**السلسلة M**

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

**التوصيـة ITU-R  M.1796  
(2007/03)**

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

**تمهيـد**

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** | **العنـوان** |
| **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 | |
| **S** الخدمة الثابتة الساتلية | |
| **RS** أنظمة الاستشعار عن بعد | |
| **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، 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).

التوصيـة ITU-R M.1796[[1]](#footnote-1)

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

(المسألة ITU-R 226/5)

(2007)

مجال التطبيق

تتناول هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية ومعايير الحماية لأنظمة الاستدلال الراديوي العاملة في نطاق التردد  
10 500-8 500 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 الراديوي 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 الراديوي 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 MHz 420 وGHz 34 التي تستعملها الرادارات في خدمة الاستدلال الراديوي؛

د ) أن الخصائص التقنية والتشغيلية المميزة للرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي مطلوبة، عند الضرورة، لتحديد إمكانية إدخال أنماط جديدة من الأنظمة في نطاقات التردد الموزعة على خدمة الاستدلال الراديوي،

وإذ تلاحظ

أ ) أن الخصائص التقنية والتشغيلية للمنارات الراديوية البحرية العاملة في النطاق MHz 9 500-9 300 واردة في التوصية ITU-R M.824؛

ب) أن المعلمات التقنية لمعززات أهداف الرادار التي تعمل في النطاق 9 500-9 300 MHz واردة في التوصية ITU‑R M.1176؛

ج) أن الخصائص التقنية والتشغيلية للمرسلات المستجيبات الرادارية المخصصة للبحث والإنقاذ (SART) والعاملة في النطاق 9 300-9 500 MHz واردة في التوصية ITU-R M.628،

وإذ تدرك

أ )أن خدمة الملاحة الراديوية هي خدمة سلامة كما هو مبيّن 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،

توصـي

**1** بأن تعتبر الخصائص التقنية والتشغيلية لرادارات الاستدلال الراديوي الوارد وصفها في الملحق 1، خصائص مميزة للأنظمة العاملة في نطاق الترددات MHz 10 500-8 500؛

**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 -dB 6، بمثابة مستوى الحماية المطلوب لأغراض رادارات الاستدلال الراديوي في النطاق   
MHz 10 500-8 500، 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 والعاملة في النطاق MHz 9 500-9 300، 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 تُؤخذ في الحسبان (انظر الملاحظة 2).

**الملاحظة 1** - يرد المزيد من المعلومات في الملحق 2. وبشكل خاص فإن انحطاط التغطية الناجم عن المعيار المقترح لرادارات الأرصاد الجوية (%21) أعلى من انحطاط التغطية في الأنظمة الأخرى للتحديد الراديوي للموقع. ويتطلّب 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 MHz 10 500-8 500

# 1 مقدمة

تُعرض خصائص رادارات الاستدلال الراديوي العاملة على الصعيد العالمي في نطاق التردد MHz 10 500-8 500 في الجداول 1 و2 و3 ويرد وصفها بمزيد من التفصيل في الفقرات التالية.

# 2 الخصائص التقنية

يُستعمل نطاق التردد MHz 10 500-8 500 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 تؤدى في هذا النطاق: البحث في الجو وعلى الأرض، ورسم خرائط للأرض، وتتبع تضاريس الأرض، والملاحة (الجوية والبحرية على السواء)، والتعرّف على الأهداف، والأرصاد 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 ومجتمعة، دور كبير في ملاءمة الرادارات مع أنظمة أخرى في بيئتها، في حين أن للخصائص الأخرى أثراً أقل على تلك الملاءمة. ويمكن افتراض أن ترددات تشغيل الرادار تنتشر بانتظام عبر كل نطاق توليف الرادار. وترد في الجداول 1 و2 و3 الخصائص التقنية لرادارات مميزة للتحديد الراديوية للموقع وللملاحة الراديوية المنشورة في النطاق MHz 10 500-8 500.

وتُستعمل الرادارات الرئيسية للتحديد الراديوي للموقع العامل في هذا النطاق، في المقام الأول للكشف عن الأجسام المحمولة جواً. إذ يتوجب عليها قياس ارتفاع الهدف وبُعده واتجاهه الزاوي. وبعض الأجسام المحمولة جواً صغيرة وبعضها الآخر يقع على مسافة 300 ميل بحري (km 556~)، 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، يتطلّب 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 امتلاك لها ذروة ومتوسط قدرة إرسال منخفضة إلى متوسطة (من 1 W إلى W 250 000)، مع بعض الاستثناءات الملحوظة؛

- تستعمل عادة مرسلات مضخمة القدرة بمذبذب رئيسي بدلاً من مذبذبات القدرة. وتكون عادة قابلة للتوليف وبعضها يتسم بمرونة التردد. ويستعمل بعضها التشكيل الخطي - أو اللاخطي - FM (الزقزقي) أو التشكيل بين النبضات بتشفير الطور؛

- يملك بعضها حزماً رئيسية للهوائي قابلة للتوجيه في أحد البعدين الزاويين أو كليهما باستعمال توجيه إلكتروني للحزم؛

- تستعمل عادة قدرات استقبال ومعالجة متعددة الاستعمالات كهوائيات استقبال مساعدة تطمس الفصوص الجانبية، ومعالجة قطارات نبضات الموجة الحاملة المتسقة لمنع عودة جلبة 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 لفُرادى 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 الملاءمة مع رادارات أخرى في البيئة.

يتمتع بعض أو جميع الرادارات المبينة 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.

الجـدول 1

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| الخصائص | النظام A1 | النظام A2 | النظام A3 | النظام A4 |
| الوظيفة | رادار بحث وتتبع (متعدد الوظائف) | رادار بحث محمول جواً | رادار رسم خريطة للأرض تتبع تضاريس الأرض (متعدد الوظائف) | رادار تتبع |
| مدى التوليف (MHz) | 10 000-9 300 | 9 600-8 500 | 9 240 و9 360 و9 480 | 10 500-10 000 |
| التشكيل | نبضي | نبضي | تشكيل موقع النبضات مرنة التردد غير متسقة | CW، FMCW |
| ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي | kW 17 | kW 143(حد أدنى)  220 kW (حد أقصى) | kW 95 | kW 1,5 |
| عرض النبضة (s) ومعدل تكرار النبضة | 0,285؛ 8 200 إلى 23 000 pps  (نبضة في الثانية) | 0,5؛ 2,5  400 و1 600 pps  (نبضة في الثانية) | 0,3 و2,35 و4  2 000 و425 و250 pps  (نبضة في الثانية)، على التوالي | لا ينطبق |
| دورة التشغيل القصوى | 0,0132 | 0,001 | 0,001 | 1 |
| زمن صعود/هبوط النبضة (s) | 0,01/0,01 | 0,2/0,02 | 0,1/0,1 | لا ينطبق |
| جهاز خرج | أنبوبة موجات متنقلة | مغنطرون قابل للتوليف | مغنطرون ذو توليف تجويفي | أنبوبة موجات متنقلة |
| نمط مخطط الهوائي | ضيّق | مروحي | ضيّق | ضيّق |
| نمط الهوائي | صفيف مستوٍ | عاكس مكافئي | صفيف مستوٍ مسطّح | صفيف مستوٍ |
| استقطاب الهوائي | خطي | خطي | دائري | خطي |
| كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi) | 32,5 | 34 | 28,3 | 35,5 |
| عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات) | 4,6 | 3,8 | 5,75 | 2,5 |
| عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات) | 3,3 | 2,5 | 5,75 | 2,5 |
| معدل المسح الأفقي للهوائي | 118 مسحة/دقيقة | 6 أو 12 rpm | حتى 53 مسحة/دقيقة | °/s 90 |

الجـدول 1 *(تابع)*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| الخصائص | النظام A1 | النظام A2 | النظام A3 | النظام A4 |
| نمط المسح الأفقي للهوائي  (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ) | قطاعي: °60± (ميكانيكي) | °360 (ميكانيكي) | قطاعي: °60± (ميكانيكي) | قطاعي: °60± (ميكانيكي) |
| معدل المسح الرأسي للهوائي | 59 مسحة/دقيقة | لا ينطبق | حتى 137 مسحة/دقيقة | °/s 90 |
| نمط المسح الرأسي للهوائي | قطاعي: °60± (ميكانيكي) | لا ينطبق | قطاعي: 25+/°40– (ميكانيكي) | قطاعي: °60± (ميكانيكي) |
| مستوى الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة) | 7,5 dBi عند °15 | غير محدد | dBi 5,3 عند °10 | غير محدد |
| ارتفاع الهوائي | ارتفاع الطائرة | ارتفاع الطائرة | ارتفاع الطائرة | ارتفاع الطائرة |
| عرض نطاق يبلغ dB 3 للتردد المتوسط للمستقبل (MHz) | 3,1؛ 0,11 | 5 | 5,0 و1,8 و0,8 | 0,48 |
| مستوى ضوضاء المستقبل (dB) | غير محدد | غير محدد | 6 | 3,6 |
| الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm) | -103 | -101؛ -107 | -101 |  |
| إجمالي عرض الزقزقة (MHz) | لا ينطبق | لا ينطبق | لا ينطبق | لا ينطبق |
| عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)  − dB 3 − dB 20 | 3,1؛ 0,11 22,2؛ 0,79 | 0,480؛ 2,7 1,5؛ 6,6 | (يعتمد على التردد وعرض النبضة)  100 إلى 118  102إلى 120 | غير محدد  غير محدد |

الجـدول 1 *(تابع)*

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

الجـدول 1 *(تابع)*

| **الخصائص** | **النظام A5** | **النظام ِA6a**(1) | **النظام A6b**(1) | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| نمط المسح الأفقي للهوائي  (متواصل، عشوائي، قطاعي، الخ) | قطاعي: °30± | قطاعي: 15± إلى °135± (ميكانيكي) | قطاعي: 15± إلى °135± (ميكانيكي) |
| معدل المسح الرأسي للهوائي | غير محدد | ≥ 20 مسحة/الدقيقة | لا ينطبق |
| نمط المسح الرأسي للهوائي  (مستمر، عشوائي، قطاعي، الخ) | غير محدد | 1 أو 2 بار أفقي (ميكانيكي) | لا ينطبق |
| مستوى الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة) | dBi 3,4+ | 8 dBi عند °4,2 | 3,7 dBi عند °4,5 |
| ارتفاع الهوائي | ارتفاع الطائرة | ارتفاع الطائرة (قص الريح على ارتفاع منخفض) | ارتفاع الطائرة |
| عرض نطاق يبلغ dB 3 للتردد المتوسط للمستقبل (MHz) | غير محدد | WA: ≥ 16 من أجل نبضات/نبضات فرعية ضيّقة، يتناقص إلى 0,8 من أجل نبضات/نبضات فرعية عريضة  WS: ≥ 0,8 |  |
| سوية ضوضاء المستقبل (dB) | 4,0 | 5 | 5 |
| الحد الأدنى القابلة للتمييز (dBm) | -125 | ≤ -110 | ≤ -110 |
| عرض نطاق الزقزقة (MHz) | لا ينطبق | لا ينطبق | لا ينطبق |
| عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) | غير محدد | 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 | 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 |

الجـدول 1 *(تابع)*

| **الخصائص** | **نظام A7a وA7a و**(2)**A7c** | **النظام** (2)**A7d** | **نظام A7e و**(2)**A7f** | **نظام A8** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| الوظيفة | | البحث على السطح وتصوير SAR | ملاحة | تصوير SAR العكسي | بحث (التحديد الراديوي للموقع)  طقس |
| مدى التوليف (MHz) | | 10 120-9 380 | مرن التردد من نبضة إلى نبضة فوق 340 MHz | 10 120-9 380 | 9 440-9 250، 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 | | 50 kW | 50 kW | kW 10 | kW 10 |
| عرض النبضة (µs) ومعدل تكرار النبضة | | البحث: @µs 5 2 000-1 600 أو 10 µs @ 380تقريباً،  SAR: 13,5 µs @ 750-250 | 10 تقريباً 380 | 10  470 و530 و800 و1 000 | 5 و17  400 و750 و1 500 و2 500  (كل عروض النبضة) |
| دورة التشغيل القصوى | | 0,010 5) µs و13,5 (µs  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 | | أنبوبة بموجات متنقلة | أنبوبة بموجات متنقلة | أنبوبة بموجات متنقلة | أنبوبة بموجات متنقلة |
| نمط مخطط الهوائي | | ضيّق/مروحي | ضيّق/مروحي | ضيّق/مروحي | مروحي |
| نمط الهوائي | | عاكس مكافئي | عاكس مكافئي | عاكس مكافئي | صفيف 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 | | 36 و360 و°1 800/ s | 36 و360 و°1 800/ s | 36 و360 و°1 800/ s | 15 أو 60 rpm |

الجـدول 1 *(تابع)*

| **الخصائص** | **نظام A7a وA7a و**(2)**A7c** | **النظام** (2)**A7d** | | **نظام A7e و**(2)**A7f** | | **نظام A8** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نمط المسح الأفقي للهوائي  (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ) | °10 قطاعي | | °10 قطاعي | | °10قطاعي | °360 |
| معدل المسح الرأسي للهوائي | لا ينطبق | | لا ينطبق | | لا ينطبق | لا ينطبق |
| نمط المسح الرأسي للهوائي  (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ) | ميل قابل للانتقاء -°0/°90 | | ميل قابل للانتقاء -°0/°90 | | ميل قابل للانتقاء -°0/°90 | ميل قابل للانتقاء °15+/°15– |
| مسويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة) | 14,5 dBi عند °12 | | 14,5 dBi عند °12 | | 14,5 dBi عند °12 | 20 dBi |
| ارتفاع الهوائي | ارتفاع الطائرة | | ارتفاع الطائرة | | ارتفاع الطائرة | ارتفاع الطائرة |
| عرض نطاق يبلغ dB 3 للتردد المتوسط للمستقبل (MHz) | غير محدد | | غير محدد | | غير محدد | 16 |
| سوية ضوضاء المستقبل (dB) | 5 | | 5 | | 5 | غير محدد |
| الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm) | يعتمد على كسب المعالجة dB 34 (μs 5) و30 dB (μs 10)  و39,5 dB (μs 13,5) من أجل نبضة عودة واحدة) | | يعتمد على كسب المعالجة (17 dB من أجل نبضة مرتجعة واحدة) | | يعتمد على كسب المعالجة dB 30) ( MHz 100) أو dB 33 (200 MHz) من أجل نبضة مرتجعة واحدة) | 98– |
| العرض الكلي للزقزقة (MHz) | البحث: 500 (μs 5) أو 100 (μs 10)  SAR: 660 | | 5 | | 100 أو 200 | 10 |
| عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)  - 3 dB  - 20 dB | بحث (μs 5) بحث (μs 10)  470 95 640  540 110 730 | | 4,5  7,3 | | 100 MHz زقزقة MHz 200 زقزقة  95 190  110 220 | 9,3  12 |

الجـدول 1 *(تابع)*

| **الخصائص** | **النظام A9** | **النظام A10** | **النظامA11** |
| --- | --- | --- | --- |
| الوظيفة | تجنب أخطار الطقس، بحث وإنقاذ، رسم خريطة الأرض | تجنب أخطار الطقس، بحث وإنقاذ، رسم خريطة الأرض | تجنب أخطار الطقس، بحث وإنقاذ، رسم خريطة الأرض |
| مدى التوليف (MHz) | رادار: 10 ± 9 375  منار: 3 310 | نبضة مسبقة التسخين: 9 337 و9 339 (تسبق كل نبضة تشغيلية)  النبضة التشغيلية: 9 344 | MHz 30 ± 9 375 |
| التشكيل | نبضي | نبضي | نبضي |
| ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي | kW 25 | W 26 (dBW 14) | 6,0-2,5 kW |
| عرض النبضة (s) ومعدل تكرار النبضة (pps) | 4,5 و2,4 و9,8 و0,2 μs عند 180 و350 و1 000 pps، على التوالي | 9 337 وMHz 9 339 : 29-1 μs عند 2 200‑220 pps (عتبية) من أجل كل عروض النبضة؛  9 344 MHz: 1,7-2,4 و2,4-4,8 و4,8-9,6 و17 و19 و29 μs عند 2 200-220 pps (عتبية) | مثبّتة عند s 4  pps 106,5 |
| دورة التشغيل القصوى | 0,00082 | 9 337 MHz و0,064≥ :MHz 9 339 0,011≥ :MHz 9 344 (مع نبضات (μs 17 | 0,00043 |
| زمن صعود/هبوط النبضة (μs) | غير محدد | 9 337 MHz و0,3/0,2 :MHz 9 339 0,5/0,5 :MHz 9 344 | زمن صعود: μs 0,3  زمن هبوط: μs 0,4 |
| جهاز خرج | مغنطرون عالي الموثوقية | IMPATT ثنائي مساري | مغنطرون |
| نمط مخطط الهوائي | ضيق ومروحي | ضيق | ضيق |
| نمط الهوائي | صفيف صفائح مسطحة | صفيف مسطح | صفيف مسطح |
| استقطاب الهوائي | أفقي رأسي | أفقي | أفقي |
| كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi) | ضيق: 30؛ مروحي: 29 | 29 | 26,7 |
| عرض حزمة الارتفاع للهوائي (بالدرجات) | ضيق: 3؛ مروحي: 6 | > 10 | 8,1 |
| عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات) | ضيق: 3؛ مروحي: 3 | 7 | 8,1 |

الجـدول 1 *(تتمة)*

| **الخصائص** | | **النظام A9** | **النظام A10** | **النظامA11** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| معدل المسح الأفقي للهوائي | °360: 12 rpm (بعيد المدى)، 45 rpm  (قصير المدى)  قطاعي: غير محدد | s/°30 | °25/s |
| نمط المسح الأفقي للهوائي  (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ) | مستمر (°360) قطاعي (°90) | قطاعي °60 أو °120 | حجم القطاع ( °90 أو°120) |
| معدل المسح الشاقولي للهوائي | غير محدد | غير محدد | غير محدد |
| نمط المسح الشاقولي للهوائي  (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ) | غير محدد | ميل يختاره المشغّل: °30± | حجم القطاع: °30± |
| مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة) | غير محددة | °13,9+ dBi | 4,7+ dBi |
| ارتفاع الهوائي | ارتفاع الطائرة | ارتفاع الطائرة | ارتفاع الطائرة |
| عرض نطاق يبلغ dB 3 للتردد المتوسط للمستقبل (MHz) | غير محدد | 2,0 | 1,0 |
| مستوى ضوضاء المستقبل (dB) | 6,5 | 2 | 5 |
| الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm) | غير محدد | -128 (حساسية الكشف بعد المعالجة) | -110 |
| عرض نطاق الزقزقة (MHz) | لا ينطبق | لا ينطبق | لا ينطبق |
| عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)  - 3 dB  - 20 dB | غير محدد  غير محدد | -3 dB:  9 337 و9 339 MHz: 0,7  9 344 MHz: 0,4 و0,25 و0,150 و0,075 و0.08 و0,05  -20 dB:  9 337 و9 339 MHz: 3,6  9 344 MHz: 1,8 و1,5 و0.8 و0,375 و0,35 و0,2 | dB 3–:  MHz 0,5  dB 20–:  MHz 1,5 |
| (1) رادار متعدد الأساليب؛ مزود أيضاً بأسلوب صوت الاستفهام عند التردد 9 375 MHz، ولا يرد وصفه هنا.  (2) رادار متعدد الأساليب. | | | |

الجـدول 2

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

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| الخصائص | نظام S1 | نظام S2 | نظام S3 | نظام S4 | | نظام S5 |
| الوظيفة | رادار بحث وملاحة | رادار تتبع | رادار بحث على ارتفاع منخفض وعلى السطح (متعدد الوظائف) | رادار ملاحة راديوية بحرية(3) | | رادار مراقبة وملاحة على السطح |
| نمط المنصة | محمولة على متن السفن، مواقع تدريب على الشاطئ | محمولة على متن السفن | محمولة على متن السفن | محمولة على متن السفن | | محمولة على متن السفن |
| مدى التوليف (MHz) | 9 600-8 500 | 10 500-10 000 | 10 000-8 500 | 9 375 30 ± و9 445 ± 30 | | 9 500-9 300 |
| التشكيل | نبضي | CW، FMCW | نبضة مرنة التردد(4) | نبضي | | FMCW |
| ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي | kW 35 | kW 13,3 | kW 10 | kW 5 (بحد أدنى) | kW 50 (بحد أقصى) | 1 mW إلى 1 W |
| عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضة (pps) | 0,1؛ 0,5 1 500؛ 750 | لا ينطبق لا ينطبق | 0,56 إلى 1,0؛ 0,24  19 000 إلى 35 000؛  4 000 إلى 35 000 | ) 0,03حد أدنى (عند 4 000 (حد أقصى) | 1,2 (حد أقصى) عند  375 (حد أدنى) | لا ينطبق  (5)1 000 |
| دورة التشغيل القصوى | 0,00038 | 1 | 0,020 | 0,00045 | | 1 |
| زمن صعود/هبوط النبضة (µs) | 0,08/0,08 | غير مطبّق | 0,028/0,03؛ 0,038/0,024 | غير موصَّف | | لا ينطبق |
| جهاز خرج | مغنطرون | أنبوبة موجات متنقلة | أنبوبة موجات متنقلة | مغنطرون | | حالة صلبة |
| نمط مخطط الهوائي | مروحي | ضيق | ضيق | مروحي | | مروحي |
| نمط الهوائي | صفيف بوقي | مصفوفة أبواق | مصفوفة ذات شقوق | مصفوفة ذات شقوق | | دليل موجي بفواصل |
| استقطاب الهوائي | خطي | خطي | خطي | غير موصَّف | | خطي |
| كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi) | 29 | 43 | 39 | 27 (حد أدنى) | 32(حد أقصى) | 30 |

الجـدول 2 *(تابع)*

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

الجـدول 2 (*تابع*)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| الخصائص | النظام S6 | النظام S7 | النظام S8 | النظام S9 | |
| الوظيفة | رادار ملاحة راديوية بحرية | ملاحة وبحث | رادار ملاحة راديوية بحرية (6) | رادار ملاحة راديوية بحرية (7) | |
| نمط المنصة | محمولة على متن السفن | محمولة على متن السفن | محمولة على متن السفن | محمولة على متن السفن | |
| مدى التوليف (MHz) | 9 440-9 380 | 9 500-9 300 | 9 410 ± 30 | 9 410 ± 30 | 9 445 ± 30 |
| التشكيل | نبضي | نبضي | نبضي | نبضي | |
| ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي | kW 25 | kW 1,5 | kW 5 | kW 10-1,5 | |
| عروض النبضة (µs) ومعدلات تكرار النبضة (pps) | 0,08 و0,2 و0,4 و0,7 و1,2  2 200 (µs 0,08)؛ 1 800 و1 000 و600 (µs 1,2) | 0,08 و0,25 و0,5  2 250 و1 500 و750 | 0,05 و0,18 و0,5  3 000  pps عند 0,05  µs إلى 1 000  pps عند 0,5  µs | 0,08 (حد أدنى)  عند  3 600 pps | 1,2 (حد أقصى)  عند  375 pps |
| دورة التشغيل القصوى | 0,00072 | 0,000375 | 0,0005 | 0,00045 | |
| زمن صعود/هبوط النبضة (µs) | 0,010/0.010 | 0,01/0.05 | غير محدد | غير محدد | |
| جهاز خرج | مغنطرون | مغنطرون | مغنطرون | مغنطرون | |
| نمط مخطط الهوائي | مروحي | مروحي | مروحي | مروحي | |
| نمط الهوائي | صفيف بفواصل يُغذى من الطرف | دليل موجي بفواصل يُغذى من المركز | صفيف بفواصل | صفيف بفواصل/رقعي أو بوقي | |
| استقطاب الهوائي | أفقي | أفقي | أفقي | أفقي | |
| كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi) | 31 | 23,9 | 30 | 30-22 | |
| عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات) | 20 | 25 | 26 | 28-24 | |
| عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات) | 0,95 | 6 | 0,95 | 7-1,9 | |
| معدل المسح الأفقي للهوائي | rpm 24 | rpm 24 | rpm 24 | rpm 24 | |
| نمط المسح الأفقي للهوائي  (متواصل، عشوائي، قطاعي، إلخ) | °360 | °360 | °360 | °360 | |

الجـدول 2 (*تتمة*)

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

الجـدول 3

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

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

الجـدول 3 (*تابع*)

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

الجـدول 3 (*تابع*)

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| الخصائص | نظام G6 | نظام G7 | نظام G8 |
| الوظيفة | مراقبة المطار/ GCA | رادار الاقتراب الدقيق | أجهزة كشف سطح المطار (ASDE) |
| نمط المنصة | أرضية (متنقلة) | أرضية (ثابتة أو قابلة للنقل) | أرضية |
| مدى التوليف (MHz) | 9 025 | 9 200-9 000 (4 ترددات لكل نظام) | 9 200-9 000  نبضة إلى نبضة مرنة على مدى 4 ترددات |
| التشكيل | بسيط وبنبضات NLFM | بسيط وبأزواج نبضات NLFM | بسيط وبأزواج نبضات NLFM |
| ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي | 310,5 W | 500 W | W 60 |
| عرض النبضة (µs) ومعدلات تكرار النبضة (pps) | 1,2 و30 و96  12 800 و3 200-6 300 و2 120 على التوالي | 0,65 و25 زوج نبضات  3 470 و3 500 و5 200 و5 300 | 0,04 و3,7 (منضغط إلى 0,040)  4 000 |
| دورة الخدمة القصوى | 0,203 | 0,11 | 0,015 |
| زمن صعود/هبوط النبضة (µs) | غير محدد | 0,15/0,15 و 0,15/0,15 | نبضة قصيرة 0,02/0,12؛  نبضة طويلة 0,11/0,12؛ |
| جهاز خرج | حالة صلبة | ترانزستورات | حالة صلبة مع مجمع |
| نمط مخطط الهوائي | مروحي (2csc) | مروحي رأسي ومروحي أفقي | مقلوب 2csc |
| نمط الهوائي | صفيف نشط + عاكس | صفيفان مطاوران | صفيف منفعل |
| استقطاب الهوائي | رأسي | دائري ميامن | دائري |
| كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi) | 37,5 Tx, 37 Rx | مروحي رأسي: 36  مروحي أفقي: 36 | 35 |
| عرض حزمة الارتفاع للهوائي (بالدرجات) | 3,5 + 2csc إلى 20 | مروحي رأسي: 9,0  مروحي أفقي: 0,63 | 17 |
| عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات) | 1,05 | مروحي رأسي: 1,04  مروحي أفقي: 15 | 0,35 |

الجـدول 3 (*تابع*)

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

الجـدول 3 (*تابع*)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| الخصائص | نظام G9 | نظام G10 | نظام G11 | نظام G12 |
| الوظيفة | أرصاد جوية  (تحديد راديوي للموقع) | أرصاد جوية  (تحديد راديوي للموقع) | أرصاد جوية  (تحديد راديوي للموقع) | رادار متابعة |
| نمط المنصة | أرضي | أرضي | أرضي | أرضي |
| مدى التوليف (MHz) | 9 375-9 300 MHz | 9 500-9 200 MHz | 9 375 MHz | 9 500-8 700 MHz |
| التشكيل | نبضي | نبضي | نبضي | الخطية FM نبضة |
| ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي | kW 50 | kW 250 | kW 35 لكل استقطاب | 150 kW |
| عرض النبضة (s) ومعدل تكرار النبضة (pps) | 0,1 و 0,25 و1,0  1 000 إلى 2 000 | 0,5 و1,5 و0,8 و2,0  1 500 إلى 250 | 1 و2  500 | 15-1 15 000-500 |
| دورة الخدمة القصوى | 0,002 | غير محددة | غير محددة | غير محددة |
| زمن صعود/هبوط النبضة (s) | 0,05 | غير محدد | غير محدد | 0,05 |
| جهاز الخَرج | كلسترون أو مغنطرون | مغنطرون | مغنطرون | TWT |
| نمط مخطط الهوائي | حزمة ضيّقة | حزمة ضيّقة | حزمة ضيّقة | ضيّق |
| نمط الهوائي | عاكس مكافئي مع مغذي كاسغرين | عاكس مكافئي | عاكس مكافئي | مصفوف مستوٍ |
| استقطاب الهوائي | خطي (استقطاب مزدوج) | خطي | خطي (استقطاب مزدوج) | خطي |
| كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi) | 46 | 45 | 40 | 38 |
| عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات) | 0,9 | 1,0 > | 1,5 | 5 |
| عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات) | 0,9 | 1,0 > | 1,5 | 5 |
| معدل مسح رأسي للهوائي | من °0 إلى s/°20 | من 0 إلى °/s 36 | °/s 6 | °/s 300 |
| مسح رأسي للهوائي  (متواصل، عشوائي، قطاعي، إلخ) | الحجم، حجم قطاع،  مستقّر ومتتبع | الحجم | الحجم | مستمر |
| معدل المسح الرأسي للهوائي | °0 إلى °20 | غير محدد | °0 إلى °90 | لا ينطبق |

الجـدول 3 (*تتمة*)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| الخصائص | نظام G9 | نظام G10 | نظام G11 | نظام G12 |
| نمط المسح الرأسي للهوائي | خطوات إلى الارتفاع التالي بعد الدوران الأفقي أو تغيير الارتفاع عند سمت ثابت | خطوات إلى الارتفاع التالي بعد الدوران الأفقي | غير محدد | عشوائي |
| مستويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة) | dBi 26 | dBi 16 | dBi 10(الفص الجانبي الأول)  dBi 0 (الفصل الجانبي البعيد) | غير محددة |
| ارتفاع الهوائي | m 4 | 2 إلى 30 m | 5 إلى 15 m | سوية الأرض |
| عرض نطاق يبلغ  dB 3للتردد المتوسط للمستقبل (MHz) | 10 أو 4 أو1 | غير محدد | غير محدد | MHz 3 |
| ضوضاء خلفية المستقبل (dB) | -110 | -114 | -113 | -105 |
| خسارة الاستقبال، dB | غير محددة | غير محددة | غير محددة | غير محددة |
| عرض نطاق الزقزقة (MHz) | لا ينطبق | لا ينطبق | لا ينطبق | 3 |
| عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz)  - 3 dB  - 20 dB | غير موصَّف  6 إلى MHz 60 - تبعاً لعرض النبضة | غير محدد  غير محدد | MHz 1  MHz 6 | MHz 3 |
| \* يمكن أيضاً استعمال أنظمة رادار بخصائص مشابهة لتلك الواردة في الجدول 2 لأنظمة الملاحة الراديوية البحرية من أجل رادارات ملاحة جوية قائمة على الأرض في المطارات. | | | | |

## 

## 1.2 المرسلات

تستعمل الرادارات العاملة في النطاق 8 500-MHz 10 500 مجموعة متنوعة من التشكيلات بما فيها النبضات غير المشكلة والموجة المستمرة (CW) والنبضات بتشكيل التردد (المزقزقة) 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 وS2 وS5 وG4)، تبلغ دورة التشغيل %100 مع رادارات تحديد راديوي للموقع CW عالية القدرة تشغل جمعيها فوق GHz 10. وثمة اتجاه أيضاً إلى استعمال أنظمة الرادار من النمط مرن التردد التي تكبت التداخل أو تخفّضه كما هو الشأن في بعض أنظمة الاتصالات. كما تُستعمل مرونة التردد أحياناً لتجنب عودة الجلبة ملتبسة المدى. وقد تجري 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 (dB 3) للرادارات العاملة في النطاق MHz 10 500‑8 500 بين kHz 45 وMHz 637. ويتراوح مدى قدرات ذروة خرج المرسل بين nW 1 (dBm 0) بالنسبة لمرسلات الحالة الصلبة و(dBm 83,4) kW 220 بالنسبة للرادارات عالية القدرة المستعملة لأجهزة المجال المتقاطع (مغنطرون).

لا تتناول هذه التوصية خصائص البث غير المطلوب.

## 2.2 المستقبِلات

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 والتعرّف عليها قدراً من كبت التداخل النبضي ذي دورة التشغيل المنخفضة (أقل من %5) غير المتزامن مع الإشارة المنشودة.

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

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

## 3.2 الهوائيات

تُستعمل الرادارات العاملة في نطاق التردد MHz 10 500-8 500 أنماطاً مختلفة من الهوائيات. وتعتبر الهوائيات. في هذا النطاق عموماً ذات حجم ملائم ولذلك فهي تهم التطبيقات التي يتسم فيها التنقل وخفة الوزن بالأهمية، وليس طول المدى. وتعمل عدة رادارات في النطاق MHz 10 500-8 500 وفقاً لمجموعة متنوعة من الأساليب بما في ذلك أسلوبي 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 MHz 10 500-8 500 المسح الميكانيكي، في حين تستعمل رادارات الجيل الأحدث صفيف هوائيات تمسح إلكترونياً. وتستعمل استقطابات أفقية رأسية ودائرية. وتتراوح الارتفاعات النمطية لهوائيات الرادارات المقامة على الأرض والمحمولة على متن السفن بين m 8 وm 30 فوق مستوى السطح على التوالي، رغم أن العديد من رادارات الملاحة الراديوية البحرية هي أقصر من m 30.

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

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

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

الجـدول 4

رادارات الملاحة الراديوية المحمولة على متن السفن

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| فئة الرادار | ذروة القدرة (kW) | المجموع الإجمالي |
| المنظمة IMO وصيد الأسماك | 75 ≥ | 300 000 < |
| نهري | 10 > | 20 000 > |
| ترفيهي | 5 > | 2 000 000 < |

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

وخصائص الرادار التي تؤثر على كفاءة استعمال الطيف، بما فيها معايير الحماية، هي تلك المرتبطة بهوائي الرادار والمرسِل/ المستقبِل فيه. وتستعمل غالبية الرادارات البحرية صفيف هوائيات بفواصل، بيد أن بعض رادارات زوارق الترفيه تستعمل صفيف 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. وتِبعاً 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.

والمتطلب 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 البحرية[[2]](#footnote-2). وتقرّ مراجعة المنظمة IMO، لأول مرة، إمكانية التداخل من خدمات راديوية أخرى.

وأهم ما في الأمر أن السلطات البحرية الدولية قد بيّنت، 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 التعرّف 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 قَبيل جبال الجليد وحطام السفن وما إلى ذلك من السفن غير المزوّدة بأنظمة التعرّف 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 لتجنّب 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 4–10. وتشمل الأهداف المحددة زوارق صغيرة ذات عاكس راداري يستوفي معايير أداء IMO بالإضافة إلى عوامات الملاحة والزوارق الصغيرة غير المزوّدة بعاكس راداري، كل منها ضمن مدى معيّن[[3]](#footnote-3). وتستلزم المعايير أيضاً دقة المدى والتقويم الزاوي ضمن m 30 و°1، على التوالي. وهي تدعو لإيجاد وسيلة للتخفيض الملائم للتداخل من رادارات أخرى. وتتطلب القدرة على عرض استبانة هدفين من نقطتين على نفس التقويم الزاوي لكن بتباعد m 40 في المدى، واستبانة هدفين من نقطتين متباعدتين بمقدار °2,5 في التقويم 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 متتبّع، وهذا كله يؤثر على استبانة الهدف وأخطاء الموقع التي يمكن أن تتفاقم بسبب التداخل.

# 5 أنظمة الاستدلال الراديوي المستقبلية

من المرجّح أن تكون الرادارات القادمة للاستدلال الراديوي القادرة على العمل في النطاق MHz 10 500 -8 500 مشابهة في خطوطها العريضة للرادارات القائمة الموصوفة هنا. إذ تخطط إحدى الإدارات مثلاً لنشر رادارات أرصاد جوية قصيرة المدى وقائمة على الأرض في النطاق MHz 9 500-9 300. 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 برمّتها. أما المعلمات التقنية الأخرى من قبيل هوائي قطره متر واحد وأساليب تشغيل بدورة تشغيل منخفضة فهي متّسقة مع رادارات الاستدلال الراديوية العاملة في النطاق MHz 10 500-8 500. والأرجح أن تتسم الرادارات المستقبلية للاستدلال 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 السمت وفي الارتفاع.

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

والأرجح أن تزوّد رادارات الاستدلال الراديوية المستقبلية بهوائيات توجه حزمتها إلكترونياً. والتكنولوجيا القائمة حالياً تجعل التوجيه الطوري بديلاً عملياً وجذاباً، والكثير من رادارات الاستدلال الراديوي المطوّرة في السنوات الأخيرة للاستخدام في نطاقات أخرى استعمل التوجيه الطوري في السمت والارتفاع على السواء. وعلى نقيض الرادارات موجهة التردد (مثل النظامين 15 و17) يمكن أن توجه رادارات الصفيف المطاور أي تردد أساسي في نطاق تشغيل الرادار إلى أي سمت وارتفاع اعتباطيين ضمن منطقة تغطيتها الزاويّة. ومن المزايا الأخرى لهذه التقنية أنها تسهّل المواءمة الكهرمغنطيسية في ظروف عديدة.

ويتوقع أن يكون لبعض رادارات الاستدلال الراديوي المستقبَلية قدرة متوسطة بنفس ارتفاع قدرة الرادارات الموصوفة هنا على الأقل. غير أنه من المعقول توقع أن يسعى مصممو الرادارات المستقبَلية إلى تخفيض بث الضوضاء عريضة النطاق دون إرسالات الرادارات الحالية التي تستعمل مغنطرونات أو مضخمات المجال المتقاطع. ومن المتوقع إنجاز هذا التخفيض في الضوضاء باستعمال أنظمة مرسل هوائي الحالة الصعبة. وفي هذه الحالة ستكون النبضات المرسلة أطول من حيث المدة وستكون دورات تشغيل الإرسال أعلى بشكل ملموس مقارنة بمرسِلات 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 نحوٍ متوقّع. وفي أي قطاع من السمت 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 الموضوعة 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 معيّنة، 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 يتطلّب من هدف منفصل انخفاضاً في مدى الفضاء الحر بعامل   
قدره 1/(1/41,26) أو 1/1,06، 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. وتشكّل أي من هذه البدائل حد المقبولية بالنسبة لما تتطلّع 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 لتقلّب الهدف.

تختلف رادارات تجنّب 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 حدٍّ 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 معيّنة من تقدير معدل هطول المطر سيكون الجذر التربيعي للعامل 1 dB أي 1/2(1,26) 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 معيّن، سيرفع التداخل (أي يحط من) انعكاسية الطقس القابلة للقياس بحوالي %26 دون مراعاة خصائص تقلّب انعكاسية الطقس.

وبالنسبة لرادارات الأرصاد الجوية، تمثّل زيادة تناهز 0,5 dB انحطاطاً في المدى وتغطية المنطقة قدره 5 و%11، على التوالي. وتقابل مثل هذه الزيادة نسبة (*I*  *N*)/*N* لما يقارب -10 dB. لكن هذه القضية تتطلّب المزيد من الدراسة.

تؤدي رادارات التصوير ذات الفتحة التركيبية (SAR) تكاملاً متّسقاً 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 طرداً مع المدى (يتناسب عادة 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، تُعدَّل نسبة SNR للخرج (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 معيّنة يراد تصويرها، بعامل 1/(1/31,26) 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. ويمثّل 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 وهندسيتها، حيث ينبغي تحليلها ضمن سيناريو معيّن. 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 المستقبِل-المعالج وأسلوب تشغيل النظام. وبشكل خاص فإن الكسوب 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 انحطاط الأداء، ويشكل تقييمه هدفاً بالنسبة لتحاليل 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 قِبل 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 dB 6–.

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 استبانته في ثمانٍ من عشر مسحات على الأقل وعلى احتمال إنذار كاذب بمقدار 4–10. 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 بيّنت، دون تحفظ، في آخر تحديث لاتفاقية المنظمة البحرية الدولية (IMO) لحماية الحياة البشرية في البحر (SOLAS)، أن الرادار ما زال المحساس 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 المُدرجة في قائمة المنظمة IMO فيما يتعلق بمتطلبات الحمولة. 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 قَبيل جبال الجليد وحطام السفن العائم وما إلى ذلك من السفن غير المزوّدة 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 متطلب 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 وX. ويجري البحث هنا في اختبارات النطاق X (MHz 9 500-9 300**)** 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 لمستقبِلات الرادارات البحرية ولذلك ليس هناك ما يدعو للدهشة من وجود طائفة واسعة من خصائص المستقبِلات 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 المستقبِل 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 Eإلى فئة رادارات المنظمة البحرية الدولية (IMO). ولم يُختبر أيٌّ من رادارات الزوارق الترفيهية. والقيم الاسمية للمعلمات الرئيسية للرادارات مستقاة من وثائق الموافقة على النمط التنظيمي ومن كُتيّبات المبيعات والأدلة التقنية. ويستعمل رادار الفئة E مضخماً/كاشفاً خوارزمياً 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 Eمعروضة أدناه في الجدولين 5 و6.

الجـدول 5

معلمات الرادار D

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

الجـدول 6

**معلمات الرادار E**

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

## 2.1 سمات كبت التداخل في مستقبِل الرادار

يستخدم كلا الرادارين مجموعة دارات ومعالجة إشارة لتقليل التداخل من رادارات أخرى في نفس الموقع. ويستخدم كلا الرادارين E وD 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. واستُعمل عرضاً نبضة يبلغ 1 μs و2 μs مع ترددات PRF تساوي دورتي تشغيل %0,1 و%1. بينما يحاكى 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. وتبيّن أطياف بث إشارتي CDMA المتداخلتين في الشكل 1 أدناه.

الشـكل 1

إشارة CDMA التنوُعيتين

التردد MHz

1796-01

–30

–40

–50

–60

–70

–80

–90

–100

9 407

9 409

9 411

9 413

5 MHz CDMA

1.25 MHz

CDMA 2000

CDMA عريض النطاق وإشارة طيف CDMA 2000

القدرة المقاسة في عريض نطاق (dB) منMHz 100

## 4.1 توليد هدف غير متقلب

استخدمت مجموعة من مولدات الإشارات الموجية العشوائية (AWG)، ومولدات إشارات التردد الراديوي، وتشكيلة دارات منفصلة، وحاسوب شخصي محمول، ومكونات ترددات راديوية أخرى (من كبلات وقارات ومضمامات وغيرها)، لتوليد عشرة أهداف متساوية التباعد على امتداد نصف قطر قدره ثلاثة أميال بحرية (km 5,6~) 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 حُدّدت قدرة التردد الراديوي في مولّد 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 قِبل 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، *Pd*، عند خط الأساس قبل بداية كل اختبار. ونتائج الاختبارات التي أُجريت على الرادار D مبيّنة في الشكل 2 أدناه، الذي يبيّن احتمال كشف الهدف، *Pd*، مقابل مستوى *I/N* لكل نمط من أنماط التداخل. وخط الأساس، *Pd*، 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.

الشـكل 2

منحنيات *Pd* في الرادار D

.

.

–12

–9

–6

–3

0

3

6

9

12

15

18

21

24

27

30

33

36

39

1

0.9

0.8

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

Baseline Pd = 0.92±0.016

الرادار D

احتمالات الكشف

نسبة التداخل إلى الضوضاء *I/N* (dB)

تداخل CDMA يبلغ MHz 5

تداخل CDMA يبلغ 1,25 MHz

تداخل نبضي μs 2بدورة تشغيل %0,1

تداخل نبضي بدورة 2 μs بدورة تشغيل %1

1796-02

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

### 2.5.1 الرادار E

بالنسبة للرادار E كان من الصعب حساب التناقص في الهدف *Pd* عند حقن التداخل في مستقبِل الرادار. وتسبب التداخل في خبو جميع الأهداف بنفس المعدل أياً كان موقعها في سلسلة الأهداف. ولم يكن من الممكن جعل فُرادى الأهداف "تختفي" بزيادة قدرة التداخل وتعداد الأهداف المفقودة لحساب احتمال الكشف *Pd*. 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.

الجـدول 7

الرادار E يتعرّض لتداخل النفاذ CDMA المبوّب

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

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 dB 6–. وعند هذا المستوى كانت درجة لمعان الأهداف على لوحة PPI أعتم بشكل ملحوظ من حالتها عند خط الأساس. وعند مستويات *I/N* تساوي dB 0 فأكثر، عتمت الأهداف بحيث إنها لم تعُد مرئية على لوحة PPI.

وبالنسبة للرادار E، فإن التداخل النبضي المبوّب بمقدار 2,0 و1,0 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 dB 40.

## 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 التأثر" 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 ويقدّر 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.

الجـدول 8

موجز النتائج

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

وجدير بالملاحظة أن هنالك ثلاثة تأثيرات أخرى من التداخل تُخفّض من الفعالية التشغيلية في رادار ما. وكمثال لذلك توليد "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 dB 6–، 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 أصلا (أي *I/N* = dB 6–).

ولا ينتمي أيٌّ 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 وE وقد تتطلب المزيد من الحماية لكي تتمكن من تلبية متطلباتها من حيث تجنّب 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 تبيّن 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 مستقبِل الرادار.

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

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 و6.1 وخصوصاً في الجدول 8 كانت على أساس أهداف غير متقلّبة. فإذا أُجريت اختبارات على أساس أهداف متقلّبة فالأرجح أن تُسفر عن نتائج مختلفة.

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

1. أدخلت لجنة الدراسات 5 للاتصالات الراديوية تعديلات عام 2009 صياغية على هذه التوصية بموجب القرار ITU-R 1. [↑](#footnote-ref-1)
2. قرار المنظمة البحرية الدولية (IMO) MSC.192 (79)، اعتماد معايير أداء مراجعة لأجهزة الرادار، اعتُمد في 10 ديسمبر 2004. [↑](#footnote-ref-2)
3. معايير الأداء المراجعة للمنظمة البحرية الدولية فيما يخص عاكسات الرادار (القرار MSC.164(78)). [↑](#footnote-ref-3)