التوصيـــة ITU-R M.1638

الخصائص ومعايير الحماية المطبقة في دراسات التقاسم بين رادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الملاحة الراديوية للطيران ورادارات الأرصاد الجوية العاملة في نطاقات التردد ما بين 5 250 و5 850 MHz

(2003)

ملخص

تصف هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية وكذلك معايير الحماية للرادارات العاملة في نطاق التردد 5 250-5 850 MHz. والهدف من هذه الخصائص هو استخدامها في تقييم تلاؤم هذه الأنظمة مع خدمات أخرى.

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن خصائص الهوائي، وانتشار الإشارة، وكشف الهدف، وخصائص عرض النطاق اللازم العريض التي تحتاجها الرادارات لأداء وظائفها تكون هي المثلى في بعض نطاقات التردد؛

ب) أن الخصائص التقنية لرادارات التحديد الراديوي للموقع، ورادارات الملاحة الراديوية ورادارات الأرصاد الجوية تحددها أهداف النظام وتختلف اختلافاً كبيراً، حتى داخل نفس النطاق؛

ج) أن خدمة الملاحة الراديوية تُعتبر خدمة للسلامة في مفهوم الرقم 10.4 من لوائح الراديو وتقتضي اتخاذ تدابير خاصة لضمان حمايتها من التداخلات الضارة؛

د) أن جزءاً كبيراً من توزيعات الطيف على خدمتي التحديد الراديوي للموقع والملاحة الراديوية (يبلغ نحو 1 GHz) قد سحب من هاتين الخدمتين أو خفض وضعه القانوني منذ انعقاد المؤتمر الإداري العالمي للراديو لعام 1979؛

هـ) أن بعض الأفرقة التقنية في قطاع الاتصالات الراديوية تنظر في إمكانية إدخال أنواع جديدة من الأنظمة (مثل نظام النفاذ اللاسلكي الثابت والنظامين الثابت والمتنقل بكثافة عالية) أو الخدمات في النطاقات المحصورة بين 420 MHz و34 GHz المستخدمة في رادارات الملاحة الراديوية ورادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الأرصاد الجوية؛

و) أن الخصائص التقنية والتشغيلية النموذجية لرادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الملاحة الراديوية ورادارات الأرصاد الجوية مطلوبة لتحديد جدوى إدخال أنواع جديدة من الأنظمة في نطاقات التردد التي تستعمل فيها هذه الرادارات؛

ز) أن إجراءات ومنهجيات تحليل الملاءمة بين الرادارات والأنظمة في الخدمات الأخرى متيسرة في التوصية ITU-R M.1461؛

ح) أن رادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الملاحة الراديوية ورادارات الأرصاد الجوية تعمل في النطاقات المحصورة بين 5 250 و5 850 MHz؛

ط) أن الرادارات المقامة على سطح الأرض المستعملة لأغراض الأرصاد الجوية يُرخص لها بالعمل في النطاق 5 600-5 650 MHz على أساس التساوي في الحقوق مع محطات خدمة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS) (انظر الرقم 452.5 من لوائح الراديو)،

توصـــي

1 أن تعتبر الخصائص التقنية والتشغيلية لرادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الملاحة الراديوية ورادارات الأرصاد الجوية التي يرد وصف لها في الملحق 1 نموذجية للأنظمة العاملة في نطاقات الترددات الواقعة بين 5 250 و5 850 MHz (انظر الملاحظة 1)؛

2 أن تستخدم التوصية ITU-R M.1461 كخط توجيهي في تحليل الملاءمة بين رادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الملاحة الراديوية ورادارات الأرصاد الجوية مع أنظمة في خدمات أخرى، وأن تستخدم القيمة –6 dB لنسبة قدرة الإشارة المسببة للتداخل إلى قدرة الضوضاء (*I/N*) في المستقبل الراداري، كسوية تطلق الحماية اللازمة في إطار دراسة التقاسم بين خدمة الاستدلال الراديوي والخدمات الأخرى. ويمثل معيار الحماية هذا سوية الحماية الصافية في حالة وجود مسببات تداخل عديدة.

الملاحظة 1 – يجب استخدام التوصية ITU-R M.1313 بشأن خصائص رادارات الملاحة الراديوية البحرية العاملة في نطاق الترددات 5 650-5 470 MHz.

الملحق 1

خصائص رادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الملاحة الراديوية للطيران ورادارات الأرصاد الجوية

1 تقديم

توزع نطاقات التردد المحصورة بين 5 250 و5 850 MHz على خدمة الملاحة الراديوية للطيران وخدمة التحديد الراديوي للموقع على أساس أولي كما هو مبين في الجدول 1. يرخص للرادارات المقامة على سطح الأرض المستعملة لأغراض الأرصاد الجوية بالعمل في النطاق 5 600-5 650 MHz على أساس التساوي في الحقوق مع محطات خدمة الملاحة الراديوية البحرية (انظر الرقم 452.5 من لوائح الراديو).

الجدول 1

النطاق (MHz)	التوزيع
5 255-5 250	التحديد الراديوي للموقع
5 350-5 255	التحديد الراديوي للموقع
5 460-5 350	الملاحة الراديوية للطيران
5 470-5 460	التحديد الراديوي للموقع
5 650-5 470	الملاحة الراديوية البحرية[1]
5 725-5 650	التحديد الراديوي للموقع
5 850-5 725	التحديد الراديوي للموقع

[1] وفقاً للرقم 452.5 من لوائح الراديو يرخص للرادارات المقامة على سطح الأرض المستعملة لأغراض الأرصاد الجوية في النطاق 5 600-5 650 MHz، بأن تعمل على أساس التساوي في الحقوق مع محطات خدمة الملاحة الراديوية البحرية.

تؤدي رادارات التحديد الراديوي للموقع مجموعة متنوعة من الوظائف مثل:

- تتبع مركبات الإطلاق الفضائية والمركبات الجوية التي تخضع لاختبارات تطوير وتشغيل؛
- المراقبة البحرية والجوية؛
- القياسات البيئية (مثل دراسة دورات الماء في المحيطات وظواهر الأرصاد الجوية كالأعاصير)؛
- تكوين صور للأرض؛
- الدفاع الوطني وحفظ السلام على الصعيد الدولي.

تُستعمل رادارات الملاحة الراديوية للطيران في المقام الأول للكشف عن اضطرابات الظواهر الجوية وانقصاف الرياح بواسطة أجهزة محمولة جواً، وبذلك تؤدي خدمة للسلامة (انظر الرقم 10.4 من لوائح الراديو).

تُستعمل رادارات الأرصاد الجوية للكشف عن الظواهر الجوية العنيفة مثل الزوابع والأعاصير والعواصف الرعدية العنيفة. وتيسّر هذه الرادارات الجوية القياسات الكمية لهطل الأمطار وفقاً للمنطقة وهي في غاية الأهمية بالنسبة للتنبؤ الهيدرولوجي باحتمالات وقوع فيضانات. وتُستخدم هذه المعلومات لتحذير الجمهور ولذلك فهي خدمات لسلامة الحياة البشرية.

تتضمن التوصية ITU-R M.1313 خصائص رادارات الملاحة الراديوية البحرية في النطاق 470 5-650 5 MHz.

2 الخصائص التقنية

يستعمل النطاقات المحصورة بين 250 5-850 8 MHz العديد من أنواع الرادارات المختلفة المقامة على منصات ثابتة في البر أو محمولة على السفن أو محمولة جواً أو قابلة للنقل. يتضمن الجدولان 2 و3 الخصائص التقنية للأنظمة النموذجية المستعملة في هذه النطاقات. تعتبر هذه المعلومات كافية عموماً لإجراء حسابات عامة لتقييم التلاؤم بين هذه الرادارات وأنظمة أخرى.

ولا يتضمن الجدولان خصائص الرادارات العاملة بالقفز الترددي التي تُشغل في نطاق التردد هذا. وتقنية القفز الترددي هي من أكثر التدابير الإلكترونية المعاكسة (ECCM) شيوعاً. والأنظمة الرادارية المصممة لكي تشتغل في ظروف عدوانية تتعرض فيها لهجمات إلكترونية، تستعمل القفز الترددي باعتباره أحد تقنيات التدابير الإلكترونية المعاكسة. وهذا النوع من الرادارات يقسّم عموماً نطاقات التردد الموزعة عليه إلى قنوات. ثم يختار الرادار بشكل عشوائي قناة من بين جميع القنوات المتيسرة للإرسال. ويمكن أن يحدث هذا الشغل العشوائي لقناة ما على أساس موقع الحزمة حيث يتم إرسال العديد من النبضات على نفس القناة، أو على أساس كل نبضة. ويجب مراعاة هذا الجانب الهام للأنظمة الرادارية وأخذه في الحسبان عند دراسة التقاسم لمراعاة النتائج التي يمكن أن تترتب على وجود رادارات تعمل بالقفز الترددي.

الجدول 2

خصائص الأنظمة الرادارية للملاحة الراديوية للطيران والأرصاد الجوية

الخصائص	رادار A	رادار B	رادار C	رادار D	رادار E	رادار F	رادار G	رادار H	رادار I	رادار J
الوظيفة	أرصاد جوية	أرصاد جوية	أرصاد جوية	الملاحة الراديوية للطيران	أرصاد جوية	أرصاد جوية	أرصاد جوية	أرصاد جوية	أرصاد جوية	أرصاد جوية
نوع المنصة (محمولة جواً، محمولة على سفينة، على البر)	أرضية/محمولة على سفينة	محمولة جواً	على البر	محمولة جواً	على البر	على البر	على البر	على البر	على البر	على البر
مدى التوليف (MHz)	5 700-5 300	5 370	5 650-5 600	5 440	5 650-5 600	5 700-5 300	5 650-5 600	5 650-5 600	5 650-5 600	5 725-5 250
التشكيل	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	تقليدي	مصحوب بمقدرة دوبلر	مصحوب بمقدرة دوبلر
قدرة إرسال الهوائي	250 kW ذروة 125 W متوسط	70 kW ذروة	250 kW ذروة 1 500 W متوسط	200 kW ذروة	250 kW ذروة	250 kW ذروة	250 kW ذروة	250 kW ذروة 150 W متوسط	250 kW ذروة 150 W متوسط	2,25 kW ذروة
عرض النبضة (µs)	2,0	6,0	18-0,05	20-1	1,1	2,0-0,8	3,0	5-0,8	5-0,8	0,1
وقت صعود/هبوط النبضة (µs)	0,2	0,6	0,005	0,1	0,11	0,08	0,3	2-0,2	2-0,2	0,005
معدل تكرار النبضات (pps)	250 ،50 و1 200	200	4 000-0	1 440-180	2 000	1 180-250	259	1 200-250	1 200-50	100 000
جهاز للخرج	مغنطرون متحد المحور	مغنطرون متحد المحور	كليسترون	مغنطرون	كليسترون	مغنطرون يولّف	مغنطرون متحد المحور	مغنطرون أو كليسترون	مغنطرون متحد المحور	مغنطرون متحد المحور
نوع مخطط الهوائي (نقطي، مروحي، قاطع تمام مربع)	مخروطي	مروحي	نقطي	نقطي	نقطي	نقطي	نقطي	نقطي	نقطي	نقطي
نوع الهوائي (عاكس، صفيف مطاور، صفيف بشقوق، إلخ)	عاكس مكافئي صلد	مكافئي	مكافئي	صفيف بشقوق	مكافئي	مكافئي	مكافئي صلد	مكافئي صلد	مكافئي صلد	مكافئي صلد
استقطاب الهوائي	رأسي	أفقي	أفقي	أفقي	أفقي	أفقي	أفقي	أفقي و/أو رأسي	أفقي و/أو رأسي	أفقي و/أو رأسي
كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)	39	37,5	44	34	50	40	40	50-40	50-40	45-35

الجدول 2 *(تتمة)*

الخصائص	رادار A	رادار B	رادار C	رادار D	رادار E	رادار F	رادار G	رادار H	رادار I	رادار J
عرض حزمة الهوائي بزاوية الارتفاع (بالدرجات)	4,8	4,1	0,95	3,5	0,55 >	1,0 >	1,65	2-0,5	2-0,5	12-2,4
عرض حزمة الهوائي بزاوية السمت (بالدرجات)	0,65	1,1	0,95	3,5	0,55 >	1,0 >	1,65	2-0,5	2-0,5	12-1,5
معدل المسح الأفقي للهوائي (بالدرجات/ثانية)	0,65	24	0-36 (rpm 6-0)	20	24-21	48-30	48-30	18-6 (rpm 3-1)	18-6 (rpm 3-1)	1,2
نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ) (بالدرجات)	360	180 قطاعي	360	متواصل	متواصل 360 قطاعي	360	360	360	360	360
سرعة المسح الرأسي للهوائي (بالدرجات/ثانية)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	45	15	15	15	10-1	14-1	غير متاح
نمط المسح الرأسي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ) (بالدرجات)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	قطاعي	خطوة تلو خطوة، 60-0,5	خطوة تلو خطوة، 2– إلى +60	1– إلى +60	1– إلى +90	5– إلى +90	غير متاح
سويات الفصوص الجانبية للهوائي (الفص الجانبي الأول، الفصوص الجانبية البعيدة) (dB)	26–	20–	35–	31–	27–	25–	25–	25– إلى 35–	25– إلى 35–	20–
ارتفاع الهوائي (m)	30	ارتفاع الطائرة	10	ارتفاع الطائرة	30	30	30	30-6	30-6	10
عرض النطاق IF عند 3 dB للمستقبل (MHz)	0,5	0,6	20	1,0	0,91	0,6	0,25 إلى 0,5	0,7 إلى 4	0,1 إلى 3,0	10
عامل ضوضاء المستقبل (dB)	7	6	4	5	2,3	3	3	8-3,5	8-1,5	3
أدنى إشارة يمكن كشفها (dBm)	110–	106–	97–	109–	109–	109– إلى 112–	114–	113– إلى 120–	113– إلى 120–	113– إلى 118–

الجدول 3

خصائص أنظمة التحديد الراديوي للموقع

الخصائص	رادار K	رادار L	رادار M	رادار N	رادار O	رادار P	رادار Q	رادار R	رادار S
الوظيفة	قياس	قياس	قياس	قياس	قياس	بحث على سطح الأرض وبحث جوي	بحث على سطح الأرض وبحث جوي	بحث وتكوين صور للأرض	بحث
نوع المنصة (محمولة جواً، محمولة على سفينة، على البر)	على البر	على البر	على البر	على البر	على البر	محمولة على سفينة	محمولة على سفينة	محمولة جواً	محمولة جواً
مدى التوليف (MHz)	5 300	5 850-5 350	5 850-5 350	5 900-5 400	5 900-5 400	5 300	5 825-5 450	5 300	5 725-5 250
التشكيل	غير متاح	لا يوجد	لا يوجد	نبضة/نبضة زقزقية	نبضة زقزقية	تشكيل ترددي خطي	لا يوجد تشكيل ترددي	تشكيل ترددي غير خطي/خطي	نبضة في شكل موجة متواصلة
قدرة إرسال الهوائي	kW 250	MW 2,8	MW 1,2	MW 1,0	kW 165	kW 360	kW 285	1 أو 16 kW	W 400-100
عرض النبضة (µs)	1,0	0,25، 1,0، 5,0	0,25، 0,5، 1,0	1-0,25 (عادي) 50-3,1 (زقزقي)	100	20,0	1,0/0,25/0,1	7 أو 8	1,0
وقت صعود/هبوط النبضة (µs)	0,2/0,1	0,5-0,02	0,05-0,02	0,1-0,02	0,5	0,5	0,1/0,05/0,03	0,5	0,05
معدل تكرار النبضات (pps)	3 000	640 ،160	640 ،160	1 280-20	320	500	2 400/1 200/ 750	4 000-1 000	1 500-200
عرض النطاق الزقزقي (MHz)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	4,0	8,33	1,5	غير متاح	62، 124	غير متاح
عرض نطاق الإرسال الراديوي (MHz) dB 3– dB 20–	4,0 10,0	5-0,5	3,6-0,9 18-6,4	3,6-0,9 18-6,4	8,33 9,9	1,5 1,8	1,2/4,0/5,0 7,0/12,5/16,5	62، 124 65، 130	4,0 10,0
نمط مخطط الهوائي (نقطي، مروحي، قاطع تمام مربع، إلخ)	نقطي	نقطي	نقطي	نقطي	نقطي	قاطع تمام مربع	مروحي	مروحي	نقطي
نوع الهوائي (عاكس، صفيف مطاور، صفيف بشقوق، إلخ)	عاكس مكافئي	مكافئي	مكافئي	صفيف مطاور	صفيف مطاور	مكافئي	شبكة تغذية بوقية ذات موجات مرتحلة	بوقا استقطاب مزدوجان يستندان إلى ركيزة وحيدة	صفيف بشقوق

الجدول 3 *(تتمة)*

الخصائص	رادار K	رادار L	رادار M	رادار N	رادار O	رادار P	رادار Q	رادار R	رادار S
استقطاب الهوائي	رأسي/دائري مياسر	رأسي/دائري مياسر	رأسي/دائري مياسر	رأسي/دائري مياسر	رأسي/دائري مياسر	أفقي	أفقي	أفقي ورأسي	دائري
كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)	38,3	54	47	45,9	42	28,0	30,0	26	40-30
عرض حزمة الهوائي بزاوية الارتفاع (بالدرجات)	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	24,8	28,0	28,0	4-2
عرض حزمة الهوائي بزاوية السمت (بالدرجات)	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	2,6	1,6	3,0	4-2
معدل المسح الأفقي للهوائي (بالدرجات/الثانية)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	36، 72	90	غير متاح	20
نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ) (بالدرجات)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	متواصل 360	30-270 قطاعي	ثابت على يمين أو يسار مسار الطيران	متواصل
معدل المسح الرأسي للهوائي (بالدرجات/الثانية)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح
نمط المسح الرأسي للهوائي (متواصل، عشوائي، 360°، قطاعي، إلخ) (بالدرجات)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح (تتبع)	غير متاح	ثابت	ثابت في الارتفاع (20– إلى 70–)	غير متاح
سويات الفصوص الجانبية للهوائي (الفص الجانبي الأول، الفصوص الجانبية البعيدة) (dB)	20–	20–	20–	22–	22–	20–	25–	22–	25–
ارتفاع الهوائي (m)	20	20	20-8	20	20	40	40	حتى 8 000	9 000
عرض النطاق IF عند 3 dB للمستقبل (MHz)	1	4,8، 2,4، 0,25	4، 2، 1	8-2	8	1,5	10 ،1,2	147 ،90	1
عامل ضوضاء المستقبل (dB)	6	5	5	11	5	5	10	4,9	3,5
أدنى إشارة يمكن كشفها (dBm)	105–	107–	100–	107–، 117–	100–	107–	94– (نبضة قصيرة/ متوسطة) 102– (نبضة عريضة)	90–، 87–	110–

3 الخصائص التشغيلية

1.3 رادارات الأرصاد الجوية

تعمل رادارات الأرصاد الجوية المحمولة جواً أو المقامة على سطح الأرض ضمن نطاق التردد 250 5-850 5 MHz، وترد خصائصها التقنية في الجدول 1.

تستعمل رادارات الأرصاد الجوية المقامة على سطح الأرض للكشف عن ظروف الظواهر الجوية الخطرة ولوضع أنشطة تخطيط الرحلات الجوية. وكثيراً ما يكون موقعها قريباً من المطارات في جميع أنحاء العالم. ولذلك، تعمل هذه الرادارات بصورة متواصلة طوال 24 ساعة في اليوم.

وتقدم رادارات الأرصاد الجوية قياسات كمية للهواطل حسب المنطقة وغالباً ما تشكل جزءاً من شبكات تنسق هذه القياسات على المستويين الوطني والإقليمي. وتلتزم الرادارات التي تستعمل تكنولوجيا الرادار الدوبلري أيضاً بسرعة الهواطل، التي تكشف عن وجود حركة ظواهر جوية خطرة كالأعاصير والزوابع والعواصف الرعدية العنيفة وكذلك انقصاف الرياح والدوّامات. وتستعمل القياسات الكمية من هذين النوعين التي تجرى في الوقت الفعلي كمصادر معطيات حاسمة ووحيدة للتنبؤات الهدرولوجية والأرصاد الجوية والظروف البيئية. ويسمح استيعاب المعطيات الرقمية، والنمذجة والتنبؤ بالأحوال الجوية وبالفيضانات وبالتلوث، ولا سيما بمناسبة حدوث ظواهر وخيمة العواقب، بزيادة دقة التنبؤ وتوجيه الإنذارات في الوقت المناسب. ويمكن استعمال المعطيات بشكل مباشر، عن طريق تقييم مخاطر الصاعقة. ويمكن للعديد من التطبيقات أن تكون هامة لسلامة السكان عامة وحمايتهم (الحياة والممتلكات) وسلامة وأمن العمليات العسكرية.

وتُستعمل رادارات الأرصاد الجوية المحمولة جواً لكشف الأعاصير وتعرفها. على حد سواء. وتخترق الطائرات عدة مرات مركز الإعصار على ارتفاعات تتراوح ما بين 500 1 قدم (457 متراً) و000 20 قدم (096 6 متراً). وتجمع الطائرات معطيات عن مهمة البحث اللازمة للنماذج الحاسوبية التي تتنبأ بشدة الأعاصير وموقع ارتطامها بالأرض. وتخترق طائرات أخرى الأعاصير على ارتفاعات أعلى وتكون أقل اضطراباً (000 30 – 000 45 قدم أو 144 9 – 716 13 متراً) لتحديد موقع مركز الإعصار.

2.3 رادارات الملاحة الراديوية للطيران

الرادارات العاملة في الملاحة الراديوية للطيران في نطاق التردد 350 5-460 5 MHz هي في المقام الأول أنظمة محمولة جواً تُستخدم لسلامة الرحلات الجوية. وإنها رادارات لكشف الأرصاد الجوية وتفادي التقلبات الجوية، تعمل بشكل دائم أثناء الطيران، وهناك رادارات للكشف عن انقصاف الرياح التي تعمل أتوماتياً بمجرد هبوط الطائرة تحت 400 2 قدم (732 متراً). وللرادارين خصائص متماثلة وهما راداران جبهيان يمكنهما مسح مساحة حول مسار الطائرة. وهذه الأنظمة تقوم أتوماتياً بالمسح في مدى سمت وارتفاع معين، وهما يضبطان يدوياً (ميكانيكياً) في الارتفاع من قبل الطيار (الذي قد يرغب في إجراء عدة "مقاطع" في الارتفاع لكي يتخذ قرارات تتعلق بالملاحة).

3.3 رادارات التحديد الراديوي للموقع

هناك أنواع عديدة من الرادارات تقوم بمهام متنوعة وتعمل ضمن خدمة التحديد الراديوي للموقع في كل النطاق 250 5-850 5 MHz. ويعطي الجدول 3 الخصائص التقنية لعدة أنواع من الرادارات النموذجية التي تستعمل هذه الترددات والتي يمكن استعمالها لتقييم الملاءمة بين رادارات التحديد الراديوي للموقع والأنظمة الخاصة بخدمات أخرى. ويناقش الاستعمال التشغيلي لهذه الرادارات بإيجاز في النص التالي.

تقدم رادارات قياس المدى المستعملة على منصات الرمي معطيات دقيقة للغاية بشأن مركبات الإطلاق الفضائية ومركبات الطيران التي تخضع لاختبارات التطوير والتشغيل. وتتميز هذه الرادارات بقدرة إرسال عالية وهوائيات مكافئية عاكسة عريضة الفتحة مزودة بحزم نقطية ضيقة للغاية. ولهذه الرادارات هوائيات أتوماتية للتتبع، تتبع الهدف عن طريق الصدى الطبيعي أو عن طريق صوّة للتتبع (والملاحظ أن صوة الرادار غير واردة في هذه الجداول؛ وعادة ما تولّف في المدى 400 5-900 5 MHz ولها قدرات إرسال تتراوح ما بين 50-200 W في ذروتها، وتستعمل في إعادة إرسال الإشارة الرادارية المستقبلة). ويمكن أن تمتد فترات التشغيل من عدة دقائق إلى 4-5 ساعات، ويتوقف ذلك على برنامج الاختبار. وتجرى الاختبارات على فترات مجدولة 24 ساعة يومياً و7 أيام في الأسبوع.

والرادارات المحمولة على متن السفن للمراقبة البحرية والجوية تستخدم لحماية السفن وتعمل بشكل متواصل طوال إبحار السفينة وكذلك عند دخولها مناطق الموانئ ومغادرتها. وتستعمل هذه الرادارات قدرات إرسال متوسطة الارتفاع وهوائيات تمسح إلكترونياً في زوايا الارتفاع وميكانيكياً في زوايا السمت كامل الدرجات 360°. وقد يحدث أن تستعمل عدة سفن هذه الرادارات في وقت واحد وفي منطقة جغرافية معينة.

وتستعمل رادارات أخرى من أجل تطبيقات خاصة في النطاق 250 5-850 5 MHz. والرادار Q (الجدول 3) هو رادار محمول جواً بفتحة تركيبية يستعمل في رسم الخرائط وتكوين صور الأرض، وفي الدراسات البيئية ودراسات استعمال الأراضي، وأنشطة بحث أخرى ذات صلة. وهي تُشغَّل بصورة متواصلة على ارتفاعات مختلفة وبزوايا رؤية هابطة لفترات من الوقت قد تصل إلى ساعات، ويتوقف ذلك على طبيعة كل حملة قياس.

4 معايير الحماية

أثر إزالة الحساسية عن الرادارات العاملة في هذا النطاق والمتولدة من تداخل من طراز الموجة المستمرة أو الشبيه بالضوضاء يمكن التنبؤ به حسب قدرته. وفي أي من قطاعات السمت التي يمكن أن يحدث فيها هذا التداخل، يمكن إضافة كثافته الطيفية للقدرة ببساطة إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لمستقبِل الرادار، مع إجراء تقريب معقول. وإذا رُمز إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لمستقبِل الرادار في غياب التداخل بالرمز N_0، ورُمز إلى التداخل الشبيه بالضوضاء بالرمز I_0، تصبح الكثافة الفعلية الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية الناتجة ببساطة $N_0 + I_0$. وزيادة قدرة قدرها نحو 1 dB لرادارات الأرصاد الجوية ورادارات التحديد الراديوي للموقع من شأنها أن تشكل انحطاطاً محسوساً. وتقابل مثل هذه الزيادة نسبة $N/(N+I)$ قدرها 26,1 أو نسبة I/N قدرها نحو –6 dB. وبالنسبة لرادارات الملاحة الراديوية ورادارات الأرصاد الجوية، التي وظيفتها سلامة الأرواح البشرية، تشكل الزيادة التي قدرها 0,5 dB انحطاطاً محسوساً. وتقابل مثل هذه الزيادة نسبة $N/(N+I)$ قدرها نحو –10 dB. غير أنه ينبغي إكمال الدراسة الضرورية لإثبات صلاحية هذه القيمة. وتشكل معايير الحماية هذه الأثر الكلي لمجموعة مسببات التداخل، في حالة تعددها؛ ونسبة I/N المسموح بها لمسبب وحيد للتداخل تتوقف على عدد مسببات التداخل وهندستها، ويجب تقييمها في مجرى تحليل سيناريو معين.

ويمكن أن يتفاوت عامل التجميع تفاوتاً كبيراً في بعض أنظمة الاتصالات التي يمكنها أن تنشر عدداً كبيراً من المحطات.

وتحديد أثر التداخل النبضي كمياً أكثر صعوبة ويتوقف إلى حد بعيد على تصميم المستقبِل/المُعالج وطريقة تشغيله. وبصورة خاصة، يكون لكسوب المعالجة التفاضلية لعودة هدف صالح ذي نبضات متزامنة، وللنبضات المسببة للتداخل، التي عادة ما تكون غير متزامنة، آثار هامة على سويات معينة للتداخل النبضي. ويمكن أن ينتج عن إزالة الحساسية أشكال مختلفة من انحطاط الأداء. وتقييمها سيكون هدفاً لتحليل التفاعلات بين أنواع مختلفة من الرادارات. وبصورة عامة، يمكن أن يتوقع من خصائص عديدة في رادارات الاستدلال الراديوي أن تساعد على كبت التداخل النبضي في حالة ضعف دورة التشغيل، خاصة من بعض المصادر المعزولة. وترد تقنيات كبت التداخل النبضي في حالة ضعف دورة التشغيل في التوصية ITU-R M.1372 – استعمال محطات الرادار الفعال للطيف الراديوي في خدمة الاستدلال الراديوي.

5 تقنيات تخفيف التداخل

تسهل بصورة عامة الملاءمة المتبادلة بين رادارات التحديد الراديوي للموقع ورادارات الملاحة الراديوية للطيران ورادارات الأرصاد الجوية عن طريق مسح حزم الهوائي الذي يحدّ من اقتران الحُزم الرئيسية. ويسمح بتخفيف إضافي عن طريق الاختلافات بين أشكال الموجات في نوعي الرادارات وما يرتبط به من نبذ النبضات غير المرغوبة عن طريق تقنيات الترشيح في المستقبل وتقنيات معالجة الإشارات مثل الحدّ من الإشارة، والتحكم الدوري للكسب وتكامل الإشارة. من ناحية أخرى، يمكن تخفيف التداخل عن طريق الفصل بين الترددات الحاملة أو التمييز في الوقت باستعمال تقنيات نبذ/كبت النبضات غير المتزامن. وفي التفاعلات المتبادلة من رادار إلى رادار، لا يكون الفصل في الترددات ضرورياً دائماً للحصول على الملاءمة، نظراً إلى أن الدرجات العالية من فك الاقتران في القدرة وفي الزمن يمكن أن تحدث بشكل طبيعي أو بوضع تصميمات جيدة مناسبة. وتوجد في التوصية ITU-R M.1372 تفاصيل إضافية عن تقنيات تخفيف التداخل التي تستعملها الرادارات.

_____