الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R M.2057-1

(2018/01)

خصائص أنظمة رادارات المركبات العاملة في نطاق التردد GHz 81-76 في تطبيقات أنظمة النقل الذكية

السلسلة M

الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي

وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة

الاتحاد الدولي للاتصالات

تمهيـــد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في القرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2019

© ITU 2019
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصيـــة ITU-R M.2057-1

خصائص أنظمة رادارات المركبات العاملة في نطاق التردد GHz 81-76 في تطبيقات أنظمة النقل الذكية

(2018-2014)

مجال التطبيق

توصف هذه التوصية خصائص النظام لرادارات المركبات العاملة في خدمة التحديد الراديوي للموقع في نطاق التردد GHz 81-76. وينبغي استعمال هذه الخصائص التقنية والتشغيلية في دراسات التوافق بين رادارات المركبات العاملة في خدمة التحديد الراديوي للموقع والأنظمة العاملة في خدمات أخرى.

مصطلحات أساسية

خصائص، معايير الحماية، رادارات المركبات، أنظمة النقل الذكية

المختصرات/الأسماء المختصرة

ACC ضبط سرعة السير *(Adaptive cruise control)*

CA تفادي التصادم *(Collision avoidance)*

FMCW الموجة المستمرة المشكلة بالتردد *(Frequency modulated continuous wave)*

ITS أنظمة النقل الذكية *(Intelligent transport systems)*

توصيات وتقارير الاتحاد ذات الصلة

التوصية ITU-R M.1452 – رادارات تفادي تصادم السيارات وأنظمة الاتصالات الراديوية العاملة بالموجات المليمترية من أجل تطبيقات أنظمة النقل الذكية

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن خصائص الهوائي وانتشار الإشارة وكشف الأهداف وعرض النطاق الواسع فيما يتعلق برادارات المركبات مطلوبة لأداء وظائفها على أمثل وجه في بعض نطاقات الترددات؛

ب) أن الخصائص التقنية للرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي تحددها احتياجات النظام وقد تختلف كثيراً من نطاق إلى آخر؛

ج) أن الخصائص التقنية والتشغيلية التمثيلية للأنظمة العاملة في نطاقات الترددات الموزعة لخدمة الاستدلال الراديوي ضرورية لتحديد جدوى إدخال أنماط جديدة من الأنظمة؛

د) أن هناك حاجة إلى إجراءات ومنهجيات من أجل تحليل التوافق بين الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي والأنظمة العاملة في خدمات أخرى،

توصي

باستخدام خصائص النظام الموصوفة في الملحق 1 لرادارات المركبات العاملة في نطاق التردد GHz 81-76 من أجل تطبيقات أنظمة النقل الذكية (ITS) لأغراض دراسات التقاسم/التوافق.

الملحق 1

خصائص النظام لرادارات المركبات العاملة في نطاق التردد GHz 81-76 من أجل تطبيقات أنظمة النقل الذكية

1 مقدمة

تُشغل أنظمة الرادارات في نطاق التردد GHz 81-76 لدعم تعزيز السلامة على الطرق. وتقتضي الزيادة في الطلب على تطبيقات السلامة في المركبات بما فيها الحد من الوفيات وحوادث السير استبانة للمدى لأنظمة رادارات المركبات مما يؤدي إلى الحاجة إلى عرض نطاق لازم يصل حتى GHz 4.

2 الخصائص التقنية لأنظمة رادارات المركبات العاملة في نطاق التردد GHz 81-76

فيما يتعلق بالمتطلبات الوظيفية ومتطلبات السلامة، يمكن تقسيم أنظمة رادارات المركبات العاملة في المدى GHz 81-76 إلى فئتين:

- **الفئة 1:** رادار التحكم التكيّفي لضبط سرعة السير (ACC) وتفادي التصادم (CA) من أجل قياس المدى حتى 250 متراً، وترد الخصائص التقنية النموذجية في الجدول 1 تحت الرادار A. وتتطلب هذه التطبيقات، توفر عرض نطاق مستمر أقصى يبلغ GHz 1. وتعتبر هذه الرادارات أنها تضيف وظائف راحة إضافية للسائق، مما يدعم قيادة خالية من التوتر.
- **الفئة 2:** أجهزة استشعار لتطبيقات عالية الاستبانة مثل كشف المناطق العمياء والمساعدة على التحول من ممر إلى آخر وتنبيهات عن حركة المرور خلف المركبة وكشف المشاة والدراجات الهوائية بالقرب من المركبة لقياس مديات تصل حتى 100 متر، وترد الخصائص التقنية النموذجية لهذه التطبيقات في الجدول 1 تحت الرادار B والرادار C والرادار D. وتقتضي هذه التطبيقات عالية الاستبانة توفر عرض نطاق لازم يبلغ GHz 4. وتزيد هذه الرادارات من السلامة المنفعلة والنشطة للسيارة بشكلٍ مباشر وبالتالي فهي إحدى الفوائد الأساسية نحو تحسين السلامة على الطرق. وتنعكس زيادة المتطلبات المتعلقة بسلامةً المركبة النشطة والمنفعلة بالفعل في متطلبات اختبار المركبة. ويعمل الرادار E بمجال رؤية أكبر لتمكين التطبيقات عالية الاستبانة مثل كشف المشاة والمساعدة على صف المركبة والكبح في حالات الطوارئ عند السرعات المنخفضة (< 30 km/h).

ويرد في الجدول 1 المعلمات التقنية لأنظمة رادارات التحديد الراديوي للموقع العاملة في نطاقي الترددات GHz 77-76 وGHz 81-77.

الجـــدول 1

خصائص رادارات المركبات في نطاق التردد GHz 81-76

المعلمات	الوحدات	الرادار A[1] رادار المركبة للتطبيقات الأمامية مثل ضبط سرعة السير	الرادار B رادار المركبة عالي الاستبانة للتطبيقات الأمامية	الرادار C رادار المركبة عالي الاستبانة لتطبيقات الزوايا	الرادار D رادار المركبة عالي الاستبانة	الرادار E رادار المركبة عالي الاستبانة تطبيقات قصيرة المدى جداً (مثل المساعدة على صف المركبة وتفادي التصادم عند سرعة منخفضة للغاية)
النطاق الفرعي المستخدم	GHz	77-76	81-77	81-77	81-77	81-77
مدى التشغيل النموذجي	m	حتى 250	حتى 100	حتى 100	حتى 100	حتى 50
استبانة المدى	cm	75	7,5	7,5	7,5	7,5
نمط الإرسال النموذجي		موجة مستمرة مشكلة بالتردد (FMCW) سريعة، FMCW	موجة مستمرة مشكلة بالتردد–سريعة، FMCW	موجة مستمرة مشكلة بالتردد–سريعة، FMCW	موجة مستمرة مشكلة بالتردد	موجة مستمرة مشكلة بالتردد–سريعة، FMCW
عرض النطاق اللازم الأقصى	GHz	1	4	4	4	4
عرض النطاق النبضي	GHz	1	4-2	4-2	4-2	2
زمن الكنس النموذجي	µs	000 10-000 40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد 10-40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد–سريعة	000 10-000 40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد 10-40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد–سريعة	000 10-000 40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد 10-40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد–سريعة	000 2-000 20 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد	000 10-000 40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد 10-40 من أجل موجة مستمرة مشكلة بالتردد–سريعة
القدرة المشعة المكافئة المتناحية القصوى	dBm	55	33	33	45	33
قدرة الإرسال القصوى إلى الهوائي (dBm)	dBm	10	10	10	10	10

الجـــدول 1 (*تتمة*)

المعلمات		الرادار A[1] رادار المركبة للتطبيقات الأمامية مثل ضبط سرعة السير	الرادار B رادار المركبة عالي الاستبانة للتطبيقات الأمامية	الرادار C رادار المركبة عالي الاستبانة لتطبيقات الزاوية	الرادار D رادار المركبة عالي الاستبانة	الرادار E رادار المركبة عالي الاستبانة تطبيقات قصيرة المدى جداً (مثل المساعدة على صف المركبة وتفادي التصادم عند سرعة منخفضة للغاية)
كثافة القدرة القصوى للبث غير المطلوب	dBm/MHz	0 (76-73,5 GHz و77-79,5 GHz) 30– أو خلاف ذلك	30–	30–	13–(2)	30–
عرض نطاق التردد IF للمستقبِل (3 dB–)	MHz	0,5-1	10	10	10	10
عرض نطاق التردد IF للمستقبِل (20 dB–)	MHz	0,5-20	15	15	15	15
حساسية المستقبِل[3]	dBm	115–	120–	120–	120–	120–
عامل ضوضاء المستقبِل	dB	15	12	12	12	12
عرض نطاق الضوضاء المكافئ	kHz	25	16	16	16	16
كسب الهوائي في الحزمة الرئيسية	dBi	نموذجية 30، 45 كحد أقصى	TX: 23 RX: 16	TX: 23 RX: 13	TX: 35 max. RX: 35 max	TX: 23 RX: 13
ارتفاع الهوائي	m	0,3-1 فوق مستوى الطريق	0,3-1 فوق مستوى الطريق	0,3-1 فوق مستوى الطريق	0,3-1 فوق مستوى الطريق	0,3-1 فوق مستوى الطريق

الجـــدول 1 (*تتمة*)

المعلمات		الرادار A[1] رادار المركبة للتطبيقات الأمامية مثل ضبط سرعة السير	الرادار B رادار المركبة عالي الاستبانة للتطبيقات الأمامية	الرادار C رادار المركبة عالي الاستبانة لتطبيقات الزاوية	الرادار D رادار المركبة عالي الاستبانة	الرادار E رادار المركبة عالي الاستبانة تطبيقات قصيرة المدى جداً (مثل المساعدة على صف المركبة وتفادي التصادم عند سرعة منخفضة للغاية)
عرض حزمة الهوائي في اتجاه السمت 10 dB	بالدرجات	TX/RX: ±10	TX: ±22,5 RX: ±25	TX: ±23 RX: ±30	TX: ±30 RX: ±30	TX: ±50 RX: ±50
عرض حزمة الهوائي في اتجاه السمت 3 dB[4]	بالدرجات	TX/RX: ±5	TX: ±12,5 RX: ±13,5	TX: ±12,5 RX: ±16	TX: ±16 RX: ±16	TX: ±27 RX: ±27
عرض حزمة الهوائي في اتجاه زاوية الارتفاع -3 dB	بالدرجات	TX/RX: ±3	TX/RX: ±5,5	TX/RX: ± 5,5	TX/RX: ± 5,5	TX/RX: ± 5,5

(1) يتعلق الرادار من النمط A بالتوصية ITU-R M.1452.

(2) تُحدد كثافة القدرة القصوى للبث غير المطلوب عند طرف دخل الهوائي.

(3) تُحدد حساسية المستقبِل باستعمال عرض نطاق الضوضاء المكافئ.

(4) يستخدم هذه المعلمة مخطط الهوائي المحدد في الفقرة 3 أدناه (φ_3).

3 مخطط الهوائي

تقدم المعادلات التالية مخطط إشعاع الهوائي التي يمكن استخدامها في تحليل التداخل:

$$G(\varphi,\theta) = G_{ref}(x)$$

$$\text{for} \quad 0 \le x < 1.152 G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2$$

$$\text{for} \quad 1.152 \le x G_{ref}(x) = G_0 - 15 - 15\log(x)$$

مع كون:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\tan\theta}{\sin\varphi}\right)$$

$$\Psi_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos\alpha}{\varphi_3}\right)^2 + \left(\frac{\sin\alpha}{\theta_3}\right)^2}}$$

$$\Psi = \arccos(\cos\varphi \,.\, \cos\theta)$$

$$x = \frac{\Psi}{\Psi_\alpha}$$

حيث:

$G(\varphi,\theta)$: الكسب نسبة إلى الهوائي المتناحي (dBi)

G_0: أقصى كسب في المستوي الأفقي أو بجواره (dBi)

θ: القيمة المطلقة لزاوية الارتفاع بالنسبة إلى زاوية أقصى كسب (بالدرجات)

θ_3: عرض النطاق dB 3 في المستوي العمودي (بالدرجات)

φ: زاوية السمت نسبة إلى زاوية الكسب الأقصى (بالدرجات)

φ_3: فتحة الحزمة قدرها dB 3 في مستوى السمت (بالدرجات)

وترد في الملحق 2 مخططات الهوائيات التي تستخدم هذه المعادلات في أنواع الرادارات الخمسة المحددة في الجدول 1.

4 الخصائص التشغيلية لأنظمة رادارات المركبات العاملة في نطاقي الترددات GHz 77-76 وGHz 81-77

تتطور تطبيقات رادارات المركبات من توفير وظائف الراحة الإضافية مثل رادارات التحكم التكيّفي لضبط سرعة السير (ACC) وتفادي التصادم (CA)، إلى وظائف تزيد بشكلٍ كبير من السلامة المنفعلة والنشطة للمركبات. ويتطلب هذا الأمر أنظمة تستطيع كشف الأشياء بالقرب من المركبة (في حدود 15 متراً)، مثل المشاة أو الدراجات الهوائية. وتتطلب هذه التطبيقات أجهزة استشعار رادارية تتمتع بقدرة فصل بين الأهداف تبلغ أقل من 10 سنتيمترات. وتتطلب أجهزة الاستشعار الرادارية التي توفر هذه الاستبانة عرض نطاق تشغيل يبلغ GHz 4.

وتكشف أجهزة الاستشعار الرادارية من النمط A حركة السير على الطرق ذات الصلة من أجل تكييف سرعة المركبة مع سرعة المركبات الأخرى في الأمام. ولتلبية الطلب على زيادة السلامة في السيارات، واعتماداً على التطبيق، يمكن الجمع بين نظام واحد أو أكثر من الأنظمة الرادارية من النمط A وأجهزة استشعار رادارية إضافية من الأنماط B وC وD وE في مركبة واحدة. وسيقوم نظام معالجة البيانات بتشغيل الرادار المناسب استناداً إلى معلومات جهاز الاستشعار.

وتغطي أجهزة الاستشعار الرادارية من الأنماط B وC وD وE المحيط القريب من المركبة وستضيف وظائف إضافية للسلامة النشطة والمنفعلة، مثل الكبح الذاتي في حالات الطوارئ والمساعدة النشطة في المناطق العمياء والمساعدة في التحول من ممر إلى آخر.

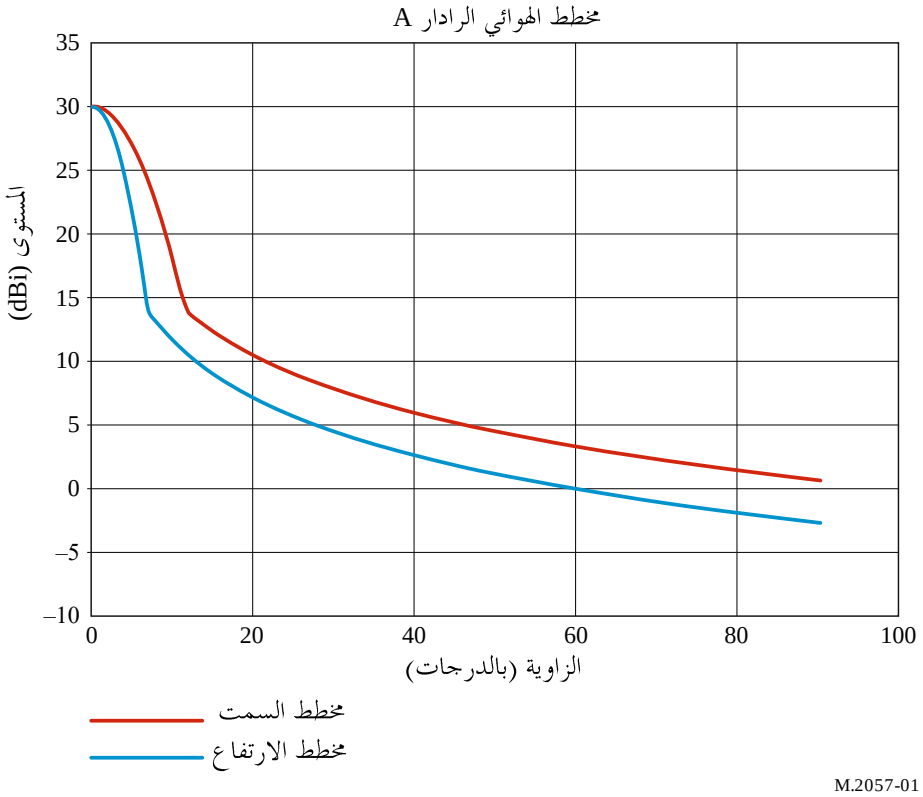
5 معايير الحماية

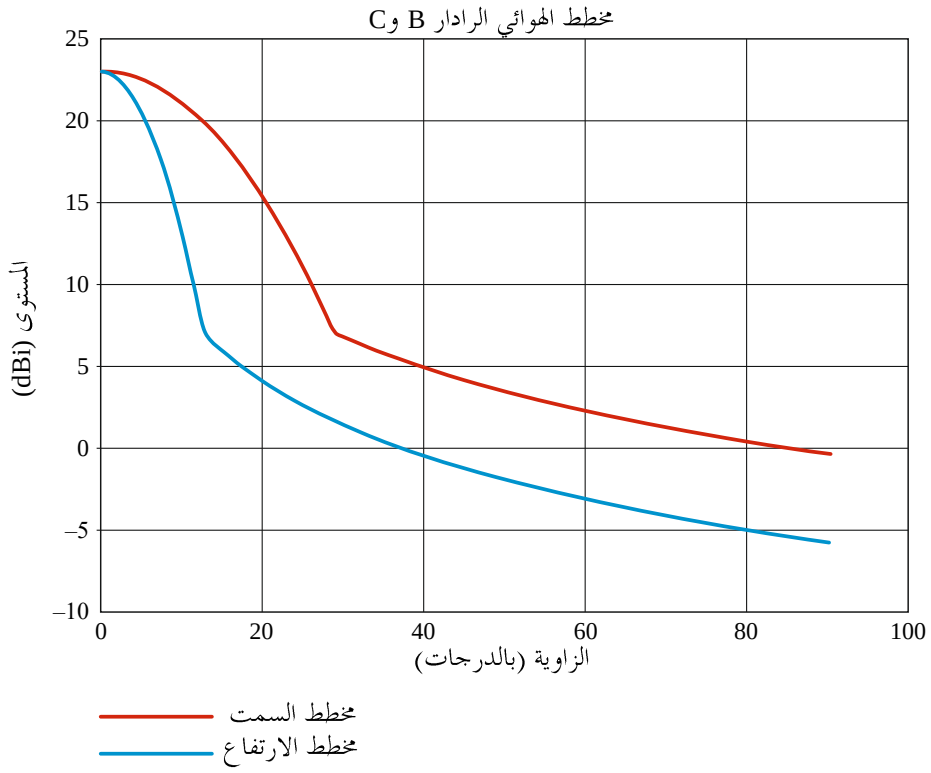
أثر إزالة الحساسية عن الرادارات العاملة في هذا النطاق الترددي التي تنجم عن خدمات أخرى تعمل بموجة مستمرة أو بموجة مستمرة مشكلة بالتردد الشبيه بالموجة المستمرة (FMCW) أو بتشكيل من النمط المماثل للضوضاء، يمكن التنبؤ به حسب شدته. وفي أي من قطاعات السمت التي يمكن أن يحدث فيها هذا التداخل، يمكن إضافة الكثافة الطيفية لقدرة هذا التداخل ببساطة إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لمستقبل الرادار، مع إجراء تقريب معقول. وإذا رُمز إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية لمستقبل الرادار في غياب التداخل بالرمز N_0، ورُمز إلى التداخل الشبيه بالضوضاء بالرمز I_0، تصبح الكثافة الفعلية الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية الفعلية الناتجة ببساطة $N_0 + I_0$. وأي زيادة في هذا المقدار قدرها نحو 1 dB لرادارات المركبات من شأنها أن تشكل انحطاطاً كبيراً. وتقابل مثل هذه الزيادة نسبة $(I + N)/N$ قدرها 1,26 أو معيار حماية I/N مقداره نحو –6 dB.

ويمكن أن يتفاوت عامل التجميع تفاوتاً كبيراً في حالة بعض أنظمة الاتصالات التي يمكنها أن تنشر عدداً كبيراً من المحطات. وتحديد أثر التداخل النبضي كمياً أكثر صعوبة ويتوقف إلى حد بعيد على تصميم المستقبل/المعالج وطريقة تشغيله. وبصورة خاصة، يكون لكسوب المعالجة التفاضلية للإشارة المرتدة من هدف صالح التي تكون عادة نبضات متزامنة، وللنبضات المسببة للتداخل، التي عادة ما تكون غير متزامنة، تأثيرات هامة على أثر سويات معينة للتداخل النبضي. ويمكن أن ينتج عن إزالة الحساسية أشكال مختلفة من انحطاط الأداء. وتقييمها سيكون هدفاً لتحليل التفاعلات بين أنواع محددة من الرادارات.

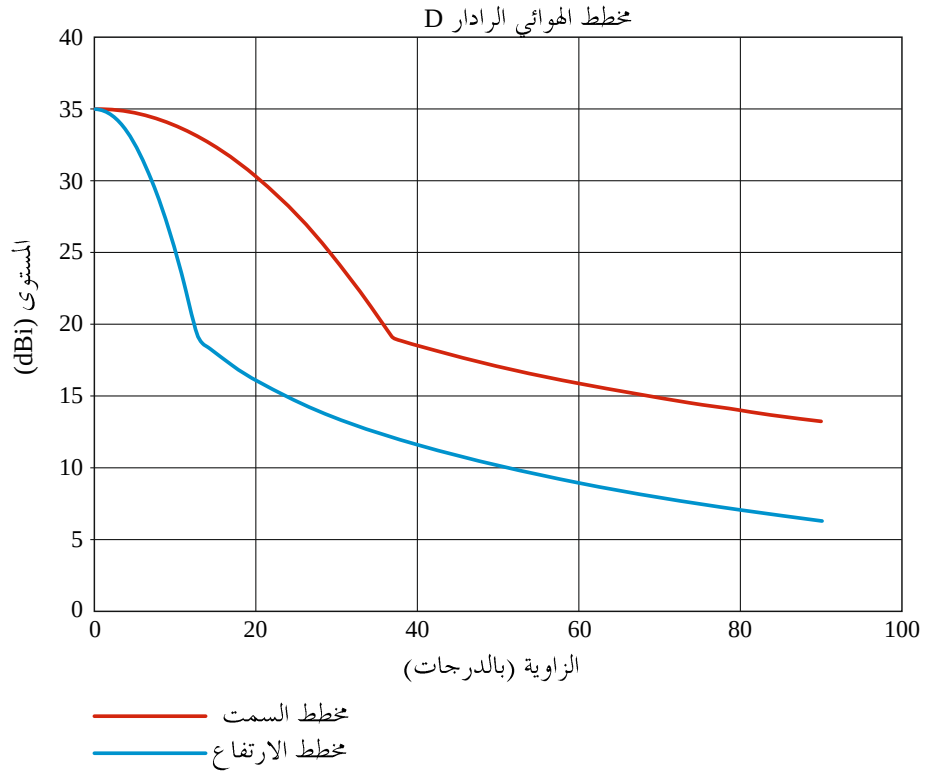
الملحق 2

أمثلة عن مخططات الهوائيات في الإرسال بالنسبة لأنواع الرادارات المحددة في الجدول 1

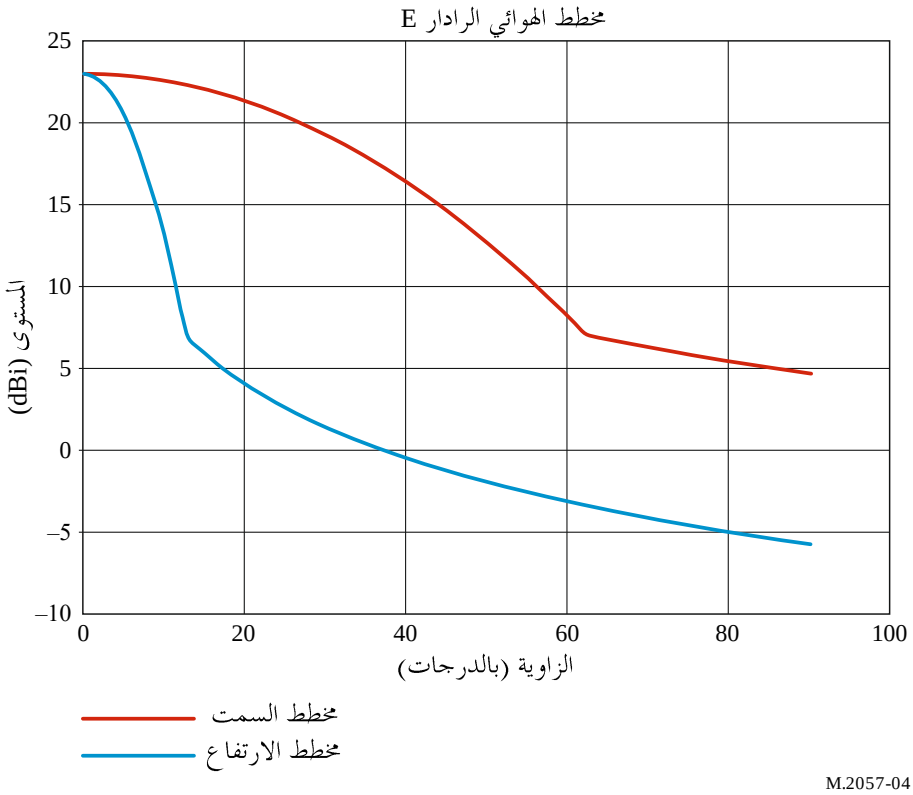




M.2057-02



M.2057-03


مخطط الهوائي الرادار E
25
20
15
10
5
0
–5
–10
المستوى (dBi)
0
20
40
60
80
100
الزاوية (بالدرجات)
مخطط السمت
مخطط الارتفاع
M.2057-04