

## التقرير ITU-R RS.2094

الدراسات المتصلة بالملاءمة بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة)  
 وخدمة الاستدلال الراديوي في النطاقين MHz 9 500-9 300 و MHz 10 000-9 800  
 وبين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة)  
 والخدمة الثابتة في النطاق MHz 10 000-9 800

(2007)

## جدول المحتويات

الصفحة

3	.....	مقدمة	1
3	.....	خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشطة)	2
3	.....	1.2 التطبيقات	
3	.....	2.2 المعلنات	
5	.....	خدمات الاستدلال الراديوي	3
5	.....	1.3 التطبيقات	
5	.....	2.3 المعلنات	
14	.....	الخدمة الثابتة	4
14	.....	1.4 التطبيقات	
14	.....	2.4 المعلنات	
15	.....	تحليل التداخل	5
		1.5 الدراسة التحليلية رقم 1: تقييم التداخل المحتمل من خدمة الاستدلال الراديوي في المحاسيس المحمولة في الفضاء النشطة العاملة في النطاق MHz 9 500-9 300 والنطاق MHz 10 000-9 800	
15	.....	1.1.5 نهج التحليل	
19	.....	2.1.5 نتائج التحليل	
23	.....	3.1.5 تقنيات التخفيف من التداخل SAR	
24	.....	4.1.5 استنتاجات التحليل	
		2.5 الدراسة التحليلية رقم 2: تقييم التداخل المحتمل من رادارات أرصاد جوية رابضة على الأرض في خدمة استكشاف الأرض الساتلي (النشطة) في النطاق MHz 9 500-9 300	
24	.....	1.2.5 معلنات المحاكاة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة)	
24	.....	2.2.5 المعلنات المحاكاة لرادار أرصاد جوية	
25	.....	3.2.5 النتائج	
26	.....	4.2.5 الاستنتاجات	

الصفحة

3.5	الدراسة التحليلية رقم 3: تقييم مستويات التداخل القصوى من خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) في خدمة التحديد الراديوي للموقع في النطاقين 9 300-9 500 MHz و 9 800-10 000 MHz	26
1.3.5	نهج التحليل	26
2.3.5	نتائج التحليل	27
3.3.5	مناقشة الحد من التداخل	28
4.3.5	استنتاجات التحليل	29
4.5	الدراسة التحليلية رقم 4: تحليل التداخل المحتمل من خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) في رادارات أرساد جوية رابضة على الأرض تعمل في خدمة التحديد الراديوي للموقع في النطاق 9 300-9 500 MHz	29
1.4.5	التحليل الأولي	29
2.4.5	عوامل إضافية للتخفيف من التداخل في رادارات الأرساد الجوية	33
3.4.5	الاستنتاجات - إعادة تقييم النتائج المتحصلة من التحليل الأولي	37
5.5	الدراسة التحليلية رقم 5: دراسات الملاءمة بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) والخدمة الثابتة في النطاق 9 800-10 000 MHz	39
1.5.5	نهج التحليل	39
2.5.5	نتائج التحليل	43
3.5.5	استنتاجات التحليل	48
6	أمثلة لتقنيات تخفيف التداخل في نظام SAR محمول في الفضاء	48
1.6	المثال 1: اختيار خصائص الإرسال من أجل تخفيف التداخل من محاسيس نشيطة محمولة في الفضاء في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) لاستخدامها في عرض النطاق 500 MHz بالقرب من 9,6 GHz	48
1.1.6	اختيار خصائص استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) من أجل تخفيف التداخل	48
2.1.6	استنتاجات التحليل	50
2.6	المثال 2: طريقة تخفيف التداخل الهوائي SAR 3 للمحساس النشط المحمول جواً في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) لاستخدامها في عرض النطاق 500 MHz بالقرب من 9,6 GHz	50
1.2.6	الخصائص التقنية لهوائي المحساس العريض النطاق النشط SAR 3 المحمول في الفضاء	50
2.2.6	الخصائص التقنية لنظام رادار أرضي	52
3.2.6	المظاهر الجانبية لقدرة المستقبل في المحطات الأرضية	52
4.2.6	استنتاجات التحليل	54
7	الملخص والاستنتاجات	54
8	وثائق مساندة	55

## 1 مقدمة

الغرض من هذا التقرير هو تلخيص نتائج الدراسات المتصلة التوافق بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشطة) وخدمة الاستدلال الراديوي في النطاقين MHz 9 500-9 300 و MHz 10 000-9 800 وبين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشطة) والخدمة الثابتة في النطاق MHz 10 000-9 800.

## 2 خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشطة)

## 1.2 التطبيقات

توجد في عام 2007 خمسة رادارات ذات فتحة تركيبية (SAR) خطط لت تشغيلها في النطاق القريب من GHz 9,6، وتشمل هذه الرادارات، رادارات ذات فتحة تركيبية (SARs) موجودة على متن السواتل الأربعة لكوكبة سواتل صنعت بتكليف من وكالة الفضاء الإيطالية (ASI) ولكنها لم تطلق بعد؛ و رادار واحد ذو فتحة تركيبية (SAR) يسمى "SAR 3" قيد النظر حاليا في الوكالة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء التابعة للولايات المتحدة.

وسوف يتم التحكم في الرادارات ذات الفتحة التركيبية العاملة في الترددات القريبة من النطاق GHz 9,6 عن طريق التحكم الأرضي للتشغيل أو عدم التشغيل حسبما هو مطلوب لرؤية أماكن معينة على سطح الأرض بسبب القيود المتعلقة بالقدرة في المركبة الفضائية. ويؤدي هذا الأسلوب للتشغيل إلى أن يقوم الرادار ذو الفتحة التركيبية بالإرسال لنسبة من الوقت تتراوح بين 10 في المائة و20 في المائة. ثمة أسلوب آخر للتشغيل هو أسلوب بقعة الضوء. ويتم في هذا الأسلوب اختيار زاوية رؤية تتراوح بين 20° و44°، وتجمع البيانات عادة بأخذ عدد يتراوح بين 49 و65 منطقة جزئية مدى كل منها 20 كم، في نطاق 0,35 كم في السمتم. يمكن بعد ذلك وضع هذه البيانات في صورة فسيفسائية من المناطق الجزئية في السمتم لإنتاج صورة أبعادها 20 كم في 20 كم.

## 2.2 المعلمات

يعرض الجدول 1 الخصائص التقنية للمحاسيس النشطة المحمولة في الفضاء العاملة في النطاق MHz 10 000-9 300، ويعرض الجدول 2 كسب الهوائي، ويعرض الجدول 3 مخطط كسب الهوائي للرادار SAR 2 بينما يعرض الجدول 4 كسب الهوائي للرادار SAR 3.

## الجدول 1

## الخصائص التقنية للرادارات ذات الفتحة التركيبية المقترحة

المعلمة	SAR 1	SAR 2	SAR 3
الارتفاع المداري (km)	400	619	506
الميل المداري (بالدرجات)	57	98	98
تردد RF الوسطي (GHz)	9,6	9,6	9,6
قدرة الذروة للإشعاع (W)	1 500	5 000	25 000
التشكيل النبضي	تشكيل خطي بالتردد	تشكيل خطي بالتردد	تشكيل خطي بالتردد
عرض نطاق التشكيل بالتردد (MHz)	10	400	450
فترة النبضة (μs)	33,8	80-10	10-1
معدل تكرار النبضات (pps)	1 736	4 500-2 000	515-410

المعلمة	SAR 1	SAR 2	SAR 3
ذورة التشغيل %	5,9	28,0-2,8	0,5-0,04
نسبة انضغاط المدى	338	< 12 000	4 500-450
نمط الهوائي	دليل موجات ذو فتحات	ضعيف المستوى	ضعيف ومستوى
ذروة كسب الهوائي (dBi)	44,0	46,0-44,0	42,5-39,5
(dBW) e.i.r.p	75,8	83,0	88,5-83,5
توجيه الهوائي	20° إلى 55° من النظر	34 درجة من النظر	20° إلى 44° من النظر
فتحة الهوائي	(El) °5,5 (Az) °0,14	(El) °2,3-1,6 (Az) °0,3	(El) °2,3-1,1 (Az) °1,15
استقطاب الهوائي	رأسي خطي	خطي أفقي أو رأسي	خطي أفقي/رأسي
درجة حرارة ضوضاء النظام (k)	551	500	600

الجدول 2

نمط كسب الهوائي للرادار SAR 1 حول النطاق 9,6 GHz

النمط	الكسب $G(\theta)$ (dBi) كدالة لزاوية الانحراف عن المحور $\theta$ (بالدرجات)	المدى الزاوي (بالدرجات)
رأسي الارتفاع	$G_v(\theta_v) = 44.0 - 0.397(\theta_v)^2$ $G_v(\theta_v) = 24.5$ $G_v(\theta_v) = 9.5$ $G_v(\theta_v) = 22.5$	$\theta_v < 7.1$ $7.1 \leq \theta_v \leq 30$ $30 < \theta_v \leq 60$ $\theta_v > 60$
أفقي (السمت)	$G_h(\theta_h) = 0 - 612.2(\theta_h)^2$ $G_h(\theta_h) = -12$ $G_h(\theta_h) = 0 - 27.0(\theta_h)$ $G_h(\theta_h) = -35$	$\theta_h \leq 0.14$ $0.14 < \theta_h \leq 0.44$ $0.44 < \theta_h \leq 1.3$ $\theta_h > 1.3$
نمط الحزمة	$G(\theta) = \{G_v(\theta_v) + G_h(\theta_h), -3\} \max$	

الجدول 3

كسب الهوائي للرادار SAR 2 حول النطاق 9,6 GHz

النمط	الكسب $G(\theta)$ (dBi) كدالة لزاوية الانحراف عن المحور $\theta$ (بالدرجات)	المدى الزاوي (بالدرجات)
رأسي الارتفاع	$G_v(\theta_v) = 46.0 - 0.835(\theta_v)^2$ $G_v(\theta_v) = 31.0$ $G_v(\theta_v) = 26.0$ $G_v(\theta_v) = 10.0$	$\theta_v < 3.8$ $3.8 \leq \theta_v \leq 15$ $15 < \theta_v \leq 30$ $\theta_v > 30$
أفقي (السمت)	$G_h(\theta_h) = 0 - 444.5(\theta_h)^2$ $G_h(\theta_h) = -16$ $G_h(\theta_h) = -20.0(\theta_h)$	$\theta_h \leq 0.3$ $0.3 < \theta_h \leq 0.7$ $\theta_h > 0.7$
نمط الحزمة	$G(\theta) = \{G_v(\theta_v) + G_h(\theta_h), -3\} \max$	

## الجدول 4

## كسب الهوائي للرادار SAR 3 حول النطاق 9,6 GHz

المدى الزاوي (بالدرجات)	الكسب $G(\theta)$ (dBi) كدالة لزاوية الانحراف عن المحور $\theta$ (بالدرجات)	النمط
$0 < \theta_v < 1.1$ $1.1 \leq \theta_v < 30$ $\theta_v \geq 30$	$G_v(\theta_v) = 42.5 - 9.92(\theta_v)^2$ $G_v(\theta_v) = 31.4 - 0.83 \theta_v$ $G_v(\theta_v) = 10.5 - 0.133 \theta_v$	رأسي الارتفاع
$0 < \theta_h < 1.15$ $1.15 \leq \theta_h < 4.13$ $\theta_h \geq 4.13$	$G_h(\theta_h) = 0.0 - 9.07(\theta_h)^2$ $G_h(\theta_h) = +1.9 - 12.08 \theta_h$ $G_h(\theta_h) = -48$	أفقي (السمت)
	$G(\theta) = G_v(\theta_v) + G_h(\theta_h)$	نمط الحزمة

## 3 خدمات الاستدلال الراديوي

## 1.3 التطبيقات

يستخدم النطاق 500-8 500-10 MHz بواسطة أنواع مختلفة كثيرة من الرادارات القائمة على منصات على الأرض، ومنصات متنقلة، وعلى متن السفن، ومحمولة جواً، وتشمل وظائف الاستدلال الراديوي التي تؤدي في هذا المدى الترددي البحث من الجو والبر، وإعداد الخرائط الأرضية، وتتبع التضاريس والملاحة (الجوية والبحرية)، والأرصاد الجوية (المحمولة جواً والقائمة على سطح الأرض).

## 2.3 الملاحظات

ترد في المرجع [1] خصائص رادارات الاستدلال الراديوي. وقدمت خصائص عشرة أنظمة رادارية محمولة جواً، وتسعة أنظمة رادارية محمولة على متن السفن، وثمانية منارات لأنظمة رادارية قائمة على الأرض تعمل في النطاق 500-8 500-10 MHz. وقد وقع الاختيار على مجموعة تمثيلية من الأنظمة الرادارية العاملة في النطاق 300-9 300-10 MHz للدراسات التالية وترد خصائصها في الجداول 5 و6 و7.

## الجدول 5

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

النظام A3	النظام A2	النظام A1	الخصائص
رادار رسم خريطة للأرض تتبع تضاريس الأرض (متعدد الوظائف)	رادار بحث محمول جواً	رادار بحث وتتبع (متعدد الوظائف)	الوظيفة
9 240 و 9 360 و 9 480	9 600-8 500	10 000-9 300	مدى التوليف (MHz)
تشكيل موقع النبضات مرنة التردد غير متسقة	نبضي	نبضي	التشكيل
95	143 (حد أدنى) 220 (حد أقصى)	17	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي (kW)

الجدول 5 (تتمة)

النظام A3	النظام A2	النظام A1	الخصائص
0,3 و 2,35 و 4 pps 250 و 425 و 2 000 (نبضة في الثانية) على التوالي	2,5 ؛ 0,5 pps 1 600 و 400 (نبضة في الثانية)	0,285 ؛ 8 200 إلى 23 000 pps (نبضة في الثانية)	عرض النبضة (μs) ومعدل تكرار النبضات
0,001	0,001	0,0132	دورة التشغيل القصوى
0,1/0,1	0,02/0,2	0,01/0,01	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
مغنترون ذو توليف تجويفي	مغنترون قابل للتوليف	أنبوبة موجات متنقلة	جهاز خرج
ضيق	مروحي	ضيق	نمط مخطط الهوائي
صفيح مستو مسطح	عاكس مكافئي	صفيح مستو	نمط الهوائي
دائري	خطي	خطي	استقطاب الهوائي
28,3	34	32,5	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
5,75	3,8	4,6	فتحة حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات)
5,75	2,5	3,3	فتحة الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
حتى 53 مسحة/دقيقة	6 أو 12 rpm	118 مسحة/دقيقة	معدل المسح الأفقي للهوائي
قطاعي: ±60° (ميكانيكي)	360° (ميكانيكي)	قطاعي: ±60° (ميكانيكي)	نمط المسح الأفقي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
حتى 137 مسحة/دقيقة	لا ينطبق	59 مسحة/دقيقة	معدل المسح الرأسي للهوائي
قطاعي: ±25°-40° (ميكانيكي)	لا ينطبق	قطاعي: ±60° (ميكانيكي)	نمط المسح الرأسي للهوائي
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 الهوائي
0,8 و 1,8 و 5,0	5	0,11 ؛ 3,1	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
6	غير محدد	غير محدد	مستوى ضوضاء المستقبل (dB)
101-	101- ؛ 107-	103-	الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	إجمالي عرض التشكيل بالتردد (MHz)
(يعتمد على التردد وعرض النبضة) 100 إلى 118 102 إلى 120	2,7 ؛ 0,480 6,6 ؛ 1,5	0,11 ؛ 3,1 0,79 ؛ 22,2	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) dB 3 - dB 20 -

## الجدول 5 (محاية)

النظام A10	النظام A8	النظام A7d	الخصائص
تجنب إخطار الطقس، إعداد خرائط أرضية، بحث	بحث (التحديد الراديوي للموقع) طقس	ملاحة	الوظيفة
نبضة تعمية: 9 337 و 9 339 تسبق كل نبضة اختيارية نبضة تشغيل 9 344	9 250-9 440، مرن التردد من نبضة مقابل نبضة إلى نبضة، مراحل من 20 MHz	مرن التردد من نبضة إلى نبضة فوق 340 MHz	مدى التوليف (MHz)
نبضي	نبضة FM	نبضة FM خطية	التشكيل
(dBW 14) W26	kW 10	kW 50	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
9 337 و 9 339 MHz: 29-1 $\mu s$ عند 200-220 pps (مستتارة) لعروض جميع النبضات 9 344 MHz: 1,7-2,4، 2,4-4,8، 4,8-9,6، و 17 و 19 و 29 $\mu s$ عند 200-220 pps (مستتارة)	5 و 17 2 500 و 1 500 و 750 و 400 (كل عروض النبضة)	10 380 pps تقريباً	عرض النبضة ( $\mu s$ ) ومعدل تكرار النبضة
9 337 و 9 339 MHz: $\geq 0,064$ 9 344 MHz: $\geq 0,011$ (مع 17 $\mu s$ نبضة)	0,04	0,004	دورة التشغيل القصوى
9 337 و 9 339 MHz: 0,2/0,3 9 344 MHz: 0,5/0,5	0,1/0,1	0,1/0,1	زمن صعود/هبوط النبضة ( $\mu s$ )
صمام IMPATT	أنبوبة موجات متنقلة	أنبوبة موجات متنقلة	جهاز خرج
ضيق	مروحي	ضيق/مروحي	نمط منخطط الهوائي
ضعيف مستو	صفيق بفواصل	عاكس مكافئ	نمط الهوائي
أفقي	رأسي وأفقي	أفقي	استقطاب الهوائي
29	32	34,5	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
أصغر من 10	9,0	4,0	عرض حزمة ارتفاع الهوائي (بالدرجات)
7	1,8	2,4	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
30°/s	15 أو 60 rpm	36 و 360 و 1800°/s	معدل المسح الأفقي للهوائي
قطاع 60° أو 120°	360°	10° قطاعي	نمط المسح الأفقي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	معدل المسح الشاقولي للهوائي
جعل يختاره المشغل $\pm 30^\circ$	ميل قابل للانتقاء $+15^\circ/-15^\circ$	ميل قابل للانتقاء $-90^\circ/0^\circ$	نمط المسح الرأسي للهوائي (مستمر، عشوائي، قطاعي، إلخ)

الجدول 5 (محاية)

النظام A10	النظام A8	النظام A7d	الخصائص
dB <sub>i</sub> 13,9+	dB <sub>i</sub> 20	dB <sub>i</sub> 14,5 عند 12°	مساويات الفص الجانبي للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الطائرة	ارتفاع الهوائي
2,0	16	غير محدد	عرض نطاق يبلغ 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
2	غير محدد	5	سوية ضوضاء المستقبل (dB)
128- (حساسية الكشف بعد المعالجة)	98-	يعتمد على كسب المعالجة (17 dB من أجل نبضة مرتجعة واحدة)	الحد الأدنى للإشارة القابلة للتمييز (dBm)
لا ينطبق	10	5	العرض الكلي للتشكيل بالتردد (MHz)
:dB 3- 0,7 :MHz 9 339 و 9 337 0,25 و 0,4 :MHz 9 344 0,05 و 0,08 و 0,75 و 0,150 و :dB 20- 3,6 :MHz 9 339 و 9 337 0,8 و 1,5 و 1,8 :MHz 9 344 0,2 و 0,35 و 0,375 و	9, 12	4,5 7,3	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) dB 3 - dB 20 -



الجدول 6  
 خصائص رادارات محمولة على متن السفن للاستدلال الراديوي  
 للموقع في النطاق MHz 10 500-8 500

النظام S4		النظام S3	النظام S1	الخصائص
رادار ملاحه راديوية بحرية		رادار بحث على ارتفاع منخفض وعلى السطح (متعدد الوظائف)	رادار بحث وملاحه	الوظيفة
محمولة على متن السفن		محمولة على متن السفن	محمولة على متن السفن، مواقع تدريب على الشاطئ	نمط المنصة
9 375±30 و 9 445±30		10 000-8 500	9 600-8 500	مدى التوليف (MHz)
نبضي		نبضة مرنة التردد	نبضي	التشكيل
50 (بحد أدنى)	5 (بحد أدنى)	10	35	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي (kW)
1,2 (حد أقصى) عند pps 375 (حد أدنى)	0,03 (حد أدنى) عند pps 4 000 (حد أقصى)	0,24 إلى 1,0؛ 19 000 إلى 35 000 pps 4 000 إلى 35 000 pps	0,5؛ 0,1 1 500؛ 750 pps	عرض النبضة ( $\mu s$ ) ومعدلات تكرار النبضة (pps)
0,00045		0,020	0,00038	دورة الخدمة القصوى
غير موصّف		0,024/0,038؛ 0,03/0,028	0,08/0,08	زمن صعود/هبوط النبضة ( $\mu s$ )
مغنترون		أنبوبة موجات متقلبة	مغنترون	جهاز خرج
مروحي		ضيق	مروحي	نمط مخطط الهوائي
مصنوفة ذات شقوق		مصنوفة ذات شقوق	مصنوفة أبواب	نمط الهوائي
غير موصّف		خطي	خطي	استقطاب الهوائي
32 (حد أقصى)	27 (حد أدنى)	39	29	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
26,0 (حد أقصى)	20,0 (حد أدنى)	1	13	عرض حزمة الارتفاع للهوائي (بالدرجات)
2,3 (حد أقصى)	0,75 (حد أدنى)	1,5	3	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
60 (حد أقصى)	20 (حد أدنى)	%180	rpm 9,5	معدل المسح الأفقي للهوائي
°360		°360 أو بحث/تتبع قطاعي (ميكانيكي)	°360 (ميكانيكي)	نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، قطاعي، إلخ)
غير مطبّق		غير مطبّق	غير مطبّق	معدل المسح الشاقولي للهوائي
غير مطبّق		غير مطبّق	غير مطبّق	نمط المسح الشاقولي للهوائي

الجدول 6 (تتمة)

النظام S9		النظام S7	النظام S6	الخصائص
$\leq 10$ dB عند 9 (حد أدنى) $\geq 10$ dB عند 2 (حد أقصى)	4- dB عند $\leq 10$ (حد أدنى) 13- dB عند $\geq 10$ (حد أقصى)	23 dB (الأول SL)	غير موصّفة	سويات الفصوص الجانبية للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
نصب على سارية أو ظهر السفينة		نصب على سارية أو ظهر السفينة	نصب على سارية أو ظهر السفينة	ارتفاع الهوائي
60 (حد أقصى)	45 (حد أدنى)	غير موصّف	غير موصّف	التردد المتوسط للمستقبل (MHz)
6؛ 28 (حد أقصى) نبضة قصيرة وطويلة على التوالي	2,5؛ 6 (حد أدنى) نبضة قصيرة وطويلة على التوالي	12؛ 4؛ 2,5	12	عرض نطاق 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
8,5 (حد أقصى)	3,5 (حد أدنى)	9	غير موصّفة	سوية ضوضاء المستقبل (dB)
91- (حد أقصى)	106- (حد أدنى)	95-؛ 100-؛ 102-	96-	الحد الأدنى للإشارة الممكن تمييزها (dBm)
غير مطّبق		غير مطّبق	غير مطّبق	عرض نطاق التشكيل بالتردد (MHz)
غير موصّف غير موصّف		4,2؛ 1,6 24؛ 10	5؛ 10 16؛ 80	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) - 3 dB - 20 dB

## الجدول 6 (مهاية)

النظام S9		النظام S7	النظام S6	الخصائص
رادار ملاحه راديوية بحرية		ملاحه وبحث	رادار ملاحه راديوية بحرية	الوظيفة
على متن السفن		على متن السفن	على متن السفن	نمط المنصة
30 ± 9 445	30 ± 9 410	9 500-9 300	9 440-9 380	مدى التوليف (MHz)
نبضي		نبضي	نبضي	التشكيل
10-1,5		1,5	25	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي (kW)
1,2 (حد أقصى) عند pps 375	0,08 (حد أدنى) عند pps 3 600	0,5 و 0,25 و 0,08 pps 750 و 1 500 و 2 250	0,7 و 0,4 و 0,2 و 0,08 و 1,2 1 800 ؛ (μs 0,08) 2 200 و (μs 1,2) pps 600 و 1 000	عروض النبضة (μs) ومعدلات تكرار النبضة (pps)
0,00045		0,000375	0,00072	دورة الخدمة القصوى
غير موصّف		0,01/0,05	0,010/0,010	زمن صعود/هبوط النبضة (μs)
مغنترون		مغنترون	مغنترون	جهاز خرج
مروحي		مروحي	مروحي	نمط مخطط الهوائي
مصفوفة ذات شقوق/ترقيعات أو بوق		دليل موجي ذو شقوق مغذى من المركز	مصفوفة ذات شقوق مغذاة من الطرف	نمط الهوائي
أفقي		أفقي	أفقي	استقطاب الهوائي
30-22		23,9	31	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
28-24		25	20	فتحة حزمة الارتفاع للهوائي (بالدرجات)
7-1,9		6	0,95	فتحة الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
rpm 24		rpm 24	rpm 24	معدل المسح الأفقي للهوائي
°360		°360	°360	نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، قطاعي، إلخ)
غير مطبّق		غير مطبّق	غير مطبّق	معدل المسح الشاقولي للهوائي
غير مطبّق		غير مطبّق	غير مطبّق	نمط المسح الشاقولي 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°؛		dBi 2,9+	غير موصّفة	سويات الفصوص الجانبية للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)
سارية		سارية	سارية	ارتفاع الهوائي
60-45		غير موصّف	غير موصّف	التردد المتوسط للمستقبل (MHz)

الجدول 6 (حماية)

النظام S9	النظام S7	النظام S6	الخصائص
25-2,5	10 و 3	15	عرض نطاق 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
8 إلى 4	6	6	سوية ضوضاء المستقبل (dB)
غير موصّف	-102 (ضوضاء الخلفية)	-97 (ضوضاء الخلفية)	الحد الأدنى للإشارة الممكن تمييزها (dBm)
غير مطبّق	غير مطبّق	غير مطبّق	إجمالي عرض التشكيل بالتردد (MHz)
غير موصّف	20 55	14 43	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) - 3 dB - 20 dB

## الجدول 7

خصائص المنارات وادارات رابضة على الأرض للاستدلال الراديوي  
في النطاق 10 500-8 500 MHz

النظام G9	النظام G3	النظام G2	الخصائص
رادار أرصاد جوية (للتحديد الراديوي للمواقع)	رادار التتبع	مرسل - مستجيب منار اللقاء	الوظيفة
أرضية	أرضية (عربة مقطورة)	أرضية (محمولة على ظهر إنسان)	نمط المنصة
9 375-9 300	9 990-9 370	9 375 و 9 535 (Rx) 9 310 (Tx)	مدى التوليف (MHz)
نبضي	نبضي رشيق التردد	نبضي	التشكيل
kW 50	kW 31	من 20 إلى 40 W	ذروة القدرة الداخلة إلى الهوائي
1,0، 0,25، 0,1 pps 2 000-1 000	1 14 700 إلى 7 690	0,3 إلى 0,4 أقل من 20 000 pps	عروض النبضة ( $\mu s$ ) ومعدلات تكرار النبضة (pps)
0,002	0,015	0,008	دورة الخدمة القصوى
0,05	0,05/0,05	0,15/0,10	زمن صعود/هبوط النبضة ( $\mu s$ )
كليسترون أو مغنيترون	أنبوبة موجات متنقلة	أنصاف نواقل	جهاز خرج
حزمة ضيقة	ضيق	ربعية	نمط مخطط الهوائي
عاكس قطعي مكافئ بتغذية Cassgrain	مصنوفة مطاورة (دليل موجي خطي ذو شقوق)	مصنوفة دارات مطبوعة	نمط الهوائي
خطي (استقطاب مزدوج)	خطي	دائري	استقطاب الهوائي
46	42,2	13	كسب الحزمة الرئيسية للهوائي (dBi)
0,9	0,81	3؛ 20	عرض حزمة الارتفاع للهوائي (بالدرجات)
0,9	1,74	10؛ 65	عرض الحزمة السمتية للهوائي (بالدرجات)
0 إلى 20°/s	غير موصّف	غير مطبّق	معدل المسح الأفقي للهوائي
حجمي، وحجمي قطاعي، وثابت، وللتعقب	قطاعي: $\pm 45^\circ$ (مسموح طورياً)	غير مطبّق	نمط المسح الأفقي للهوائي (متواصل، عشوائي، قطاعي، إلخ)
0 إلى 20°	غير موصّف	غير مطبّق	معدل المسح الشاقولي للهوائي
خطوات للارتفاع التالي بعد الدوران الأفقي أو التغير في الارتفاع بسمت ثابت	قطاعي: $\pm 90^\circ$ ميل مصنوفة (ممسوحة ترددياً)	غير مطبّق	نمط المسح الشاقولي للهوائي
dBi 26	غير موصّفة	dBi 0 (الأول SL)	سويات الفصوص الجانبية للهوائي (SL) (الفصوص الجانبية الأولى والفصوص الجانبية البعيدة)

الجدول 7 (محاية)

النظام G9	النظام G3	النظام G2	الخصائص
m 4	مستوى الأرض	مستوى الأرض	ارتفاع الهوائي
1 أو 4 أو 10	1	40	التردد المتوسط للمستقبل (MHz)
110-	غير موصّف	13	عرض نطاق 3 dB للتردد المتوسط للمستقبل (MHz)
غير موصّف	107-	65-	الحد الأدنى للإشارة الممكن تمييزها (dBm)
غير موصّف	غير مطبّق	غير مطبّق	عرض نطاق الرقعة (MHz)
غير موصّف MHz 60-6 يعتمد على عرض النبضة	0,85 5,50	4,7 11,2	عرض نطاق بث التردد الراديوي (MHz) dB 3 - dB 20 -

#### 4 الخدمة الثابتة

##### 1.4 التطبيقات

تتضمن التوصية ITU-R F.758.3 المعلمات المختلفة لأنظمة الخدمة الثابتة التي يجري نشرها في هذا الجزء العام من الطيف، ولكنها لا تتضمن أي أوصاف لنظام الخدمة الثابتة في النطاق 9 800-10 000 MHz بصفة خاصة. ويفترض أن أنظمة الخدمة الثابتة تعمل على الأرجح كعمليات ترحيل للموجات الصغيرة من نقطة إلى نقطة في هذا النطاق.

##### 2.4 المعلمات

تتضمن التوصية ITU-R F.758.3 قائمة بمختلف المعلمات لأنظمة الخدمة الثابتة (FS) التي يجري نشرها في هذا الجزء من الطيف، غير أنها لا تتضمن أي معلمات للخدمة الثابتة في النطاق 9 800-10 000 MHz تحديداً. ويفترض أن المعلمات المدرجة لأنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة (P-P FS) في النطاق 10,6-10,68 GHz تنطبق أيضاً داخل نطاق التردد 9 800-10 000 MHz بالنسبة للدراسات المشار إليها في هذا التقرير. وتنشر هذه الأنظمة أساساً في المناطق الحضرية والضواحي، غير أنه لا تتوفر معلومات محددة عن عدد من هذه الأنظمة أو عن خطة القنوات التي يفترض وجودها من أجل دراسات التقاسم.

وفي غياب معلومات أكثر تحديداً، افترض أن كل قناة تستخدم مرة واحدة. ويجدر الإشارة أنه لأغراض التنفيذ الفعلي لأنظمة الخدمة الثابتة في هذا النطاق، قد يعاد استخدام القنوات لمرات عديدة داخل المناطق الحضرية الكبيرة.

وترد في الجدول 8 أدناه معلمات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة.

## الجدول 8

## معلومات أنظمة الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة

المعلمة	القيمة
التشكيل	FSK, QPSK
السعة	Mbit/s 16
المباعدة بين القنوات (MHz)	14
كسب الهوائي الأقصى (dBi)	49
مخطط الهوائي	التوصية ITU-R F.1245-1
خسارة المغذي/تعدد الإرسال (dB)	0
نوع الهوائي	طبق
قدرة خرج الإرسال القصوى (dBW)	2-
القدرة e.i.r.p (القصوى) (dBW)	47
عرض نطاق التردد المتوسط للمستقبل (MHz)	14
الضوضاء الحرارية للمستقبل (dB)	3
الضوضاء الحرارية للمستقبل (dBW)	129,5-
السوية الاسمية لدخل المستقبل (dBW)	60-
سوية دخل المستقبل لمعدل خطأ بتات $10^{-3}$ (dB)	114-

## 5 تحليل التداخل

1.5 الدراسة التحليلية رقم 1: تقييم التداخل المحتمل من خدمة الاستدلال الراديوي في الحاسيس المحمولة في الفضاء النشيطة العاملة في النطاق MHz 9 500-9 300 والنطاق MHz 10 000-9 800

## 1.1.5 نهج التحليل

تم وضع نموذج محاكاة حاسوبي لحساب سوية قدرة التداخل المعتمد على الزمن عند محساس نشيط لمستقبل رادار ذي فتحة تركيبية (SAR) محمول في الفضاء الناتج من أنظمة الاستدلال الراديوي. واستخدام نموذج المحاكاة هذا في جمع إحصاءات التداخل في شكل احتمال تجاوز سوية قدرة التداخل، وسوية قدرة التداخل القصوى عند مستقبل SAR.

تحدد التوصية ITU-R RS.1166 معايير الأداء والتداخل للمحاسيس النشيطة المحمولة في الفضاء. معايير الانحطاط غير المقبول في الأداء لإدارات الفتحة التركيبية للتصوير أو لقياس التداخل في النطاق MHz 9 800-9 500 هي مستوى قدرة قصوى يبلغ  $104 - \text{dB (W/MHz 20)}$  أو  $89,9 - \text{dB (W/512 MHz)}$  للرادار SAR 3. وينطبق هذه المعيار على مصادر التداخل النبضي في غير التردد FM. التي لا تزيد فيها مدة النبضة عن 2  $\mu\text{s}$ . وبالنسبة لمدد النبض التي تزيد عن 2  $\mu\text{s}$  تشتت عتبة التداخل  $102 - \text{dB (W/MHz 20)}$ ، ومع ذلك، ولغرض هذا الحساب استعمل معيار التداخل  $104 - \text{dB (W/MHz 20)}$ .

وتتضمن التوصية ITU-R RS.1166 أيضاً معايير التيسر على النحو التالي "في نطاقات التردد المتقاسمة، يجب أن يزيد تيسر بيانات الرادار 99% من جميع المواقع الجغرافية المستهدفة باعتبارها مواقع مختارة أو للتغطية العالمية في الخرائط الطبوغرافية."

وقد أجريت مجموعتان من عمليات المحاكاة. في المجموعة الأولى من عمليات المحاكاة، افترضت عملية مشتركة القطبية ومشاركة في نفس قناة بتردد وسطي لرادار الفتحة التركيبية قدره 9 600 MHz وعرض نطاق تردد متوسط لرادار الفتحة التركيبية قدره 512 MHz. في المجموعة الثانية لعمليات المحاكاة استخدم نبذ متعلق بالتردد. ولأغراض عملية المحاكاة، حسبت مستويات التداخل من مصدر تداخل وحيد ومن مستويات تداخل مجمعة من 1 000 من الأنظمة الإدارية الموزعة عشوائياً.

ولتعيين تأثير الأنظمة الرادارية المتعددة على تشغيل SAR 3، افترض أن مائة من كل من الأنظمة الرادارية التمثيلية العشر منتشرة على صعيد العالم، وأسفر ذلك عن نشر ما مجموعه 1 000 من الأنظمة الرادارية.

واستخدم نشر عشوائي لأنظمة الرادار بتوزيع منتظم على مدى يتراوح بين  $-60^\circ$  و  $+70^\circ$  في خطوط العرض و  $-180^\circ$  إلى  $+180^\circ$  في خطوط الطول. وأجري تعديل طفيف للتوزيع العشوائي للرادارات بحيث وضعت جميع الرادارات الثابتة على الأرض ووضعت جميع الرادارات المحمولة على السفن في البحار والبحيرات والأنهار. ووضعت الرادارات المحمولة جواً في أي مكان على ارتفاع يتراوح بين 1 و 10 فوق مستوى سطح البحر.

واختيرت زاوية ارتفاع هوائي الإرسال للرادار في البداية على النحو الموصوف أدناه، وظلت ثابتة لفترات المحاكاة.

- الرادار A1 - اختيرت فتحة زوايا الارتفاع من بين قيم عشوائية تقع بين  $\pm 60^\circ$
- الرادار A2 - كانت قيمة زاوية الارتفاع لجميع الرادارات A2 تساوي  $0^\circ$
- الرادار A3 - اختيرت فتحة زوايا الارتفاع من بين قيم عشوائية بين  $-40^\circ$  و  $+25^\circ$
- الرادار A7d - اختيرت قيم زوايا الارتفاع من بين قيم عشوائية بين  $-90^\circ$  و  $0^\circ$
- الرادار A8 - اختيرت قيم زوايا الارتفاع من بين قيم عشوائية بين  $\pm 15^\circ$
- الرادار G3 - اختيرت قيم زوايا الارتفاع من بين قيم عشوائية بين  $0^\circ$  و  $90^\circ$
- الرادار S1 - كانت قيمة زاوية الارتفاع لجميع رادارات S1 تساوي  $3^\circ$
- الرادار S2 - كانت قيمة زاوية الارتفاع لجميع رادارات S3 تساوي  $0^\circ$
- الرادار S6 - كانت قيمة زاوية الارتفاع لجميع رادارات S6 تساوي  $5^\circ$
- الرادار S7 - كانت قيمة زاوية الارتفاع لجميع الرادارات S7 تساوي  $8^\circ$

وأجري هوائي الإرسال لكل رادار مسحاً في السمات بالمعدلات المبينة في الجداول 5 و 6 و 7 باستخدام سمت بداية اختبار عشوائياً من قيمة تراوحت بين  $\pm 180^\circ$ . كما اختيرت وجهة كل رادار محمول جواً أو على متن سفينة من قيمة عشوائية بين  $\pm 180^\circ$ .

وفي عمليات المحاكاة التي استخدم في البند المعتمد على التردد وضع تردد الاستقبال عند 9 600 MHz وغيرت ترددات الإرسال للرادار عشوائياً في كل عينة زمنية في مدى توليف الرادار المبين في الجداول 5 و 6 و 7. واستنبطت قيم FDR. بالدسيبل باستخدام النهج الموصوف أدناه، ثم استخدمت في حسابات التداخل.

وأجريت جميع عمليات المحاكاة لمدة 10 أيام مع زيادة الزمن تدريجياً على خطوات مدة كل منها ثلاث ثوان. وعند كل زيادة كان يُعين سمت وارتفاع كل هوائي رادار استناداً إلى معدل مسح الهوائي. وحسبت المسافة بين مستقبل SAR ومرسلات الرادار استناداً إلى معلمات SAR المدارية وموقع محطة الرادار. وحسبت قدرة التداخل المحطات رادار الفتحة التركيبية (SAR) المتأثر باستخدام المعادلتين (15) و (16) في الملحق 1 بالتوصية ITU-R M.1461-1.

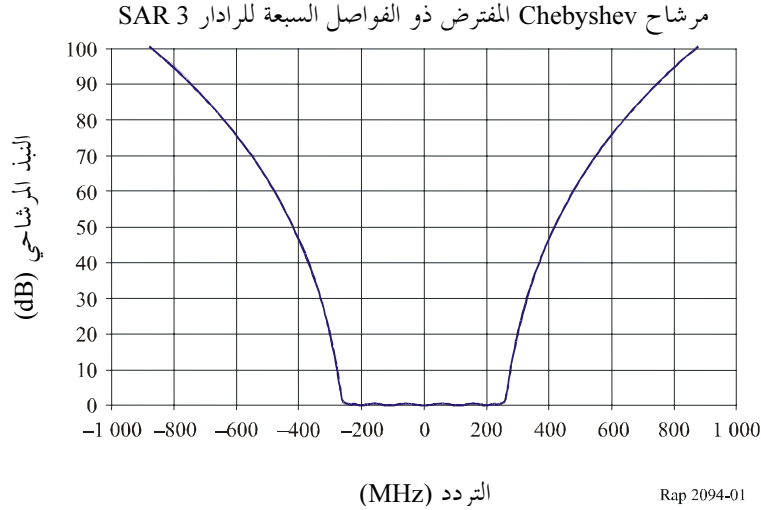
وقيمة النبذ المعتمد على التردد المستخدمة في هذا التحليل هي قيمة التوهين الذي يحدثه مستقبل SAR 3 في الإرشادات الرادارية المرسله. ويتألف هذا التوهين من جزئين: نبذ عند تردد التوليف (OTR) ونبذ عند تردد مخالف (OFR). وبحسب النبذ المعتمد على التردد باستخدام التوصية ITU-R SM.337-4 عن فصل التردد والمسافة.



وكما هو مبين في الشكل 1، افترض وجود مرشاح Chebyshev ذي 7 فواصل متمحور حول 9,6 GHz مع عرض نطاق 3 dB بتردد متوسط (IF) قدره 512 MHz لمستقبل SAR 3.

الشكل 1

## مرشاح مستقبل Chebyshev للرادار SAR 3



ومن أجل تعيين الكثافة الطيفية للقدرة لكل مرسل راداري استخدمت صيغ من التوصية ITU-R SM.1541، الملحق 8 لميدان الإرسال الهامشي (OoB domain emission limits) لأنظمة الرادارات الأولية لحساب عرض النطاق 40 dB لنبضة مرسل الرادار. ويتضمن الجدول 9 قائمة بالمعلومات الرادارية المستخدمة لحساب قناع طيف الإرسال للرادارات. وتبدأ المخططات الطيفية للرادارات المتجهة إلى جانب واحد، المبينة في الشكل 2 بالانحراف عند 20 dB لكل عقد في عرض النطاق 40 dB.

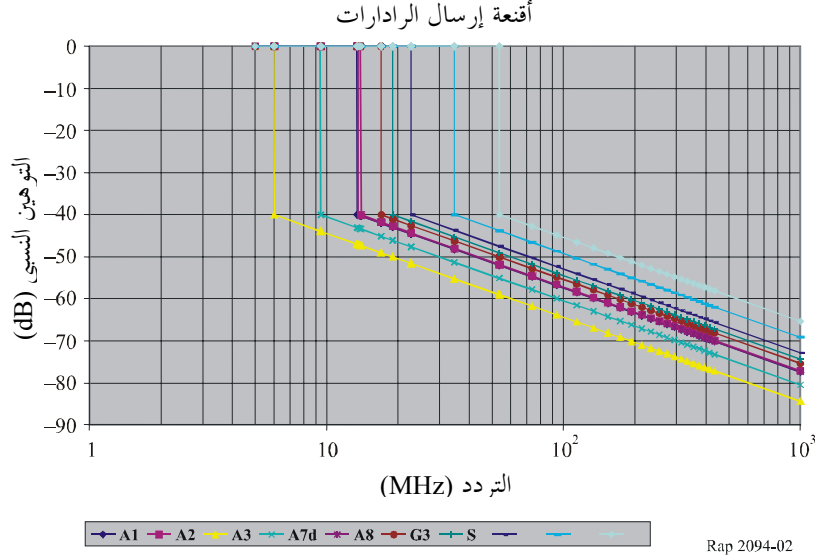
الجدول 9

المعلومات الرادارية لحساب الطيف RF باستخدام  
التوصية ITU-R SM.1541-1

نظام الرادار										
S7	S6	S3	S1	G3	A8	A7d	A3	A2	A1	
1.5	25	10	35	31	10	50	95	143	17	قدرة الإرسال القصوى (kW)
نبضي	نبضي	نبضي	نبضي	نبضي	LFM	LFM	نبضي	نبضي	نبضي	نوع التشكيل
0,5	1,2	1,0	0,5	1,0	17,0	10,0	4,0	2,50	8,00	طول النبضة (μs)
0,010	0,010	0,028	0,080	0,050	0,100	0,100	0,100	0,020	0,010	زمن ارتفاع النبضة (μs)
0,050	0,010	0,030	0,080	0,050	0,100	0,100	0,100	0,020	0,010	زمن انخفاض النبضة (μs)
غير منطبق	غير منطبق	غير منطبق	غير منطبق	غير منطبق	10	5	غير منطبق	غير منطبق	غير منطبق	عرض نطاق الزقزقة (MHz)

LFM: تشكيل تردد خطي

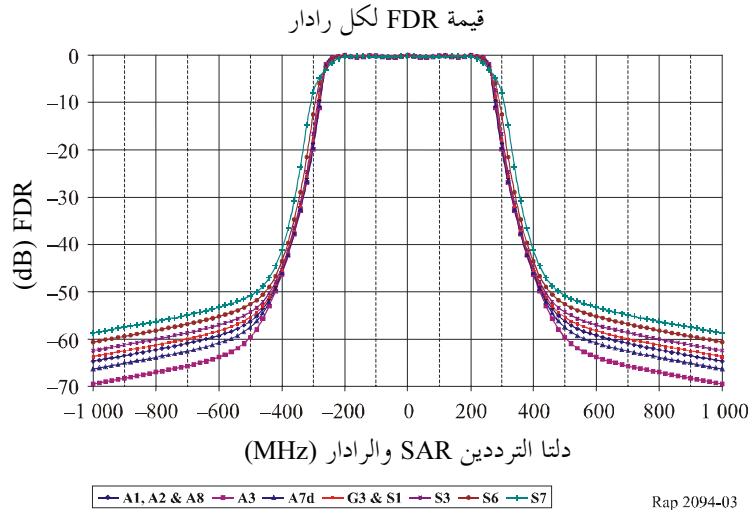
الشكل 2  
مخططات طيف الإرسال للرادارات



يوضح الشكل 3 مخططات النبذ المعتمد على التردد (FDR) الناتجة عند استخدام المعادلات الواردة في التوصية ITU-R SM.337-4. وقد تم تجميع الرادارات التي أسفرت عن نتائج FDR متشابهة في مخطط واحد وتمثل المخططات المجموعة الرادارات A1 و A2 و A8، والرادارين A3 و A7d، والرادارات G3 و S1. أما الرادارات S3 و S6 و S7 فقد رسم مخطط كل منها منفرداً.

وكما هو مبين في وسط الشكل 3، فإنه يمكن إهمال قيم FDR للترددات التي تقل القيم الفاصلة بينها عن  $\pm 250$  MHz. ونظراً لكبر عرض نطاق التردد المتوسط للرادار SAR 3 بالنسبة إلى عروض نطاقات مرسل الرادار، فإنه يمكن إهمال قيمة مكون النبذ عند تردد التوليف في معادلة FDR. وجاء الإسهام الرئيسي في حساب قيمة FDR من النبذ المتخالف التردد بسبب التعادل بين التردد الوسطي للاستقبال في الرادار SAR 3. والتردد الوسطي لإرسال الرادار. وقد أعد جدول مرجعي يبين قيم FDR مقابل التردد المعادل بالاستعانة بنتائج FDR الواردة في الشكل 3 واستعين به في المحاكاة التي يتم فيها تغيير تردد إرسال الرادار عشوائياً في كل خطوة زمنية في المحاكاة.

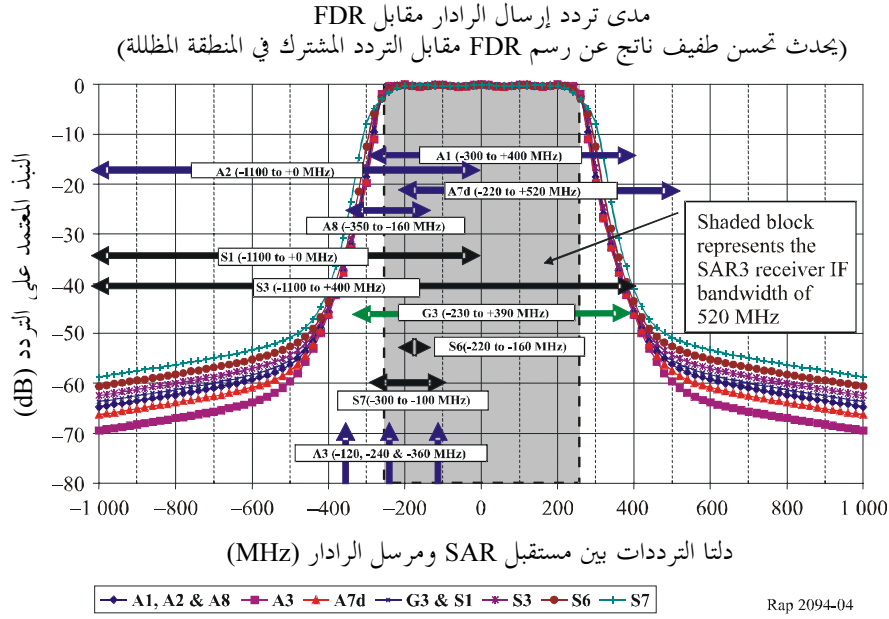
الشكل 3  
النبذ المعتمد على التردد للرادار SAR 3



ويبين الشكل 4 مدى التردد الذي ستقفز فوقه الترددات الوسطية للرادار. فإذا اختير تردد لرادار في المنطقة المظللة، فلن يكون هناك فرق ملموس بين التردد المشترك وحالات تحليل FDR. أما خارج المنطقة المظللة، فتزيد قيمة FDR ويؤدي ذلك إلى تقليل مستويات قدرة التداخل عند مستقبل SAR.

الشكل 4

### مقارنة البند المعتمد على التردد للرادار SAR 3 مدى توليف مرسل الرادار



### 2.1.5 نتائج التحليل

يقدم هذا الفرع نتائج تحليل ما يلي:

(أ) تحليل التردد المشترك من أجل تعيين:

- فرادى مستويات التداخل في SAR 3 من كل نظام من أنظمة الرادار

- مستويات التداخل المجمعة في SAR 3 من 1 000 من أنظمة الرادار الموزعة عشوائياً

(ب) تحليل البند المعتمد على التردد من أجل تعيين:

- فرادى مستويات التداخل في SAR 3 من كل نظام من أنظمة الرادار

- مستويات التداخل المجمعة في SAR 3 من 1 000 من أنظمة الرادار الموزعة عشوائياً

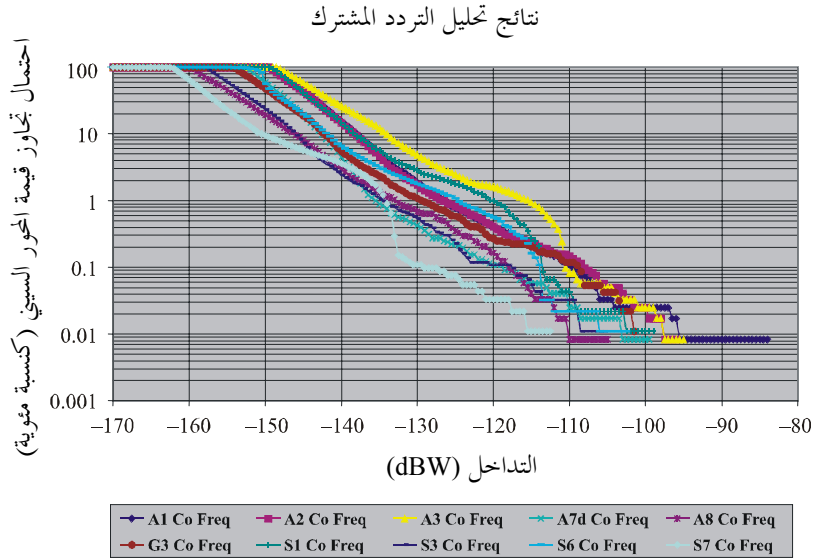
### 1.2.1.5 تحليل التردد المشترك - حالة مسببة تداخل وحيد

يبين الشكل 5 مخططات دالة التوزيع التراكمي للتداخل الناتج في SAR محمول في الفضاء من مرسلات الرادارات المحمولة جواً والمحمولة على متن السفن والرابضة على الأرض. ويورد الجدول 10 موجزاً لإحصاءات التداخل بدلالة مستويات تجاوز تبلغ 1 في المائة ومستويات التداخل القصوى. ومستويات التداخل القصوى للرادار المحاكي تقل كثيراً عن معايير التداخل لرادار الفتحة التركيبية المحمول جواً والبالغة -89,9 (W/512 MHz)، فيما عدا نظام الرادار A1 الذي يتجاوز المعايير لنسبة

تقل عن 0,01 في المائة من الزمن. وفي عمليات المحاكاة هذه، أدرجت جميع قيم التداخل التي تزيد عن -300 dBW في الإحصاءات التي تم جمعها. وقد افترض أنه لم تكن هناك رؤية بين SAR 3 والرادار عند القيم التي تقل عن -300 dBW. وبالنسبة لكل عملية من عمليات المحاكاة، كان الرادار يبث بصفة مستمرة من مواقع ثابتة عند خط عرض 40° شمالاً وخط طول 97° غرباً.

الشكل 5

نتائج التداخل لرادار متداخل وحيد



Rap 2094-05

الجدول 10

ملخص التداخل الناتج من رادار وحيد في الرادار SAR 3 بالنسبة لتحليل التردد المشترك

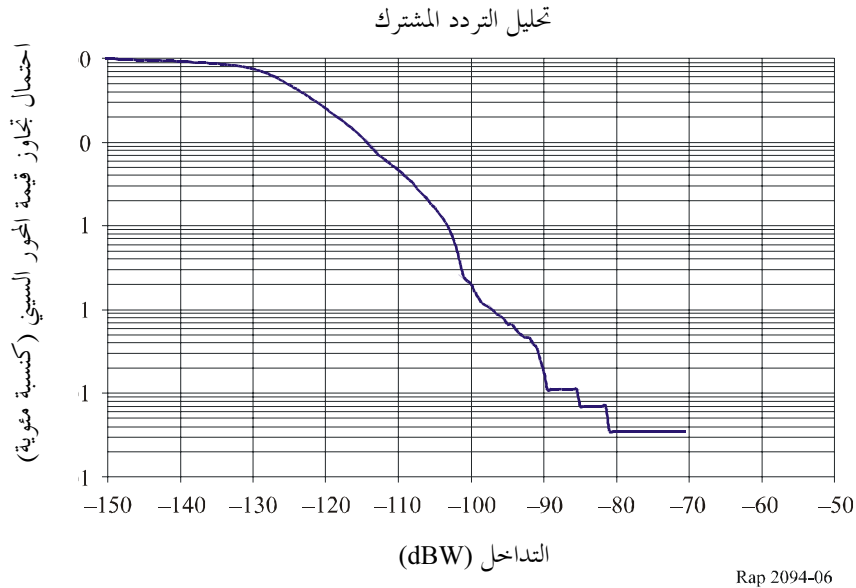
الرادار	قيمة التداخل عند العتبة 1.0 في المائة (dBW)	قيمة التداخل القصوى (dBW)
الرادارات المحمولة جواً		
A1	126,5-	84,0-
A2	127,0-	96,0-
A3	115,5-	95,5-
A7d	135,5-	99,5-
A8	133,0-	105,0-
الرادارات المحمولة على متن السفن		
S1	120,0-	99,5-
S3	135,0-	106,0-
S6	125,0-	102,5-
S7	133,5-	113,0-
الرادارات الرابضة على الأرض		
G3	129,5-	102,0-

### 2.2.1.5 تحليل التردد المشترك - حالة تعدد بسبب التداخل

يبين الشكل 6 تمثيلاً بيانياً لدالة التوزيع التراكمي للتداخل المجمع الناتج في نظام SAR محمول في الفضاء من عدد إجمالي يبلغ 1 000 من مرسلات الرادارات المحمولة جواً والمحمولة على متن السفن والرياضة على الأرض. ويتضمن الجدول 11 ملخصاً لإحصاءات التداخل بدلالة مستويات التداخل القصوى ومستوى التجاوز 1 في المائة. ويتضح من الجدول 6، أنه تم تجاوز معيار التداخل لنظام SAR المحمول في الفضاء لنسبة 0,018 في المائة من الزمن.

الشكل 6

نتائج التداخل المجمعة لعدد 1 000 من الرادارات باستعمال تحليل التردد المشترك



الجدول 11

ملخص التداخل الراداري المجمع في SAR 3

النسبة المئوية لزمن استقبال المستوى الأقصى	قيمة التداخل القصوى (dBW)	قيمة التداخل عند العتبة 1,0 في المائة (dBW)
%0,0035	70,5-	103,5-

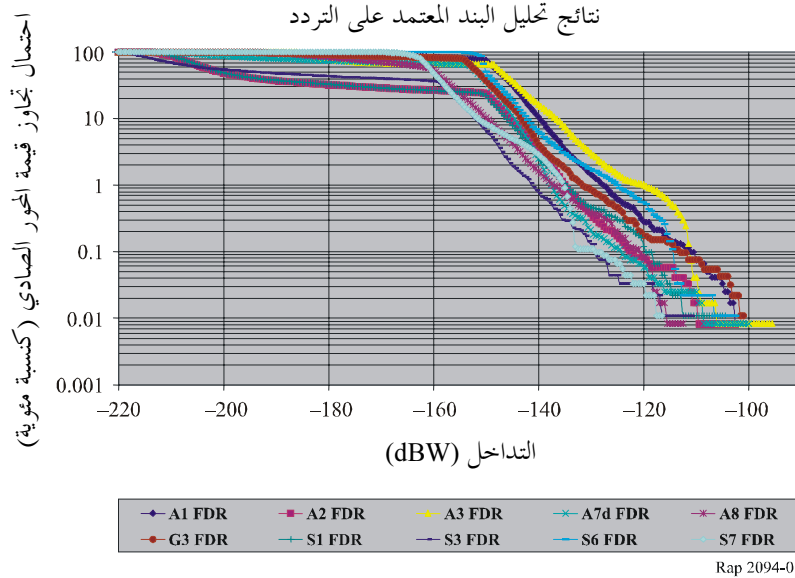
### 3.2.1.5 تحليل النبذ المعتمد على التردد - تحليل مسبب تداخل وحيد

تم استخدام نفس تشكيل النشر ونفس العروض المستخدمة في تحليل الاشتراك في التردد لتحليل النبذ المعتمد على التردد. ويبين الشكل 7 التمثيل البياني لدالة التوزيع التراكمي للتداخل الناتج في نظام SAR لمرسلات رادار محمول جواً، ورادار محمول على سفينة، ورادار رابض على الأرض ويورد الجدول 12 ملخصاً لإحصاءات التداخل بدلالة المستويات القصوى للتداخل ومستويات الاحتمال 1% ومستويات التداخل القصوى لجميع الرادارات المحاكاة تقل كثيراً عند المعيار -9,9 dB (W/MHz 512) وهو معيار التداخل لرادار SAR محمول في الفضاء.

وعند مقارنة الشكل 7 بنتائج محاكاة الاشتراك في القناة عند نقطة احتمال 1%، يقل مستوى قدرة التداخل في SAR في أغلب الحالات بالنسبة لمحاكاة النبذ المعتمد على التردد وعن محاكاة الاشتراك في القناة. ويتراوح الانخفاض في قدرة التداخل عند دراسة مجال نبذ معتمد على التردد من 0 dB بالنسبة لنظام الرادار S6 إلى 15 dB بالنسبة لنظام الرادار S1. ومقدار النبذ المعتمد على التردد دالة بمدى توليف مرسل الرادار ويعادله التردد الوسطي لمستقبل SAR على النحو المبين في الشكل 4.

الشكل 7

نتائج التداخل لرادار وحيد مسبب للتداخل



الجدول 12

ملخص التداخل من رادار وحيد في الرادار SAR 3 باستخدام النبذ المعتمد على التردد

الرادار	قيمة التداخل عند العتبة 1,0% (dBW)	قيمة التداخل القصوى (dBW)
الرادارات المحمولة جواً		
A1	128,0-	100,5-
A2	135,0-	102,5-
A3	120,0-	95,5-
A7d	137,5-	100,0-
A8	137,5-	112,5-
الرادارات المحمولة على متون السفن		
S1	135,0-	104,5-
S3	141,5-	111,0-
S6	125,0-	103,0-
S7	135,0-	116,5-
الرادارات الرابضة على الأرض		
G3	132,0-	101,0-

### 4.2.1.5 تحليل النبذ المعتمد على التردد – تحليل متعدد بسبب التداخل

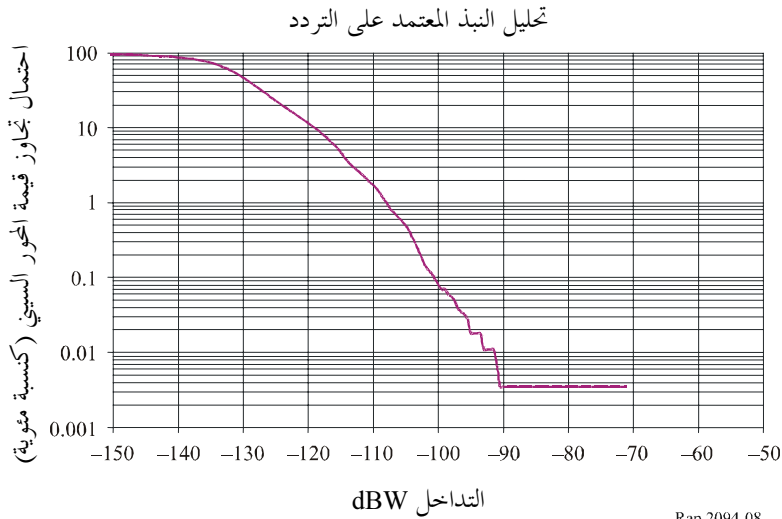
تم استخدام نفس تشكيل نشر الرادارات ونفس الفروض المستخدمة في تحليل التردد المشترك لتحليل النبذ المعتمد على التردد (FDR). ويبين الشكل 8 التمثيل البياني لدالة التوزيع التراكمي للتداخل المجمع الناتج في نظام SAR محمول في الفضاء من عدد إجمالي قدره 1 000 من مرسلات رادارات محمولة جواً ورادارات محمولة على متن السفن ورادارات رابضة على الأرض. ويتضمن الجدول 13 ملخصاً لإحصاءات التداخل بدلالة مستويات التداخل القصوى ومستوى التجاوز 1 في المائة. ويتضح من الجدول 13 أنه تم تجاوز معيار التداخل لنظام SAR المحمولة جواً لنسبة 0,0035% من الزمن. وعند تبرير النبذ المعتمد على التردد على أساس القفز العشوائي لتردد إرسال الرادار، فإن مستوى التداخل المجمع في نظام SAR يقل بمقدار 4,5 dB تقريباً عند نقطة التجاوز 1% عنه في حالة افتراض التشغيل عند نفس التردد.

### 3.1.5 تقنيات التخفيف من التداخل في SAR

على الرغم من أن نتائج هذه الدراسة أوضحت أن تقنيات التخفيف من التداخل في SAR لن يلزم مع خدمة الاستدلال الراديوي، فإن تقنيات تجهيز SAR تتيح تحقيق كبت ملموس للتداخل لأنواع معينة من الأشكال الموجية. وقد تمت معالجة بيانات خام من مستقبل SAR في المدى والسمت من أجل إنتاج صورة رادارية. وتنتشر عودة هدف نقطي خطياً في التردد في بعدي المدى والسمت. ويقارن جهاز SAR البيانات في البعدين كليهما ويتغير الكسب عادة من 20 إلى 40 dB بالنسبة للصدى المرتد. وتؤخذ هذه القيم من الكسب في الاعتبار عند تعيين معيار التداخل لنظام SAR محمول في الفضاء على النحو المبين في التوصية ITU-R RS.1166.

## الشكل 8

### تحليل النبذ المعتمد على التردد



الجدول 13

ملخص التداخل المجمع في نظام SAR 3 يستعمل النبذ المعتمد على التردد

النسبة المئوية لزمّن استقبال المستوى الأقصى	قيمة التداخل القصوى (dBW)	قيمة التداخل عند العتبة 1,0 في المائة (dBW)
0,0035-	71,0-	108,0-

4.1.5 استنتاجات التحليل

قيمت هذه الدراسة مستويات قدرة التداخل في مستقبل SAR محمول في الفضاء من مرسلات استدلال راديوية محمولة جواً ومحمولة على متون السفن ورايضة على الأرض في النطاق 9 300-10 000 MHz. وتبين نتائج المحاكاة ما يلي:

- أن مستويات التداخل القصوى من فرادى أنظمة الرادار التي تناولتها هذه الدراسة للمحاكاة المتعلقة بالاشتراك في نفس القناة تقل كثيراً عن معايير التداخل لرادار الفتحة التركيبية (SAR) وهي -89 dB (W/MHz 512) وذلك باستثناء نظام الرادار A1 التي يتجاوز المعيار الأقل من 0,01 في المائة من الزمن.
- أن مستويات التداخل القصوى من فرادات أنظمة الرادار التي تناولتها هذه الدراسة تقل كثيراً عن معيار تداخل SAR المحمول في الفضاء البالغ -89 dB (W/MHz 512) لمحاكاة النبذ المعتمد على التردد.
- أنه تم تجاوز معيار تداخل SAR المحمول في الفضاء لنسبة 0,018 في المائة من الزمن للنشر العشوائي لعدد 1 000 من أنظمة الرادار التي تعمل في قناة مشتركة مع SAR 3.
- أنه تم تجاوز معيار تداخل نظام SAR المحمول في الفضاء لنسبة 0,0035 في المائة من الزمن للنشر العشوائي لعدد 1 000 من أنظمة الرادار عندما افترض أن مرسلات الرادارات تفترج تردد عشوائياً في مدى توليفها المحدد.

2.5 الدراسة التحليلية رقم 2: تقييم التداخل المحتمل من رادارات أرصاد جوية رايضة على الأرض في خدمة استكشاف الأرض الساتلي (النشيطة) في النطاق 9 300-9 500 MHz

تم تحليل التداخل المحتمل من رادارات أرصاد جوية رايضة على الأرض باستخدام عمليات محاكاة دينامية. والمعلومات التشغيلية لأنظمة استكشاف الأرض الساتلية النشيطة معرفة بصورة جيدة. وكذلك خصائص رادارات الأرصاد الجوية. غير أن نشر رادارات الأرصاد الجوية الرايضة على الأرض العاملة في النطاق 9 300-9 500 MHz (عدد الأنظمة وكثافتها، ومواقعها) ليس موثقاً بصورة جيدة، واستلزم ذلك وضع فروض عن مواقع النشر، وكثافة وعدد الأنظمة التي تعمل على الصعيد العالمي. وقد أجريت عمليات محاكاة استمرت لمدة 20 يوماً لعدد 30 و60 و120 من رادارات الأرصاد الجوية الرايضة على الأرض والموضوعة عشوائياً وتعمل في أنحاء العالم كافة، وافترض أن الرادارات تعمل في النطاق 9 300-9 500 MHz، وأنها تقع جميعاً بصورة كاملة داخل عرض النطاق التشغيلي لأنظمة SAR.

1.2.5 معلومات المحاكاة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة)

استخدم في هذا التحليل نظام رادار SAR وحيد يعمل عند المعلومات المدارية المحددة في إطار SAR 3 في الجدول 1 واستخدم لتعيين الملاءمة -95,9 dB (W/512 MHz) لما لا يزيد عن 1% من الزمن. وتم جمع إحصاءات التداخل المجمع في مستقبل SAR من رادارات أرصاد جوية رايضة على الأرض.

2.2.5 المعلومات المحاكاة لرادار أرصاد جوية

استخدمت صفحة جدولية لتوليد مواقع عشوائية تقع على الكتل الأرضية لمواقع رادارات الأرصاد الجوية. كما يتم اختيار سرعة دوران الهوائي وارتفاع البدء بالنسبة لكل رادار عشوائياً. ومع أنه لم يتيسر تحديد العدد الفعلي لرادارات الأرصاد الجوية الرايضة



على الأرض العاملة في النطاق 9 300-9 500 MHz، فإنه يبدو أن العدد الإجمالي لهذه الرادارات يتراوح بين 30 و60 راداراً على الصعيد العالمي. ولمراعاة التوسع المحتمل في عمليات رادارات الأرصاد الجوية في النطاق 9 300-9 500 MHz، أجريت أيضاً عملية محاكاة شملت 120 راداراً.

ومع أن رادارات الأرصاد الجوية قد تستعمل استراتيجيات متنوعة للمسح بالهوائي، فقد تم تشكيل جميع الرادارات في عملية المحاكاة لأداء عمليات مسح حجمي. عند أداء مسح حجمي، يبدأ الرادار عند ارتفاع منخفض (في حدود 0.5° عادة)، ويقوم بدورة كاملة في الارتفاع، ثم يزيد ارتفاعه عدة درجات، ويقوم بدورة أخرى في السم، ويكرر هذه العملية إلى أنه يصل إلى ارتفاع أقصى يتراوح بين 20° و30°. عندئذٍ يعود الهوائي إلى الارتفاع الأدنى لبدأ العملية الجديدة. ويتضمن الشكل 9 تمثيلاً بيانياً لارتفاع الهوائي خلال عملية المسح الحجمي المستخدمة في المحاكاة.

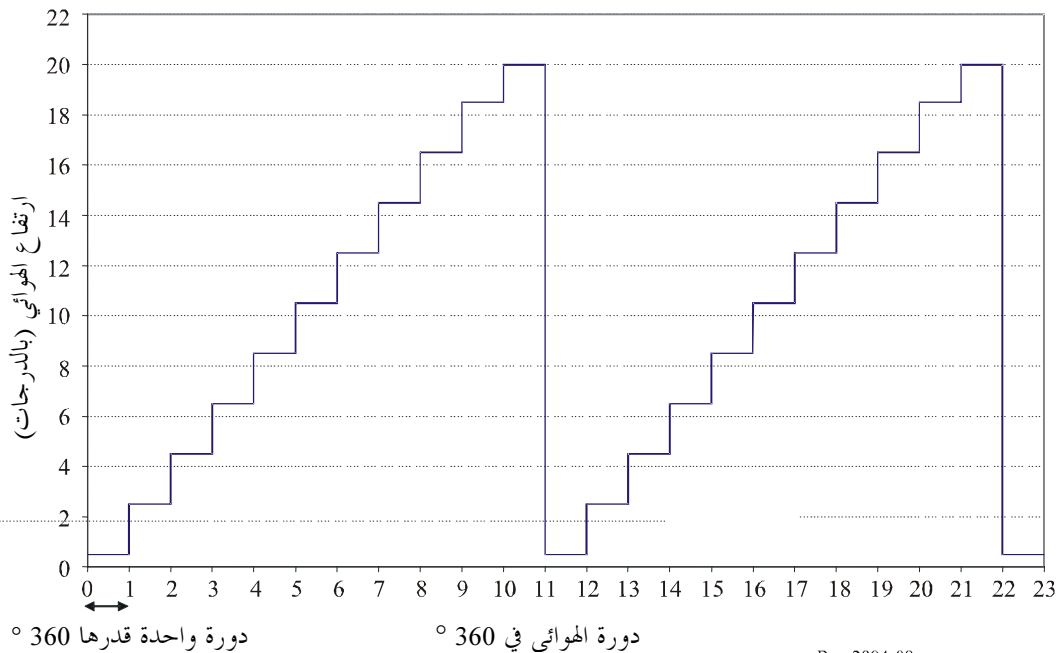
### 3.2.5 النتائج

تبين نتائج محاكاة النشر الحالي لرادارات الأرصاد الجوية (من 30 إلى 60 راداراً على الصعيد العالمي) سوف يزيد عن معيار تداخل SAR وهو -95,9 dBW في عرض نطاق 512 MHz لما لا يزيد عن 0,015% إلى 0,025% من الزمن، كما هو مبين في الشكل 10، وهي قيمة تقل كثيراً عن شرط عدم التيسر وهي 1%. وأسفرت عملية المحاكاة التي شملت 120 راداراً عن زيادة طفيفة فقط في التداخل في SAR، مع تجاوز المعيار لنسبة 0,04% من الزمن.

### الشكل 9

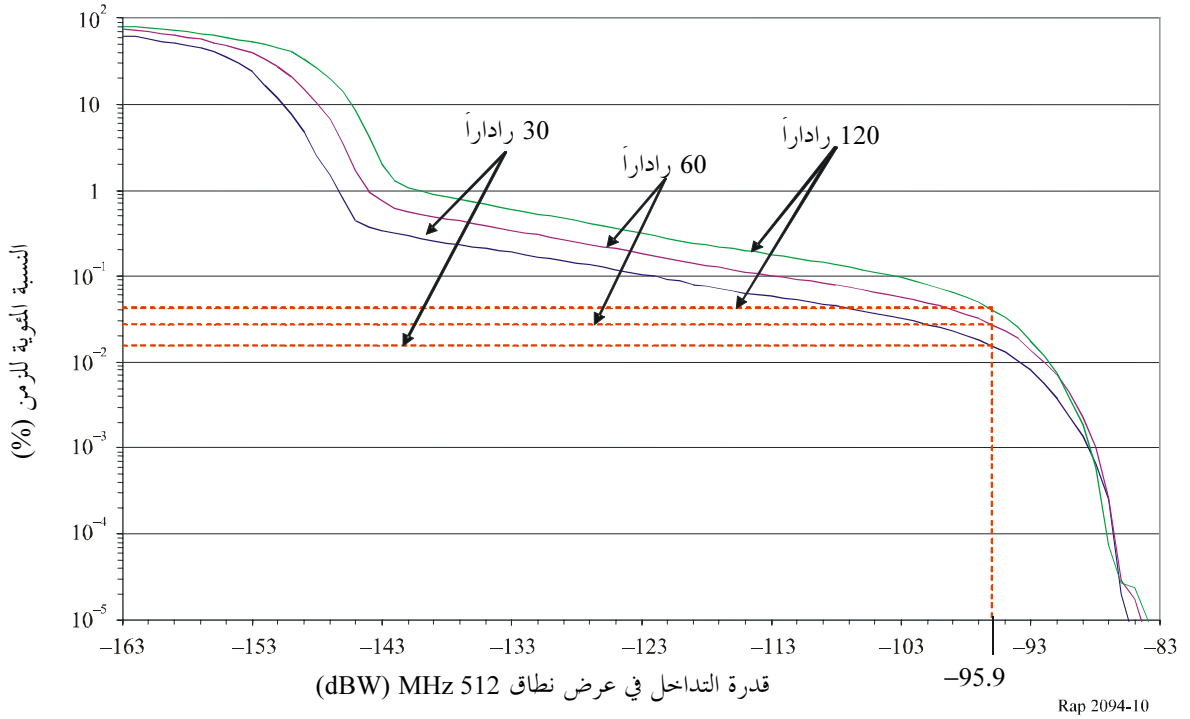
#### حركة ارتفاع الهوائي لاستراتيجية مسح حجمي استخدمت في عمليات المحاكاة

استراتيجية المسح الحجمي للمحاكاة



الشكل 10

التمثيل البياني لدالة التوزيع التراكمي لحالات وجود 30 و 60 و 120 راداراً  
التمثيل البياني لدالة التوزيع التراكمي لحالات وجود 30 و 60 و 120 راداراً  
محاكاة لمدة 20 يوماً



#### 4.2.5 الاستنتاجات

تبين عمليات المحاكاة أن مستويات التداخل في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) بالنسبة إلى 30 و 60 راداراً تعمل على الصعيد العالمي سوف تتجاوز -95,9 dBW لنسبة 0,015% و 0,025% من الزمن، على التوالي. وأجريت أيضاً محاكاة شملت 120 راداراً منتشرة عشوائياً على الصعيد العالمي بغرض توفير فهم متعمق للكيفية التي تؤثر بها الزيادة في عدد الرادارات في عمليات خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) في المستقبل. وقد أسفر نشر 120 راداراً نشرًا عشوائياً عن مستويات تداخل مجمعة بلغت -95,9 dBW لنسبة 0,04% من الزمن. واستناداً إلى هذه النتائج، فإن التداخل المجمع الناتج عن رادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض في الوقت الحالي وفي المستقبل يقل كثيراً عن معايير التداخل لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة). والعمليات متسقة، بالنسبة لمسير التداخل من رادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض إلى خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة).

3.5 الدراسة التحليلية رقم 3: تقييم مستويات التداخل القصوى من خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) في خدمة التحديد الراديوي للموقع في النطاقين 300-9 500 MHz و 800-9 10 000 MHz

#### 1.3.5 نهج التحليل

تم وضع نموذج محاكاة حاسوبي لحساب المستوى الأقصى لنسبة التداخل إلى الضوضاء في مستقبل أنظمة التحديد الراديوي للموقع على سطح الأرض أو فوقه مباشرة من محساس SAR نشط محمول في الفضاء في النطاق 300-9 500 MHz. ومع أن التحليل أجري باستخدام ترددات داخل المدى 300-9 500 MHz، فإن الكثير من أنظمة التحديد الراديوي للموقع التي استخدمت في الدراسة تعمل أيضاً في المدى 800-9 10 000 MHz. ومن ثم، أخذت أيضاً خصائص الرادارات العاملة في النطاق 800-9 10 000 MHz في الاعتبار، وأظهر أن نتائج هذه الدراسة تنطبق أيضاً على النطاق 800-9 10 000 MHz.

تضع المحاكاة أماكن الرادارات المحمولة جواً (الأنظمة A1، A2، A8 وA10) على طائرة واحدة على ارتفاع 9,1 كم، وتجعل الطائرة تحلق في نمط على شكل مربع يبلغ طول كل ضلع من أضلاعه نحو 500 كم. وأجريت عمليات المحاكاة أثناء تحليق الطائرة عند خطوط عرض تقع بين 30° شمالاً و35° شمالاً وخطوط طول بين 90° غرباً و95° غرباً. وبالمثل، تمت محاكاة الرادارات المحمولة على متن السفن (الأنظمة S1، S3، S4 وS9) بوضع الأنظمة الأربعة على سفينة واحدة تتحرك في نمط على شكل مربع يبلغ طول كل ضلع من أضلاعه 500 كم. وأجريت عمليات المحاكاة أثناء تحرك السفينة عند خطوط عرض بين 30° شمالاً و35° شمالاً وخطوط طول بين 30° غرباً و35° غرباً. ووضعت الرادارات الرابضة على الأرض (النظامان G2 وG3) عند نقطة ثابتة على سطح الأرض (خط عرض 30° شمالاً، وخط طول 115° غرباً). وتمت محاكاة المسح بالهوائي لجميع الرادارات وفقاً للمعلومات الواردة في الجدول 5 و6 و7. وبالنسبة لأنظمة الرادارات التي يمكن اختيار زاوية الميل العمودي لهوائياتها (الارتفاع) وضع الهوائي على أعلى زاوية ميل.

وافترضت المحاكاة أن العملية مشتركة في العطب وفي تردد القناة. وأجريت عمليات المحاكاة لمدة 10 أيام مع زيادات تدريجية طفيفة في الزمن على خطوات مدة كل منها 10 ms من أجل المستوى الأقصى لقيمة  $I/N$  عند مستقبل الرادار. وفي كل خطوة من هذه الخطوات، كان سمت وارتفاع الهوائي يعينان على أساس معدل المسح للهوائي. وحسبت المسافة بين كل مرسل SAR ومستقبل الرادار على أساس معلمات SAR المدارية وموقع محطة الرادار. وحسبت قدرة تداخل SAR عند محطة الرادار المتأثرة باستخدام المعادلات (15) و(16) في الملحق 1 للتوصية ITU-R M.1461-1، بما في ذلك القيمة القصوى للبند على التوليف.

### 2.3.5 نتائج التحليل

عُينت مستويات القدرة القصوى لمرسل SAR عند مستقبل تحديد راديوي للموقع في شكل مستويات نسبة القدرة القصوى  $I/N$ . وحسب مستوى ضوضاء نظام مستقبل الرادار باستخدام عرض نطاق التردد المتوسط للمستقبل وقدمت الأرقام المتعلقة بالضوضاء في جدول خصائص الرادار. وفي الحالات التي لم تحدد فيها أرقام الضوضاء، افترض لحساب قدرة ضوضاء المستقبل أن قيمة الضوضاء 5 dB. ولمعرفة سبب الفرق في عرض النطاق لمرسل SAR ومستقبل الرادار تم حساب النبذ على التوليف (OTR). وقد استخدمت قيم OTR الواردة في الجدول 14 لحساب قيم  $I/N$  في المحاكاة. واستخدمت في الحساب القيمة 1  $\mu s$  لفترة نبضة SAR لتوفير قيمة النبذ على التوليف لأسوأ حالة.

#### الجدول 14

#### النبذ على التوليف المحسوب (dB)

أنظمة الرادار الرابضة على الأرض		أنظمة الرادار المحمولة على متن السفن				أنظمة الرادار المحمولة جواً				
G3	G2	S9	S4	S3	S1	A10	A8	A2	A1	
16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	2,6	6,7	SAR 3

وتتضمن الجداول 15 و16 و17 مستويات  $I/N$  القصوى للرادارات المحمولة جواً والرادارات المحمولة على متن السفن والرادارات الرابضة على الأرض، على التوالي.

الجدول 15

ملخص تداخل SAR في الرادارات المحمولة جواً

نظام الرادار	مستوى $I/N$ الأقصى (dB)
A1	32
A2	38
A8	42
A10	45

الجدول 16

ملخص تداخل SAR في الرادارات المحمولة على متن السفن

نظام الرادار	مستوى $I/N$ الأقصى (dB)
S1	32
S3	37
S4	52
S9	28

الجدول 17

ملخص تداخل SAR في الرادارات الرابضة على الأرض

نظام الرادار	مستوى $I/N$ الأقصى (dB)
G2	11
G3	23

### 3.3.5 مناقشة الحد من التداخل

عند تقدير الانحطاط في أنظمة التحديد الراديوي للموقع من أشكال موجات نبضية النوع، ينبغي مراعاة عوامل أخرى، مثل دوائر كبت التداخل ومعالجة الكسب في أنظمة الاستدلال الراديوي من أجل تعيين تأثير مستويات  $I/N$ . وعلى سبيل المثال، يمكن، وفقاً للتوصية ITU-R M.1372، استخدام مميّز لاتساع النبضة لكبت التداخل النبضي غير المتزامن في مستقبل رادار، كما يمكن، تحت ظروف معينة حذف قيمة ذروة للنسبة  $I/N$  تبلغ 14 dB أو أكبر من أن يستمر تجهيزها في مستقبل الرادار. ويمكن أيضاً استخدام عملية ثبات معدل الإنذار الكاذب (CFAR) في مستقبل رادار للحد من التداخل النبضي غير المتزامن لدورة تشغيل منخفضة. وتجري عملية ثبات معدل الإنذار الكاذب من أجل توفير عتبة كشف تتكيف مع مستويات الجلبة والتداخل، وكما ذكر في التوصية ITU-R M.1372، فإن التداخل النبضي لن يؤثر في العتبة إلى أن تقترب قيم  $I/N$  من 30 dB أو أكثر.

كما أن الرادارات التي تجري عملية دوبلر للتجهيز على الإشارة الواردة سوف تشرّ الإشارة ذات النبض غير المتماثل على عدد من حانات دوبلر، لتسفر عن مستوى إشارة تداخل متوسطة. ويقلل استخدام قدرة SAR المتوسطة بدلاً من قدرة الذروة في هذه الدراسة من مستويات التداخل المحتوى بمقدار 23 dB تقريباً.

وسوف تختلف مستويات كبت التداخل لكل نظام من أنظمة الرادار ولا يمكن تعيين المستويات الفعلية للكبت إلا بإجراء اختبارات باستعمال شكل موجات SAR. ومن المزمع اختبار أشكال موجات خدمة استكشاف الأرض الساتلية في أنواع عديدة من أنظمة

الرادار بما في ذلك أنظمة الملاحة الراديوية البحرية وأجهزة الكشف عن أسطح المطارات (ASDE)، ورادارات الطقس المحمولة جواً والرابضة على الأرض. وسوف تستخدم في الاختبارات أشكال موجات خدمة استكشاف الأرض الساتلية التي تنتج مستويات  $I/N$  الواردة في الجداول 15 و16 و17.

وقد أوضحت الدراسات والاختبارات السابقة لرادارات المراقبة الجوية المزودة بوسيلة معالجة ثبات معدل الإنذار الكاذب (CFAR) وشكل موجي معين لأنظمة SAR أنه يلزم استخدام قيمة  $I/N$  تبلغ نحو  $35+ \text{dB}$  من أجل إحداث انحطاط ملموس في أداء الرادارات. وتمثل تقنيات الحد من التداخل ومعالجة الكسب في مستقبل الرادار عاملاً رئيسياً في جعله قادراً على تحمل قيمة  $I/N$  تبلغ  $35 \text{dB}$  نتيجة لشكل موجات SAR.

#### 4.3.5 استنتاجات التحليل

قيمت هذه الدراسة مستويات  $I/N$  في دخل مستقبل رادار ناتج عن نظام SAR محمول جواً يعمل بقناة مشتركة في النطاق  $9\ 300-9\ 500 \text{MHz}$ . ونظراً إلى أن الكثير من أنظمة التحديد الراديوي للموقع المستخدمة في هذه الدراسة تعمل أيضاً في النطاق  $9\ 800-10\ 000 \text{MHz}$ ، فإنه يمكن تطبيق النتائج على النطاق  $9\ 800-10\ 000 \text{MHz}$  أيضاً. وتنص التوصية ITU-R M.1461 على أن تحديد قيمة كمية للتداخل النبضي يكون صعباً ويعتمد بشدة على تصميم المستقبل/المجهاز وطريقة التشغيل. وبصفة خاصة فإن كسب المعالجة التفاضلي لعودة الهدف السليم، الذي يكون متزامناً مع النبض، ونبضات التداخل، التي تكون عادة غير متزامنة، يكون لها في أغلب الأحيان تأثيرات مهمة على تأثير مستويات معينة من التداخل النبضي.

ويمكن أن تنتج أشكال مختلفة عديدة من انحطاط الأداء عن طريق إزالة الحساسية هذه. وسيكون تقييمها هدفاً من أهداف تحليل التفاعلات بين أنواع معينة من الرادارات. وعموماً، هناك سمات عديدة لرادارات الاستدلال الراديوي يتوقع أن تساعد في كبت التداخل النبضي في دورات التشغيل المنخفضة، وخصوصاً عندما تكون آتية من مصادر معزولة قليلة. وترد تقنيات كبت التداخل النبضي في دورات التشغيل المنخفضة في التوصية ITU-R M.1372.

#### 4.5 الدراسات التحليلية رقم 4: تحليل التداخل المحتمل من خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) في رادارات أرصاد جوية رابضة على الأرض تعمل في خدمة التحديد الراديوي للموقع في النطاق $9\ 300-9\ 500 \text{MHz}$

تم الحصول على نتائج تحليل الملاءمة بين رادار أرصاد جوية رابض على الأرض وخدمة استكشاف الأرض الساتلية باستخدام عمليات محاكاة دينامية استعملت فيها مجموعة برمجيات تجارية. واقتصرت هذه الدراسة على التداخل من رادار أرصاد جوية رابض على الأرض من خدمة استكشاف الأرض الساتلية. وأجريت عمليات المحاكاة لكي تغطي فترة مدتها 23 يوماً لكل سيناريو. ويحتوي هذا التحليل على جزأين. في الجزء الأول، وهو تحليل أولي، استخدمت قيم حماية  $I/N$  مفترضة تراوحت بين  $-6 \text{dB}$  و  $+10 \text{dB}$  من أجل الاستدلال السريع على إمكانية وجود أو عدم وجود مشكلة توافق. واستناداً إلى أنه يمكن تجاوز عتبي  $I/N$ ،  $-6 \text{dB}$  و  $+10 \text{dB}$  لفترات زمنية كبيرة، أجري تحليل إضافي في الجزء الثاني لمعرفة قدرة رادارات الأرصاد الجوية على التخفيف من المستويات المرتفعة للتداخل.

#### 1.4.5 التحليل الأولي

يقدم هذا الجزء من التحليل بعض الفروض الأساسية بأن الرادار المتأثر غير قادر على الحد من المستويات المرتفعة للتداخل النبضي.

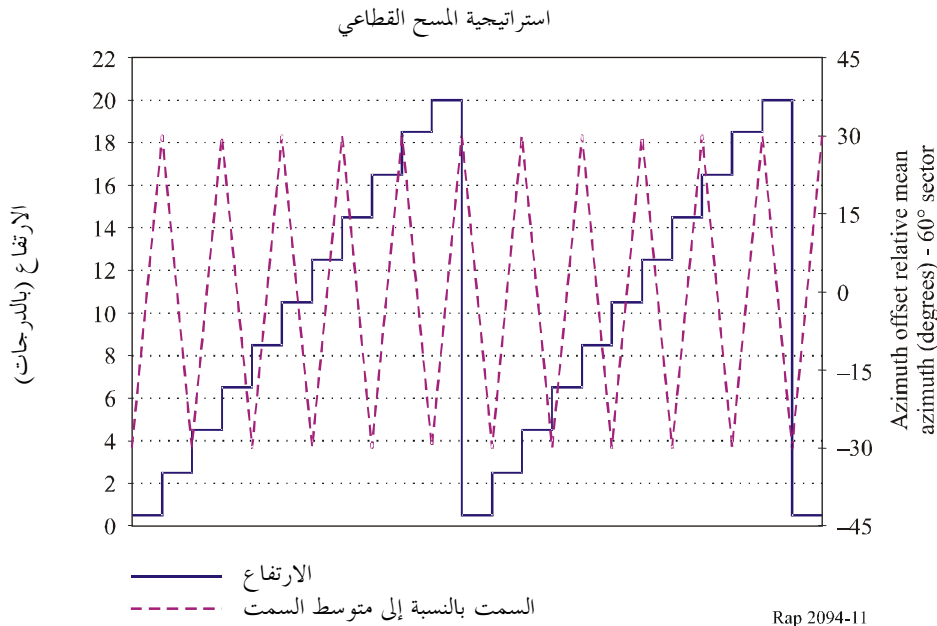
#### 1.1.4.5 معلمات رادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض

يمكن تشغيل رادار الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض بطرائق مختلفة تؤدي إلى اختلاف سرعات دوران الهوائي واستراتيجيات حركة الهوائي. وأكثر استراتيجيات المسح شيوعاً هي استراتيجية المسح الحجمي، حيث يقوم الرادار بسلسلة من الدورات الكاملة للهوائي على زاوية ارتفاع تتغير بخطوط تدرجية من  $0^\circ$  إلى درجة قصوى تصل إلى  $20^\circ$  أو  $30^\circ$ . ويبين الشكل 9، في البند 2.2.5، تمثيلاً بيانياً لاستراتيجية المسح الحجمي المستخدمة في إجراء عمليات المسح الحجمي.

ويمكن لرادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض أن تطبق استراتيجيات مسح أخرى من أجل تلبية متطلبات التشغيل. ولرصد منطقة معينة من الغلاف الجوي بصورة مباشرة، يمكن أن يؤدي الرادار عمليات مسح قطاعي أو أن يعمل بطريقة تسليط الضوء. في طريقة المسح الحجمي القطاعي، يركّز الهوائي على قطاع سمّي ويتقدم تدريجياً في الوقت نفسه في سلسلة خطوات ارتفاع. وفي طريقة تسليط الضوء، يُثبَّت سمّت الهوائي وارتفاعه لإضاءة منطقة صغيرة من الغلاف الجوي لفترة طويلة من الزمن، وفي هذه الدراسة، تمت محاكاة المسح الحجمي القطاعي بمسح المدى السمّي  $60^\circ$ ،  $\pm 30^\circ$  حول القيمة السمّية المتوسطة. وأجريت عمليات المحاكاة بالقيم الوسطية للسمت  $0^\circ$  و  $90^\circ$  و  $135^\circ$ . ويتضمن الشكل 11 تمثيلاً بيانياً لاستراتيجية المسح الحجمي القطاعي المستخدمة في عمليات المحاكاة.

الشكل 11

حركة الهوائي في المسح القطاعي المستخدم في المحاكاة (قطاع عرضه  $60^\circ$ )



وكما يتضح من الجدول 7، يستخدم نظام الرادار G9 مدى من سرعات دوران الهوائي. وقد تمت محاكاة استراتيجيتي المسح الحجمي والمسح القطاعي بسرعتي دوران  $5^\circ/s$  و  $20^\circ/s$  للهوائي. ويفترض أن رادار الأرصاد الجوية الرابض على الأرض يظل في موقع ثابت. وقد استخدمت ثلاثة مواقع للرادارات في عمليات المحاكاة لأن خط عرض الرادار يمكن أن يؤثر على طول الفترة الزمنية التي يظل فيها SAR مرئياً من الرادار. وأجريت عمليات المحاكاة والرادار موجود في مواقع ذات خط عرض منخفض ومتوسط ومرتفع ( $0^\circ$  و  $45^\circ$  شمالاً و  $60^\circ$  شمالاً)، على التوالي. ولأنه يمكن التحكم في عرض نطاق التردد المتوسط IF، يستلزم إجراء عدد كبير من عمليات المحاكاة لتغطية جميع الاحتمالات الممكنة. وللحصول على نتائج تبيّن أسوأ احتمال للتداخل، استخدم رادار ذو عرض نطاق تردد متوسط قيمته 10 MHz.

2.1.4.5 معلمات SAR

تمت أيضاً محاكاة المعلمات المدارية لنظام SAR، واستخدمت عمليات المحاكاة أربعة أنظمة SAR. يفصل كل منها عن الآخر  $90^\circ$  في خطوط الطول. ويستخدم SAR زقزقة FM خطية تتغير فيها مدة النبضة من 1 إلى 10  $\mu s$ . وللحد من عدد عمليات المحاكاة، استخدمت لعرض النبضة القيمة 10  $\mu s$ ، وهي تمثل أدنى نبذ معتمد على التردد (FDR) وأسوأ حالة تقاسم. وافترضت عملية تشارك في التردد مع رادار الأرصاد الجوية. وأجريت اختبارات أظهرت أن عرض النبضة الفعال لشكل موجي مصحوب بزقزقة يكون مع عرض نطاق أعرض كثيراً من النقص في عرض نطاق الاستقبال الناتج من الاستجابة لدائرة IF للمستقبل.

ومن ثم فإن عرض النبضة  $10 \mu\text{s}$  مصحوبة بزقزقة للنظام SAR 3 داخل مستقبل رادار الأرصاد الجوية سيقل بدرجة كبيرة. وقد يساعد هذا كثيراً في تحقيق الملاءمة بين الأنظمة.

#### 3.1.4.5 النبذ المعتمد على التردد

النبذ المعتمد على التردد (FDR) بين مصدر تداخل ورادار متأثر يتكون من عاملين، نبذ خارج التردد (OFR)، ونبذ على التوليف (OTR):

$$FDR = OFR + OTR$$

وفي هذه الحالة حيث يعمل SAR والرادار في تردد مشترك فإن OFR تساوي صفراً.

وتحسب OTR للإشارات المصحوبة بزقزقة الطريقة التالية:

$$OTR = 10 \log (B_c / (B_R^2 T)) \quad \text{for } B_c / (B_R^2 T) > 1$$

حيث:

$T$ : عرض (عروض) النبضة المتزققة

$B_c$ : عرض النطاق المتزقق للمرسل أثناء عرض النبضة  $T$  (Hz)

$B_R$ : عرض نطاق المستقبل 3 dB.

وبالنسبة لعرض نطاق رادار الأرصاد الجوية المختار البالغ 10 MHz، وعرض النبضة المصحوبة بزقزقة لنظام SAR البالغ  $10 \mu\text{s}$ ، فإن قيمة OTR تساوي صفراً. وقد استخدمت عمليات المحاكاة قيمة 0 dB من أجل FDR.

#### 4.1.4.5 نتائج التحليل

نظراً لأن قدرة رادار الأرصاد الجوية الرابض على الأرض وعلى التخفيف من تداخل SAR لم تكن معروفة في الوقت الذي تم فيه الحصول على النتائج الأولية، استخدمت من أجل  $I/N$  النوعية القيمة -6 dB كقيمة مرجعية.

وتقرن القيمة النوعية -6 dB  $I/N$  بموجة مستمرة (CW) أو بإشارة تداخل تشبه الضوضاء وقد لا يمكن تطبيقها على إشارة نظام SAR المحمول في الفضاء نتيجة لطابعه النبضي المصحوب بزقزقة. ويجدر بالملاحظة أن الرادار المستخدم في هذا التحليل والأنواع الأخرى من رادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض والتي تعمل في هذا النطاق قد لا تحتوي على تقنيات تخفيف التداخل الموصوفة في التوصية ITU-R M.1372 لإزالة تأثيرات التداخل النبضي. وينبغي عدم استعمال النتائج الأولية، بصورتها المقدمة، من أجل تعيين الملاءمة على أساس معالجة الإشارة.

#### 5.1.4.5 نتائج المسح الحجمي للرادار

يقدم الجدول 18 نتائج عمليات محاكاة المسح الحجمي. ولا تتوقف الفترات الزمنية على قيمة  $I/N$  القصوى. وتوفر هذه الفترات قدراً من الفهم للمدة التي قد يشهد خلالها مشغل رادار تداخل من SAR قبل تطبيق أي كسب معالجة أو تقنيات تخفيف على نتائج التحليل. كما يقدم الجدول 18 بيانات لقيمة  $I/N$  تساوي +10 dB، من أجل فهم كيفية تأثر النتائج بالقدرة المحتملة للرادار على التخفيف من تأثيرات التداخل عند مستويات تزيد عن مستوى  $I/N$  تساوي -6 dB. وكما هو الحال بالنسبة لمستوى  $I/N$  يساوي -6 dB، فإن المستوى +10 dB ليس له أي مغزى والسبب الوحيد لاختياره هو توضيح فكرة أن الرادار يمكن أن يحتوي مستوى أعلى من التداخل، وتغير عدد حالات التداخل وفترات التداخل.

وعموماً تستخدم رادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض في الولايات المتحدة الأمريكية لأغراض بحوث الغلاف الجوي والتطبيقات الأخرى التي يمكن أن تتحمل، بل وتتحمل بالفعل بعض فترات التداخل النبضي. وقد يكون لدى الإدارات الأخرى متطلبات حماية أشد صرامة فيما يتعلق بالرادارات العاملة في النطاق 300-9 500 MHz.

الجدول 18  
نتائج محاكاة المسح الحجمي

دوران 5 درجات في الثانية							
عدد مرات dB 10+ < I/N خلال فترة 23 يوماً	متوسط الفترة فوق dB 10+ = I/N (s)	أطول فترة فوق dB 10+ = I/N (s)	عدد مرات dB 6- < I/N خلال فترة 23 يوماً	متوسط الفترة فوق dB 6- = I/N (s)	أطول فترة فوق dB 6- = I/N (s)	قيمة I/N القصى	موقع الرادار
139	0,22	0,40	225	0,34	0,55	23,8	خط عرض منخفض
231	0,22	0,35	366	0,38	2,50	27,3	خط عرض متوسط
371	0,22	0,40	488	0,34	0,55	24,6	خط عرض مرتفع
دوران 20 درجة في الثانية							
523	0,06	0,10	853	0,09	0,15	23,9	خط عرض منخفض
836	0,06	0,10	1321	0,10	2,5	24,2	خط عرض متوسط
1330	0,06	0,01	2205	0,09	0,15	24,2	خط عرض مرتفع

وتبين النتائج المقدمة في الجدول 18 أن رادار الأرصاد الجوية الرابض على الأرض قد يشهد قيم I/N قصوى تتراوح بين 24 و 27 dB عندما يعمل بطريقة المسح الحجمي التقليدي. وأجري أيضاً عدد محدود من عمليات المحاكاة للتحقق من عدد مرات حدوث تداخل ووجد أن هذا العدد يتناسب طردياً مع عدد أنظمة SAR المستخدمة في المحاكاة. وأظهرت النتائج أن عدد المرات يقل بمعامل 4 عند استخدام نظام SAR واحد، غير أن مستويات الذروة والفترات الزمنية ظلت على ما هي عليه تقريباً.

6.1.4.5 نتائج المسح الحجمي القطاعي للرادار

يتضمن الجدول 19 النتائج التي تم الحصول عليها عند محاكاة الرادار الذي يعمل بطريقة المسح الحجمي القطاعي. ولا تتغير أي من خصائص مستقبل الرادار عند العمل بطريقة المسح القطاعي. ويتحرك الهوائي بالنمط المبين في الشكل 11. وقد أجريت عمليات المحاكاة في الموقع القائم عند خط عرض 45° فقط.

الجدول 19

نتائج محاكاة المسح القطاعي (خط عرض 45°)

دوران 20°/s			دوران 5°/s			قطاع 60° بداية/نهاية سمت
متوسط فترة البقاء فوق dB 6- = I/N (s)	أطول فترة بقاء فوق dB 6- = I/N (s)	قيمة I/N القصى (dB)	متوسط فترة البقاء فوق dB 6- = I/N (s)	أطول فترة بقاء فوق dB 6- = I/N (s)	قيمة I/N القصى (dB)	
0,10	2,50	28,3	0,36	2,50	24,0	القطاع الشمالي (60°-330°)
0,10	2,50	24,3	0,37	2,50	23,6	القطاع الشرقي (60°-120°)
0,10	2,50	23,0	0,38	2,50	24,1	القطاع الجنوبي الشرقي (105°-165°)



## 7.1.4.5 نتائج طريقة بقعة ضوء الرادار

يتضمن الجدول 20 النتائج التي تم الحصول عليها من محاكاة رادار يعمل بطريقة بقعة الضوء. وسوف تستخدم رادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض التي تعمل في النطاق 300-9 500 MHz لأغراض بحوث الغلاف الجوي، بصورة دورية بطريقة بقعة الضوء، حيث يتم إضاءة بقعة في الغلاف الجوي لفترة طويلة من الزمن. ولا يتغير ارتفاع أو سمت الهوائي خلال هذه العملية. وقد أجريت عمليات المحاكاة والرادار في موقع عند خط عرض 45 درجة والهوائي موجود عند سمت وارتفاع ثابتين واستخدم سمت 0° شمالاً و90° شرقاً، وارتفاعات هوائي 0,5 و20 و45°.

الجدول 20

## نتائج محاكاة طريقة بقعة الضوء (عند خط عرض 45° فقط)

سمت 90° (شرقاً)			سمت 0° (شمالاً)			
متوسط فترة البقاء فوق $I/N = 6 - \text{dB}$ (s)	أطول فترة بقاء فوق $I/N = 6 - \text{dB}$ (s)	قيمة $I/N$ القصوى (dB)	متوسط فترة البقاء فوق $I/N = 6 - \text{dB}$ (s)	أطول فترة بقاء فوق $I/N = 6 - \text{dB}$ (s)	قيمة $I/N$ القصوى (dB)	
7,14	13,55	18,0	14,0	23,0	17,0	ارتفاع الهوائي 0,5°
2,83	5,65	15,6	6,98	11,75	24,6	ارتفاع الهوائي 20°
1,86	2,5	3,3	3,36	4,75	24,5	ارتفاع الهوائي 45°

## 8.1.4.5 استنتاجات التحليل الأولي

من الصعب تقرير ما إذا كان هناك ملاءمة بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية وادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض في عدم وجود فهم أفضل لقدرة رادار الأرصاد الجوية على التخفيف من تأثيرات التداخل الذي يحدثه SAR. وبغرض هذه الدراسة، استخدمت العتبات  $I/N = 6 - \text{dB}$  و  $I/N = 10 + \text{dB}$  للحصول على بيانات عن الفترات الزمنية التي يمكن أن يؤثر SAR خلالها على عمليات الرادار. والأرجح أن هذه ليست هي العتبات النوعية المناسبة، وأن العتبة قد تقع في مكان ما في المدى بين  $I/N = 0 \text{ dB}$  و  $I/N = 40 + \text{dB}$ . وقد وجد من هذه الدراسة أن قيمة  $I/N$  القصوى تقع في عمليات المحاكاة في هذه الدراسة عند  $I/N = 28.3 + \text{dB}$ ، مع وجود معظم مستويات الذروة بالقرب من  $I/N = 24 + \text{dB}$ . وتعلق هذه النتائج بالتداخل النبضي مع عدم انطباق عتبات  $I/N$  النمطية  $I/N = 6 - \text{dB}$  أو  $I/N = 10 - \text{dB}$  المستخدمة في رادارات الأرصاد الجوية لأنها لا تنطبق إلا في حالة التداخل الشبيه بالضوضاء والتداخل CW. والفرق في فترة التداخل بين استخدام معياري الحماية  $I/N = 6 - \text{dB}$  و  $I/N = 10 + \text{dB}$  قليل الأهمية إذ يؤدي استخدام المعيار  $I/N = 10 + \text{dB}$  إلى تقليل فترات التداخل بنحو 30-36% تقريباً. ويكون معيار الحماية الأعلى أكثر أهمية في تأثيره على عدد مرات حدوث التداخل. ولتقليل الفترات الزمنية للتداخل وعدد مرات حدوثه، سوف يتعين أن يكون رادار الأرصاد الجوية قادراً على بلوغ مستويات  $I/N$  تزيد عن  $I/N = 10 + \text{dB}$ .

## 2.4.5 عوامل إضافية للتخفيف من التداخل في رادارات الأرصاد الجوية

تبين نتائج التحليل الأولي أنه في حالة عدم قدرة رادارات الأرصاد الجوية على التخفيف من التداخل النبضي، قد تكون الملاءمة بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية وادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض سبباً في حدوث مشاكل. ويختص هذا القسم أيضاً بتقييم قدرة رادارات الأرصاد الجوية على العمل في وجود إشارات تداخل نبضية من خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيط). ولم يتناول التحليل الأولي التخفيف من التداخل النبضي الناتج عن معالجة بيانات رادارات الأرصاد الجوية العادية ولا الخصائص التشغيلية لخدمة استكشاف الأرض الساتلية. ويتناول هذا القسم تلك العوامل

بالتفصيل. ولم يتم تناول تقنيات التخفيف المتعمدة التي يمكن تنفيذها لأنها لا تستخدم بصفة عامة في رادارات الأرصاد الجوية لما تسببه من أخطاط في الأداء.

#### 1.2.4.5 فترات تشغيل خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة)

نظراً لكمية القدرة الكبيرة اللازمة لتشغيل SAR، فإن المقصود بخدمة استكشاف الأرض الساتلية هو أن تعمل لفترة لا تتجاوز 20% من الزمن. وتختلف دورة التشغيل هذه عن دورة التشغيل النبضية؛ وهي النسبة المثوية للزمن التي يعمل فيها SAR في جمع البيانات. فخلال فترة سنة واحدة (8 766 ساعة) يعمل SAR لفترة أقصاها 1 753 ساعة، فيقلل بذلك بدرجة كبيرة من عدد حالات حدوث تداخل. وأثناء تشغيله يمكن أن تحدث المستويات القصوى للتداخل للفترات المبينة في الجداول 18 و 19 و 20. وقد افترض في عمليات المحاكاة الأولية أن SAR يعمل بصورة مستمرة على مدى فترة المحاكاة، ومن ثم فإن عدد مرات حدوث تداخل يمكن أن يقل بعامل قدره 5.

#### 2.2.4.5 الاعتبارات المتعلقة بالنبذ على التوليف

من أجل الحصول على تحليل أولي بسرعة، لم ينظر قبل ذلك إلا في حالة تقاسم تحت أسوأ الظروف. وقد تم اختيار القيمة 10 MHz لعرض نطاق IF لرادار الأرصاد الجوية، التي تسفر عن قيمة نبذ على التوليف قدرها 0 dB. (أظهرت الدراسات اللاحقة أن عرض نطاق IF الذي تبلغ قيمته 10 MHz يكون أكبر من القيم المستعملة عادة في معظم رادارات الأرصاد الجوية.) ومعظم رادارات الأرصاد الجوية لها عرض نطاق IF في المدى 1 إلى 4 MHz، وتسفر عن تحسين حالة التقاسم. وإذا افترض أن قيمة التغير في عرض النبضة في SAR تتراوح بين 1 و 10  $\mu s$ ، وأن عرض النطاق IF يبلغ 4 MHz، فإن ذلك سيعطي نبذاً على التوليف تتراوح قيمته بين 4,5 و 14,5 dB. غير أن عرض نطاق IF الأضيق من ذلك سيزيد من حساسية الرادار عن طريق خفض أدنى ضوضاء بمقدار 4 dB. يمكن إذاً تحقيق تحسن من 0,5 إلى 10,5 dB بالمقارنة بحالة التقاسم التي سبق تحليلها نتيجة للنبذ على التوليف. وبالنسبة إلى عرض نطاق IF لرادار أرصاد جوية قدره 1 MHz، فإن التحسن في التقاسم، مع أخذ النبذ على التوليف وخفض أدنى ضوضاء للرادار في الاعتبار، سيكون من 6,5 إلى 15,5 dB. ويعرض الجدول 21 موجزاً لعروض نطاقات IF، ومستويات ضوضاء المستقبل، وقيم النبذ على التوليف المصاحبة لها.

الجدول 21

#### قيم النبذ على التوليف

أدنى ضوضاء للرادار (dBm)	النبذ على التوليف (dB)	عرض النطاق IF لرادار الأرصاد الجوية (MHz)	عرض نبضة SAR ( $\mu s$ )	عرض نطاق زقفة SAR (MHz)
110-	25,5	MHz 1	1,0	MHz 450
	19,5		5,0	
	16,5		10,0	
104-	14,5	MHz 4	1,0	
	7,5		5,0	
	4,5		10,0	
100-	6,5	MHz 10	1,0	
	0,0		5,0	
	0,0		10,0	

3.2.4.5 استنباط مستويات  $I/N$  للتداخل النبضي

تجهز رادارات الأرصاد الجوية الإشارات المرتدة من أجل قياس سقوط الأمطار وأنماط الرياح. ويتضمن التجهيز جمع وتجهيز لوائح أساسية، الانعكاسية، ومتوسط السرعة القطرية وعرض الطيف. وبعبارة بسيطة، يحدد الرادار عينة متوسطة من الإشارات المرتدة من أجل إعداد التقديرات اللازمة لإنتاج نواتج الأرصاد الجوية. وتزود وظيفة تحديد المتوسط رادار الأرصاد الجوية بالقدرة على معالجة مستويات أعلى من التداخل النبضي بالنسبة إلى إشارات CW أو إشارات التداخل الشبيهة بالضوضاء.

وتعالج رادارات الأرصاد الجوية من النبضات المرتدة العديدة الواقعة في مدى الخانة لتكوّن عينة بالحجم الذي يحدده المستعمل. ويحدد متوسط النبضات المرتدة العديدة التي تُكوّن عينة خانة المدى من أجل استنباط تقدير خانة المدى. وتعمل أنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية وادارات الأرصاد الجوية على ترددات تكرارية نبضية بينها اختلاف كبير، ومن ثم يكون احتمال وقوع أكثر من نبضة تداخل في عينة الخانة المحددة لرادار أرصاد جوية وحيد صغيراً، وذلك بالنظر إلى صغر حجم العينة. والنهج المتبع هو تحديد أقصى مستوى لنبضة وحيدة لا تفسد حجم العينة المتوسط لدرجة تتجاوز أهداف أداء نواتج البيانات الأساسية للرادار.

ويتطلب تحديد معيار للحماية فهماً لمتطلبات الدقة لمستوى ضوضاء مستقبل الرادار، وقيمة  $S/N$  الدنيا للمعالجة، والنواتج الأساسية للرادار (الانعكاسية والسرعة القطرية اليدوية وعرض الطيف). ونظراً لتشغيل رادارات أرصاد جوية متنوعة في النطاق، فإنه يتعين وضع بعض الفروض. أن يكون للرادار المستعمل في التحليل قيمة ضوضاء دنيا قدرها -110 dBm عند أضيق عرض نطاق IF. ومتطلبات دقة للنواتج الأساسية للرادارات العاملة في هذا النطاق غير متيسرة، غير أنه يمكن افتراض انطباق حدود الدقة الواردة في الملحق 3 للتوصية ITU-R M.1464. وربما تكون قيمة  $S/N$  الدنيا هو أصعب قيمة يلزم تحديدها عند عدم تحديد رادار معين. وبالنسبة للرادارات العاملة في النطاق 2 700-2 900 MHz تستخدم نسب  $S/N$  تتراوح بين 0 و-3 dB لأن رادارات التردد المنخفض تعمل عموماً من أجل الكشف على مسافات طويلة. وتستخدم رادارات الأرصاد الجوية العاملة في النطاق 9 300-9 500 MHz عموماً للمسافات القصيرة، وللكشف باستبانة عالية، وقد تعمل عند نسب  $S/N$  الدنيا. ولأغراض هذا التحليل سوف يفترض أن قيمة  $S/N$  هي +3 dB.

وكما هو مبين في الملحق 3 للتوصية ITU-R M.1464 يفترض أن التحيز للانعكاسية القسوى لرادار أرصاد جوية هي 1 dB، وهي قيمة تترجم إلى نسبة التداخل إلى الإشارة الدنيا ( $I/S$ ) تبلغ 0,26 أو نسبة قدرة 1,26. وسوف يفترض حجم عينة انعكاسية قدره 25. ويمكن أن يزيد حجم العينة عن 25، فيؤدي إلى مزيد من انخفاض تأثيرات النبضة الوحيدة، غير أن حجم العينة الأكبر من ذلك يزيد أيضاً من احتمال حدوث نبضة تداخل ثانية في نفس العينة.

$$(1) \quad \frac{25 * S_{min} + P_i}{25 * S_{min}} = 1.26 \quad \text{or} \quad P_i = 6.5 S_{min}$$

حيث:

$S_{min}$ : هو مستوى إشارة الاستقبال الدنيا

$P_i$ : قدرة الذروة لإشارة التداخل النبضي.

من ثم:

$$(2) \quad P_i = S_{min} + 8.2 \text{ dB}$$

وكما ذكر أعلاه، افترضت نسبة إشارة إلى ضوضاء دنيا قدرها 3 dB للرادارات العاملة في النطاق 9 300-9 500 MHz، تؤدي إلى نسبة قسوى للتداخل إلى الضوضاء قدرها 11.2 dB للإشارات النبضية لخدمة استكشاف الأرض الساتلية.

#### 4.2.4.5 تقليل دورة التشغيل النبضية الموزقة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية في المرشاح IF للرادار المتأثر

أظهرت نتائج الاختبارات أن قدرة مرحلة الترشيح IF في المستقبل المتأثر تؤثر بصورة فعالة على عرض نبضة الإشارة الموزقة وتبين النتائج الأولية للاختبارات أنه، بحسب معدل الموزقة للإشارة المتداخلة، فإن عرض نبضة الإشارة المتداخلة يمكن أن يقل على النحو التالي:

بالنسبة لمعدلات التشكيل النبضي ( $\sim < 5 \text{ MHz}/\mu\text{s}$ ) يكون معامل خفض عرض النبضة:

$$(3) \quad C \approx \frac{B_{IF}}{B_c}$$

حيث:

$B_{IF}$ : عرض النطاق IF للمستقبل المتأثر

$B_c$ : عرض نطاق التشكيل الترددي للإشارة المتداخلة.

وبالنسبة لمعدلات التشكيل الترددي ( $\sim > 40 \text{ MHz}/\mu\text{s}$ ) يكون معامل خفض العرض هو:

$$(4) \quad C \approx \frac{2 * B_{IF}}{B_c}$$

وعلى ذلك، واستناداً إلى القيمة ( $B_c = 450 \text{ MHz}$ ) المستخدمة في حالة SAR 3 في عمليات المحاكاة السابقة، يمكن التنبؤ بأدنى انخفاض لدورة التشغيل. ويتضمن الجدول 22 معاملات خفض دورة التشغيل لمعدلات التشكيل بالتردد المنخفضة والمرفعة.

الجدول 22

معامل خفض دورة التشغيل (عند  $B_c = 450 \text{ MHz}$ )

معدل تشكيل التردد المرتفع	معدل تشكيل التردد المنخفض	$B_{IF}$ (MHz)
0,0044	0,0022	1,0
0,018	0,0089	4,0
0,044	0,022	10,0

ويتناول القسم 3.2.4.5 حقيقة مؤداها أن رادارات الأرصاد الجوية تصل إلى متوسط عينة مجموعة من النبضات في حدود خانة مدى من أجل اشتقاق تقديرات النواتج الأساسية. ومن غير الواضح التأثير الذي سينجم عن تقليل دورة التشغيل عند توسيط مجموعات عينات خانة المدى. وأي انخفاض في دورة تشغيل التداخل يمكن أن تترجم مباشرة إلى انخفاض القابلية للتداخل لأن خانة المدى ترى قدرة أقل. وفي تلك الحالة تؤدي معاملات خفض الدورة التي تتراوح بين 0,0022 و 0,044 في الحد من كسب معالجة تخفيف التداخل بمقدار 26,6 إلى 13,6 dB على التوالي. على أن هذه القيم قد تبدو مفرطة في التفاؤل، ولذا يلزم إجراء المزيد من الدراسة.

#### 5.2.4.5 ملخص - التقاسم بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية ورادارات الأرصاد الجوية

يمثل الجزء الثاني من التحليل الوارد تحت البندين 1.2.4.5 و 4.2.4.5 آليات عديدة تؤدي إلى تحسين نتائج التقاسم بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) التي تقوم بإرسال إشارات نبضية ورادارات الأرصاد الجوية على النحو المبين في الدراسات السابقة. ويتحقق تحسن في نتائج التقاسم من استخدام معيار حماية  $I/N$  أعلى يمكن تطبيقه فيما يتعلق بالتداخل النبضي من خدمة استكشاف الأرض الساتلية في رادارات الأرصاد الجوية، وفي نبذ على التوليف لعرض نطاق IF لرادار أرصاد جوية يعبر عن الحالة بصورة أفضل، وخفض دورة تشغيل خدمة استكشاف الأرض الساتلية نتيجة ضيق عرض النطاق في رادارات الأرصاد الجوية. ويتضمن الجدول 23 موجزاً للتحسينات.

## الجدول 23

## ملخص لقيم إضافية للتخفيف من التداخل

الوصف	القيمة الأصلية المستخدمة في الدراسات السابقة	القيمة المحدثة	التعليقات
معيار حماية $I/N$ (dB)	6- و 10+	11,2+ على الأقل	يعتمد على متوسط عدد النبضات مأخوذاً كمتوسط لكل عينة خانة مدى
النبد على التوليف (dB)	0	0,5 إلى 15,5	يعتمد على عرض نطاق الرادار IF وعرض نبضة SAR
خفض دورة التشغيل نتيجة ضيق مرشاح IF عن عرض النطاق المشكل بالتردد	لم تبحث	القيمة الأصلية غير معروفة - التحسن المحتمل يقع في المدى 13,6 إلى 26,6 dB	يلزم إجراء المزيد من الدراسة قبل أن يتيسر تطبيق قيمة حقيقية على النتائج

ويمكن باستخدام المعلومات الواردة في الجدول 23، إعادة معالجة عمليات المحاكاة المقدمة قبل ذلك لتحديد فترات تداخل أكثر تعبيراً عن فترات التداخل التي قد تحدث في رادارات الأرصاد الجوية. وللأسف، فإنه نتيجة لتغير بعض القيم الواردة في الجدول 23 بسبب تغير معالم SAR و رادار الأرصاد الجوية، فإنه لا يمكن تعيين عتبة تداخل وحيدة. وكحد أدنى ينبغي أن يكون رادار الأرصاد الجوية قادراً على العمل في وجود تداخل نبضي لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) عند مستوى 11,2 =  $I/N$ . ويمكن أن يؤدي إدخال قيم النبد على التوليف، إلى زيادة تخفيف التداخل إلى أن يصبح الرادار قادراً على تحمل مستويات  $I/N$  تزيد بمقدار 0,5 إلى 15,5 dB إضافية فوق المستوى 11,2 dB. ويؤدي ذلك إلى وصول مستويات  $I/N$  القسوى المقبولة إلى مستوى يتراوح بين 11,7 و 26,7 dB. ونتيجة لعدم التيقن من تأثير خفض دورة التشغيل (الذي نوقش في البند 5.2.4.5) على قدرة رادارات الأرصاد الجوية على التخفيف من التداخل، لن تطبق قيم معينة على النتائج المدرجة في هذه الوثيقة. وسوف يذكر فقط أن خفض دورة التشغيل سيزيد من تحسين حالة التقاسم.

## 3.4.5 الاستنتاجات - إعادة تقييم النتائج المتحصلة من التحليل الأولي

أسفر التحليل الأولي عن فترات زمنية تجاوز فيها التداخل العتبتين  $I/N = 6-$  dB و  $10+$  dB. ومع ذلك، فعند النظر إلى التحليل الإضافي والمعلومات الإضافية عن معالجة الإشارة والخصائص التشغيلية، فإن أقصى مستويات  $I/N$  التي يمكن أن تتحملها رادارات الأرصاد الجوية العاملة في النطاق 300-9 500 MHz من الإشارات النبضية لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) تقع في المدى من 11,7 إلى 26,7 dB، ويحتمل أن تزيد عن ذلك. وقد أعيدت معالجة نتائج المحاكاة باستخدام العتبتين  $19,2+$  dB و  $26,7+$  dB، اللتين تمثلان عتبة وسطاً بين 11,7 و 26,7، وعتبة مرتفعة، على التوالي. وجاءت نتائج المستوى 11,7 dB قريبة من النتائج التي سبق تقديمها في حالة  $10+ = I/N$ . وينبغي أن يدرك القارئ أن هذه النتائج لن تتضمن تأثيرات خفض دورة التشغيل التي سبق مناقشتها تحت البند 5.3، ولا تقنيات تخفيف التداخل المنفذة في الرادار.

وتبين ملخص النتائج، الوارد في الجدول 24، أنه حتى إذا تعرضت رادارات الأرصاد الجوية التقليدية لمستويات تداخل نبضي من خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) في حدود 24 إلى 28 dB بالنسبة إلى أدنى ضوضاء للرادار، فإن الانحطاط في الأداء سيكون ضعيفاً. ولم يتناول التحليل الأولي عوامل النبد على التوليف ولا تجهيز بيانات الرادار. ويجعل هذان العاملان التقاسم ممكناً بين رادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي وخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) وتطبق هذه النتائج فقط على التقاسم بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) و رادارات الأرصاد الجوية الرابضة على الأرض. العاملة في النطاق 300-9 500 MHz، ولا يمكن تطبيقها على حالات أخرى تواجه أنظمة تداخل أخرى أو تعمل في نطاقات أخرى. كما أن العوامل الأخرى التي نوقشت في هذه الوثيقة، ولكنها لم تؤخذ في الاعتبار، قد تؤدي إلى زيادة تحسين حالة التقاسم.

الجدول 24

نتائج المحاكاة التي تأخذ تخفيف التداخل بعين الاعتبار

دوران 5 في الثانية									
عتبة $I/N = 26,7+ \text{ dB}$				عتبة $I/N = 19,2+ \text{ dB}$					
متوسط الخطأ في قطاع السمات <sup>(3)</sup> (بالدرجات)	عدد انتهاكات العتبة على مدى 23 يوماً <sup>(1)</sup>	متوسط فترة البقاء فوق العتبة (s)	أطول فترة بقاء فوق العتبة (s)	متوسط الخطأ في قطاع السمات (بالدرجات)	عدد انتهاكات العتبة على مدى 23 يوماً <sup>(1)</sup>	متوسط فترة البقاء فوق العتبة (s)	أطول فترة بقاء فوق العتبة (s)	قيمة $I/N$ القصوى (dB)	موقع الرادار
0	0	0	0	0,6	8	0,12	0,20	23,8	خط عرض منخفض
0,25	1	0,05	0,05	0,65	13	0,13	0,25	27,3	خط عرض متوسط
0	0	0	0	0,6	19	0,12	0,25	24,6	خط عرض مرتفع
دوران 20 في الثانية									
عتبة $I/N = 26,7+ \text{ dB}$				عتبة $I/N = 19,2+ \text{ dB}$					
0	0	0	0	1	97	<sup>(2)</sup> 0,05	0,10	23,9	خط عرض منخفض
0	0	0	0	1	31	<sup>(2)</sup> 0,05	0,05	24,2	خط عرض متوسط
0	0	0	0	1	42	<sup>(2)</sup> 0,05	0,05	24,2	خط عرض مرتفع

(1) أخذ بعين الاعتبار أن دورة التشغيل الفعلية القصوى SAR هي 20%.

(2) كان حجم خطوة المحاكاة 0,05 s، ومن ثم فإن الفترات المدونة على أنها 0,05 s في الجدول 24 ربما تكون فترات أقصر في الواقع.

(3) تستخدم رادارات الأرصاد الجوية التقليدية استبانة قطرية في حدود 1° تقريباً، وسيؤدي أي خطأ في السمات يقل عن 1° إلى خطأ في دورة كاملة على الأقل، وربما في دورتين إذا حدث التداخل عند الحد الفاصل بين الخطوط الشعاعية. وهناك عدد ضئيل من رادارات الأرصاد الجوية يستخدم استبانة قطرية في حدود أعشار الدرجة.

## 5.5 الدراسة التحليلية رقم 5: دراسات الملاءمة بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) والخدمة الثابتة في النطاق 10 000-9 800 MHz

### 1.5.5 نهج التحليل

استخدم نموذج محاكاة حاسوبي لتعيين إحصاءات التداخل في مستقبلات الخدمة الثابتة من مرسل SAR مقترح محمول في الفضاء، وإحصاءات التداخل في مستقبل SAR مقترح محمول في الفضاء من مرسلات خدمة ثابتة.

#### 1.1.5.5 التداخل في الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في مستقبل SAR 3

تم إعداد نموذج محاكاة حاسوبي لحساب مستوى قدرة التداخل المعتمد على الوقت في مستقبل محساس نشط لنظام SAR محمول في الفضاء من مرسلات خدمة ثابتة. واستخدم نموذج المحاكاة في جمع إحصاءات تداخل في شكل احتمالات تتجاوز مستوى قدرة التداخل القصوى في مستقبل SAR.

وأجريت جميع عمليات المحاكاة لمدة 10 أيام مع زيادة تدريجية في خطوات الزمن بمقدار ثانية واحدة. وفي كل خطوة زيادة في الزمن، كانت المسافة بين مستقبل SAR، ومرسلات الخدمة الثابتة تحسب على أساس معلمات SAR المدارية وموقع محطة الخدمة الثابتة. ولغرض هذه الدراسة، سدد هوائي SAR بانحراف 44° عن النظيف باتجاه المسير المخالف. وحسبت قدرة التداخل في مستقبل SAR على أساس قدرة المرسل، وخسارة المسير واستبانة الهوائي. وافترض استقطاب متحد الهوائي وتشغيل في تردد نفس القناة في هذه الدراسة، ولم تؤخذ خسائر الإدخال في الاعتبار، وافترض أن محطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة تقوم بالإرسال بصفة مستمرة باستخدام متوسط القدرة.

ومعلومات خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) ومحطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة المستخدمة في هذه الدراسة مبينة في البندين 2 و4 من هذا التقرير على التوالي.

وأجريت عمليات المحاكاة لاثنتين من نماذج نشر محطات الخدمة الثابتة:

- نشر عشوائي على الصعيد العالمي لعدد 1 536 محطة خدمة ثابتة من نقطة إلى نقطة
- 1 536 محطة خدمة ثابتة من نقطة إلى نقطة منشورة داخل الإدارات المبينة في الرقم 477.5 من لوائح الراديو ومعلومات حماية SAR المستخدمة لغرض هذا التحليل هي  $I/N = -6$  dB. ومتوسط قدرة الضوضاء في مستقبل SAR هو:

$$P_N = k T_0 B \quad (W)$$

حيث:

$$K: \text{ثابت بولتزمان (} 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Joule/}^\circ\text{K)}$$

$$T_0: \text{درجة حرارة ضوضاء مستقبل SAR 3 (600 K)}$$

$$B: \text{عرض نطاق IF لمستقبل SAR 3 (} 512 \cdot 10^6 \text{ Hz)}$$

ومن ثم فإن:

$$P_N: -113,73 \text{ dBW}$$

ومن أجل استيفاء معايير حماية SAR، يجب أن تقل قدرة التداخل عند مدخل مستقبل SAR عن  $-119,73$  dB (W/512 MHz)، خلال 99% من الزمن.

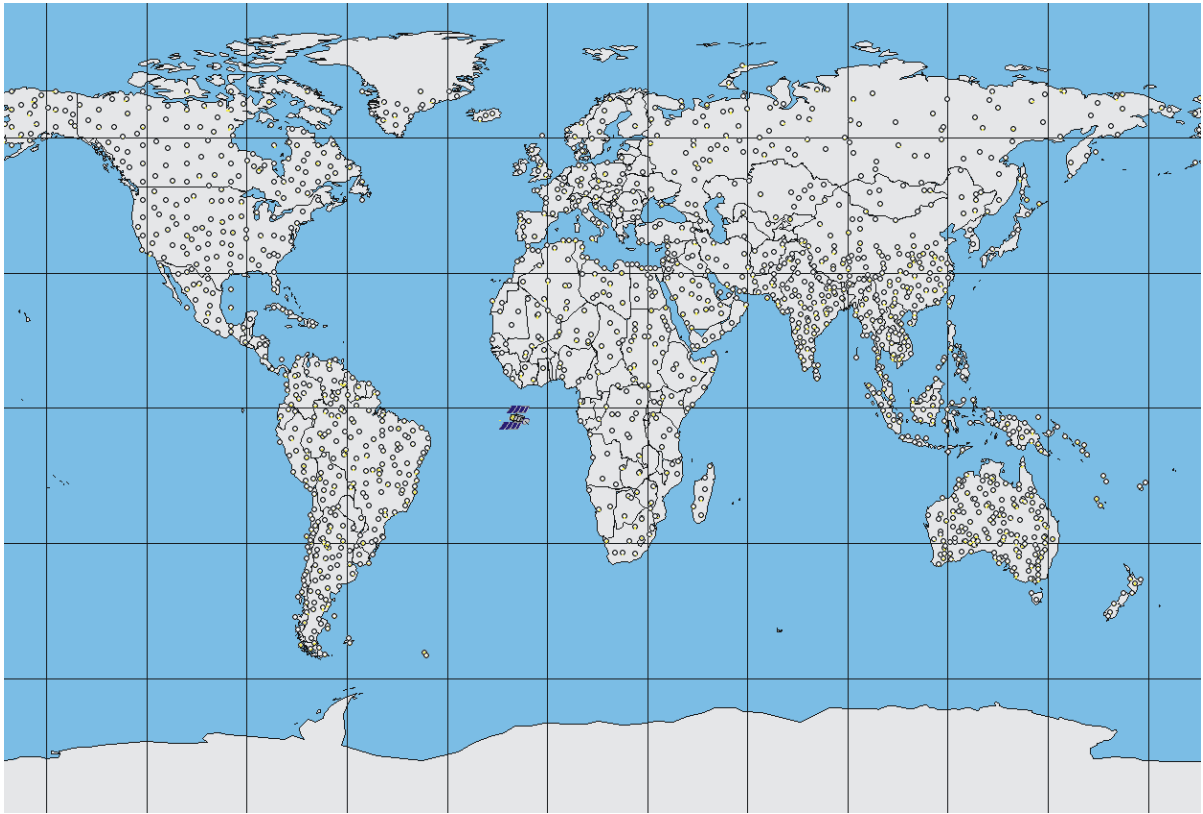
### 1.1.1.5.5 محاكاة النشر العشوائي على الصعيد العالمي

تم نشر 1 536 محطة ثابتة من نقطة إلى نقطة عشوائياً بين خطي عرض  $55^{\circ}$  إلى  $70^{\circ}$  وخطوط الطول  $180^{\circ}$  و عدلت بعض المواقع العشوائية للتأكد من المحطات واقعة على اليابسة. واختيرت العلامات التالية لمحطات الخدمة الثابتة من البداية على النحو المبين أدناه، وظلت ثابتة طوال فترة المحاكاة:

- اختير خط عرض كل محطة من قيم عشوائية بين  $55^{\circ}$  و  $70^{\circ}$
  - اختير خط طول كل محطة من قيم عشوائية بين  $180^{\circ}$
  - اختير علو الهوائي من قيم عشوائية بين 10 m و 100 m
  - اختيرت زاوية ارتفاع حزمة إرسال هوائي المحطة من قيم عشوائية بين  $5^{\circ}$
  - اختير سمت الهوائي من قيم عشوائية بين  $180^{\circ}$
- ويبين الشكل 12 توزيع محطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة.

الشكل 12

### المواقع المستخدمة في المحاكاة لمحطات الخدمة الثابتة



Rap 2094-12

### 2.1.1.5.5 محاكاة النشر على أساس الرقم 477.5 من لوائح الراديو

وضعت محطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة داخل الإدارات المحددة في الرقم 477.5 من لوائح الراديو. وتنص الحاشية على ما يلي:

**477.5 الفئات الأخرى للخدمة:** في الجزائر والمملكة العربية السعودية والبحرين وبنغلاديش وبروني دار السلام والكاميرون ومصر والإمارات العربية المتحدة وإريتريا وإثيوبيا وغانا والهند وإندونيسيا جمهورية إيران الإسلامية والعراق



وجامايكا واليابان والأردن والكويت ولبنان وليبيريا وماليزيا ونيجيريا وعمان وباكستان وقطر وجمهورية كوريا الشعبية الديمقراطية وسنغافورة والصومال والسودان وترينيداد وتوباغو واليمن يوزع النطاق 9 800-10 000 MHz للخدمة الثابتة على أساس أولي (انظر الرقم 33.5). (WRC-07)

ويبين الشكل 13 أقاليم هذه الإدارات باللون الأسود.

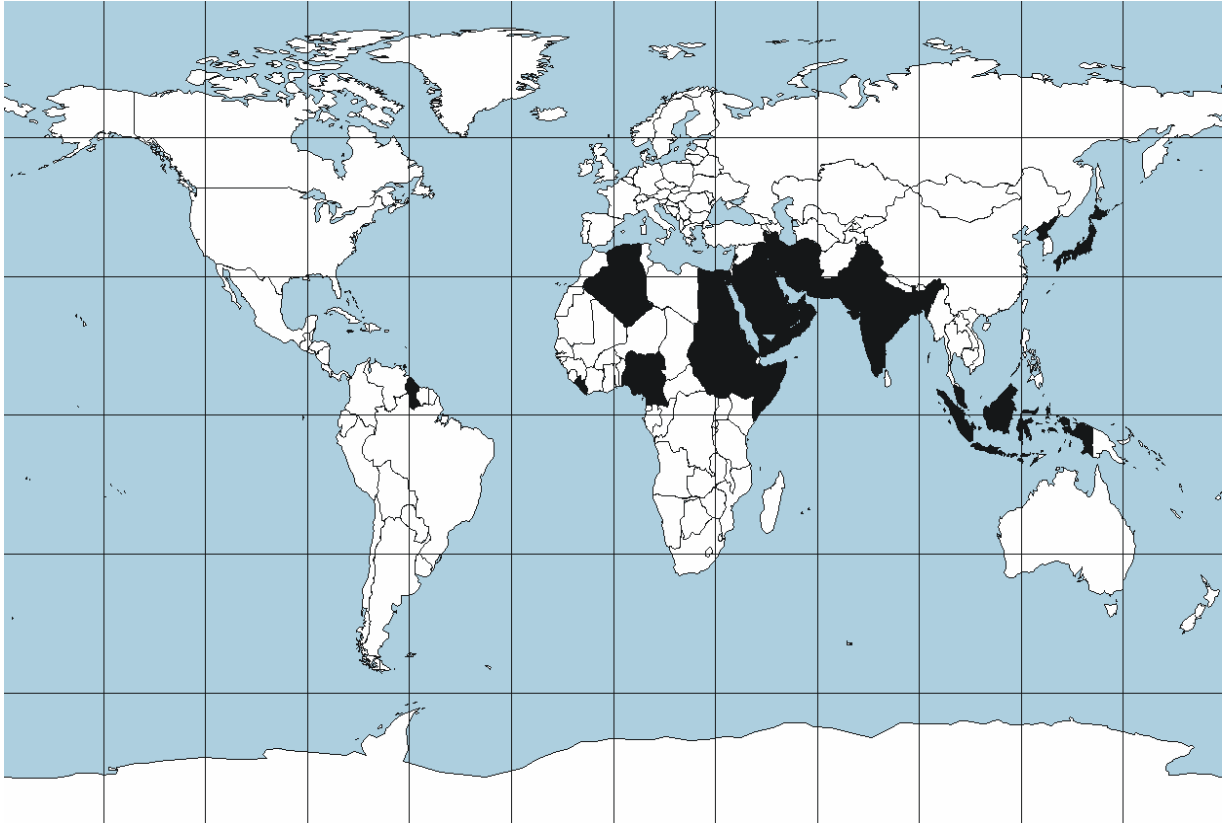
وتنشر أنظمة الخدمة الثابتة غالباً في المناطق الحضرية والضواحي، مع نشر أنظمة قليلة، إن وجد، في المناطق الريفية. وقد حدد مكان المحطات عشوائياً داخل كل منطقة من المناطق الحضرية الرئيسية في الإدارات المدرجة في الرقم 477.5 من لوائح الراديو، وحدد مكان 12 محطة للخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة عشوائياً وصوبت أزواج محطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة بحيث وجهت كل محطة صوب قرينتها لمحاكاة حالة واقعية. واستخدم ما مجموعه 128 منطقة حضرية وأسفر ذلك عن 1 536 من محطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة.

واختيرت معلمات محطة الخدمة الثابتة بصفة أولية على النحو الموصوف أدناه، وظلت ثابتة في مكانها طوال فترة المحاكاة:

- اختير ارتفاع هوائي المحطة من قيم عشوائية بين 10 أمتار و100 متر
- اختيرت زاوية ارتفاع حزمة هوائي الإرسال للمحطة من قيم عشوائية بين  $\pm 5^\circ$ .

الشكل 13

### البلدان المدرجة في الرقم 477.5 من لوائح الراديو



### 2.1.5.5 التداخل من SAR 3 من مستقبلات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة

تم إعداد نموذج محاكاة حاسوبي لحساب مستوى قدرة التداخل المعتمد على الزمن عند مستقبل خدمة ثابتة من الحساس النشط SAR 3 المحمول في الفضاء. واستخدم نموذج الحساب هذا في جمع إحصاءات تداخل في شكل احتمال تجاوز مستوى قدرة التداخل، ومستوى القدرة القصوى للتداخل عند مستقبل خدمة ثابتة.

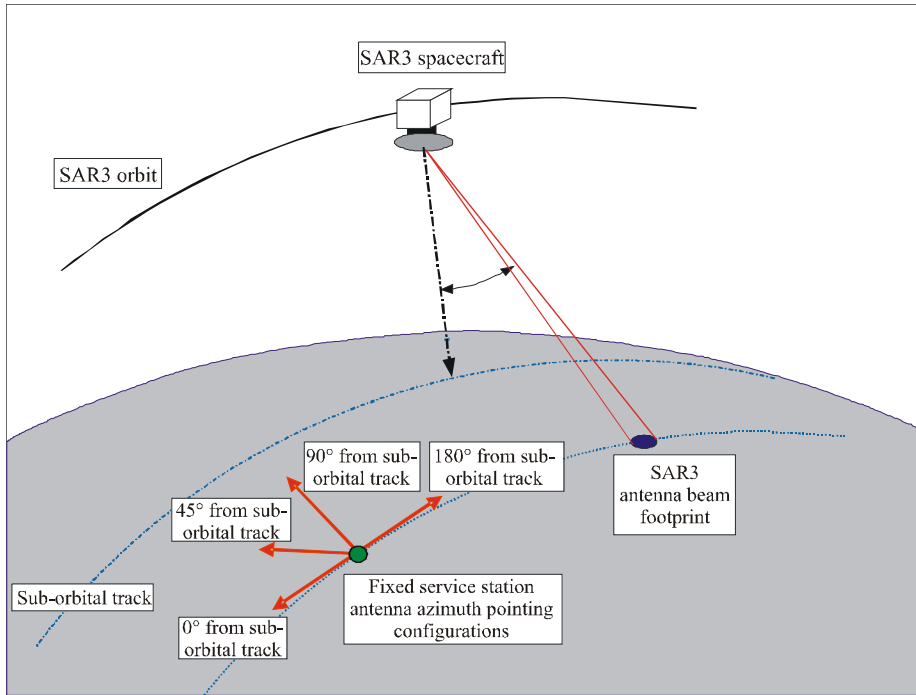
وأجريت جميع عمليات المحاكاة لفترة مدتها 60 يوماً مع زيادة تدريجية في الزمن على خطوات مدة كل منها 0,5 ثانية. وحسبت لكل خطوة زمنية المسافة بين مرسل SAR ومستقبل الخدمة الثابتة على أساس معلمات SAR المدارية، وموقع محطة الخدمة الثابتة. وحسبت قدرة التداخل عند مستقبل الخدمة الثابتة، على أساس قدرة المرسل، وخسارة المسير، وتمييز الهوائي. وافترض في هذه الدراسة أن الهوائيات متحدة في الاستقطاب وأن القنوات تشترك في نفس التردد، ولم تؤخذ خسائر الإدخال في الاعتبار. وافترض أن SAR 3 يقوم بالإرسال بصفة مستمرة باستخدام متوسط القدرة المستنبطة من قدرة الذروة ودورة تشغيل نبضية. ولا تأخذ النتائج المقدمة أدناه بعين الاعتبار معاملاً لمراعاة أن SAR يعمل لنسبة 10% إلى 20% من المدار النمطي.

وتقع الإدارات المدرجة تحت الرقم 477.5 من لوائح الراديو في المدى الواقع بين خط عرض 15° جنوباً و45° شمالاً تقريباً. ولغرض هذه الدراسة، يبين الجدول 25 سيناريوهات النشر ومعماريات تسديد الهوائي التي درست وزوايا سمت هوائيات محطة النظام الثابت مقيسة بالنسبة إلى السمات المناظر لزاوية ميل SAR 3 على النحو المبين في الشكل 14. وحدد ارتفاع هوائي المحطة عند 20 متراً.

وجمعت إحصاءات التداخل لخمس محطات للخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة عند زوايا ارتفاع وزوايا سمت مختلفة للهوائي، وأسفر ذلك عن 60 حالة.

الشكل 14

#### أشكال توجيه سمت الهوائي في الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة



## الجدول 25

معلومات ضبط محطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة (إجمالي 60 حالة)

زاوية ارتفاع الهوائي (بالدرجات)	اتجاه سمت الهوائي بالنسبة إلى زاوية ميل SAR 3 (بالدرجات)	خط طول الخط (بالدرجات)	خط عرض الخط (بالدرجات)
5، 0، 5-	180، 90، 45، 0	0	45
5، 0، 5-	180، 90، 45، 0	0	30
5، 0، 5-	180، 90، 45، 0	0	15
5، 0، 5-	180، 90، 45، 0	0	0
5، 0، 5-	180، 90، 45، 0	0	15-

## 2.5.5 نتائج التحليل

## 1.2.5.5 التداخل من الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة في مستقبل SAR 3

تقدم هنا نتائج التحليل باستخدام نموذجي نشر لمحطات خدمة ثابتة:

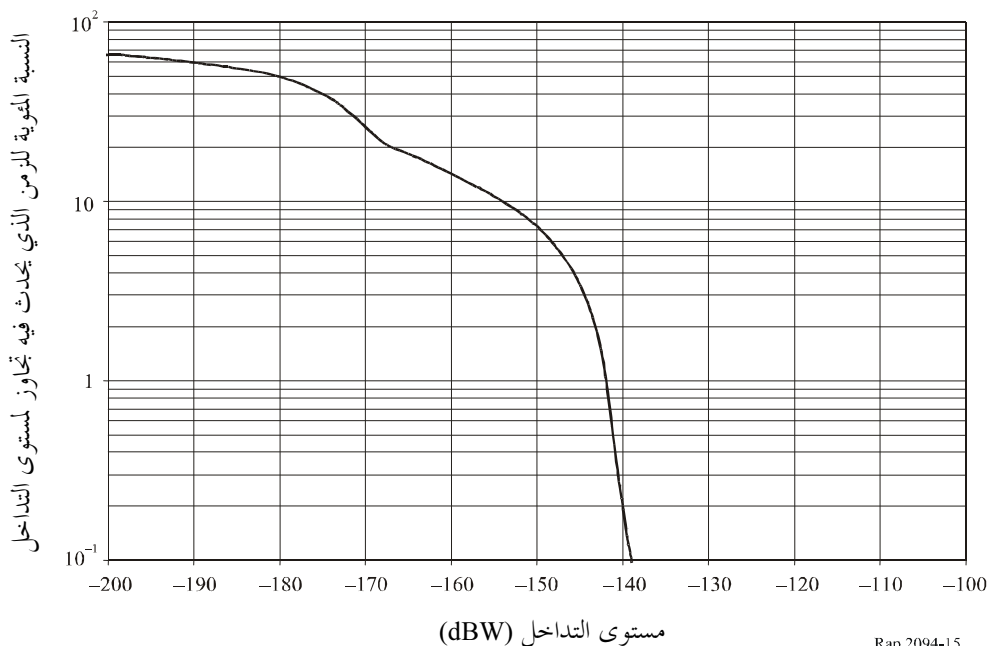
- نشر عشوائي على الصعيد العالمي لعدد 1 536 محطة خدمة ثابتة من نقطة إلى نقطة
- نشر 1 536 محطة خدمة ثابتة من نقطة إلى نقطة داخل الإدارات الواردة في الرقم 477.5 من لوائح الراديو.

## 1.1.2.5.5 النشر العشوائي على الصعيد العالمي

يتضمن الشكل 15 تمثيلاً بيانياً لدالة النشر التراكمي (CDF) للتداخل من 1 536 محطة خدمة ثابتة من نقطة إلى نقطة في مستقبل SAR 3. والنتائج مقدمة في شكل قدرة إشارة التداخل التي يتم استقبالها عند عرض النطاق المتوسط (IF) 512 MHz لمستقبل محسّس محمول في الفضاء معبراً عنها كنسبة مئوية من الزمن. وكما يتضح من الشكل، فإن قدرة إشارة التداخل تبلغ -142 dBW لمعيار توفر بيانات 99% (1 نقطة مئوية). وكانت القيمة القصوى لمستوى التداخل عند مستقبل SAR 3 هي -125,0 dBW، وهي قيمة تقل بمقدار 5,3 dB عن معيار حماية SAR.

## الشكل 15

دالة النشر التراكمي للتداخل من 1 536 محطة خدمة ثابتة منشورة عشوائياً على الصعيد العالمي

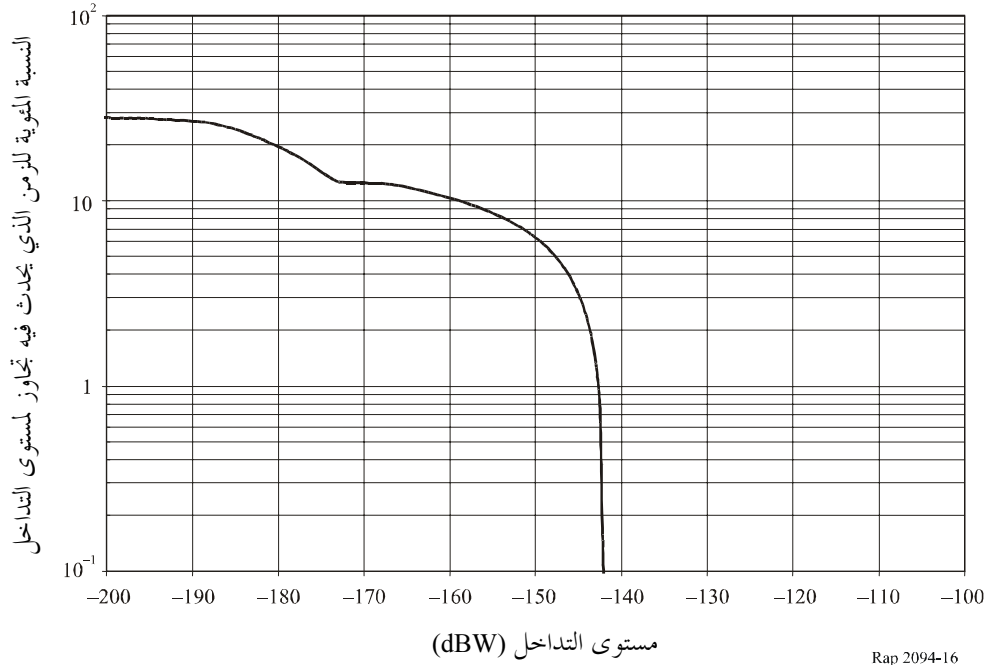


### 2.1.2.5.5 النشر على أساس الرقم 477.5 من لوائح الراديو

يتضمن الشكل 16 تمثيلاً بيانياً لدالة النشر التراكمي للتداخل في مستقبل SAR 3 من محطة ثابتة من نقطة إلى نقطة، موزعة على 128 مركزاً حضرياً في الإدارات المبينة في الرقم 477.5 من لوائح الراديو. والنتائج مقدمة في شكل قدرة إشارة التداخل الذي يتم استقباله عند عرض نطاق التردد المتوسط البالغ 512 MHz لمستقبل محساس محمول في الفضاء كنسبة مئوية من الزمن. وكما يتضح من الشكل، فإن قدرة إشارة التداخل تبلغ -143 dBW تقريباً لمعيار توفر بيانات يبلغ 99% (1 نقطة مئوية). وبلغ المستوى الأقصى للتداخل عند مستقبل SAR 3 -125,17 dBW، وهي قيمة بمقدار 5,4 dB عن معيار حماية SAR.

الشكل 16

### دالة النشر التراكمي للتداخل من محطة ثابتة من نقطة إلى نقطة في الإدارات المدرجة في الرقم 477.5 من لوائح الراديو



Rap 2094-16

### 2.2.5.5 التداخل من SAR 3 في الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة

#### 1.2.2.5.5 نتائج التحليل - تأثير زاوية ارتفاع هوائي محطة الخدمة الثابتة

استخدمت زوايا الارتفاع -5°، 0°، و5° لهوائي الخدمة الثابتة في محاكاة كل زاوية سمت وكل خط عرض لمختلف محطات الخدمة الثابتة. ولتعيين تأثير زاوية الارتفاع على مستويات I/N في محطة الخدمة الثابتة، أجريت مقارنة باستخدام نتائج المحاكاة المبينة في الشكل 16.

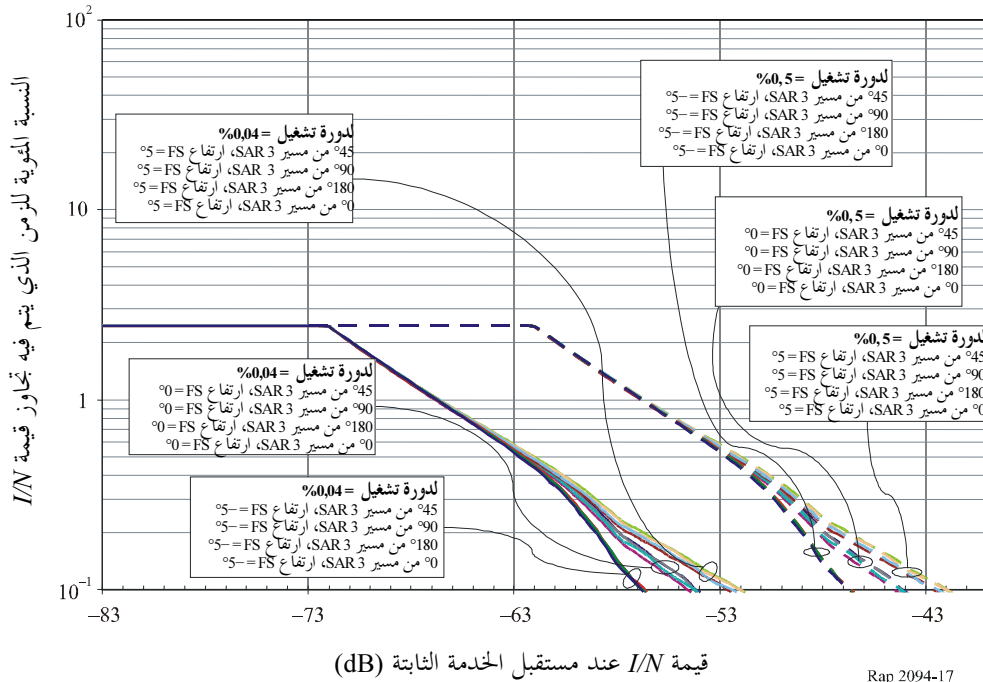
ويعرض الشكل 17 نتائج التحليل بمعلومة دالة النشر التراكمي (CDF) لقيم I/N في مستقبل للخدمة الثابتة موجود عند خط عرض 0°. وكما يتضح من الشكل، تقل مستويات I/N عند ارتفاع -5° بنحو 5 dB عنها عند ارتفاع 5° بالنسبة للنقطة 0,1%. وعند النقطة 1%، تتقارب منحنيات CDF لزوايا ارتفاع هوائي الخدمة الثابتة الثلاث. وكانت النتائج مشابهة عند خطوط عرض محطات الخدمة الثابتة الأخرى التي تناولتها هذه الدراسة.

## 2.2.2.5.5 نتائج التحليل - تأثير زاوية سمت هوائي محطة خدمة ثابتة

استخدمت زوايا سمت الهوائي للخدمة الثابتة مقاديرها  $0^\circ$  و  $45^\circ$  و  $90^\circ$  و  $180^\circ$  بالنسبة لزاوية ميل SAR 3 في محاكاة خطوط العرض المختلفة لمحطات الخدمة الثابتة. ولتعيين تأثير زاوية سمت على مستويات  $I/N$  في محطة الخدمة الثابتة، عقدت مقارنة باستخدام نتائج محاكاة عند خطي عرض ممثلين للظروف على النحو المبين في الشكلين 18 و 19.

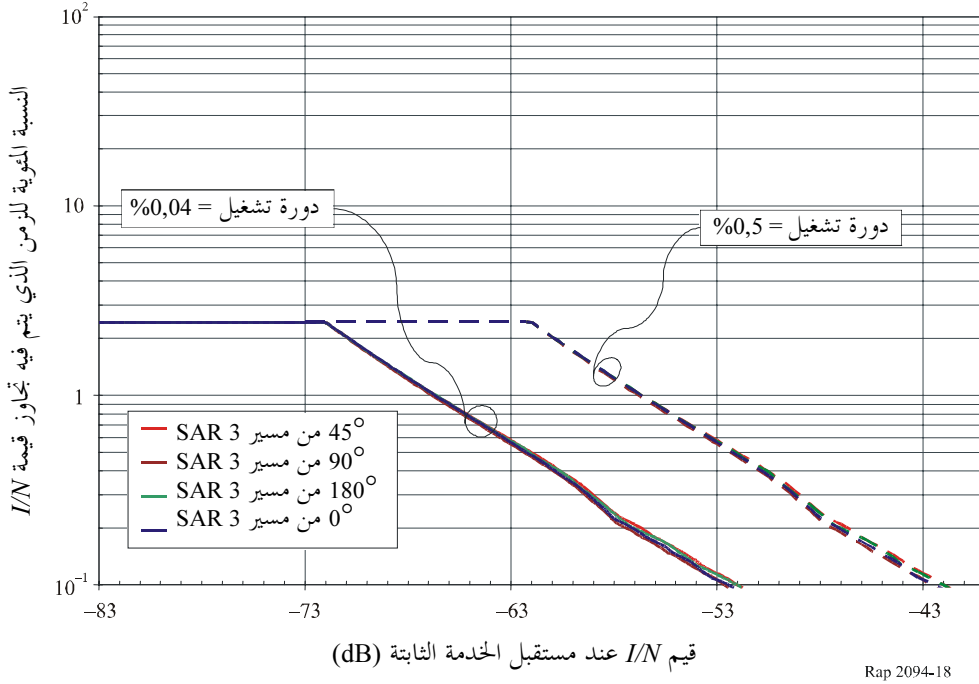
ويعرض الشكل 18 النتائج باستخدام دالة النشر التراكمي (CDF) للتداخل بقيمة  $I/N$  عند استقبال الخدمة الثابتة الواقع عند خط عرض  $0^\circ$ . ويعرض الشكل نفسه نتائج مماثلة لخط عرض  $30^\circ$ . وكما يتضح من الشكل 18 (خط عرض  $0^\circ$ )، فإن تأثير التغييرات في زاوية سمت هوائي الخدمة الثابتة طفيف من حيث تأثيرها على مستويات  $I/N$  إذ تقع جميع القيم في حدود  $0,5$  dB تقريباً من بعضها البعض عند النقطة  $0,1\%$ .

الشكل 17

دالة النشر التراكمي لمستويات  $I/N$  في مستقبل خدمة ثابتة عند خط عرض  $0^\circ$ 

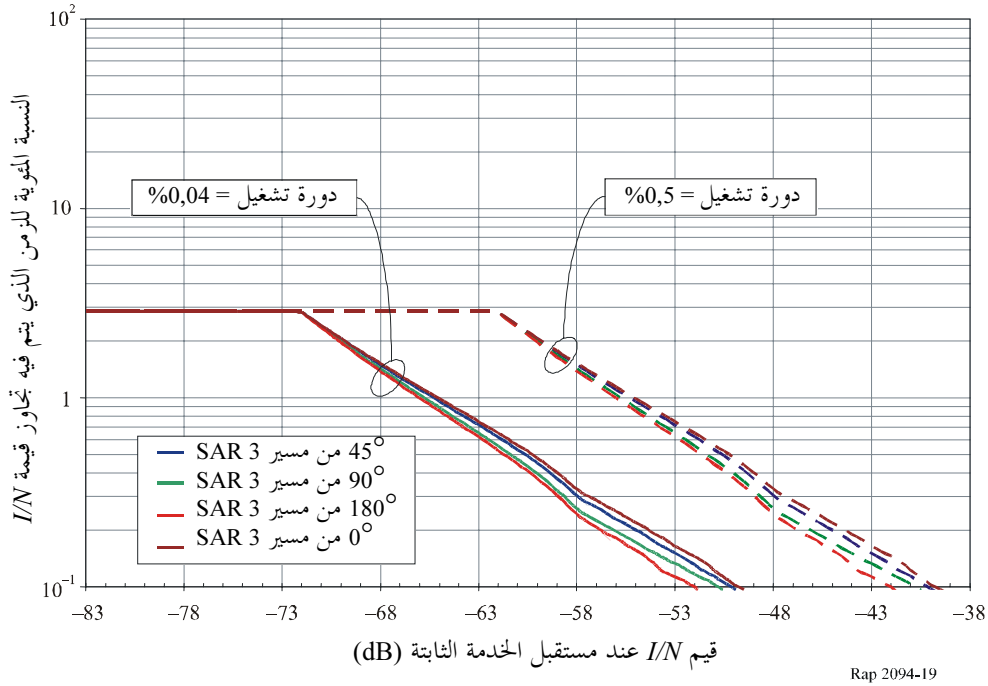
الشكل 18

دالة النشر التراكمي لمستويات  $I/N$  في مستقبل خدمة ثابتة عند خط عرض  $0^\circ$  وارتفاع هوائي  $5^\circ$



الشكل 19

دالة النشر التراكمي لمستويات  $I/N$  في مستقبل خدمة ثابتة عند خط عرض  $30^\circ$  وارتفاع  $5^\circ$



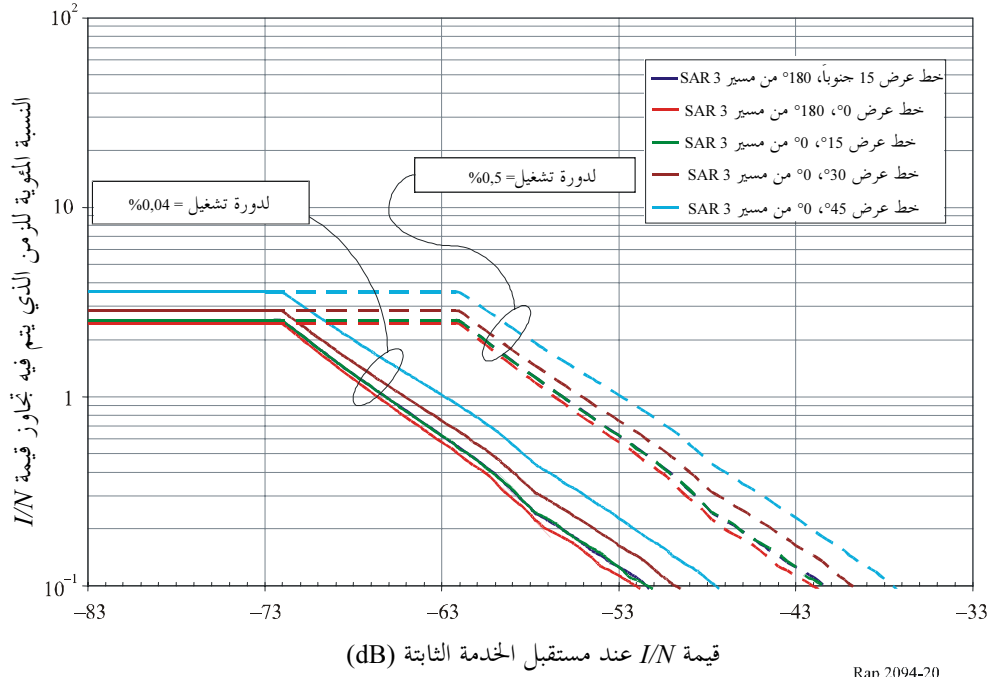
وبالمثل، فإن مستويات  $I/N$  في الشكل 19 (خط عرض  $30^\circ$ ) تقع في حدود 2 dB تقريباً من بعضها البعض عند نقطة 0,1%. وعند نقطة 1%، تبدأ منحنيات دالة النشر التراكمي بالتقارب من بعضها بالنسبة إلى زوايا هوائي الخدمة الثابتة الأربع. وكانت النتائج التي تم الحصول عليها مشابة عند خطوط العرض الأخرى لخدمة الخدمة الثابتة التي تناولتها هذه الدراسة.

## 3.2.2.5.5 نتائج التحليل - تأثير خط عرض محطة الخدمة الثابتة

عرضت الأقسام السابقة من هذه الوثيقة نتائج تبين أن أسوأ حالة لزاوية ارتفاع هوائي الخدمة الثابتة كانت 5° وأن أسوأ حالة لزاوية سمت هوائي الخدمة الثابتة كانت إما 0° أو 180° بالنسبة إلى زاوية ميل SAR المحمولة في الفضاء. ويعرض هذا القسم تأثير خط عرض محطة الخدمة الثابتة على مستويات  $I/N$  عند مستقبل الخدمة الثابتة. وقد استخدمت محطة الخدمة الثابتة في المحاكاة خطوط العرض -15° و 0° و 15° و 30° و 45°، وبين الشكل 20 نتائج أسوأ حالة. ويتضمن الجدول 26 ملخصاً للنتائج.

الشكل 20

دالة النشر التراكمي لأسوأ حالة لمستويات  $I/N$  في مستقبل الخدمة الثابتة عند ارتفاع = 5° وخطوط عرض مختلفة



Rap 2094-20

الجدول 26

## ملخص نتائج أسوأ حالة تداخل

النسبة المئوية للزمن الذي يتم خلاله استقبال القيمة القصوى لمستوى $I/N$ (%)	مستوى $I/N$ الأقصى عند مستقبل الخدمة الثابتة (dB) (دورة تشغيل 0,04%/دورة تشغيل 0,05%)	مستوى $I/N$ عند مستقبل الخدمة الثابتة (dB)		زاوية ارتفاع هوائي الخدمة الثابتة (بالدرجات)	اتجاه السمت الهوائي للخدمة الثابتة بالنسبة إلى زاوية ميل SAR 3 (بالدرجات)	خط عرض محطة الخدمة الثابتة (بالدرجات)
		تجاوزت قيمة $I/N$ 0,1% من أكثر من (دورة تشغيل 0,04%/دورة تشغيل 0,5%)	تجاوزت قيمة $I/N$ 1% من الزمن (دورة تشغيل 0,40%/دورة تشغيل 0,5%)			
0,04	1,5-11,5-	41,5-51,5-	56,0-66,0-	5	180	15-
0,04	2,0-12,0-	42,0-52,0-	56,5-66,5-	5	180	0
0,06	2,0-12,0-	41,5-51,5-	56,0-66,0-	5	0	15
0,07	1,2-11,2-	39,8-49,8-	55,0-65,0-	5	0	30
0,03	1,2-11,2-	37,5-47,5-	53,0-63,0-	5	0	45

### 3.5.5 استنتاجات التحليل

قيمت هذه الدراسة الملاءمة بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) ونظام SAR محمول في الفضاء ومحطات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة العاملة في النطاق 9 800-10 000 MHz وقد بينت نتائج المحاكاة ما يلي:

- المستويات القصوى للتداخل في نظام SAR المحمول في الفضاء كانت أقل بنحو 3,5 dB من معيار تداخل نظام SAR لكل من توزيع عشوائي على الصعيد العالمي لعدد 1 536 محطة خدمة ثابتة من نقطة إلى نقطة، و1 536 محطة خدمة ثابتة من نقطة إلى نقطة منشورة داخل الإدارات المذكورة تحت الرقم 477.5 من لوائح الراديو.
- نتجت أسوأ حالة لمستويات  $I/N$  عند مستقبلات الخدمة الثابتة من نقطة إلى نقطة من نظام SAR محمول في الفضاء عندما كان هوائي الخدمة الثابتة مصوباً على زاوية ارتفاع  $5^\circ$  وزاوية سمت  $0^\circ$  أو  $180^\circ$  بالنسبة إلى زاوية ميل نظام SAR 3. واختلفت قيم  $I/N$  باختلاف خط عرض محطة الخدمة الثابتة وكانت قيمة أسوأ حالة هي  $-53,0$  dB مع دورة تشغيل نبضي 0,5% وتجاوزت 1% من الزمن لمحطة خدمة ثابتة عند خط عرض  $45^\circ$ .

### 6 أمثلة لتقنيات تخفيف التداخل في نظام SAR محمول في الفضاء

1.6 المثال 1: اختيار خصائص الإرسال من أجل تخفيف التداخل من محاسيس نشيطة محمولة في الفضاء في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) لاستخدامها في عرض النطاق 500 MHz بالقرب من 9,6 GHz

#### 1.1.6 اختيار خصائص خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) من أجل تخفيف التداخل

حُسب متوسط مستوى قدرة إشارة التداخل بالطريقة الواردة في التوصية ITU-R RS.1280.

ويتضمن الجدول 1 مقارنة بين المعلمات الرئيسية لحساب التداخل لأنظمة SAR قيد الدراسة.

أهم فروق وُجدت بين SAR 1 و SAR 2 و SAR 3 هو مدى عرض النبضة وتردد التكرار. فيما يتعلق بمدى عرض النبضة. كان الفرق بين الحد الأدنى والحد الأقصى للنظامين SAR 2 و SAR 3 هو عامل مقداره 8 و 10، على التوالي. وفيما يتعلق بتردد تكرار النبضات كانت القيمة القصوى بالنسبة إلى SAR 2 هي 250% تقريباً من قيمة الحد الأدنى.

ولهذا رُئي أن من المناسب إجراء حسابات منفصلة للنظام SAR 2 لمديين متطرفين. وفي الجدولين 27 و 28، قسم النظام SAR 2 إلى:

- SAR 2a بعرض نبضة 10  $\mu$ s وتردد تكرار نبضات 2 000 Hz وكسب هوائي 44,0 dBi.

- SAR 2b بعرض نبضة 10  $\mu$ s وتردد تكرار نبضات 4 500 Hz وكسب هوائي 46,0 dBi.

وبذا يقدم النطاق الكامل من الحد الأدنى إلى الحد الأقصى للتداخل.

#### الجدول 27

مثال لتقليل قدرة احساس غير المرغوبة المستقبلية، عن طريق تغيير عرض لنبضة في احساس وعرض نطاق التشكيل بالتردد لنظام SAR 2a

$\Delta I$ (dB)	$\Delta P_{avg}$ (dB)	$\Delta OTR$ (dB)	القيم الجديدة لمعاملات SAR 2a			
			$B_c$ (MHz)	PRF (Hz)	$\tau$ ( $\mu$ s)	
14,6-	<sup>(1)</sup> 1,4	16,0-	400	2 000	10	الرادار 1 (تتبع)
22,3-	3,2-	19,0-	400	2 000	10	الرادار 2 (بحث)

<sup>(1)</sup> رُئي أن من المناسب استخدام قيمة متوسطة لقدرة إشارة التداخل للرادار المحمول جواً، والقيمة القصوى لقدرة إشارة التداخل لرادار التتبع.



## الجدول 28

مثال لتقليل قدرة المحساس غير المرغوبة المستقبلية، عن طريق تغيير عرض النبضة في المحساس وعرض نطاق التشكيل بالتردد لنظام SAR 2b

$\Delta I$ (dB)	$\Delta P_{avg}$ (dB)	$\Delta OTR$ (dB)	القيم الجديدة لمعاملات SAR 2b			
			$B_c$ (MHz)	PRF (Hz)	$\tau$ ( $\mu s$ )	
3,6-	<sup>(1)</sup> 3,4	7,0-	400	4 500	80	الرادار 1 (تتبع)
7,7-	11,3	19,0-	400	4 500	80	الرادار 2 (بحث)

<sup>(1)</sup> رئي أن من المناسب استخدام قيمة متوسطة لقدرة إشارة التداخل للرادار المحمول جواً، والقيمة القصوى لقدرة إشارة التداخل لرادار التتبع.

ولنظام SAR 3 عرض نبضة قدره 10-1  $\mu s$  وقيمة PRF 515-410 Hz وكسب هوائي 39,5-42,5 dB ويبلغ انخفاض قدرة المحساس غير المرغوبة المستقبلية بالنسبة إلى PRF 410 Hz وكسب الهوائي 39,5 dB القيم المبينة في الجدولين 29 و30. وأجريت حسابات مستقلة لنظام SAR 3 للقيمتين المتطرفتين لمدى عرض النبضة وPRF. وفي الجدولين 29 و30، قسم النظام SAR 3 إلى:

- SAR 3a وله عرض نبضة 1  $\mu s$  وPRF 410 Hz وكسب هوائي 39,5 dBi.

- SAR 3b وله عرض نبضة 10  $\mu s$  وPRF 515 Hz وكسب هوائي 42,5 dBi.

وإذا أمكن تشغيل المحاسيس المحمولة في الفضاء المشار إليها في الجدول 1 بعروض نبضات مختلفة وعرض نطاق تشكيل بالتردد مختلف كما في الجدولين 27 و28، عندئذ يمكن تحقيق خفض كبير في مستوى قدرة الإشارة غير المرغوبة. فإذا فرض، مثلاً، أن هناك رادارين يعملان في النطاق 9 500-9 800 MHz في التوصية ITU-R RS.1280:

- رادار تتبع له عرض نطاق IF قدره 1 MHz (الرادار 1)؛

- رادار بحث له عرض نطاق IF قدره 5 MHz (الرادار 2).

## الجدول 29

مثال لتقليل قدرة المحساس غير المرغوبة المستقبلية، عن طريق تغيير عرض النبضة في المحساس وعرض نطاق التشكيل بالتردد لنظام SAR 3a

$\Delta I$ (dB)	$\Delta P_{avg}$ (dB)	$\Delta OTR$ (dB)	القيم الجديدة لمعاملات SAR 3a			
			$B_c$ (MHz)	PRF (Hz)	$\tau$ ( $\mu s$ )	
20,9-	<sup>(1)</sup> 5,7	26,5-	450	410	1	الرادار 1 (تتبع)
35,4-	15,9-	19,5-	450	410	1	الرادار 2 (بحث)

<sup>(1)</sup> رئي أن من المناسب استخدام قيمة متوسطة لقدرة إشارة التداخل للرادار المحمول جواً، والقيمة القصوى لقدرة إشارة التداخل لرادار التتبع.

الجدول 30

مثال لتقليل قدرة المحساس غير المرغوبة المستقبلية، عن طريق تغيير عرض النبضة في المحساس وعرض نطاق التشكيل بالتردد لنظام SAR 3b

$\Delta I$ (dB)	$\Delta P_{avg}$ (dB)	$\Delta OTR$ (dB)	القيم الجديدة لمعلمات SAR 3b			
			$B_c$ (MHz)	PRF (Hz)	$\tau$ ( $\mu s$ )	
7,9-	<sup>(1)</sup> 8,7	16,5-	450	515	10	الرادار 1 (تتبع)
21,4-	1,9-	19,5-	450	515	10	الرادار 2 (بحث)

<sup>(1)</sup> رئي أن من المناسب استخدام قيمة متوسطة لقدرة إشارة التداخل للرادار المحمول جواً، والقيمة القصوى لقدرة إشارة التداخل لرادار التتبع.

### 2.1.6 استنتاجات التحليل

ترد في هذا الملحق الخصائص التقنية والتشغيلية للعديد من أنظمة SAR العريضة النطاق. وقد حسب وأثبت عملياً أيضاً مدى إمكانية اختيار خصائص معينة للتخفيف من تأثيرات التداخل المحتمل في الرادارات الأرضية والرادارات المحمولة جواً. وتظهر جميع حالات عروض نطاق الرادار 1 والرادار 2 البالغة 1 MHz و 5 MHz، على التوالي، تبيين أنه يحدث في الواقع انخفاض في التداخل الناجم عن SAR 1.

### 2.6 المثال 2: طريقة تخفيف التداخل الهوائي SAR 3 للمحساس النشط المحمول جواً في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) لاستخدامها في عرض النطاق 500 MHz بالقرب من 9,6 GHz

يتناول هذا القسم طريقة تخفيف التداخل من هوائي SAR 3 لاستخدامها في دراسات الملاءمة والتقسام.

#### 1.2.6 الخصائص التقنية لهوائي المحساس العريض النطاق النشط SAR 3 المحمول في الفضاء

يتضمن الجدول 1 الخصائص التقنية للمحساس النشط SAR 3. وهوائي SAR 3 نمط كسب هوائي يختلف في السمات في الإرسال عنه في الاستقبال. ففي السمات، يمكن أن يتحسن تمييز معالجة الضيف الفرعي إلى متر واحد. وفي معالجة الضيف الفرعي، ينقسم طول الضيف في السمات إلى صفيقات فرعية، وبذلك تستقبل فرادى الصفيقات الفرعية الإشارات المرتدة في نفس الوقت يكون صيف الاستقبال الفعال في السمات هو طول الضيف الفرعي، بحيث تزداد فتحة حزمة الهوائي في السمات، وتناظر الطول القصير للضيف الفرعي. وتستخدم مخطط هوائي الإرسال جميع الصفيقات الفرعية ويطبق اختلال للطور في كامل الضيف بحيث يصبح العرض 3 dB لمخطط كسب السمات مساوياً تقريباً لمخطط كسب السمات الذي يستقبله كل صيف فرعي. وثمة فائدتان لترجيح الطور في كامل الضيف، أولاً أنه يمكن تطبيق قدرة ذروة إرسال تبلغ 25 kW من مقابل 1/32 من تلك القدرة لكل صيف فرعي. الفائدة الأخرى هي أنه بترجيح الطور في الإرسال، ينخفض مخطط كسب الهوائي في السمات بسرعة مع الزاوية المقيسة من خط التسديد، ومن ثم يوفر خفضاً للتداخل مع انخفاض مستويات الفص الجانبي مع الزاوية المقيسة من خط التسديد.

#### 1.1.2.6 معلمات التصميم

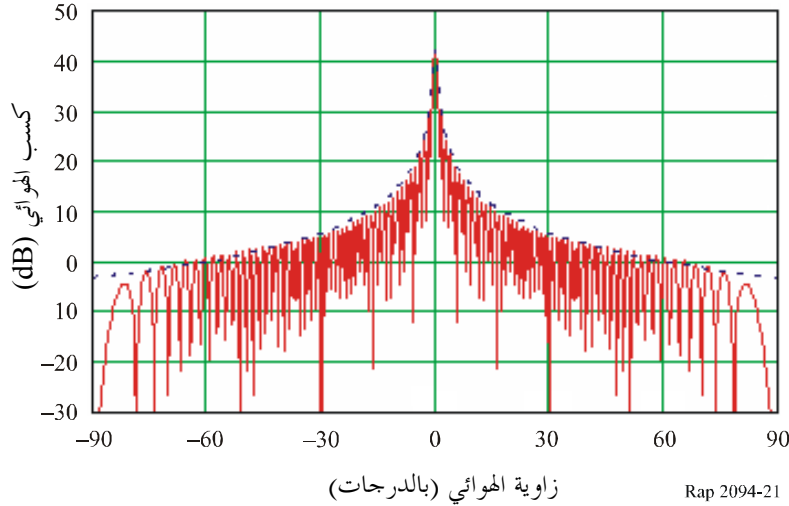
يبيث SAR 3 نبضات خطية مشكلة بالتردد بالقرب من 9,6 GHz، بمعدل تكرار للنبضات يتراوح بين 410 و 515 Hz على النحو المبين في الجدول 1. وتكون الإشارة مستقطبة إما عمودياً أو رأسياً في الإرسال والاستقبال، لكي تغطي استقطاباً واحداً، يمكن اختياره من بين HH أو VV. ويكون عرض النبضة 1-10  $\mu s$  وعرض نطاق المدى 450 MHz.

## 2.1.2.6 مخطط كسب الهوائي

يبين الشكل 21 مخطط كسب الهوائي للترجيح المنتظم في كامل لوحة منفردة ومدى انطباق المنحنى على الغلاف لزوايا تتراوح  $-90^\circ$  و  $+90^\circ$  في السميت.

الشكل 21

إرسال منتظم لنظام SAR 3 محمول في الفضاء (الخط المتصل يمثل الترجيح المنتظم للوح)، ومدى انطباق المنحنى على غلاف الترجيح المنتظم (الخط القصير المتقطع) عند  $9\ 600\ \text{MHz}$  ( $-4,5^\circ$  إلى  $+4,5^\circ$ )



بالنسبة لكل من الترجيح المنتظم وترجيح الطور يتيح تأثير "حافة السكين" لنمط الهوائي للصفيفات المتطورة الخطية أيضاً تخفيف التداخل لأن كسب الهوائي ينخفض انخفاضاً كبيراً مع البعد عن المحاور الرئيسية.

ويبين الجدول 31 المعادلات المنقحة لكسب الهوائي. وتحتفظ المعادلات المنقحة بالقيمة الدنيا  $-48\ \text{dB}$  على طول المحور الرئيسي للسميت ولكنها تتخلص من الحد الأدنى المنحرف عن المحور  $-5\ \text{dBi}$ . ويبين الشكل 22 نمط كسب الهوائي على مديات زوايا ارتفاع وسمت في النطاقين  $(-90^\circ < \theta_v < 90^\circ)$  و  $(-90^\circ < \theta_h < 90^\circ)$ . ويتضح تأثير "حافة السكين" باتجاه المحاور الرئيسية في الارتفاع والسمت من هذه المعادلات، إذ ينخفض في التمثيل البياني قيمة كسب الهوائي إلى ما دون  $-40\ \text{dBi}$  في المنطقة البعيدة عن المحور.

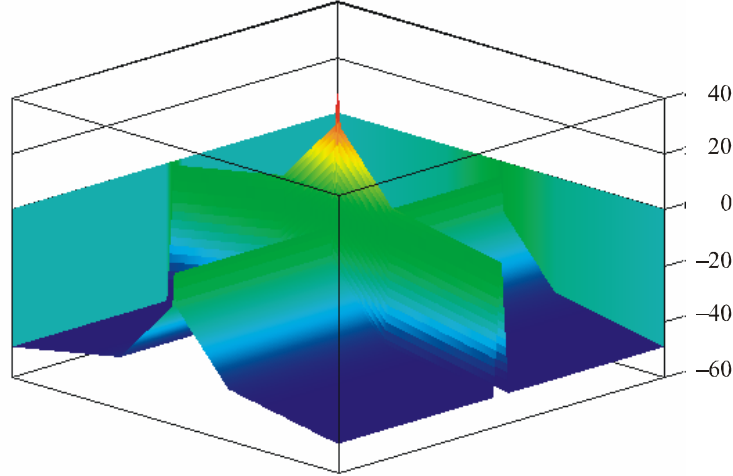
الجدول 31

المعادلات المنقحة لكسب هوائي نظام SAR 3 محمول في الفضاء عند  $9\ 600\ \text{MHz}$

المنط	الكسب $G(\theta)$ (dBi) كدالة للزاوية الخارجة عن المحور $\theta$ (بالدرجات)	مدى الزاوية (بالدرجات)
عمودي (الارتفاع)	$G_v(\theta_v) = 42.5 - 9.92(\theta_v)^2$ $G_v(\theta_v) = 31.4 - 0.83 \theta_v$ $G_v(\theta_v) = 10.5 - 0.133 \theta_v$	$0 < \theta_v < 1.1$ $1.1 \leq \theta_v < 30$ $\theta_v \geq 30$
أفقي (السمت)	$G_h(\theta_h) = 0.0 - 9.07(\theta_h)^2$ $G_h(\theta_h) = +1.9 - 12.08 \theta_h$ $G_h(\theta_h) = -48$	$0 < \theta_h < 1.15$ $1.15 \leq \theta_h < 4.13$ $\theta_h \geq 4.13$
نمط الحزمة	$G(\theta) = G_v(\theta_v) + G_h(\theta_h)$	

الشكل 22

مخطط هوائي نظام SAR 3D محمول في الفضاء عند 9 600 MHz  
 $(-90^\circ < \theta_v < +90^\circ$  و  $-90^\circ < \theta_h < +90^\circ)$  باستخدام المعادلات الواردة في الجدول 32



Rap 2094-22

### 2.2.6 الخصائص التقنية لنظام رادار أرضي

النظام G3 في الجدول 7 مثبت عند ارتفاع  $0^\circ$  بفتحة حزمة  $0,81^\circ$  في الارتفاع بحيث إذا نظر SAR 3 إلى أسفل بزاوية ميل  $50^\circ$ ، فإن النظام G3 سيرى SAR 3 عند  $40^\circ$  تقريباً في الفصوص الجانبية للارتفاع، الذي سيحدث في الفص الجانبي 48 تقريباً لفتحة حزمة  $0,81^\circ$ ، عند كسب هوائي  $-4$  dBi في الفصوص الجانبية، للإضاءة المنتظمة، في حين أن الإضاءة الفعلية ربما سيكون لها اتساع يميل نحو الارتفاع لتغطي معدلاً أسرع لتنافس الفص الجانبي.

### 3.2.6 المظاهر الجانبية لقدرة المستقبل في المخطات الأرضية

سوف تحسب المظاهر الجانبية لقدرة تداخل SAR 3 في G3 عندما يخلق الساتل فوق المحطة الأرضية G3. سيكون المظهر الجانبي الأول هو ذلك الذي يتم الحصول عليه باستخدام ترجيح الطور على كامل طول الهوائي البالغ 50 متراً، وسيكون المظهر الجانبي الثاني الذي يتم الحصول عليه هو عند الإرسال من صفيح فرعي وحيد له نفس ذروة e.i.r.p.

وقد حسبت قدرة تداخل SAR عند محطة الرادار الأرضية باستخدام المعادلتين (15) و(16) في الملحق 1 بالتوصية ITU-R M.1461.

ويبين الجدول 1 خصائص SAR 3. وبالنسبة إلى هذا المثال للتداخل من SAR 3 في G3، يكون عرض النبضة  $10 \mu s$ ، وذروة كسب الهوائي  $42,5$  dBi.

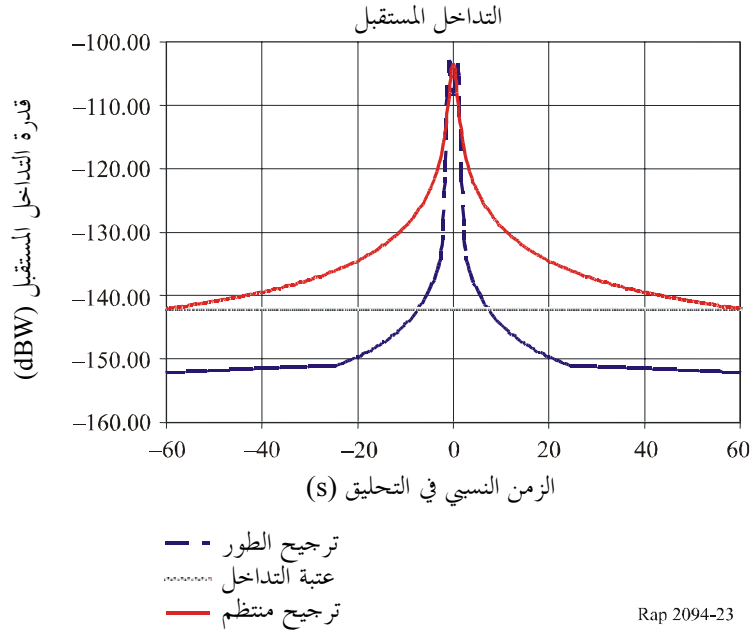
مستويات التداخل من SAR 3 في G3 التي تنشأ عندما يدور SAR 3 في مداره فوق الموقع الثابت للنظام G3 عند زاوية نظر  $44^\circ$  من SAR 3 مبينة في الشكل 23 على مدى دقيقتين من وقت التحليق في المدار.

وتفترض عتبة التداخل أن قيمة  $I/N$  هي  $-10$  dBi. وباستخدام ترجيح منتظم على كامل لوحة منفردة، يكون SAR فوق عتبة تبلغ نحو  $118$  s؛ في حين أنه عند استخدام ترجيح الطور على كامل الصفيح، يكون SAR فوق عتبة تبلغ نحو  $14$  s. وبالنسبة لهذا المثال، يوفر أسلوب ترجيح الطور تخفيفاً للتداخل ويقلل مقدار الزمن الذي يكون فيه تداخل SAR فوق عتبة الرادار الأرضي بعامل يزيد عن 8.

وإذا استخدمت معادلات كسب الهوائي المنقحة من الجدول 31، فلن تكون هناك القيمة الدنيا البالغة -5 dBi لكسب هوائي SAR 3. افترض أن الرادار الأرضي سيكون موجوداً إلى الداخل بمقدار 23 إضافية في مدى فصوص SAR 3 الجانبية عندما تمر به المركبة الفضائية. ومستويات التداخل من SAR 3 من G3 عندما يمر SAR 3 في مداره فوق الموقع الثابت للنظام G3 عندما يكون داخل مدى فصوص SAR 3 الجانبية بمقدار 23°، مبيّنة في الشكل 4 على مدى دقيقتين من زمن المدار. ويمثل المظهر الجانبي بقدرة الاستقبال الأعلى معادلات كسب عند القيمة الدنيا 5 dBi ويبين قدرة التداخل المستقبل عندما يمر فص SAR 3 الرئيسي عبر الرادار الأرضي. ويمثل المظهر الجانبي عند قدرة الاستقبال الأقل المعادلات المنقحة لكسب SAR 3 في الجدول 31 ويبين قدرة التداخل المستقبل عندما يكون فص SAR 3 الرئيسي خارج مدى الفصوص الجانبية بمقدار 23°.

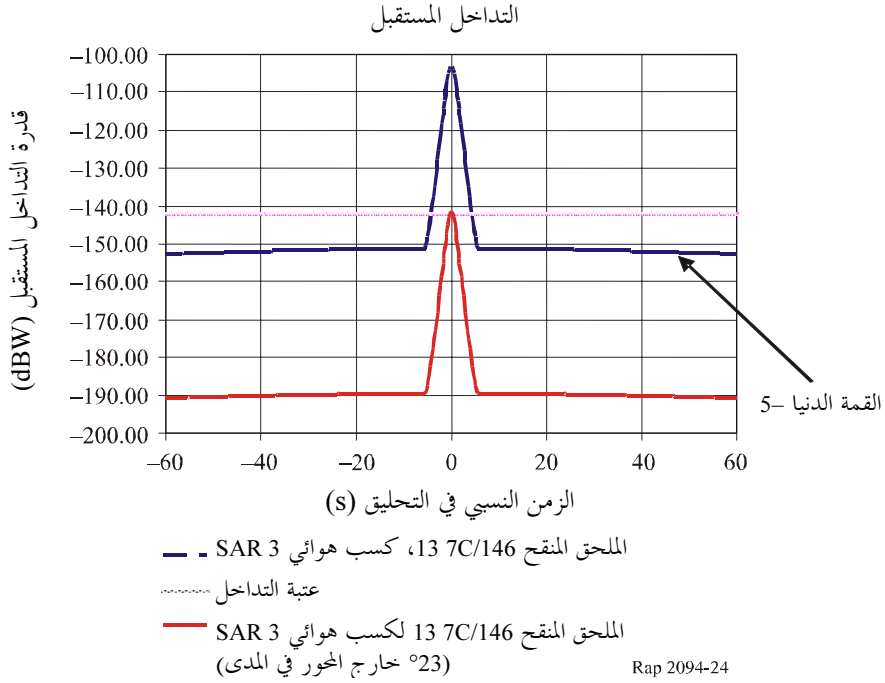
الشكل 23

مستويات التداخل في الرادار الأرضي G3 من SAR 3 (باستخدام ترجيح الطور في كامل الصفيح أو الترجيح المنتظم في كامل اللوحة) عند خط مداري قدره 506 km



## الشكل 24

مستويات التداخل في الرادار الأرضي G3 من SAR 3 (باستخدام المعادلات الأصلية لكسب الهوائي للنظام SAR 3 والمعادلات المنقحة من الجدول 31) عند خط عرض مداري 506 km



## 4.2.6 استنتاجات التحليل

تعرض هذه الوثيقة طريقة تخفيف التداخل باستخدام ترجيح الطور في كامل صيف هوائي SAR 3 ذي النطاق العريض. وقد أوضح في الوثيقة أن استخدام ترجيح الطور يمكن أن يقلل بدرجة كبيرة من التداخل في الرادارات الأرضية من الفصوص الجانبية لهوائي SAR. وقد يؤدي أسلوب التخفيف من التداخل هذا إلى تحسين ظروف التقاسم بين نظام SAR والرادارات الأرضية.

## 7 الملخص والاستنتاجات

يعرض هذا التقرير تفاصيل عن دراسات تتعلق بالملاءمة بين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) وخدمة الاستدلال الراديوية في النطاق 9 300-9 500 MHz والنطاق 8 800-10 000 MHz وبين خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) والخدمة الثابتة في النطاق 8 800-10 000 MHz. وبالإضافة إلى دراسات الملاءمة والتداخل هذه، يقدم التقرير أيضاً معلومات عن طرائق التخفيف من التداخل في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة).

## 8 وثائق مساندة

## نصوص قطاع الاتصالات الراديوية

- التوصية ITU-R M.1796 - خصائص ومعايير الحماية لرادارات الأرض العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي في نطاق التردد 500-8 500 MHz.
- التقرير ITU-R M.2081 - نتائج اختبارات تبين الملاءمة بين أنظمة الملاحة الراديوية التمثيلية والتحديد الراديوي للموقع وأنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية في النطاق 10-8,5 GHz.
- التوصية ITU-R F.758-4 - اعتبارات متعلقة بوضع معايير التقاسم بين الخدمة الثابتة والخدمات الأخرى (يناير 2005).
- التوصية ITU-R SM.337-4 - فصل التردد والمساحة (أكتوبر 1997).
- التوصية ITU-R SM.1541-1 - البث غير المطلوب في مجال البث خارج النطاق (نوفمبر 2002).
- التوصية ITU-R RS.1166-2 - معايير جودة الأداء والتداخل في المحساس الفضائي النشط (أكتوبر 1999) (تحل محل التوصية ITU-R SA.1166-2).
- التوصية ITU-R M.1461-1 - طرائق لتحديد احتمال التداخل بين رادارات تعمل في خدمة الاستدلال الراديوي وأنظمة في خدمات أخرى (يونيو 2003).
- التوصية ITU-R M.1372-1 - الاستخدام الفعال للطيف الراديوي بواسطة محطات الرادار في خدمة الاستدلال الراديوي (يونيو 2003).
- التوصية ITU-R RS.1280 - اختيار خصائص البث من محساس محمول في الفضاء من أجل التخفيف من احتمال التداخل في رادارات أرض تعمل في نطاقات التردد 10-1 GHz (أكتوبر 1997).