الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

**التوصيـــة ITU-R RS.2042-0**

**(2014/02)**

# الخصائص التقنية والتشغيلية النمطية لأنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء التي تستعمل النطاق MHz 50-40

**السلسلة RS**

**أنظمة الاستشعار عن بُعد**

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

150 ITU 1865-2015

## 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 الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

### سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

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

| السلسلة | 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، 2015

© ITU 2015
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU- R RS.2042-0

# الخصائص التقنية والتشغيلية النمطية لأنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء التي تستعمل النطاق MHz 50-40

(2014)

## مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية النمطية لأنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء لاستخدامها في دراسات التوافق.

إن جمعية الاتصالات الراديوية في للاتحاد الدولي للاتصالات،

*إذ تضع في اعتبارها*

*أ)* أن أنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء يمكنها توفير خرائط رادارية لطبقات الانتشار تحت سطح الأرض من أجل تحديد موقع تجمعات المياه/الجليد باستعمال الاستشعار النشط بأنظمة محمولة في الفضاء؛

*ب)* أن الأهداف العلمية للرحلات الفضائية تتمثل في 1) فهم السُمك والبنية الداخلية والاستقرار الحراري للصفائح الجليدية للأرض في العالم كتلك الموجودة في غرينلاند وأنتاركتيكا بوصفها معلمة يمكن رصدها لتطور مناخ الأرض، و2) فهم الحدوث والتوزيع والديناميات الخاصة بالمستودعات المائية الأحفورية في البيئات الصحراوية مثل شمال إفريقيا وشبه الجزيرة العربية بوصفها عناصر رئيسية لفهم آخر التغيرات في المناخ القديم؛

*ج)* أن من الضروري قياس الانعكاس من طبقات الانتشار تحت سطح الأرض لأعماق تتراوح بين 10 أمتار و100 متر؛

*د)* أن عمق الاختراق من طبقات الانتشار تحت سطح الأرض بأطوال موجات صغرية يتناسب عكسياً مع التردد تقريباً؛

*هـ)* أن القياسات المتكررة، على الصعيد العالمي، لتجمعات المياه تحت سطح الأرض في البيئات الصحراوية مثل شمال إفريقيا وشبه الجزيرة العربية والقياسات المتكررة، على الصعيد العالمي، للصفائح الجليدية للأرض كتلك الموجودة في غرينلاند وأنتاركتيكا، تتطلب استخدام أجهزة الاستشعار النشطة المحمولة في الفضاء؛

*و)* أن مدى الترددات MHz 50-40 هو المدى المفضل لتلبية جميع احتياجات أنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء؛

*ز)* أن النطاق MHz 50-40 موزع للخدمات الثابتة والمتنقلة والإذاعية على أساس أولي؛

*ح)* أن خدمة الأبحاث الفضائية تستعمل النطاق MHz 41,015-40,98 على أساس ثانوي؛

*ط)* أن عمليات أنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء مع الخدمات الأولية والثانوية الأخرى تتم طبقاً للرقم **4.4** من لوائح الراديو، على أساس عدم التسبب في تداخل، ويجب ألاّ تتسبب في تداخلات ضارة وألاّ تطالب بالحماية؛

*ي)* أن عرض نطاق مقداره MHz 10 يعد كافياً لاستعمال أنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء؛

*ك)* أنه تم وضع قيود تشغيلية من أجل السماح بالتشغيل طبقاً للرقم **4.4** من لوائح الراديو، على أساس عدم التسبب في تداخل، كأن لا يتم التشغيل مثلاً إلاّ إما في مناطق غير مأهولة أو ذات كثافة سكانية شحيحة من الصفائح الجليدية لغرينلاند وأنتاركتيكا وصحراء شمال إفريقيا وشبه الجزيرة العربية، وألاّ يتم تشغيل الرادارات إلاّ ليلاً من الساعة 3 صباحاً إلى الساعة 6 صباحاً محلياً، كما هو وارد في الملحق 1،

*توصي*

**1** باستخدام الخصائص الواردة في الجدول 1 بالملحق في أنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء من أجل دراسات التوافق.

# الملحـــق

## الخصائص التقنية والتشغيلية النمطية لأنظمة السبر الرادارية المحمولة في الفضاء التي تستعمل النطاق MHz 50-40

### 1 المقدمة

هناك اهتمام بالاستشعار عن بُعد بجوار النطاق MHz 50-40 من أجل إجراء قياسات عن بُعد لباطن الأرض لتوفير خرائط رادارية لطبقات الانتثار تحت سطح الأرض بغية تحديد موقع تجمعات المياه/الجليد باستخدام أجهزة الاستشعار النشطة المحمولة في الفضاء. ويشرح هذا الملحق الأساس المنطقي لاختيار نطاق الترددات المفضل والخصائص التقنية والتشغيلية النمطية.

ويتم في هذا الملحق شرح الخصائص التقنية والتشغيلية لجهاز استشعار نشط في النطاق MHz 50-40 ودراسة حالة التقاسم مع الخدمات الأخرى الموزعة في مدى الترددات هذا. والنطاق MHz 50-40 موزع حالياً للخدمات الثابتة والمتنقلة والإذاعية. كما تستعمل خدمة الأبحاث الفضائية (SRS) نطاق الترددات MHz 41,015-40,98 على أساس ثانوي.

### 2 الأساس المنطقي لاختيار نطاق الترددات

السبب وراء منح توزيع لرادار سبر محمول في الفضاء بين MHz 40 وMHz 50 يقوم على معايير الاختيار التالية: اختراق السطح والمقياس الطولي للرصد ومنطقة نموذج الانتثار الكهرمغنطيسي وأعمال سابقة.

#### 1.2 اختراق السطح

يبلغ اختراق أي موجة رادارية ساقطة عادة العديد من عشرات طول الموجة. وفي ظل الظروف المثلى لطول الموجة وتركيب وسط الانتثار، يمكن للموجات الراديوية أن تخترق بسهولة المواد العازلة التي يتألف منها سطح وغطاء الأرض. ويتم التقدير الكمي لهذا العمق، $\delta_p$، كالتالي:

$$\delta_p = \frac{\lambda_0 \sqrt{e'}}{2\pi e''} \quad (1)$$

حيث:

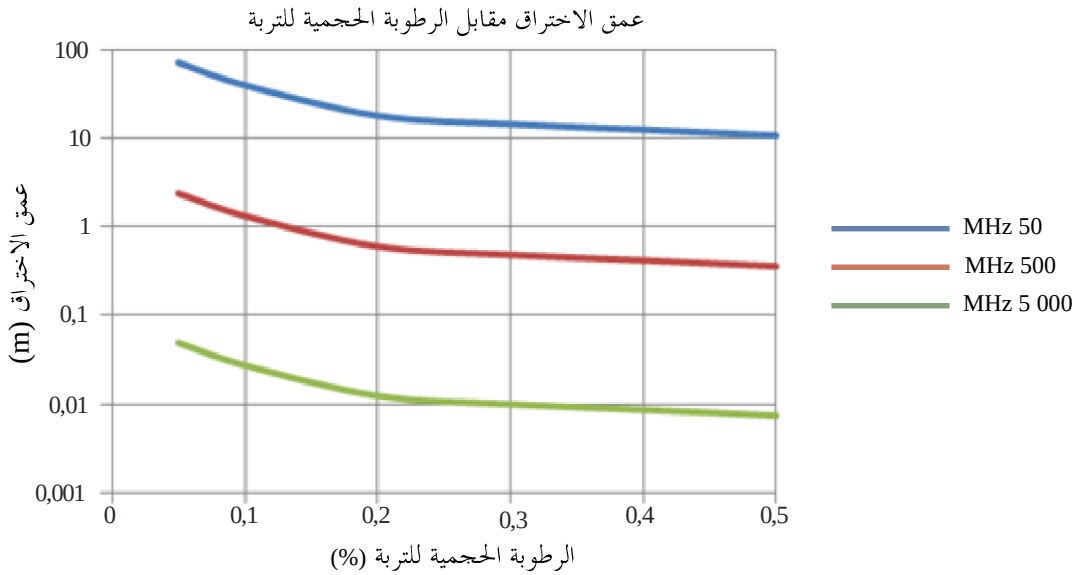
$\lambda_0$: طول الموجة

$e'$ و$e''$: الحدان الحقيقي والتخيلي لثابت عزل السطح.

وباستعمال هذه المعادلة مع قيم ثابت عزل التربة، يبين الشكل 1 أعماق اختراق السطح لترددات تبلغ MHz 50 وMHz 500 وMHz 5 000. ويتضح من الشكل أن اختراق السطح عند MHz 50 أعمق من الاختراق عند MHz 500 بمعامل يبلغ من 20 إلى 30، وبالتالي يكون هو التردد الأفضل لدراسات اختراق الأرض. وتتمثل الأهداف في توفير خرائط رادارية لطبقات الانتثار تحت سطح الأرض من أجل تحديد موقع تجمعات المياه/الجليد باستخدام أجهزة الاستشعار النشطة المحمولة في الفضاء.

الشـــكل 1

**عمق اختراق السطح**




RS.2042-01

## 2.2 المقياس الطولي للرصدات

من شأن إضافة MHz 50 إلى النطاقين الحاليين MHz 435 وMHz 1 250 أن يزيد من مدى المقاييس الطولية التي ترصد بها خشونة السطح. وبالنسبة للعديد من السطوح الجيولوجية، يشيع ظهور الانتثار العكسي من جراء مكون توافقية السطح الذي يقترب طول الموجة فيه من طول الموجة الرادارية الساقطة أو يزيد عنه، فيما لا تساهم المكونات الأخرى للسطح إلاّ من خلال تأثيرات الدرجة الثانية. وبالتالي فإن القياسات الرادارية عبر أكبر مدى ممكن من زوايا السقوط وعلى أكبر عدد ممكن من الترددات يزيد من القدرة على وصف السطح بدقة.

## 3.2 منطقة نموذج الانتثار الكهرمغنطيسي

من شأن إضافة MHz 50 إلى النطاقين الحاليين MHz 435 وMHz1 250 أن يوسع من منطقة سريان نماذج الانتثار الكهرمغنطيسي. وسيكون الرادار MHz 50 أكثر حساسية بالنسبة لتحديد الشكل تحت سطح الأرض، لأن قيمة جذر متوسط تربيع (rms) ارتفاع السطح تكون جزءاً أصغر من طول الموجة، بما يؤدي إلى قياس قيمة أقل للانتثار العكسي للموجة الرادارية. والحساسية الأعلى للرادار MHz 50 بالنسبة إلى تحديد الشكل تحت سطح الأرض إضافة إلى حقيقة أن الإشارات MHz 50 تخترق التربة بعمق أكبر، تزيدان من حجم الطبقة تحت سطح الأرض التي يحدث فيها الانتثار، مما يؤدي إلى نسبة أكبر كثيراً من القدرة المستقبلة من تحت سطح الأرض إلى القدرة المستقبلة من سطح مقارن بهذه النسبة مع أطوال الموجة الأقصر. كما أن الانتثار الكامل في الغطاء الرسوبي سيكون أصغر بالنسبة للتردد MHz 50 منه في كل من الترددين MHz 435 وMHz 1 250.

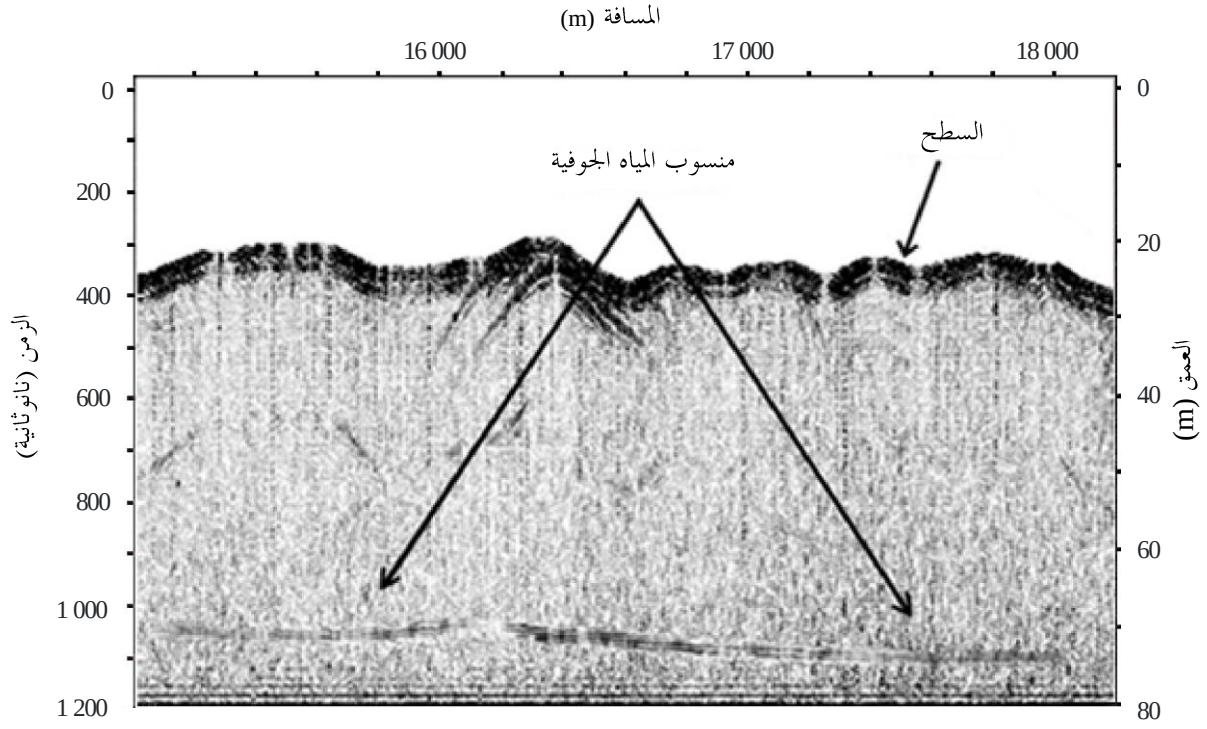
## 4.2 الأعمال السابقة والحالة التنظيمية للنطاق بين MHz 40-44

تم انجاز قدر كبير من الأعمال في شكل تطوير أنظمة رادارية منصوبة على الأرض ومحمولة جواً وفي شكل عمليات لجمع البيانات على النطاق MHz 3-50. وإضافةً إلى ذلك تمثل التطوير في العتاد في أعمال حاسوبية كانت تهدف إلى دراسة عمق اختراق السطح مقابل محتوى رطوبة التربة عند النطاق MHz 3-50 وتحليل الإشارات المرتدة للرادارات الأقيانوغرافية لقياس المحيطات.

وقد اجرت الرادارات المحمولة جواً قياسات حول 50 MHz في المناطق الصحراوية في شبه الجزيرة العربية وفي أنتاركتيكا. ويبين الشكل 2 مخطط راداري لتغايرات في عمق المياه الجوفية تتراوح بين 49 و52 متراً، حيث أُخذت البيانات من رادار VHF محمول جواً في الكويت عام 2011.

الشـــكل 2

**مخطط راداري مأخوذ من رادار VHF محمول جواً في الكويت عام 2011**




RS.2042-02

تم النظر في نطاق الترددات 3-50 MHz للرادارات الأوقيانوغرافية على امتداد الساحل (في خدمة التحديد الراديوي للموقع (RLS)) في إطار البند 15.1 من جدول أعمال المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012 (WRC-12) وتم توثيق دراسات التقاسم في التقرير ITU-R M.2234. وقد وافق المؤتمر WRC-12 على توزيع الخدمة RLS من خلال توليفة من التوزيعات الأولية والثانوية على أساس إقليمي وقُطري بحواشي في النطاقات الفرعية بين 4-44 MHz (النطاق 44-43,35 MHz هو مدى الترددات الأعلى الذي قام بتوزيع الخدمة RLS بحاشية قُطرية (بلدان))، مع حواشي لحماية الخدمات الثابتة والمتنقلة القائمة. وتقتصر التطبيقات في الخدمة RLS على الرادارات الأوقيانوغرافية العاملة طبقاً للقرار **612 (Rev.WRC-12)**. ويتضمن القرار **612 (Rev.WRC-12)** كذلك قيوداً إضافية على الرادارات الأوقيانوغرافية مثل تحديد حداً أقصى للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) بمقدار 25 dBW وتعرف هوية للمحطة (رمز دليلي للنداء) على التردد المخصص. ولا توجد توزيعات في لوائح الراديو لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشطة) في مدى الترددات 3-50 MHz. فإذا تم اختيار التردد للأنظمة المحمولة في الفضاء عند نطاقات تردد أعلى أو اقل، فإن العمل الخاص بالعتاد والعمل الحاسوبي المرجعي سيتعين تكرارهما بالنسبة لحملات الرادارات المحمولة جواً في المناطق الصحراوية.

## 3 الخصائص التقنية لرادار سبر محمول في الفضاء في النطاق 40-50 MHz

سيعمل رادار السبر المحمول في الفضاء في النطاق 40-50 MHz وستستخدم البيانات الرادارية الناتجة في دراسة الطبقات تحت سطح الأرض عن طريق وضع خرائط رادارية لطبقات الانتشار تحت سطح الأرض بغرض تحديد موقع تجمعات المياه/الجليد. وترد خصائص رادار السبر المحمول في الفضاء في النطاق 40-50 MHz في الجدول 1.

### 1.3 أهداف الرحلات الفضائية

سينتج جهاز الاستشعار النشط المحمول في الفضاء بيانات باستبانة رأسية تتراوح بين 5 و7 m مع قيمة للنسبة إشارة إلى ضوضاء على السطح تبلغ 66 dB. ويتوقع أن تمتد حملة رسم الخرائط المدارية لمدة 9-16 شهراً. وتتمثل الأهداف العلمية للرحلات الفضائية في: 1) فهم السُمك والبنية الداخلية والاستقرار الحراري للصفائح الجليدية للأرض في العالم كتلك الموجودة في غرينلاند وأنتاركتيكا بوصفها معلمة يمكن رصدها لتطور مناخ الأرض، و2) فهم الحدوث والتوزيع والديناميات الخاصة بالمستودعات المائية الأحفورية في البيئات الصحراوية مثل شمال إفريقيا وشبه الجزيرة العربية بوصفها عناصر رئيسية لفهم آخر التغيرات في المناخ القديم.

### 2.3 المعلمات المدارية

تُحمل أجهزة الاستشعار النشطة المحمولة في الفضاء على متن سواتل تدور في مدارات أرضية منخفضة على ارتفاع 400 km مع ميل يتم استمثاله بالنسبة لمدار شمسي متزامن وانحراف مركزي أقل من 0,001.

### 3.3 معلمات التصميم

النظام المفترض لرادار السبر الذي يعمل في مدار أرضي عبارة عن نسخة أرضية معززة من المسبار الراداري المنخفض جداً (SHARAD) الذي هو عبارة عن رادار سبر يدور حول كوكب المشتري في خدمة الأبحاث الفضائية (النشطة). ويقوم رادار السبر المحمول في الفضاء بإرسال نبضة مشكلة FM تتمركز عند 45 MHz مع عرض نطاق 10 MHz بمعدل تكرار للنبضات مقداره 1 200 Hz. ولكل نبضة عرض يبلغ 85 µs. وتبلغ ذروة القدرة RF، 100 W والإشارة المرسلة ذات استقطاب دائري. وترد معلمات التصميم هذه في الجدول 1.

الجـــدول 1

**خصائص رادار سبر محمول في الفضاء 50 MHz**

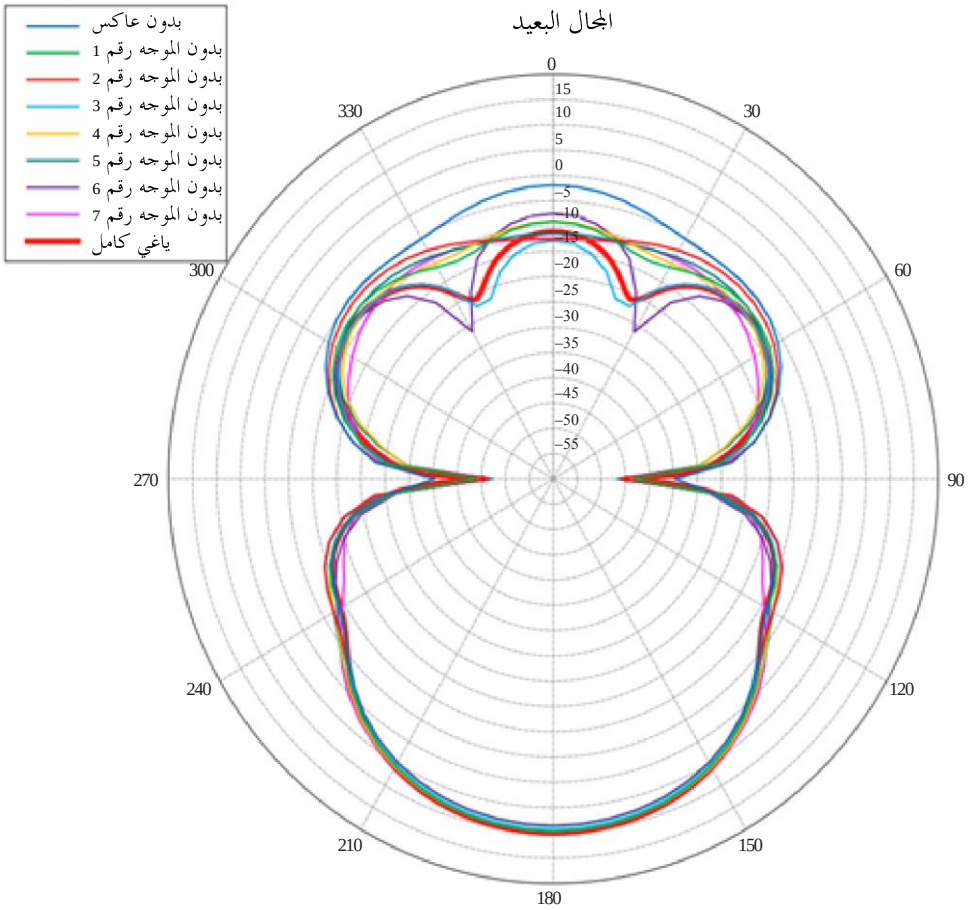
| المعلمة | القيمة |
|---|---|
| الارتفاع المداري | 400 km |
| الميل المداري | 97 درجة |
| التردد المركزي RF | 45 MHz |
| ذروة القدرة RF للخرج | 100 W |
| الاستقطاب | دائري (دائري مياسر للإرسال ودائري ميامن للاستقبال) |
| تشكيل النبضة | متراوح FM خطي |
| عرض نطاق النبضة (–20 dB) | 6-10 MHz |
| عرض النبضة | 85 µs |
| معدل تكرار النبضات | 1 220 Hz |
| معدل الانضغاط | 510-850 |
| نوع الهوائي | ياغي عرضي (9 عناصر) |
| كسب الذروة للهوائي | 10 dBi |
| اتجاه الهوائي | النطير |
| عرض حزمة الهوائي | 40 درجة (ارتفاع) 40 درجة (سمت) |

### 4.3 مخطط كسب الهوائي

هوائي رادار السبر المحمول في الفضاء عبارة عن هوائي ياغي عرضي مكون من 9 عناصر بكسب هوائي مقداره 10 dBi وعرض حزمة 40° في المدى والسمت كما هو مبين في الشكل 3.

الشـــكل 3

**مخطط هوائي ياغي مكون من 9 عناصر**




اجمالي الكسب (التردد = 50 MHz وPhi = 0°)

RS.2042-03

### 5.3 القيود التشغيلية

يجب ألاّ يعمل رادار السبر إلاّ إما في مناطق غير مأهولة أو مناطق ذات كثافة سكانية شحيحة من الصفائح الجليدية في غرينلاند وأنتاركتيكا وصحراء شمال إفريقيا وشبه الجزيرة العربية. ويجب تشغيل الرادار ليلاً من الساعة 3 صباحاً إلى الساعة 6 صباحاً محلياً، عندما تكون الاضطرابات الأيونوسفيرية للإشارة الرادارية عند أدنى حد ويكون التداخل الاصطناعي للترددات الراديوية في أدنى مستوياته.

## 4 مستويات كثافة تدفق القدرة والكثافة الطيفية لتدافق القدرة على سطح الأرض

بالنسبة لمعلمات رادار السبر الواردة في الجدول 1، بحسب مقدار كثافة تدفق القدرة (pfd) بالقيمة −93,3 dB(W/m$^2$) عند 45 MHz وهو ما يقابل مستويات للكثافة الطيفية للقدرة تبلغ −163,3 dB(W/m$^2$-Hz) عند 45 MHz بفرض عرض نطاق 10 MHz.

## 5 الاستنتاج

هناك اهتمام بالاستشعار عن بُعد بجوار النطاق 40-50 MHz من أجل إجراء قياسات عن بُعد لباطن الأرض لتوفير خرائط رادارية لطبقات الانتثار تحت سطح الأرض بغية تحديد موقع تجمعات المياه/الجليد باستخدام أجهزة الاستشعار النشطة المحمولة في الفضاء. ويشرح هذا الملحق الأساس المنطقي لاختيار نطاق الترددات المفضل والخصائص التقنية والتشغيلية لجهاز محتمل.

وقد تم تحديد خصائص جهاز سبر راداري سوف يعمل في مدى الترددات 40-50 MHz.