة
1	0,001	0,001	0,0132	دورة التشغيل القصوى
لا ينطبق	0,1/0,1	0,2/0,02	0,01/0,01	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
أنبوبة موجات متنقلة	مغنترون ذو توليف تجويفي	مغنترون قابل للتوليف	أنبوبة موجات متنقلة	جهاز خرج
ضيق	ضيق	مروحي	ضيق	نمط مخطط الهوائي
صفيح مستوي	صفيح مستوي مسطح	عاكس مكافئ	صفيح مستوي	نمط الهوائي
خطي	دائري	خطي	خطي	استقطاب الهوائي
35,5	28,3	34	32,5	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
2,5	5,75	3,8	4,6	عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات)
2,5	5,75	2,5	3,3	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
90 %/s	حتى 53 مسحة/دقيقة	6 أو 12 rpm	118 مسحة/دقيقة	معدل المسح الأفقي للهوائي

الجدول 1 (تابع)

النظام A4	النظام A3	النظام A2	النظام A1	الخصائص
قطاعي: $\pm 60^\circ$ (ميكانيكي)	قطاعي: $\pm 60^\circ$ (ميكانيكي)	360° (ميكانيكي)	قطاعي: $\pm 60^\circ$ (ميكانيكي)	نمط المسح الأفقي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
$90^\circ/\text{s}$	حتى 137 مسحة/دقيقة	لا ينطبق	59 مسحة/دقيقة	معدل المسح الرأسي للهوائي
قطاعي: $\pm 60^\circ$ (ميكانيكي)	قطاعي: $25+/-40^\circ$ (ميكانيكي)	لا ينطبق	قطاعي: $\pm 60^\circ$ (ميكانيكي)	نمط المسح الرأسي للهوائي
غير محدد	5,3 dBi عند 10°	غير محدد	7,5 dBi عند 15°	مستوى الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الهوائي
0,48	0,8 و 1,8 و 5,0	5	0,11؛ 3,1	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
3,6	6	غير محدد	غير محدد	مستوى ضوضاء المستقبل (dB)
	101-	107-؛ 101-	103-	الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	إجمالي عرض الزقزقة (MHz)
	(يعتمد على التردد وعرض النبضة)			عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)
غير محدد	100 إلى 118	2,7؛ 0,480	0,11؛ 3,1	- 3 dB
غير محدد	102 إلى 120	6,6؛ 1,5	0,79؛ 22,2	- 20 dB

الجدول 1 (تابع)

النظام A6b ⁽¹⁾	النظام A6a ⁽¹⁾	النظام A5	الخصائص
رسم خريطة للأرض بما في ذلك الرسم أحادي النبضة لخريطة الأرض (MGM) وشحن حزمة دوبلر (DBS)	تجنب الطقس (WA) بما في ذلك كشف قص الرياح (WS) (ملاحظة)	تجنب أخطار الطقس بما في ذلك كشف قص الرياح (ملاحظة)	الوظيفة
9 410-9 301 و 9 360 MGM: مرن التردد من نبضة إلى نبضة (≥ 6 000 قفزة/ثانية) DBS: تردد واحد (9 360)	9 410-9 301 WA: مرن التردد نبضة إلى نبضة (≥ 2 000 قفزة/ثانية) WS: تردد واحد متكيف	9 330	مدى التوليف (MHz)
MGM و DBS: نبضة ذات شفرة بيكر (13:1)	WA: نبضات غير مشكّلة وذات شفرة بيكر (5:1 و 13:1) WS: نبضات غير مشكّلة	نبضي	التشكيل
W 150 ≥	W 150 ≥	W 150	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
20-0,64 :DBS ؛ 260-1,3 :MGM MGM: 600 pps لنبضات بعرض 60-1,3 μs، وتتناقص إلى 220 pps لنبضات بعرض 260 μs؛ DBS: 700-1 pps لكل عروض النبضات	WA: 230-0,2 ؛ 2 :WS WA: 2 000 pps لنبضات بعرض 6-02 μs وتتناقص إلى 230 pps لنبضات بعرض 230 μs WS: 3 940-3 600 pps	1 إلى 20 180 إلى 9 000 pps	عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضة
MGM: 0,057 ؛ DBS: 0,033 (بعيد الأمد 0,024)	WA: 0,054 ؛ WS: 0,0076	غير محددة	دورة التشغيل القصوى
MGM: 0,01-0,02/0,01-0,02 ؛ DBS: 0,02-0,04/0,01	WA: 0,02-0,05/0,01 ؛ WS: 0,02/0,01	غير محددة	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
FET	FET	حالة صلبة	جهاز خرج
مروحي	ضيق	ضيق	نمط مخطط الهوائي
صفييف مستو	صفييف مستو	صفييف مستو	نمط الهوائي
خطي	خطي	غير محدد	استقطاب الهوائي
28,7	32	34,4	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
42	4	3,5	عرض حزمة ارتفاع للهوائي (بالدرجات)
2,7	2,7	3,5	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
≥ 40 مسحة/الدقيقة	≥ 40 مسحة/الدقيقة	غير محدد	معدل المسح الأفقي للهوائي

الجدول 1 (تابع)

النظام A6b ⁽¹⁾	النظام A6a ⁽¹⁾	النظام A5	الخصائص
قطاعي: $15 \pm$ إلى $135 \pm$ (ميكانيكلي)	قطاعي: $15 \pm$ إلى $135 \pm$ (ميكانيكلي)	قطاعي: $30 \pm$	نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، قطاعي، الخ)
لا ينطبق	$20 \leq$ مسحة/الدقيقة	غير محدد	معدل المسح الرأسي للهوائي
لا ينطبق	1 أو 2 بار أفقي (ميكانيكلي)	غير محدد	نمط المسح الرأسي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، الخ)
3,7 dB عند $4,5^\circ$	8 dB عند $4,2^\circ$	+3,4 dB	مستوى الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة (قص الرياح على ارتفاع منخفض)	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الهوائي
	WA: $16 \geq$ من أجل نبضات/نبضات فرعية ضيقة، يتناقص إلى 0,8 من أجل نبضات/نبضات فرعية عريضة WS: $0,8 \leq$	غير محدد	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
5	5	4,0	سوية ضوضاء المستقبل (dB)
$110 - \leq$	$110 - \leq$	125-	الحد الأدنى القابلة للتمييز (dBm)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	عرض نطاق الزقزقة (MHz)
من أقصر نبضة إلى أطول نبضة فرعية: MGM: 3 dB : 7,68 إلى 0,045؛ 20 dB : 59 إلى 0,31؛ DBS: 3 dB : 18 إلى 0,6؛ 20 dB : 150 إلى 4,1	من أقصر نبضة إلى أطول نبضة فرعية: WA: 3 dB : 5 إلى 0,052؛ 20 dB : 40,5 إلى 0,37؛ WS: 3 dB : 0,46؛ 20 dB : 3,28	غير محدد	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)

الجدول 1 (تابع)

الخصائص	نظام A7a و A7c و A7e ⁽²⁾	النظام A7d ⁽²⁾	نظام A7e و A7f ⁽²⁾	نظام A8
الوظيفة	ملاحظة SAR	ملاحظة SAR العكسي	ملاحظة SAR العكسي	ملاحظة SAR العكسي
مدى التوليف (MHz)	10 120-9 380	مرن التردد من نبضة إلى نبضة فوق 340 MHz	10 120-9 380	مرن التردد من 9 250-9 440، مرن التردد من نبضة مقابل نبضة إلى نبضة، مراحل من 20 MHz
التشكيل	نبضة FM خطية	نبضة FM خطية	نبضة FM خطية	نبضة FM
ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي	kW 50	kW 50	kW 10	kW 10
عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضة	البحث: 2 000-1 600 @ μs 5 أو 10 @ μs 380 تقريباً، SAR: 750-250 @ μs 13,5	10 تقريباً 380	10	17 و 5 و 400 و 750 و 1 500 و 2 500 (كل عروض النبضة)
دورة التشغيل القصوى	0,010 (μs 13,5 و μs 5) 0,004 (μs 10)	0,004	0,010	0,04
زمن صعود/هبوط النبضة (μs)	0,1/0,1	0,1/0,1	0,1/0,1	0,1/0,1
جهاز خرج	أنبوبية بموجات متنقلة	أنبوبية بموجات متنقلة	أنبوبية بموجات متنقلة	أنبوبية بموجات متنقلة
نمط مخطط الهوائي	ضيق/مروحي	ضيق/مروحي	ضيق/مروحي	مروحي
نمط الهوائي	عاكس مكافئي	عاكس مكافئي	عاكس مكافئي	صفييف بفواصل
استقطاب الهوائي	أفقي	أفقي	أفقي	رأسي وأفقي
كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)	34,5	34,5	34,5	32
عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات)	4,0	4,0	4,0	9,0
عرض الحزمة السمتية الهوائي (بالدرجات)	2,4	2,4	2,4	1,8
معدل المسح الأفقي للهوائي	s/° 1 800 و 360 و 36	s/° 1 800 و 360 و 36	s/° 1 800 و 360 و 36	15 أو 60 rpm

الجدول 1 (تابع)

نظام A8	نظام A7e و A7f ⁽²⁾	النظام A7d ⁽²⁾	نظام A7a و A7a و A7c ⁽²⁾	الخصائص
°360	°10 قطاعي	°10 قطاعي	°10 قطاعي	نمط المسح الأفقي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	معدل المسح الرأسي للهوائي
ميل قابل للانتقاء -15/+15°	ميل قابل للانتقاء -90/°0	ميل قابل للانتقاء -90/°0	ميل قابل للانتقاء -90/°0	نمط المسح الرأسي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
dB _i 20	dB _i 14,5 عند °12	dB _i 14,5 عند °12	dB _i 14,5 عند °12	مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الهوائي
16	غير محدد	غير محدد	غير محدد	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
غير محدد	5	5	5	سوية ضوضاء المستقبل (dB)
98-	يعتمد على كسب المعالجة dB 33 أو dB 30 (100 MHz) من أجل نبضة مرتجعة واحدة (200 MHz) (واحدة)	يعتمد على كسب المعالجة dB 17 من أجل نبضة مرتجعة واحدة)	يعتمد على كسب المعالجة 34 dB (μs 5 و 30 dB 10) و 39,5 dB (13,5 μs) من أجل نبضة عودة واحدة)	الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm)
10	100 أو 200	5	البحث: 500 (μs 5) أو 100 (μs 10) SAR: 660	العرض الكلي للزقزقة (MHz)
	100 MHz زقزقة 200 MHz زقزقة		بحث (μs 5) بحث (μs 10)	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)
9,3	190 95	4,5	640 95 470	- dB 3
12	220 110	7,3	730 110 540	- dB 20

الجدول 1 (تابع)

النظام A11	النظام A10	النظام A9	الخصائص
تجنب أخطار الطقس، بحث وإنقاذ، رسم خريطة الأرض	تجنب أخطار الطقس، بحث وإنقاذ، رسم خريطة الأرض	تجنب أخطار الطقس، بحث وإنقاذ، رسم خريطة الأرض	الوظيفة
MHz 30 ± 9 375	نبضة مسبقة التسخين: 9 337 و 9 339 (تسبق كل نبضة تشغيلية) النبضة التشغيلية: 9 344	رادار: 10 ± 9 375 منار: 3 310	مدى التوليف (MHz)
نبضي	نبضي	نبضي	التشكيل
kW 6,0-2,5	(dBW 14) W 26	kW 25	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
مثبتة عند 4 μs pps 106,5	9 337 و 9 339 MHz: 1-29 μs عند 220-2 200 pps (عتبية) من أجل كل عروض النبضة؛ 9 344 MHz: 1,7-2,4 و 2,4-4,8 و -4,8 9,6 و 17 و 19 و 29 μs عند 220-2 200 pps (عتبية)	4,5 و 2,4 و 9,8 و 0,2 μs عند 180 و 350 و 1 000 pps، على التوالي	عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضة (pps)
0,00043	MHz 9 339 و MHz 9 337: ≥ 0,064 MHz 9 344: ≥ 0,011 (مع نبضات 17 μs)	0,00082	دورة التشغيل القصوى
زمن صعود: 0,3 μs زمن هبوط: 0,4 μs	MHz 9 339 و MHz 9 337: 0,3/0,2 MHz 9 344: 0,5/0,5	غير محدد	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
مغنترون	IMPATT ثنائي مساري	مغنترون عالي الموثوقية	جهاز خرج
ضيق	ضيق	ضيق ومروحي	نمط مخطط الهوائي
صفييف مسطح	صفييف مسطح	صفييف صفائح مسطحة	نمط الهوائي
أفقي	أفقي	أفقي رأسي	استقطاب الهوائي
26,7	29	ضيق: 30؛ مروحي: 29	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
8,1	10 >	ضيق: 3؛ مروحي: 6	عرض حزمة الارتفاع للهوائي (بالدرجات)
8,1	7	ضيق: 3؛ مروحي: 3	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)

الجدول 1 (تتمة)

النظام A11	النظام A10	النظام A9	الخصائص
s/°25	s/°30	rpm 12 :°360 (بعيد المدى)، rpm 45 (قصير المدى) قطاعي: غير محدد	معدل المسح الأفقي للهوائي
حجم القطاع (°90 أو °120)	قطاعي 60° أو 120°	مستمر (°360) قطاعي (°90)	نمط المسح الأفقي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
غير محدد	غير محدد	غير محدد	معدل المسح الشاقولي للهوائي
حجم القطاع: ±30°	ميل يختاره المشغل: ±30°	غير محدد	نمط المسح الشاقولي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
dB _i 4,7+	dB _i °13,9+	غير محددة	مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الهوائي
1,0	2,0	غير محدد	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
5	2	6,5	مستوى ضوضاء المستقبل (dB)
110-	128- (حساسية الكشف بعد المعالجة)	غير محدد	الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	عرض نطاق الزرققة (MHz)
:dB 3- MHz 0,5	:dB 3- 9 337 و 9 339 MHz :0,7 9 344 MHz :0,4 و 0,25 و 0,150 و 0,075 و 0,08 و 0,05	غير محدد	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) - dB 3
:dB 20- MHz 1,5	:dB 20- 9 337 و 9 339 MHz :3,6 9 344 MHz :1,8 و 1,5 و 0,8 و 0,375 و 0,35 و 0,2	غير محدد	- dB 20

(1) رادار متعدد الأساليب؛ مزود أيضاً بأسلوب صوت الاستفهام عند التردد 9 375 MHz، ولا يرد وصفه هنا.

(2) رادار متعدد الأساليب.

الجدول 2

خصائص رادارات محمولة على متن السفن للتحديد الراديوي للموقع في النطاق 8 500-10 500 MHz

نظام S5	نظام S4		نظام S3	نظام S2	نظام S1	الخصائص
رادار مراقبة وملاحة على السطح	رادار ملاحة راديوية بحرية ⁽³⁾		رادار بحث على ارتفاع منخفض وعلى السطح (متعدد الوظائف)	رادار تتبع	رادار بحث وملاحة	الوظيفة
محمولة على متن السفن	محمولة على متن السفن		محمولة على متن السفن	محمولة على متن السفن	محمولة على متن السفن، مواقع تدريب على الشاطئ	نمط المنصة
9 500-9 300	30 ± 9 375 و 30 ± 9 445		10 000-8 500	10 500-10 000	9 600-8 500	مدى التوليف (MHz)
FMCW	نبضي		نبضة مرنة التردد ⁽⁴⁾	FMCW، CW	نبضي	التشكيل
W 1 إلى mW 1	50 kW (محد أقصى)	5 kW (محد أدنى)	10 kW	13,3 kW	35 kW	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
لا ينطبق 1 000 ⁽⁵⁾	1,2 (محد أقصى) عند 375 (محد أدنى)	0,03 (محد أدنى) عند 4 000 (محد أقصى)	0,56 إلى 1,0؛ 0,24 إلى 19 000 إلى 35 000؛ 4 000 إلى 35 000	لا ينطبق لا ينطبق	0,5؛ 0,1؛ 750؛ 1 500	عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضة (pps)
1	0,00045		0,020	1	0,00038	دورة التشغيل القصوى
لا ينطبق	غير موصّف		0,028/0,03؛ 0,038/0,024	غير مطبق	0,08/0,08	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
حالة صلبة	مغنترون		أنبوبة موجات متنقلة	أنبوبة موجات متنقلة	مغنترون	جهاز خرج
مروحي	مروحي		ضيق	ضيق	مروحي	نمط مخطط الهوائي
دليل موجي بفواصل	مصنوفة ذات شقوق		مصنوفة ذات شقوق	مصنوفة أبواق	صفيق بوقي	نمط الهوائي
خطي	غير موصّف		خطي	خطي	خطي	استقطاب الهوائي
30	32 (محد أقصى)	27 (محد أدنى)	39	43	29	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)

الجدول 2 (تابع)

نظام S5	نظام S4		نظام S3	نظام S2	نظام S1	الخصائص
20	26,0 (حد أقصى)	20,0 (حد أدنى)	1	1	13	عرض حزمة ارتفاع للهوائي (بالدرجات)
1,4	2,3 (حد أقصى)	0,75 (حد أدنى)	1,5	1	3	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
rpm 24	60 (حد أقصى)	20 (حد أدنى)	s/°180	s/°90	rpm 9,5	معدل المسح الأفقي للهوائي
°360	°360		°360 أو بحث/تتبع قطاعي (ميكانيكي)	°360 (ميكانيكي)	°360 (ميكانيكي)	نمط المسح الأفقي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، الخ)
لا ينطبق	لا ينطبق		لا ينطبق	s/°90	لا ينطبق	معدل المسح الرأسي للهوائي
لا ينطبق	لا ينطبق		لا ينطبق	قطاعي: -°30/+°83 (ميكانيكي)	لا ينطبق	نمط المسح الرأسي للهوائي
dB _i 5 (الفص الجانبي الأول)	≤ 10° عند dB _i 9 (حد أدنى)	≤ 10° عند dB _i 4 (حد أدنى)	dB _i 23 (الفص الجانبي الأول)	dB _i 23 (الفص الجانبي الأول)	غير محددة	مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
مركب على الصاري أو سطح السفينة	مركب على الصاري أو سطح السفينة		مركب على الصاري أو سطح السفينة	مركب على الصاري أو سطح السفينة	مركب على الصاري أو سطح السفينة	ارتفاع الهوائي
	60 (حد أقصى)	45 (حد أدنى)	غير محدد	غير محدد	غير محدد	التردد المتوسط للمستقبل (MHz)
0,5	28؛ 6 (حد أقصى) نبضة قصيرة وطويلة على التوالي	6؛ 2,5 (حد أدنى) نبضة قصيرة وطويلة على التوالي	12؛ 4؛ 2,5	0,5	12	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
3,5	8,5 (حد أقصى)	3,5 (حد أدنى)	9	3,5	غير محدد	رقم ضوضاء المستقبل (dB)
113-	91- (حد أقصى)	106- (حد أدنى)	95-؛ 100-؛ 102-	113-	96-	الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm)
1,7 إلى 54	غير محدد		غير محدد	غير موصّف	لا ينطبق	عرض نطاق الزققة (MHz)
غير محدد	غير محدد		4,2؛ 1,6	غير محدد	5؛ 10	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) - dB 3
غير محدد	غير محدد		24؛ 10	غير محدد	16؛ 80	- dB 20

الجدول 2 (تابع)

النظام S9		النظام S8		النظام S7		النظام S6		الخصائص
رادار ملاحه راديوية بحرية ⁽⁷⁾		رادار ملاحه راديوية بحرية ⁽⁶⁾		ملاحه وبحث		رادار ملاحه راديوية بحرية		الوظيفة
محمولة على متن السفن		محمولة على متن السفن		محمولة على متن السفن		محمولة على متن السفن		نمط المنصة
30 ± 9 445	30 ± 9 410	30 ± 9 410		9 500-9 300		9 440-9 380		مدى التوليف (MHz)
نبضي		نبضي		نبضي		نبضي		التشكيل
kW 10-1,5		kW 5		kW 1,5		kW 25		ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
1,2 (حد أقصى) عند pps 375	0,08 (حد أدنى) عند pps 3 600	0,5 و 0,18 و 0,05 عند pps 3 000 إلى μs 0,05 عند pps 1 000		0,5 و 0,25 و 0,08 750 و 1 500 و 2 250		1,2 و 0,7 و 0,4 و 0,2 و 0,08 1 000 و 1 800 و 2 200 (μs 0,08)؛ و 600 (μs 1,2)		عروض النبضة (μs) ومعدلات تكرار النبضة (pps)
0,00045		0,0005		0,000375		0,00072		دورة التشغيل القصوى
غير محدد		غير محدد		0,01/0.05		0,010/0.010		زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
مغنترون		مغنترون		مغنترون		مغنترون		جهاز خرج
مروحي		مروحي		مروحي		مروحي		نمط مخطط الهوائي
صفييف بفواصل/رقعي أو بوقي		صفييف بفواصل		دليل موجي بفواصل يُغذى من المركز		صفييف بفواصل يُغذى من الطرف		نمط الهوائي
أفقي		أفقي		أفقي		أفقي		استقطاب الهوائي
30-22		30		23,9		31		كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
28-24		26		25		20		عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات)
7-1,9		0,95		6		0,95		عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
rpm 24		rpm 24		rpm 24		rpm 24		معدل المسح الأفقي للهوائي
°360		°360		°360		°360		نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، قطاعي، إلخ)

الجدول 2 (تتمة)

النظام S9	النظام S8	النظام S7	النظام S6	الخصائص
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	معدل المسح الرأسي للهوائي
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	نمط المسح الرأسي للهوائي
حزمة رئيسية 22 dBi؛ 3 إلى 4 dBi ضمن 10°؛ 0 إلى 3 dBi خارج 10° حزمة رئيسية 30 dBi؛ 7 إلى 10 dBi ضمن 10°؛ -2 إلى 7+ dBi خارج 10°	> 5 dBi ضمن 10°؛ ≥ 2 dBi خارج 10°	2,9+ dBi	غير محددة	مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
سارية	سارية	سارية	سارية	ارتفاع الهوائي
45-60	50	غير محدد	غير محدد	التردد المتوسط للمستقبل (MHz)
25-2,5	25-15	10 و 3	15	عرض نطاق 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
4 إلى 8	6	6	6	سوية ضوضاء المستقبل (dB)
غير محدد	غير محدد	-102 (ضوضاء الخلفية)	-97 (ضوضاء الخلفية)	الحد الأدنى للإشارة الممكن تمييزها (dBm)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	إجمالي عرض الزقزقة (MHz)
غير محدد	غير محدد			عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)
		20	14	- 3 dB
		55	43	- 20 dB

(3) فئة المنظمة البحرية الدولية (IMO) بما في ذلك صيد الأسماك.

(4) نبضة غير منضغطة مرنة التردد شبه عشوائية.

(5) معدل الكنس الترددي (كنسة/الثانية).

(6) الفئة النهريّة.

(7) فئة زوارق الترفيه.

الجدول 3

خصائص المنارات والرادارات القائمة على الأرض للاستدلال الراديوي في النطاق 10 500-8 500 MHz*

نظام G5	نظام G4	نظام G3	نظام G2	نظام G1	الخصائص
رادار الاقتراب والهبوط الدقيقين	رادار تتبع	رادار تتبع	مرسل - مستجيب منار اللقاء	مرسل - مستجيب منار اللقاء	الوظيفة
أرضية (متدلّية)	أرضية (متدلّية)	أرضية (متدلّية)	أرضية (محمولة على ظهر إنسان)	محمولة جواً	نمط المنصة
9 200-9 000	10 500-10 000	9 990-9 370	9 535 و 9 375 (Rx)؛ 9 310 (Tx)	9 500-8 800	مدى التوليف (MHz)
نبضي رشيق التردد	FMCW، CW	نبضي رشيق التردد	نبضي	نبضة واحدة أو مزدوجة	التشكيل
kW 120	kW 14	kW 31	20 إلى 40 W	W 300	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
0,25 6 000	لا ينطبق لا ينطبق	1 7 690 إلى 14 700	0,3 إلى 0,4 أقل من 20 000	0,3 10 إلى 2 600	عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضة (pps)
0,0015	1	0,015	0,008	0,00078	دورة التشغيل القصوى
0,02/0,04	لا ينطبق	0,05/0,05	0,10/0,15	0,1/0,2	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
أنبوبة موجات متنقلة	أنبوبة موجات متنقلة	أنبوبة موجات متنقلة	حالة صلبة	مغنترون	جهاز خرج
ضيق/مروحي	ضيق	ضيق	ربعية	شامل الاتجاه	نمط مخطط الهوائي
صفيق مستو من ثنائيات الأقطاب	صفيق مستو	صفيق مطاور (دليل موجي خطي بفواصل)	صفيق دارات مطبوعة	دليل موجي مفتوح الطرف	نمط الهوائي
دائري	خطي	خطي	دائري	خطي	استقطاب الهوائي
40	42,2	42,2	13	8	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)

الجدول 3 (تابع)

نظام G5	نظام G4	نظام G3	نظام G2	نظام G1	الخصائص
0,7	1	0,81	20؛ 3	18	عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات)
1,1	1	1,74	10؛ 65	360	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
s/°30-5	°/s 90	غير محدد	لا ينطبق	لا ينطبق	معدل المسح الأفقي للهوائي
قطاعي: +15°/23+ (ممسوح طورياً)	360° (ميكانيكي)	قطاعي: ±45° (ممسوح الطور)	لا ينطبق	لا ينطبق	نمط المسح الأفقي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
s/°30-5	°/s 90	غير محدد	لا ينطبق	لا ينطبق	معدل المسح الرأسي للهوائي
قطاعي: -1°/7+ (ممسوح ترددياً)	قطاعي: ±90° ميل مصفوفة (ميكانيكي)	قطاعي: ±90° ميل مصفوفة (ممسوحة ترددياً)	لا ينطبق	لا ينطبق	نمط المسح الرأسي للهوائي
غير محددة	غير محددة	غير محددة	0 dB (SL الأول)	غير محددة	مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
مستوى الأرض	مستوى الأرض	مستوى الأرض	مستوى الأرض	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الهوائي
2,5	0,52	1	40	24	التردد المتوسط للمستقبل (MHz)
غير محدد	3,4	غير محدد	13	غير محدد	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
98-	113-	107-	65-	99-	الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	عرض نطاق الرقعة (MHz)
3,6	غير محدد	0,85	4,7	2,4	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)
25,0	غير محدد	5,50	11,2	13,3	- dB 3 - dB 20

الجدول 3 (تابع)

خصائص المنارات والرادارات القائمة على الأرض للاستدلال الراديوي في النطاق 500-8 500 MHz

نظام G8	نظام G7	نظام G6	الخصائص
أجهزة كشف سطح المطار (ASDE)	رادار الاقتراب الدقيق	مراقبة المطار/GCA	الوظيفة
أرضية	أرضية (ثابتة أو قابلة للنقل)	أرضية (متنقلة)	نمط المنصة
9 200-9 000 نبضة إلى نبضة مرنة على مدى 4 ترددات	9 200-9 000 (4 ترددات لكل نظام)	9 025	مدى التوليف (MHz)
بسيط وبأزواج نبضات NLFM	بسيط وبأزواج نبضات NLFM	بسيط وبنبضات NLFM	التشكيل
W 60	W 500	W 310,5	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
0,04 و 3,7 (منضغط إلى 0,040)	0,65 و 25 زوج نبضات 3 470 و 3 500 و 5 200 و 5 300	1,2 و 30 و 96	عرض النبضة (μs) ومعدلات تكرار النبضة (pps)
0,015	0,11	0,203	دورة الخدمة القصوى
نبضة قصيرة 0,02/0,12؛ نبضة طويلة 0,11/0,12؛	0,15/0,15 و 0,15/0,15	غير محدد	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
حالة صلبة مع مجمع	ترانزستورات	حالة صلبة	جهاز خرج
مقلوب ² csc	مروحي رأسي ومروحي أفقي	مروحي (² csc)	نمط مخطط الهوائي
صفييف منفعل	صفييفان مطاوران	صفييف نشط + عاكس	نمط الهوائي
دائري	دائري ميامن	رأسي	استقطاب الهوائي
35	مروحي رأسي: 36 مروحي أفقي: 36	37,5 Tx, 37 Rx	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
17	مروحي رأسي: 9,0 مروحي أفقي: 0,63	3,5 + ² csc إلى 20	عرض حزمة الارتفاع للهوائي (بالدرجات)
0,35	مروحي رأسي: 1,04 مروحي أفقي: 15	1,05	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)

الجدول 3 (تابع)

نظام G8	نظام G7	نظام G6	الخصائص
rpm 60	مروحي رأسي: $s/^\circ 60$ ، نصف الوقت (60 مسحة/دقيقة)	$s/^\circ 12$	معدل المسح الأفقي للهوائي
مستمر	$^\circ 30$ قطاعي	$^\circ 360$	نمط المسح الأفقي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
لا ينطبق	مروحي أفقي: $s/^\circ 20$ ، نصف الوقت (60 مسحة لكل دقيقة)	لا ينطبق	معدل المسح الرأسي للهوائي
لا ينطبق	$^\circ 10$ قطاعي	لا ينطبق	نمط المسح الرأسي للهوائي
مستوي Az: $\geq 10+$ مستوي El: $\geq 20+$	مروحي رأسي: dBi 17 مروحي أفقي: dBi 18,5	7,5 في المتوسط على Tx، و2,9 في المتوسط على Rx	مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
30 إلى 100 m فوق سطح الأرض	مستوى الأرض	مستوى الأرض	ارتفاع الهوائي
28	40	غير محدد 0,8 (تقديرياً)	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
3,5	7,5	5 إلى 6,5	رقم ضوضاء المستقبل (dB)
غير موصّف	90– (S/N = 13,5 dB)	غير موصّف	الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm)
غير موصّف	غير موصّف	65 من الضوضاء إلى انضغاط 1 dB	المدى الدينامي (dB)
تكمال غير متماسك رباعي النبضات	6	7	الحد الأدنى من عدد النبضات المعالجة في كل فاصل معالجة متماسكة (CPI)
نبضة قصيرة: لا شيء نبضة طويلة: 50	2	غير موصّف 0,8 (تقديرياً)	إجمالي عرض الزقزقة (MHz)
غير موصّف 50 تقريباً 100 تقريباً	1,1 (نبضة بسيطة)، 1,8 (NLFM) 5,8 (نبضة بسيطة)، 3,15 (NLFM)	غير موصّف 0,8 (تقديرياً) غير معروف	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) - dB 3 - dB 20
CFAR محلي؛ خريطة الجلبة؛ مرشاح فضائي ثنائي الأبعاد	غير محددة	غير محددة	خصائص رفض التداخل

الجدول 3 (تابع)

نظام G12	نظام G11	نظام G10	نظام G9	الخصائص
رادار متابعة	أرصاد جوية (تحديد راڊيوي للموقع)	أرصاد جوية (تحديد راڊيوي للموقع)	أرصاد جوية (تحديد راڊيوي للموقع)	الوظيفة
أرضي	أرضي	أرضي	أرضي	نمط المنصة
MHz 9 500-8 700	MHz 9 375	MHz 9 500-9 200	MHz 9 375-9 300	مدى التوليف (MHz)
الخطية FM نبضة	نبضي	نبضي	نبضي	التشكيل
kW 150	kW 35 لكل استقطاب	kW 250	kW 50	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
15-1 15 000-500	1 و 2 500	0,5 و 1,5 و 0,8 و 2,0 250 إلى 1 500	0,1 و 0,25 و 1,0 1 000 إلى 2 000	عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضة (pps)
غير محددة	غير محددة	غير محددة	0,002	دورة الخدمة القصوى
0,05	غير محدد	غير محدد	0,05	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
TWT	مغناطرون	مغناطرون	كلسترون أو مغناطرون	جهاز الخرج
ضيق	حزمة ضيقة	حزمة ضيقة	حزمة ضيقة	نمط مخطط الهوائي
مصنوف مستوي	عاكس مكافئ	عاكس مكافئ	عاكس مكافئ مع مغذي كاسغرين	نمط الهوائي
خطي	خطي (استقطاب مزدوج)	خطي	خطي (استقطاب مزدوج)	استقطاب الهوائي
38	40	45	46	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
5	1,5	1,0 >	0,9	عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات)
5	1,5	1,0 >	0,9	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
°/s 300	°/s 6	من 0 إلى 36 °/s	من 0° إلى 20°/s	معدل مسح رأسي للهوائي
مستمر	الحجم	الحجم	الحجم، حجم قطاع، مستقر ومتنوع	مسح رأسي للهوائي (متواصل، عشوائي، قطاعي، إلخ)
لا ينطبق	0° إلى 90°	غير محدد	0° إلى 20°	معدل المسح الرأسي للهوائي

الجدول 3 (تتمة)

نظام G12	نظام G11	نظام G10	نظام G9	الخصائص
عشوائي	غير محدد	خطوات إلى الارتفاع التالي بعد الدوران الأفقي	خطوات إلى الارتفاع التالي بعد الدوران الأفقي أو تغيير الارتفاع عند سمت ثابت	نمط المسح الرأسي للهوائي
غير محددة	10 dBi (الفص الجانبي الأول) 0 dBi (الفصل الجانبي البعيد)	16 dBi	26 dBi	مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
سوية الأرض	5 إلى 15 m	2 إلى 30 m	4 m	ارتفاع الهوائي
3 MHz	غير محدد	غير محدد	10 أو 4 أو 1	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
105-	113-	114-	110-	ضوضاء خلفية المستقبل (dB)
غير محددة	غير محددة	غير محددة	غير محددة	خسارة الاستقبال، dB
3	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	عرض نطاق الزقزقة (MHz)
MHz 3	MHz 1 MHz 6	غير محدد غير محدد	غير موصّف 6 إلى 60 MHz - تبعاً لعرض النبضة	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) - dB 3 - dB 20

* يمكن أيضاً استعمال أنظمة رادار بخصائص مشابهة لتلك الواردة في الجدول 2 لأنظمة الملاحة الراديوية البحرية من أجل رادارات ملاحية جوية قائمة على الأرض في المطارات.

1.2 المرسلات

تستعمل الرادارات العاملة في النطاق 500-8 500 MHz مجموعة متنوعة من التشكيلات بما فيها النبضات غير المشكلة والموجة المستمرة (CW) والنبضات بتشكيل التردد (المزققة) والنبضات بتشفير الطور. وتُستعمل أجهزة خرج المجال المتقاطع والحزمة الخطية والحالة الصلبة في المراحل الأخيرة من المرسلات. وتتجه أنظمة الرادارات الجديدة نحو أجهزة خرج الحزمة الخطية والحالة الصلبة نظراً لمتطلبات معالجة إشارة دوبلر. علاوة على ذلك، تمتلك الرادارات التي تستعمل أجهزة خرج الحالة الصلبة قدرة خرج منخفضة ودورات تشغيل ذات نبضات عالية. وفي أربع حالات (الأنظمة A4 و S2 و S5 و G4)، تبلغ دورة التشغيل 100% مع رادارات تحديد راديوي للموقع CW عالية القدرة تشغل جميعها فوق 10 GHz. وثمة اتجاه أيضاً إلى استعمال أنظمة الرادار من النمط مرن التردد التي تكبت التداخل أو تخفضه كما هو الشأن في بعض أنظمة الاتصالات. كما تُستعمل مرونة التردد أحياناً لتجنب عودة الجلبة ملتبسة المدى. وقد تجرى إرسالات عشوائية (أو شبه عشوائية) على تردد واحد لموجة حاملة طوال فاصل المعالجة المتسقة، بل حتى في وضع الحزمة الكاملة للهوائي أو في فترة سكونها حيث تُرسل نبضات عديدة، أو خلال نبضة واحدة فقط. وهذه البدائل شبيهة "بالقفز بطيء التردد" و"القفز سريع التردد" في نظام للاتصالات. وينبغي أخذ هذه الجوانب الهامة لأنظمة الرادار في الاعتبار عند إجراء دراسات ملائمة.

ويتراوح عرض النطاقات النمطية للمرسل RF (3 dB) للرادارات العاملة في النطاق 500-8 500 MHz بين 45 kHz و 637 MHz. ويتراوح مدى قدرات ذروة خرج المرسل بين 1 nW (0 dBm) بالنسبة لمرسلات الحالة الصلبة و (4, 83 dBm) kW 220 بالنسبة للرادارات عالية القدرة المستعملة لأجهزة المجال المتقاطع (مغنون). لا تتناول هذه التوصية خصائص البث غير المطلوب.

2.2 المستقبلات

تستعمل أنظمة رادار الجيل الأحدث عهداً معالجة الإشارة الرقمية بعد عمليات كشف الهدف والمدى والسمت ومعالجة دوبلر. وتشمل معالجة الإشارة الرقمية عموماً تقنيات تُستعمل لتحسين كشف الأهداف المنشودة وإنتاج هذه الأهداف في شكل رموز على الشاشة. وتوفر تقنيات معالجة الإشارات المستعملة لتعزيز كشف الأهداف المنشودة والتعرف عليها قدرًا من كبت التداخل النبضي ذي دورة التشغيل المنخفضة (أقل من 5%) غير المتزامن مع الإشارة المنشودة.

وتستعمل معالجة الإشارة للرادارات من الجيل الأخير نبضات زرقية أو مشفرة الطور لإنتاج كسب معالجة بالنسبة إلى الإشارة المنشودة وربما توفر أيضاً كبتاً للإشارات غير المنشودة.

تستعمل بعض الرادارات الأحدث عهداً صفيقة القدرة أو رادارات الحالة الصلبة معالجة إشارات القنوات المتعددة ذات دورة تشغيل عالية لتعزيز عودة الإشارة المنشودة. وتتوفر لبعض مستقبلات الرادار القدرة على التعرف على هوية قنوات RF ذات مستويات منخفضة من الإشارات غير المنشودة، وتأمّر المرسل بالإرسال على هذه القنوات RF.

3.2 الهوائيات

تُستعمل الرادارات العاملة في نطاق التردد 500-8 500 MHz أنماطاً مختلفة من الهوائيات. وتعتبر الهوائيات. في هذا النطاق عموماً ذات حجم ملائم ولذلك فهي تم التطبيقات التي يتسم فيها التنقل وخفة الوزن بالأهمية، وليس طول المدى. وتعمل عدة رادارات في النطاق 500-8 500 MHz وفقاً لمجموعة متنوعة من الأساليب بما في ذلك أسلوب البحث والملاحة (رصد الطقس). وتقوم هوائيات مثل هذه الرادارات عادةً بعملية مسح على مستوى 360° في المستوى الأفقي.

ثمة رادارات أخرى أكثر تخصصاً وتحصر المسح في قطاع ثابت. وتستخدم غالبية الرادارات في النطاق 500-8 500 MHz المسح الميكانيكي، في حين تستعمل رادارات الجيل الأحدث صفيق هوائيات تمسح إلكترونياً. وتستعمل استقطابات أفقية

رأسية ودائرية. وتتراوح الارتفاعات النمطية لهوائيات الرادارات المقامة على الأرض والمحمولة على متن السفن بين 8 m و 30 m فوق مستوى السطح على التوالي، رغم أن العديد من رادارات الملاحة الراديوية البحرية هي أقصر من 30 m.

3 خصائص تقنية وتشغيلية إضافية لأنظمة الملاحة الراديوية المحمولة على متن السفن في النطاق 300 9 500-9 MHz

يمكن التمييز بوضوح، بعبارة عامة، بين الرادارات المتطابقة مع متطلبات المنظمة البحرية الدولية (IMO) (بما في ذلك تلك المستعملة على سفن صيد الأسماك) وتلك المستعملة في الملاحة الداخلية (الأفهار) وتلك المركبة على زوارق الترفيه طوعاً لأغراض السلامة.

ترد في الجدول 4 مقارنات لقدرة المرسل وأعداد الرادارات للفئات الثلاث أعلاه.

الجدول 4

رادارات الملاحة الراديوية المحمولة على متن السفن

فئة الرادار	ذروة القدرة (kW)	المجموع الإجمالي
المنظمة IMO وصيد الأسماك	$75 \geq$	$300\ 000 <$
نهرى	$10 >$	$20\ 000 >$
ترفيهي	$5 >$	$2\ 000\ 000 <$

تُشغّل كل الرادارات تقريباً المستعملة على متن الزوارق النهرية والترفيهية في النطاق 300 9 500-9 MHz. كما أن معظم رادارات IMO زوارق صيد الأسماك تشغل أيضاً في النطاق نفسه، وإن كان عدداً كبيراً من رادارات IMO يشغل في النطاق 2 900-3 100 MHz.

وخصائص الرادار التي تؤثر على كفاءة استعمال الطيف، بما فيها معايير الحماية، هي تلك المرتبطة بهوائي الرادار والمرسل/المستقبل فيه. وتستعمل غالبية الرادارات البحرية صيف هوائيات بفواصل، بيد أن بعض رادارات زوارق الترفيه تستعمل صيف رقعي أو بوقي.

4 معلومات إضافية تتعلق برادارات الملاحة الراديوية البحرية

1.4 متطلبات الأداء وآثار التداخل

قد تعجز أنظمة الملاحة الراديوية عن الوفاء بمتطلبات أدائها إذا تسببت إشارات غير مطلوبة في كميات مفرطة من مختلف أنماط الانحطاط بسبب التداخل. وتبعاً للأنظمة المتفاعلة ولسيناريوهات التشغيل المحددة يمكن أن تشمل هذه الأنماط ما يلي:

- تأثيرات الانتثار، وأي إزالة تحسس أو انخفاض مدى الكشف، وزوال الأهداف وانخفاض معدل التحديث؛
- تأثيرات منفصلة، أي التداخل المكتشف وزيادة معدل الإنذارات الكاذبة.
- وتصاحب أنماط الانحطاط هذه معايير حماية تقوم على أساس عتبة من قيم المعلمات، فبالنسبة لنظام لتجنب الاصطدام مثلاً:
- التخفيض المسموح به في مدى الكشف وما يرتبط به من إزالة تحسس؛
- المعدل المسموح به من فقد المسح؛
- الحد الأقصى المسموح به من معدل الإنذارات الكاذبة؛

- المعدل المسموح به من فقدان الأهداف الحقيقية؛
 - الأخطاء المسموح بها في تقدير موقع هدف.
- والمطلب التشغيلي للرادارات على متن السفن هو دالة السيناريو التشغيلي. وهذا مرتبط بالمسافة من الساحل وعوائق البحر. وعلى سبيل التبسيط توصف هذه السيناريوهات بأنها محيطية أو ساحلية أو مينائية.
- اعتمدت المنظمة البحرية الدولية (IMO) مراجعة لمعايير الأداء التشغيلي للرادارات البحرية². وتقرّ مراجعة المنظمة IMO، لأول مرة، إمكانية التداخل من خدمات راديوية أخرى.
- وأهم ما في الأمر أن السلطات البحرية الدولية قد بينت، دون تحفظ، في آخر تحديث لاتفاقية المنظمة البحرية الدولية (IMO) لحماية الحياة البشرية في البحر (SOLAS)، أن الرادار ما زال المحساس الأول من أجل تجنب الاصطدام.
- ويتعين النظر إلى هذا البيان في سياق التزويد الإلزامي لبعض فئات السفن بأنظمة التعرف الأوتوماتي (AIS) وتعتمد هذه الأنظمة على مراجع خارجية، كالنظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) مثلاً، للتحقق من إشارة الموقع النسبي من حيث سيناريوهات تجنب الاصطدام.
- غير أن تزويد السفن بهذه الأجهزة لا يمكنه مطلقاً أن يأخذ في الحسبان العديد من الأجسام البحرية، من قبيل جبال الجليد وحطام السفن وما إلى ذلك من السفن غير المزودة بأنظمة التعرف الأوتوماتي (AIS). وهذه الأجسام هي من الأسباب المحتملة لاصطدام السفن ومن ثم ينبغي الكشف عنها بواسطة رادارات السفن. ولذلك فإن الرادار سوف يبقى النظام الرئيسي لتجنب الاصطدام في المستقبل القريب.
- ومن بين أهداف الرادار الأخرى، تذكر معايير IMO الحاجة لأن يكشف الرادار المخاطر الصغيرة العائمة والثابتة، فضلاً عن مساعدات الملاحة الثابتة. وهي تتطلب الكشف عن أهداف متنوعة محددة في ثمانٍ من عشر مسحات على الأقل وبمعدل إنذار كاذب يبلغ 10⁻⁴. وتشمل الأهداف المحددة زوارق صغيرة ذات عاكس راداري يستوفي معايير أداء IMO بالإضافة إلى عوامات الملاحة والزوارق الصغيرة غير المزودة بعاكس راداري، كل منها ضمن مدى معيّن³. وتستلزم المعايير أيضاً دقة المدى والتقييم الزاوي ضمن 30 m و 1°، على التوالي. وهي تدعو لإيجاد وسيلة للتخفيض الملائم للتداخل من رادارات أخرى. وتتطلب القدرة على عرض استبانة هدفين من نقطتين على نفس التقييم الزاوي لكن بتباعد 40 m في المدى، واستبانة هدفين من نقطتين متباعدتين بمقدار 2,5° في التقييم الزاوي. وهي تدعو علاوة على ذلك إلى تقليل إمكانية تتبع هدف ما إلى أدنى حد بلداً من آخر (تبادل الأهداف) والإنذار عند فقدان أثر هدف متتبع، وهذا كله يؤثر على استبانة الهدف وأخطاء الموقع التي يمكن أن تتفاقم بسبب التداخل.

5 أنظمة الاستدلال الراديوي المستقبلية

من المرجح أن تكون الرادارات القادمة للاستدلال الراديوي القادرة على العمل في النطاق 500-8 500 MHz مشابهة في خطوطها العريضة للرادارات القائمة الموصوفة هنا. إذ تخطط إحدى الإدارات مثلاً لنشر رادارات أرصاد جوية قصيرة المدى وقائمة على الأرض في النطاق 9 300-9 500 MHz. وستصمم شبكة رادارات الطقس الدوبلرية الموزعة من أجل الاستخدام الفعال، باستعمال تشغيل حالة صلبة منخفضة القدرة، بالإضافة إلى توفير معاينة عالية للاستبانة على امتداد طبقة التروبوسفير برمتها. أما المعلومات التقنية الأخرى من قبيل هوائي قطره متر واحد وأساليب تشغيل بدورة تشغيل منخفضة فهي متسقة مع رادارات الاستدلال الراديوية العاملة في النطاق 500-8 500 MHz. والأرجح أن تتسم الرادارات المستقبلية للاستدلال

² قرار المنظمة البحرية الدولية (IMO) MSC.192 (79)، اعتماد معايير أداء مراجعة لأجهزة الرادار، اعتمد في 10 ديسمبر 2004.

³ معايير الأداء المراجعة للمنظمة البحرية الدولية فيما يخص عاكسات الرادار (القرار MSC.164(78)).

الراديوي بذات القدر من المرونة، على الأقل، التي تتسم بها الرادارات التي سبق وصفها، بما في ذلك القدرة على التشغيل بشكل مختلف في قطاعات مختلفة في السمات وفي الارتفاع.

ومن المعقول توقع أن تسعى بعض التصميمات المستقبلية إلى القدرة على التشغيل في نطاق عريض يمتد على الأقل إلى حدود النطاق المستعمل في هذه الدراسة.

والأرجح أن تزود رادارات الاستدلال الراديوية المستقبلية بهوائيات توجه حزمها إلكترونياً. والتكنولوجيا القائمة حالياً تجعل التوجيه الطوري بديلاً عملياً وجذاباً، والكثير من رادارات الاستدلال الراديوية المطورة في السنوات الأخيرة للاستخدام في نطاقات أخرى استعمل التوجيه الطوري في السمات والارتفاع على السواء. وعلى نقيض الرادارات موجهة التردد (مثل النظامين 15 و 17) يمكن أن توجه رادارات الصفيح المطاور أي تردد أساسي في نطاق تشغيل الرادار إلى أي سمات وارتفاع اعتباريين ضمن منطقة تغطيتها الزاوية. ومن المزايا الأخرى لهذه التقنية أنها تسهل المواءمة الكهرمغناطيسية في ظروف عديدة.

ويتوقع أن يكون لبعض رادارات الاستدلال الراديوية المستقبلية قدرة متوسطة بنفس ارتفاع قدرة الرادارات الموصوفة هنا على الأقل. غير أنه من المعقول توقع أن يسعى مصمموا الرادارات المستقبلية إلى تخفيض بث الضوضاء عريضة النطاق دون إرسال الرادارات الحالية التي تستعمل مغنطرونات أو مضخات المجال المتقاطع. ومن المتوقع إنجاز هذا التخفيض في الضوضاء باستعمال أنظمة مرسل هوائي الحالة الصعبة. وفي هذه الحالة ستكون النبضات المرسله أطول من حيث المدة وستكون دورات تشغيل الإرسال أعلى بشكل ملموس مقارنة بمرسلات الرادارات الأنبوبية الحالية.

الملحق 2

معايير الحماية من أجل الرادارات

1 معايير الحماية

1.1 التداخل المستمر الشبيه بالضوضاء

تتأثر الرادارات بإشارات غير مطلوبة أساساً ذات أشكال مختلفة، ويسود اختلاف حاد بين آثار الطاقة المستمرة الشبيهة بالضوضاء وآثار النبضات. إذ يلحق تداخل الموجة المستمرة من النمط الشبيه بالضوضاء أثراً مزيلاً للحساسية على رادارات الاستدلال الراديوي، وهذا الأثر مرتبط بشدة هذا التداخل على نحو متوقع. وفي أي قطاع من السمات يحدث فيه هذا النمط من التداخل تكون إضافة الكثافة الطيفية لقدرة هذا التداخل إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لنظام الرادار كافية للحصول على نتيجة تقريبية معقولة. وإذا كانت قدرة الضوضاء في نظام الرادار في غياب التداخل هي N وتلك الخاصة بالتداخل الشبيه بالضوضاء هي I ، تكون قدرة الضوضاء الفعلية الناتجة هي $I+N$ ببساطة.

وبالنظر إلى أن معايير حماية الرادار الموضوعه عادة في قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد تستند إلى التبعات المترتبة على الحفاظ على نسبة الإشارة الضوضاء عودة الهدف في وجود تداخل، مما يتطلب زيادة قدرة عودة الهدف بالتناسب مع الزيادة في الضوضاء من N إلى $I+N$. ولا يتحقق ذلك إلا بقبول مديات قصوى أقصر على أهداف معينة، أو التضحية بأهداف صغيرة، أو تعديل الرادار لزيادة قدرة إرساله أو زيادة ناتج قدرة الفتحة. (في الرادارات الحديثة، تقارب ضوضاء النظام المستقبل عادةً حد أدنى غير قابل للتخفيض بحيث تصبح المعالجة المثلى للإشارة باتت أمراً شائعاً).

وتختلف هذه التبعات وفقاً لوظيفة الرادار وطبيعة أهدافه. وبالنسبة لمعظم الرادارات، من شأن مستوى الضوضاء الفعلية بنحو 1 dB أن يصيب الأداء بأقصى حد محتمل من الانحطاط. في حالة هدف منفصل بمقطع عرضي راداري متوسط أو وسيط

(RCS)، فإن هذه الزيادة ستخفض مدى الكشف بحوالي 6% بغض النظر عن أي خصائص تقلبات المقطع العرضي الراداري RCS لذلك الهدف. وينتج هذا الأثر من واقع أن مدى الفضاء الحر القابل للتحقيق يتناسب مع الجذر الرابع لحاصل نسبة قدرة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) وفق المعادلة المألوفة جداً لمدى الرادار. فزيادة تبلغ 1 dB في قدرة الضوضاء الفعلية تقابل عامل يبلغ 1,26 في القدرة، فإن ظل دون تعويض فسوف يتطلب من هدف منفصل انخفاضاً في مدى الفضاء الحر بعامل قدره $(1,26)^{1/4}$ أو 1,06، أي خفضاً في قدرة المدى تقارب 6%. وفي معادلة المدى، تتناسب النسبة SNR طردياً أيضاً مع قدرة المرسل، ومع ناتج القدرة مع فتحة الهوائي (من أجل رادار مراقبة)، ومع المجال المتقاطع لرادار الهدف. وعلى التبادل، يمكن التعويض عن زيادة تبلغ 1 dB في قدرة الضوضاء الفعلية بالاستغناء عن كشف الأهداف باستثناء تلك التي لها مجال راداري قدره 1,26 مثل الحجم الأدنى للهدف الممكن كشفه في منظومة خالية من التداخل، أو بزيادة قدرة مرسل الرادار أو جداء قدرته مع فتحة هوائيه بقدر 26%. وتشكل أي من هذه البدائل حد المقبولية بالنسبة لما تتطلع إليه معظم الأنظمة الرادارية، وقد تكون التعديلات مكلفة أو غير عملية أو مستحيلة، لا سيما في الرادارات المتنقلة. بالنسبة للأهداف المتقطعة، تسري تبعات الأداء هذه على أي احتمال للكشف وعلى أي معدل للإنذارات الكاذبة وعلى أي خصائص لتقلب الهدف.

تختلف رادارات تحبب أخطار الطقس ورصد الطقس عن رادارات الأهداف المتقطعة بأن لها أهداف ممتدة، وهي الهواطل عادةً، التي كثيراً ما تملأ حزمة الرادار بالكامل (وهي ضيقة عادةً إلى حد ما). وفي الشكل المقابل لمعادلة مدى الرادار، تتناسب نسبة SNR عكسياً مع الجذر العكسي للمدى بالأحرى لا مع عكس الأس الرابع له. فبالنسبة لرادار طقس يرصد مطراً يملأ الحزمة، فإن خفض المدى من أجل دقة معينة من تقدير معدل هطول المطر سيكون الجذر التربيعي للعامل 1 dB أي $(1,26)^{1/2}$ الذي يساوي 1,12. من ثم فإن هناك خسارة تبلغ 12% في قدرة المدى في وجود مثل هذا التداخل الذي يقابل أيضاً خسارة تبلغ 21% في منطقة التغطية. وعلى التبادل، بالنسبة لمدى معين، سيرفع التداخل (أي يحط من) انعكاسية الطقس القابلة للقياس بحوالي 26% دون مراعاة خصائص تقلب انعكاسية الطقس.

وبالنسبة لرادارات الأرصاد الجوية، تمثل زيادة تناهز 0,5 dB انحطاطاً في المدى وتغطية المنطقة قدره 5 و11%، على التوالي. وتقابل مثل هذه الزيادة نسبة $(I+N)/N$ لما يقارب -10 dB. لكن هذه القضية تتطلب المزيد من الدراسة.

تؤدي رادارات التصوير ذات الفتحة التركيبية (SAR) تكاملاً متسقاً لنبضات العودة خلال الوقت اللازم لكي تعبر RF التردد الراديوي حزمة الهوائي كل بكسل في المشهد المرصود. بموجب حركة منصة الرادار. ونظراً لأن عرض إضاءة الحزمة على الأرض يتناسب طردياً مع المدى (يتناسب عادةً مع ارتفاع منصة الرادار ويزداد مع زاوية المنطقة)، فإن عدد النبضات المتيسرة للتكامل وبالتالي كسب معالجة التكامل نسبةً إلى الضوضاء يتناسبان أيضاً مع المدى. وبالقدر الذي تسمح به مرونة التصميم، تُعدّل نسبة SNR للخروج (المعالج) من التناسبية إلى عكس الأس الرابع للمدى، السائد في هدف متقاطع يرصده رادار ذو فتحة حقيقية، إلى التناسبية مع عكس الأس الثالث للمدى. وهكذا، فإن زيادة تبلغ 1 dB في قدرة الضوضاء الفعالة، أي زيادة بعامل 1,26 في القدرة، ستتطلب خفضاً في مدى رادار SAR من تضاريس أرض معينة يراد تصويرها، بعامل $(1,26)^{1/3}$ أو 1/1,077 أي بخسارة 7,7%. فإن سمحت القيود التشغيلية بمثل هذا الخفض في المدى، سيتسبب ذلك بدوره في تخفيض مقابل في معدل جمع بيانات التصوير. ويقع هذا الكسب على حدود المقبولية. والخيار الآخر هو رفع متوسط قدرة مرسل SAR بنسبة 26% وهو أيضاً على حدود المقبولية.

1.1.1 تجميع مساهمات التداخل

الزيادة البالغة 1 dB المشار إليها على طوال المناقشات أعلاه تقابل نسبة $(I+N)/N$ قدرها 1,26 أو نسبة I/N لحوالي -6 dB. ويمثل ذلك الأثر الإجمالي المسموح به لجميع مصادر التداخل. وهو ينطبق على الاستقبال عبر الحزمة الرئيسية للرادار بالإضافة إلى الاستقبال المتزامن عبر الفصوص الجانبية. لذا تتوقف نسبة I/N المقبولة من أجل تداخل شبيه بالضوضاء على عدد مصادر التداخل وهندستها، حيث ينبغي تحليلها ضمن سيناريو معين. وهذا ما يستتبعه واقع أن معظم الرادارات في هذا النطاق تقريباً تخضع لأهداف الظروف المحيطة، وترصد أهدافاً غير متعاونة، ولا تستفيد من الإطناب بما في ذلك إعادة إرسال الرزم التي

يتزايد استعمالها أكثر فأكثر باستمرار في تكنولوجيات الاتصالات. والاستشعار أساساً، بما في ذلك الرادار، هو استعمال مختلف جذرياً لطيف التردد الراديوي عن الاتصالات، ولذلك لا تعتبر نفس قواعد الحماية من التداخل مناسبة لكليهما.

2.1 التداخل النبضي

تكمية التداخل النبضي أكثر صعوبة وتتوقف إلى حد بعيد على تصميم المستقبل-المعالج وأسلوب تشغيل النظام. وبشكل خاص فإن الكسب الناتجة عن المعالجة التفاضلية لعودة الهدف الصالح (المنبّض بشكل متزامن) ولنبضات التداخل (غير المتزامنة عادة) غالباً ما يكون لها آثارٌ هامة على مستويات معينة من التداخل النبضي. ويمكن أن يؤدي مثل هذا التداخل إلى أشكال مختلفة من انخراط الأداء، ويشكل تقييمه هدفاً بالنسبة لتحليل و/أو اختبار التفاعلات بين أنماط محددة من الرادارات. ويتوقع عادة أن تساهم الخصائص العديدة لأنماط لرادارات الوارد وصفها هنا في كبت التداخل النبضي ذي دورة تشغيل منخفضة وخصوصاً الصادر من بضعة مصادر معزولة. وتقنيات كبت التداخل النبضي ذي دورة التشغيل المنخفضة واردة في التوصية ITU-R M.1372 - كفاءة استعمال الطيف الراديوي من قبل محطات الرادار في خدمة الاستدلال الراديوي.

2 معايير حماية رادارات الملاحة الراديوية على متن السفن

لا يوجد بعد أي اتفاق دولي بشأن معايير الحماية المطلوبة بشأن الرادارات المركبة حالياً على متن السفن بالنسبة للسيناريوهات المحددة أعلاه. غير أن التوصية ITU-R M.1461 تحدد مستوى تنوعية التداخل/الضوضاء بمقدار 6-dB.

قامت المنظمة البحرية الدولية (IMO) بمراجعة معايير الأداء التشغيلي للرادارات المحمولة على متن السفن وتراعي هذه المراجعة المتطلبات التي وضعها الاتحاد الدولي للاتصالات مؤخراً بالنسبة للبث غير المطلوب. وتقر مراجعة IMO، لأول مرة، إمكانية التداخل من خدمات راديوية أخرى وتتضمن متطلبات جديدة فيما يتعلق بالكشف عن محددة من حيث المجال المتقاطع للرادار (RCS) (المتقلب) والمدى المطلوب، كدالة لنطاق ترددات الرادار. ويعتمد الكشف عن هدف ما على استباته في ثمانٍ من عشر مسحات على الأقل وعلى احتمال إنذار كاذب بمقدار 10^{-4} . وتحدد متطلبات الكشف هذه في غياب جلبة البحر ومجرى الإهطال والتبخر، على أن يكون ارتفاع الهوائي 15 m فوق منسوب البحر.

وأهم ما في الأمر أن السلطات البحرية الدولية قد بينت، دون تحفظ، في آخر تحديث لاتفاقية المنظمة البحرية الدولية (IMO) لحماية الحياة البشرية في البحر (SOLAS)، أن الرادار ما زال الحساس في المقام الأول من أجل تجنب الاصطدام.

ويتعين النظر إلى هذا البيان في سياق التزويد الإلزامي بأنظمة التعرف الأوتوماتي (AIS) الذي يقتصر على تلك السفن المدرجة في قائمة المنظمة IMO فيما يتعلق بمتطلبات المحمولة. وتعتمد هذه الأنظمة على مراجع خارجية، كالنظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) مثلاً، للتحقق من دلالة الموقع النسبي من حيث سيناريوهات تجنب الاصطدام.

غير أن تزويد السفن بهذه الأجهزة لا يمكنه مطلقاً أن يأخذ في الحسبان العديد من الأجسام البحرية، من قبيل جبال الجليد وحطام السفن العائم وما إلى ذلك من السفن غير المزودة بأنظمة التعرف الأوتوماتي (AIS). وهذه الأجسام هي من الأسباب المحتملة لاصطدام السفن ومن ثم ينبغي الكشف عنها بواسطة رادارات السفن. ولذلك فإن الرادار سوف يبقى النظام الرئيسي لتجنب الاصطدام في المستقبل القريب.

وقد أفضت المناقشة المكثفة مع السلطات البحرية، بما في ذلك المستعملون، إلى وضع مطلب تشغيلي مفاده أنه لا يمكن قبول أي تداخل يمكن التحكم به بالتنظيم وذلك أثناء جميع الرحلات البحرية.

وغضون ذلك، فإن النهج المتبع هو القيام باختبارات لتحديد ما يمكن أن تقبله الرادارات المحمولة على متن السفن حالياً من حيث نسب التداخل إلى الضوضاء (I/N) كدالة لاحتمال الكشف (انظر الملحق 3).

الملحق 3

نتائج اختبارات التداخل

1 اختبارات لنسبة التداخل إلى الضوضاء (I/N) في الرادار

قبل اعتماد معايير IMO المراجعة، أُجريت اختبارات رادارية في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة لتحديد قابلية تأثر رادارات الملاحة الراديوية المحمولة على متن السفن في الوقت الراهن من مختلف أشكال التداخل.

استعملت الاختبارات رادارات تعمل في نطاقي التردد S و X. ويجري البحث هنا في اختبارات النطاق X (9 300-9 500 MHz) فقط. وتُعرض نتائج الاختبارات في شكل احتمال الكشف كدالة لنسبة التداخل إلى الضوضاء (I/N) فيما يتعلق بكل نمط من مصادر التداخل.

ويجدر ملاحظة أنه لا توجد أي مواصفات للاتحاد الدولي للاتصالات أو مواصفات متفق عليها دولياً لمستقبلات الرادارات البحرية ولذلك ليس هناك ما يدعو للدهشة من وجود طائفة واسعة من خصائص المستقبلات العاملة في هذه البيئة التشغيلية. وتعكس نتائج الاختبارات هذه الطائفة وتشير إلى استمرار تراجع احتمال الكشف بارتفاع مسمى التداخل وإلى "نقطة القطع" على السواء بحيث لا يتمكن المستقبل من قبول المستوى المحدد من التداخل.

وهذه الاختلافات حقيقية وهي قائمة في الرادارات العاملة حالياً.

1.1 خصائص رادارات محددة خاضعة للاختبار

ينتمي كلا الرادارين، المشار إليهما D و E إلى فئة رادارات المنظمة البحرية الدولية (IMO). ولم يُختبر أي من رادارات الزوارق الترفيهية. والقيم الاسمية للمعلمات الرئيسية للرادارات مستقاة من وثائق الموافقة على النمط التنظيمي ومن كُتبيات المبيعات والأدلة التقنية. ويستعمل رادار الفئة E مضخماً/كاشفاً خوارزمية في تصميم مستقبله، أما رادار الفئة D فيستعمل مضخماً لوغاريتمياً متبوعاً بكاشف فيديوي منفصل. وفي جميع الرادارات لم يجرِ تنشيط ضبط زمن الحساسية (STC) أو ثابت الزمن السريع (FTC) من أجل الاختبارات.

وخصائص الرادارين D و E معروضة أدناه في الجدولين 5 و 6.

الجدول 5

معلمات الرادار D

القيمة				المعلمة
10 ± 9 410				التردد (MHz)
30				قدرة النبضة (kW)
96	48	24-3	1,5-0,125	المدى (nmi)
1,0	0,85	0,175	0,070	عرض النبضة (μs)
390	775	1 550	3 100	تردد تكرار النبضة (PRF) (Hz)
6	6	22	22	عرض نطاق IF (MHz)
غير معروفة				رفض الاستجابة الهامشية (dB)
5,5				رقم ضوضاء النظام (dB)
غير معروفة				عرض نطاق التردد الراديوي (MHz)
24/48				معدل مسح الهوائي (r.p.m)
1,2				عرض حزمة الهوائي الأفقية (بالدرجات)
25				عرض حزمة الهوائي الرأسية (بالدرجات)
أفقي				الاستقطاب

الجدول 6

معلومات الرادار E

القيمة			المعلمة
10 ± 9 410			التردد (MHz)
30			قدرة النبضة (kW)
96-48	24-6	3-0,125	المدى (nmi)
0,80	0,25	0,050	عرض النبضة (μs)
785	1 800		تردد تكرار النبضة (PRF) (Hz)
3	20	20	عرض نطاق RF (IF) (MHz)
غير معروفة			رفض الاستجابة الهامشية (dB)
4			سوية ضوضاء النظام (dB)
غير معروفة			عرض نطاق التردد الراديوي (MHz)
25/48			معدل مسح الهوائي (rpm)
2,4/1,25			زمن مسح الهوائي (s)
2,0			عرض حزمة الهوائي الأفقية (بالدرجات)
30,0			عرض حزمة الهوائي الرأسية (بالدرجات)
أفقي			الاستقطاب

2.1 سمات كبت التداخل في مستقبل الرادار

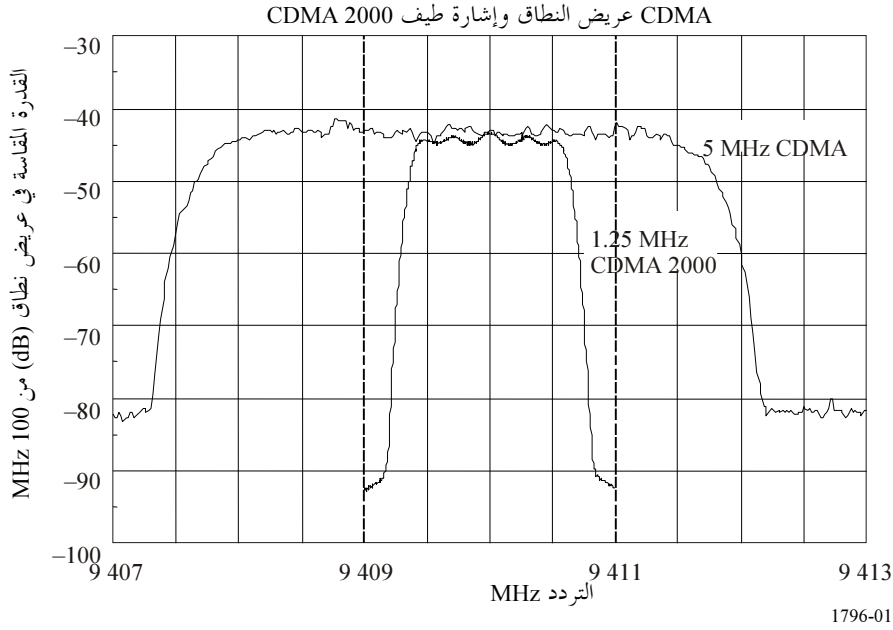
يستخدم كلا الرادارين مجموعة دارات ومعالجة إشارة لتقليل التداخل من رادارات أخرى في نفس الموقع. ويستخدم كلا الرادارين E و D وسائل ربط من نبضة إلى نبضة ومن مسح إلى مسح لتقليل التداخل من رادارات أخرى. ولا تتوفر في الرادارين تقنيات ثبات معدل الإنذار الكاذب (CFAR). ويرد وصف تقنيات تقليل التداخل هذه في التوصية ITU-R M.1372.

3.1 الإشارات والأهداف المتداخلة

تشمل الإشارات المتداخلة نبضات ومهاتفة رقمية متنقلة. ويحاكي مصدر النبضات دخل التحديد الراديوي للموقع. واستعمل عرضاً نبضة يبلغ 1 μs و 2 μs مع ترددات PRF تساوي دورتي تشغيل 0,1% و 1%. بينما يحاكي مصدر المهاتفة الرقمية المتنقلة إشارتي CDMA تنوعيتين إحداها بعرض نطاق 5 MHz والأخرى بعرض نطاق 1,25 MHz. كان البث عند تردد التوليف مع التردد التشغيلي للرادارات ومبوبة مع الأهداف الجارية محاكاتها. وتبين أطراف بث إشارتي CDMA المتداخلتين في الشكل 1 أدناه.

الشكل 1

إشارة CDMA التنوعيتين



4.1 توليد هدف غير منقلب

استخدمت مجموعة من مولدات الإشارات الموجية العشوائية (AWG)، ومولدات إشارات التردد الراديوي، وتشكيل دارات منفصلة، وحاسوب شخصي محمول، ومكونات ترددات راديوية أخرى (من كبلات وقارات ومضامات وغيرها)، لتوليد عشرة أهداف متساوية التباعد على امتداد نصف قطر قدره ثلاثة أميال بحرية (~5,6 km) ولها نفس مستوى قدرة التردد الراديوي. وجرى تعديل مستوى القدرة في الأهداف المصطنعة إلى أن بلغ احتمال كشف الهدف نحو 90%. وتحدث نبضات الأهداف العشرة التي يطلقها كل رادار جميعها ضمن زمن عودة واحد من تدريجات الرادار قصيرة المدى، أي ضمن "كنسة" واحدة. وهكذا فإن النبضات تحاكي عشرة أهداف على امتداد نصف القطر، أي اتجاه زاوي وحيد. ولتعديل أوضاع العرض حُدِّدَت قدرة التردد الراديوي في مولد الهدف عند مستوى بحيث تكون الأهداف العشرة كلها مرئية على امتداد نصف القطر في لوحة مؤشر موقع النبضة (PPI) ووُضعت مفاتيح تحكّم فيديو الرادار في أوضاع تشغيل عادية. وقد تم التوصل إلى قيم خط الأساس لوظائف البرمجية التي تتحكم في معايير لمعان ودرجة لون وتباين الهدف والخلفية من خلال عملية اختبار من قِبَل العاملين القائمين بالاختبار وبمساعدة من المصنّعين والبحارة المحترفين ممن لديهم الخبرة في تشغيل هذه الأنماط من الرادارات على متن سفن من مختلف الأحجام. وبمجرد تحديد هذه القيم استُخدمت طوال مراحل برنامج اختبار ذلك الرادار.

5.1 نتائج الاختبار

1.5.1 الرادار D

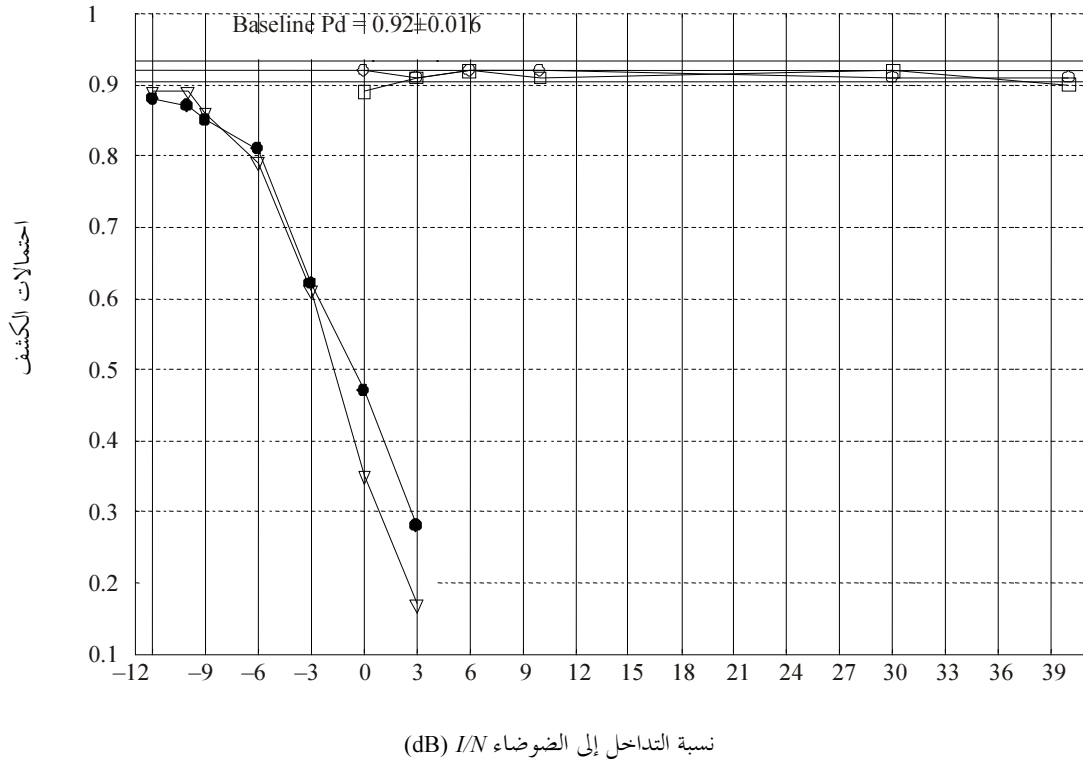
بالنسبة للرادار D كان من الممكن رصد تأثير الإشارات غير المطلوبة على الأهداف منفردة. وبالنسبة لكل إشارة غير مطلوبة أمكن تعداد التناقص في عدد الأهداف المرئية على لوحة PPI كلما ازداد مستوى النسبة I/N . وجرى تعداد الأهداف عند كل مستوى I/N لكل نمط من أنماط التداخل. كما جرى تعداد احتمالات كشف الأهداف، P_d ، عند خط الأساس قبل بداية كل اختبار. ونتائج الاختبارات التي أُجريت على الرادار D مبيّنة في الشكل 2 أدناه، الذي يبيّن احتمال كشف الهدف، P_d ،

مقابل مستوى I/N لكل نمط من أنماط التداخل. وخط الأساس، P_d ، في الشكل 2 هو 0,92 حيث شريط خطأ سيغما 1 بمقدار 0,016 فوق تلك القيمة ودونها. ويلاحظ أن كل نقطة في الشكل 2 تمثل ما مجموعه 500 هدف منشود.

الشكل 2

منحنيات P_d في الرادار D

الرادار D



- تداخل CDMA يبلغ 5 MHz
- ▽—▽ تداخل CDMA يبلغ 1,25 MHz
- تداخل نبضي بدورة تشغيل 0,1%
- تداخل نبضي بدورة 2 μs بدورة تشغيل 1%

1796-02

يبين الشكل 2 أن احتمال كشف الهدف P_d ، باستثناء حالة التداخل النبضي، قد انخفض دون خط الأساس P_d المستخدم في هذه الاختبارات ناقصاً الانحراف المعياري لقيمة I/N التي تتجاوز -12 dB لإشارة CDMA غير المطلوبة.

2.5.1 الرادار E

بالنسبة للرادار E كان من الصعب حساب التناقص في الهدف P_d عند حقن التداخل في مستقبل الرادار. وتسبب التداخل في خيوط جميع الأهداف بنفس المعدل أيضاً كان موقعها في سلسلة الأهداف. ولم يكن من الممكن جعل فُرادي الأهداف "تختفي" بزيادة قدرة التداخل وتعداد الأهداف المفقودة لحساب احتمال الكشف P_d . ولذلك فإن البيانات المأخوذة للرادار E تعكس ما إذا كان ظهور جميع الأهداف يتأثر أم لا عند كل مستوى I/N لكل نمط من أنماط التداخل. وبيانات الرادار E موجزة أدناه في الجدول 7.

الجدول 7

الرادار E يتعرّض لتداخل النفاذ CDMA المبوّب

CDMA 2000 MHz 1,25	CDMA MHz 5	نسبة I/N (dB)
لا تأثير	لا تأثير	12-
لا تأثير	لا تأثير	10-
لا تأثير	لا تأثير	9-
أهداف معتمدة	أهداف معتمدة	6-
أهداف معتمدة	أهداف معتمدة	3-
أهداف غير مرئية	أهداف غير مرئية	0
أهداف غير مرئية	أهداف غير مرئية	3
أهداف غير مرئية	أهداف غير مرئية	6

تبيّن البيانات الواردة في الجدول 7 أن إشارات النفاذ CDMA غير المطلوبة قد أثرت على إمكانية رؤية الأهداف من جانب الرادار E على لوحته PPI عند مستوى I/N قدره 6- dB. وعند هذا المستوى كانت درجة لمعان الأهداف على لوحة PPI أعمت بشكل ملحوظ من حالتها عند خط الأساس. وعند مستويات I/N تساوي 0 dB فأكثر، عتمت الأهداف بحيث إنهما لم تُعد مرئية على لوحة PPI.

وبالنسبة للرادار E، فإن التداخل النبضي المبوّب بمقدار 1,0 و 2,0 μs ودورات تشغيل بنسبة 0,1 و 1,0% لم يؤثر على إمكانية رؤية الأهداف على اللوحة PPI عند أعلى مستوى I/N، والذي كان بمقدار 40 dB.

6.1 موجز نتائج الاختبارات

أُجريت اختبارات على رادار الغرض منها أن تحدد، بالنسبة لرادارات ومصادر تداخل معيّنة مستوى I/N "لا يتأثر" من التداخل (أي أن الرادار يشغل في ظروف خط الأساس). ولوحظ و/أو اعتبر بمثابة أهداف في هذه الاختبارات بعض عودات الرادار غير المعالجة المعروفة عموماً باسم "ومضات" أو "فيديو خام".

ومستوى "عدم التأثير" هذا يوصف على اعتباره نسبة احتمال كشف قدره 90 في المائة يُوجز فيما يلي في شكل نسبة التداخل إلى الضوضاء I/N لكل رادار ولكل مصدر تداخل. والنتائج موجزة في الجدول 8. وقد يكون تقرير الكمية المقبولة من التداخل لهذه الأنماط من الرادارات مسألة ذاتية إلى حد ما وذلك بسبب حدّة بصر وخبرة عامل الرادار الذي يراقب لوحة PPI ويعد الأهداف ويقدر درجة لمعان الأهداف ذاتها. ولكن، نظراً لتصميم الرادار، لا توجد وسيلة أخرى لإجراء هذه الاختبارات سوى أن يقوم العامل/المختبر بمراقبة الأهداف على لوحة PPI في الرادار.

الجدول 8

موجز النتائج

الرادار E	الرادار D	مصدر التداخل
40+	40+	نبضي 0,1
40+	40+	نبضي 1,0
9-	10-	CDMA 2000 MHz 1,25
9-	12-	CDMA MHz 5

وجدير بالملاحظة أن هنالك ثلاثة تأثيرات أخرى من التداخل تُخفّض من الفعالية التشغيلية في رادار ما. وكمثال لذلك لتوليد "أهداف كاذبة". والرادارات المحمولة على متن السفن والتي جرى اختبارها لا تحتوي عموماً على معالجة "معدل إنذار كاذب ثابت" (CFAR).

وتُبيّن نتائج هذه الاختبارات، عندما يتجاوز بث أجهزة تستخدم تشكيلات رقمية وتكون موجّهة نحو رادار من النمط المختبر هنا مستوى نسبة I/N قدرها -6 dB، أن بعض الرادارات بدأت أهدافها تعتم أو تختفي أو بدأت تولد أهدافاً كاذبة. وبالنسبة لرادارات أخرى عند مستوى I/N هذه ظهرت هذه التأثيرات فعلاً. ولا يُوصى، في الوقت الراهن، بأي مستوى مطلوب من I/N في أي سيناريو معيّن يختلف عن المستوى المحدد أصلاً (أي $I/N = -6$ dB).

ولا ينتمي أيّ من الرادارات المختبرة إلى فئة الزوارق الترفيهية. وتمثل هذه الفئة من الرادارات أكبر فئة في حد ذاتها من حيث العدد (هنالك حالياً أكثر من مليوني وحدة في شتى أنحاء العالم). ورادارات فئة زوارق النزهة لا تتوفر فيها تسهيلات تجنب التداخل التي تتوفر في الرادارين D و E وقد تتطلب المزيد من الحماية لكي تتمكن من تلبية متطلباتها من حيث تجنب الاصطدام.

وتبيّن الاختبارات أن بإمكان الرادارات تحمّل التداخل النبضي ذي دورة الخدمة المنخفضة عند مستويات I/N مرتفعة وذلك بسبب إدراج جملة دارات لتخفيف التداخل بين رادار وآخر و/أو معالجة الإشارة. وقد تبين أن تقنيات تخفيف التداخل بين رادار إلى رادار التي تعتمد اقتران المسحة مقابل المسحة والنبضة مقابل النبضة ومعالجة معدل إنذار كاذب ثابت (CFAR) الموصوفة في التوصية ITU-R M.1372 تعمل على نحو ملائم. ولكن نفس التقنيات لا تعمل على تخفيف البث المستمر أو دورة التشغيل العالية التي تبدو شبيهة بالضوضاء داخل مستقبل الرادار.

وبما أن معظم الرادارات البحرية العاملة في النطاق 300-9 500 MHz متماثلة إلى حد بعيد من حيث التصميم والتشغيل، فمن غير المتوقع أن يكون هنالك اختلاف كبير عن معايير الحماية المشتقة من أجل الرادارات التي استخدمت لهذه الاختبارات. ولذلك فإن نتائج الاختبار هذه ينبغي أن تنطبق على رادارات مماثلة أخرى تعمل أيضاً في النطاق 300-9 500 MHz.

وينبغي للسلطات التي ترغب القيام بدراسات تقاسم، بهدف احتمال التقاسم الممكن في النطاقات المعيّنة، أن تستخدم هذه النتائج على سبيل الاسترشاد، علماً بأن نتائج الاختبار المعروضة في الفقرتين 5.1 و 6.1 وخصوصاً في الجدول 8 كانت على أساس أهداف غير متقلّبة. فإذا أُجريت اختبارات على أساس أهداف متقلّبة فالأرجح أن تُسفر عن نتائج مختلفة.