

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R SA.1862  
(2010/01)

منهجيات مبادئ توجيهية من أجل الاستعمال  
الفعال للنطاق 27,0-25,5 GHz من جانب خدمة  
استكشاف الأرض الساتلية (فضاء-أرض)  
وخدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض)

السلسلة SA

التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية

## تمهيد

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 مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجميعيات 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 الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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>)

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

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

النشر الإلكتروني

جنيف، 2010

© ITU 2010

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

## التوصية ITU-R SA.1862

**منهجيات مبادئ توجيهية من أجل الاستعمال الفعال للنطاق GHz 27,0-25,5  
من جانب خدمة استكشاف الأرض الساتلية (فضاء-أرض)  
وخدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض)**

(2010)

## مجال التطبيق

تضم هذه التوصية مبادئ توجيهية من أجل الاستخدام الأمثل لنطاق الترددات GHz 27,0-25,5 بين عدد من أنظمة علوم الفضاء المختلفة مثل شبكات الأبحاث القريبة من الأرض وتلك الموجودة في الفضاء السحيق وأنظمة استكشاف الأرض والأنظمة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض والشبكات الساتلية ذات مرحلات البيانات. وتحدد التوصية كذلك حدود كثافة تدفق القدرة للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض من أجل توفير حماية أفضل لمهام الأبحاث الفضائية ذات الوصلات فضاء-أرض الحساسة. وتحدد التوصية أيضاً حدًا لكثافة تدفق القدرة على المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض لحماية سواتل أنظمة مرحلات البيانات.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن النطاق GHz 27,0-25,5 موزع على خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (فضاء-أرض) وخدمة الأبحاث الفضائية (SRS) (فضاء-أرض)، والنطاق GHz 27,50-25,25 موزع على الخدمة ما بين الساتلية<sup>1</sup> (ISS)؛
- ب) أنه ربما تتوافق مهام خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية القريبة من الأرض في النطاق GHz 27,0-25,5 تحت ظروف معينة؛
- ج) أن كثافات تدفق القدرة على سطح الأرض من مهام خدمة الأبحاث الفضائية منخفضة جدًا للمهام القمرية وفي غاية الانخفاض لمهام لاغرانج (Lagrange) شمس-أرض ومهام الفضاء السحيق؛
- د) أنه نظرًا لانخفاض كثافة تدفق القدرة، تكون مهام الفضاء السحيق معرضة إلى حد كبير للتداخل ولها معايير حماية صارمة؛
- هـ) أن إدارات متعددة تخطط لإرسال مهام مسكونة إلى البيئة القمرية وما بعدها؛
- و) أن للمهام المسكونة معايير حماية أكثر صرامة من المهام غير المسكونة؛
- ز) أنه نظرًا للتوهين الجوي، خاصة التوهين بالمطر وحدود كثافة تدفق القدرة المحددة في المادة 21 من لوائح الراديو، ربما يصعب توفير وصلات متاحة بنسبة أعلى من 99,9% في النطاق GHz 27,0-25,5؛
- ح) أنه من المرجح ألا يتوافق الاستخدام المخطط للنطاق GHz 27-25,5 من قبل مهام خدمة الأبحاث الفضائية وخدمة استكشاف الأرض الساتلية مع معايير حماية مهام خدمة الأبحاث الفضائية المسكونة المحددة في التوصية ITU-R SA.609؛
- ط) أنه من المخطط استخدام النطاق GHz 27,0-25,5 من قبل مهام خدمة استكشاف الأرض الساتلية من أجل مهام متنوعة لرصد الأرض واستكشاف الأرض ومراقبة المناخ؛
- ي) أن إتاحة النطاق GHz 27,0-25,5 تمثل أهمية حيوية بالنسبة إلى مهام خدمة الأبحاث الفضائية القريبة من الأرض وخدمة استكشاف الأرض الساتلية ذات متطلبات عالية من حيث معدلات البيانات؛

<sup>1</sup> استخدام الخدمة ما بين الساتلية للنطاق GHz 27,5-25,25 مقيد على تطبيقات أبحاث الفضاء واستكشاف الأرض الساتلية.

ك) أن من شأن التداخل الناتج عن السواتل المرسله المستقرة بالنسبة إلى الأرض أن يؤدي إلى تدهور معتبر في هوامش الوصل بل وربما يسبب فقدًا في وصلات حساسة لمهمات الأبحاث الفضائية إذا عملت هذه السواتل قريباً من حدود كثافة تدفق القدرة السارية حالياً (انظر الملحق 1)؛

ل) أن المادة 21 من لوائح الراديو تقيد كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض على مستويات تتراوح بين -115 و-105 dB(W/(m<sup>2</sup>·MHz)) حسب زاوية الوصول؛

م) أن من شأن خفض حدود كثافة تدفق القدرة إلى ما دون الحدود المنصوص عليها في المادة 21 من لوائح الراديو للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض أن يوفر الحماية اللازمة لمهمات خدمة الأبحاث الفضائية إلى القمر وإلى نقاط لاغرانج شمس-أرض؛

ن) أن الوصلات من الفضاء إلى الأرض للسواتل التقليدية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض تستطيع دائماً الوفاء بحد كثافة تدفق القدرة المطلوب لحماية ساتل بمرحل بيانات، بينما يحتمل احتياج السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض ذات المدارات التي تبعد أكثر من 1 370 km إلى شيء من السماح بتجاوزه لنسبة ضئيلة من الوقت،

وإذ تدرك

أ) تزايد أهمية جمع بيانات الطقس والمناخ من خلال الفضاء دعماً للمنظومة العالمية لنظام رصد الأرض (GEOSS) بالنسبة إلى المجتمع العالمي؛

ب) أنه المخطط استخدام النطاق GHz 27,0-25,5 من قبل مهمات مسكونة لخدمة الأبحاث الفضائية في عمليات إرسال بيانات غير متعلقة بسلامة رواد الفضاء والمركبات؛

ج) أنه ينبغي امتثال السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض كذلك للتوصية ITU-R SA.1155 - معايير الحماية ذات الصلة بتشغيل الأنظمة الساتلية ذات مرحلات البيانات،

توصي

1 بأنه ينبغي ألا تستخدم مهمات الفضاء السحيق النطاق GHz 27,0-25,5 (فضاء-أرض) ما لم تتعذر تلبية متطلبات المهمة في نطاقات أخرى موزعة على وجه التعيين على عمليات الفضاء السحيق؛

2 بأنه في حالة اضطرار مهمة فضاء-سحيق ما إلى استخدام النطاق GHz 27,0-25,5 لسبب قاهر، فينبغي ألا تطالب المهمة بحماية من التداخل من المهمات القريبة من الأرض بما يتجاوز معايير الحماية المنصوص عليها في التوصية ITU-R SA.609 السارية على المهمات غير المسكونة في النطاق GHz 27,0-25,5؛

3 بأنه ينبغي ألا تطالب مهمات خدمة الأبحاث الفضائية المسكونة بحماية من التداخل من مهمات خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية غير المسكونة بما يتجاوز معايير الحماية المنصوص عليها في التوصية ITU-R SA.609 السارية على المهمات غير المسكونة في النطاق GHz 27,0-25,5؛

4 بأن توفير حماية إضافية لمهمات خدمة الأبحاث الفضائية إلى القمر وإلى نقاط لاغرانج يتطلب من مهمات خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية الواقعة في المدارات المستقرة بالنسبة إلى الأرض تقييد مستويات كثافة تدفق القدرة الخاصة بها إلى -115 dB(W/(m<sup>2</sup>·MHz)) في النطاق GHz 27,0-25,5 لكل زوايا الوصول عند سطح الأرض (انظر الملحق 1)؛

5 بأنه ينبغي ألا يصدر عن سواتل خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية في المدارات غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض ذات الوصلات الساتلية فضاء-أرض كثافة تدفق قدرة أعلى من -133 dB(W/(m<sup>2</sup>·MHz)) في أي من مواقع السواتل ذات مرحلات البيانات على المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض. ويجوز تجاوز هذا الحد لما لا يزيد عن 0,1% من الوقت للأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي يزيد ارتفاعها على 1 370 km (انظر الملحق 2).



## الملحق 1

## الأثر المحتمل للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلات الحساسة لمهام خدمة الأبحاث الفضائية

## 1 مقدمة

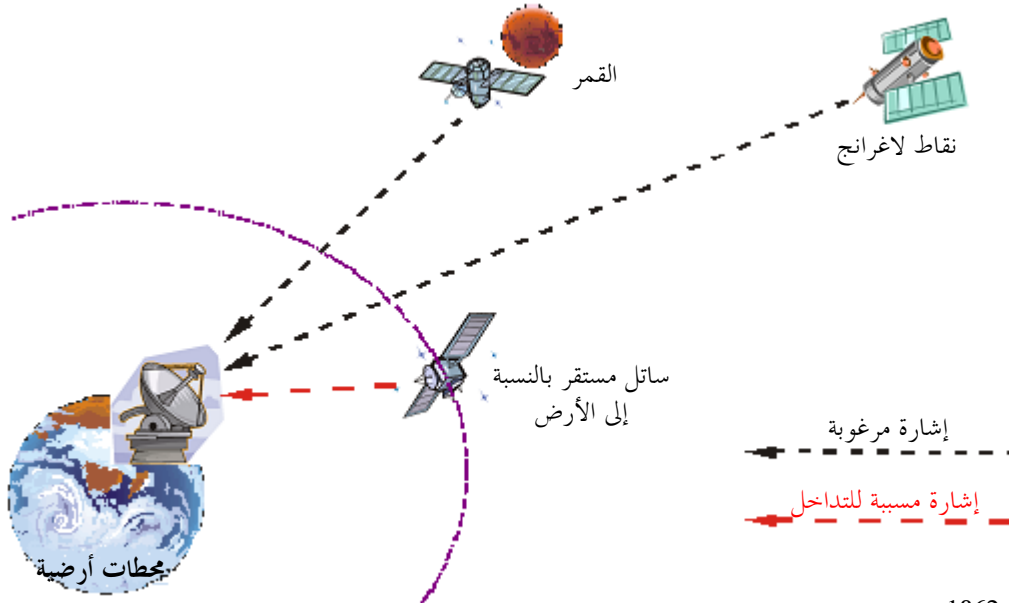
النطاق GHz 27,0-25,5 نطاق وصلة هابطة مهم لخدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية. ومن المخطط استخدام هذا النطاق لمهام خدمة استكشاف الأرض الساتلية إضافة إلى خدمة الأبحاث الفضائية. ومن الممكن أن تعمل هذه الأخيرة على أي مسافة من مدار أرضي منخفض إلى نقاط لاغرانج شمس-أرض. وقد تناول عدد من الدراسات المستفيضة مسألة التوافق بين مختلف أنواع المهمات، وخلصت إلى أنه من الممكن تقاسم النطاق GHz 27,0-25,5 بين كل التطبيقات المحتملة دون مشاكل إلا السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تعمل قريباً من حدود كثافة تدفق القدرة المنصوص عليها في المادة 21 من لوائح الراديو. ويقدم هذا الملحق ملخصاً لنتائج الدراسات المختلفة والخلفية لحدود كثافة تدفق القدرة المخفضة المناظرة للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

## 2 خصائص أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية المعرضة للتأثر بالتداخل

أكثر مهمات خدمة أبحاث فضائية حساسيةً هي السواتل القريبة من نقطتي لاغرانج L1/L2 والقريبة من القمر. ويبين الشكل 1 مثل هذه التطبيقات العلمية وكوكبة التداخل المناظرة.

## الشكل 1

أنواع المهمات المختلفة المحتمل نشرها في النطاق GHz 27,0-25,5



1862-01

يبين الجدول 1 خصائص لأنظمة قمرية حلت في إحدى الدراسات التفصيلية. وكما هو مبين في هذا الجدول، فإن هامش الوصل يساوي  $C_0/N_0 - C_0/N_0$  مطلوب. وتحسب هذه الهوامش من بيانات النظام باستخدام افتراضات معيارية متعلقة بمعدل البيانات والتشفير والإتاحة.

الجدول 1

الخصائص الأساسية لأنظمة تمثيلية عن أنظمة خدمة أبحاث فضائية قمرية معرضة للتأثر بالتداخل

أنظمة ساتلية تمثيلية تستخدم التردد 26 GHz معرضة للتأثر بالتداخل		المعلومات
Cx Lunar, MHz 50	LRO Lunar	
26 000	25 650	التردد (MHz)
404 943	401 427	المسافة المائلة (km)
17,0	16,0	قدرة الإرسال (dB(W))
0,0	3,0-	انقسام قدرة الاستقبال (dB)
43,5	42,9	كسب الإرسال (dBi)
141,4-	143,0-	أقصى كثافة تدفق للقدرة عند سطح الأرض ((dB(W/(m <sup>2</sup> . MHz)))
25,0	50,0	معدل البيانات (Mbit/s)
70,4	71,3	كسب الاستقبال (dBi)
9,7-	7,5-	فقد الوصل (dB)
2,8-	1,25-	فقد الأمطار/الجو (dB)
446,7	510,0	درجة الحرارة (K)
13,6	10,3	$C_0/N_0$ (dB)
2,2	2,9	$C_0/N_0$ مطلوب (dB)
11,4	7,4	الهامش (dB)

وقد استخدمت دراسة تفصيلية أخرى تلسكوب جيمس ويب الفضائي (JWST) كمثال تعبيرى عن مهمات لاغرانج. وقد أخذ في الاعتبار معدلا بيانات مختلفان على 14 و56 Ms/s. ويساعد معدل البيانات القابل للضبط في الحفاظ على وصلة في حالات الأمطار الغزيرة. ويبين الجدول 2 ملخصاً للافتراضات المتعلقة بمهمات خدمة أبحاث فضائية لاغرانج متأثرة بالتداخل.

الجدول 2

الخصائص الأساسية لأنظمة خدمة أبحاث فضائية لاغرانج متأثرة بالتداخل

JWST-56	JWST-14	
1 500 000		ارتفاع مدار ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (km)
13,1		قدرة ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (dBW)
56	14	عرض نطاق الفص الرئيسي مع QPSK (MHz)
1,05		قطر هوائي ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (m)
46,2		أقصى كسب لهوائي ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (dBi)
34,0		قطر هوائي المحطة الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (m)
200		درجة حرارة ضوء نظام خدمة الأبحاث الفضائية (K)
3,0		فقد المستقبل التقني والتسديد (dB)
2,5		$E_s/N_0$ المطلوب من أجل QPSK مع تشفير القناة (dB)
13,9	20,0	الهامش للتوهين الجوي (dB)

وقد أخذت معايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R SA.609 لتمثل خط القاعدة لكل التقييمات. وهي تحدد مستوى كثافة تداخل -156 dB(W/MHz) لا يمكن تجاوزه لما يزيد على 0,1% من الوقت.

### 3 الخصائص المفترضة للأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض المسببة للتداخل

يبين الجدول 3 خصائص موازنة الوصلة ذات الصلة لبعض الأنظمة المحتملة المستقرة بالنسبة إلى الأرض. ويمثل GSO-1 مهمة Alpha-Sat بعرض نطاق قناة يبلغ 405 MHz. وتصميم الساتل مبني على أساس هوائي مُكافئٍ قياس 0,7 m. وقد افترض لأغراض المحاكاة أن محطة أرضية في مدريد تمثل أسوأ حالة. ومن المتوقع أن يكون GSO-1 ممثلاً إلى حد بعيد عن عدة أنماط من الأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض المخطط نشرها في هذا النطاق. أما GSO-2 فهو نظام افتراضي ويمكن أن يمثل نظام منخفض الارتفاع. بمستوى عالٍ من الإتاحة لمحطة أرضية. وقد افترض وجود الساتل على موقع مداري مستقر بالنسبة إلى الأرض عند 48° شرقاً. وزاوية الارتفاع تجاه وسط إسبانيا هي 20°. ويمكن اعتبار GSO-3 ممثلاً عن نظام بمستوى عالٍ من الإتاحة مع عدة محطات أرضية أصغر ضمن منطقة فرعية. ومن أمثلة ذلك نظام يرسل إلى عدد من محطات قراءة بيانات مباشرة. وقد افترض أن GSO-3 موجود على 14° شرقاً ويخدم عدد من محطات الاستخدام الأصغر في إسبانيا. وحتى في حالة استخدام هوائي مُكافئٍ محمول قياس 1,4 m، فإن الحزمة الرئيسية تغطي منطقة كبيرة، كما يبين الشكل 2. وقد توجد أوضاع مشابهة في مواقع محطات أرضية حساسة تابعة لخدمة الأبحاث الفضائية.

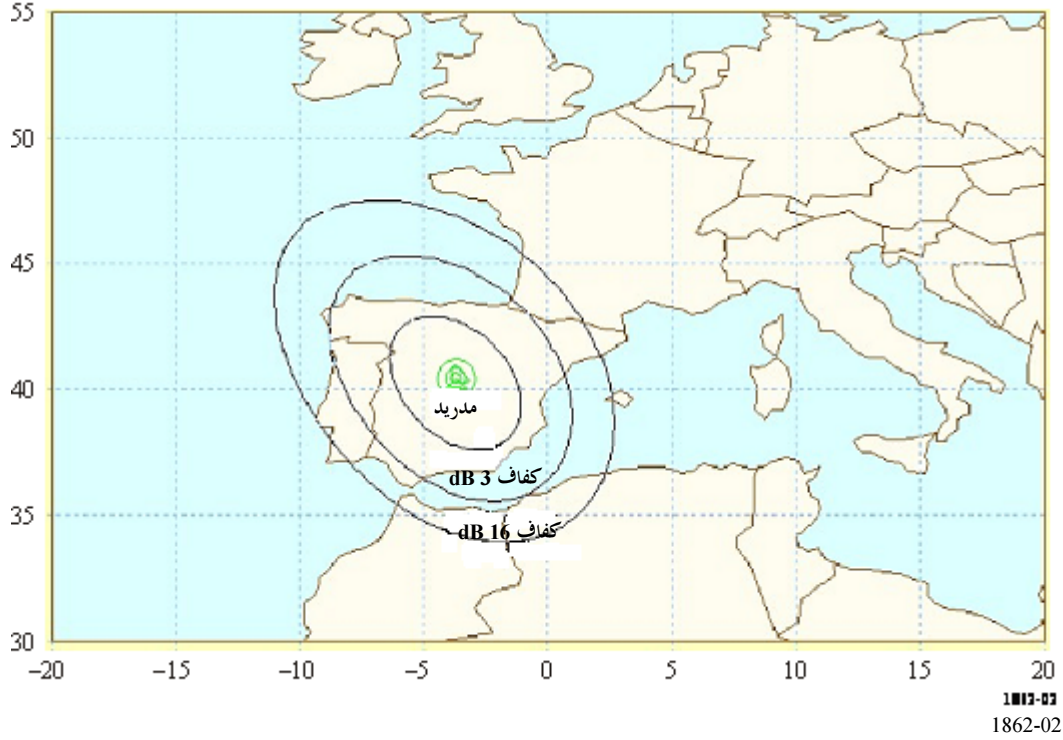
#### الجدول 3

#### المعلومات الرئيسية للأنظمة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض

GSO-3	GSO-2	GSO-1	
23,0	20,0	14,0	قدرة الإرسال (dBW)
49,7	46,2	43,1	كسب هوائي الساتل (dBi)
72,7	66,2	57,3	القدرة المشعة المكافئة المتناحية للساتل (dBW)
600			عرض نطاق الفص الرئيسي من أجل 600 Mbit/s و QPSK (MHz)
114,6-	121,5-	130,2-	أقصى كثافة تدفق قدرة عند موقع الاستقبال (dB(W/(m <sup>2</sup> · MHz)))
99,98		99,90	الإتاحة المفترضة للوصلة (%)
15,0	21,5	8,4	توهين الإشارة للإتاحة المفترضة (dB)
2,0	10,0	7,3	قطر هوائي المحطة الأرضية (m)

الشكل 2

أكفة الرقعة تجاه مدريد، لساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض على 14° شرقاً



4 تقييم التداخل على مهمات خدمة الأبحاث الفضائية

يستخدم نهج قائم على معيار  $I/N$  (التداخل/الضوضاء) عادةً لتبين إذا ما كان التداخل بين الأنظمة سينتج عنه تداخل غير مقبول على أي من أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية أو خدمة استكشاف الأرض الساتلية المتاحة.

وبناءً على التوصية ITU-R SA.609، ينبغي ألا يتجاوز مستوى التداخل المستقبل من كل المصادر المستوى المجمع التالي:

$$I_0/N_0 \text{ لا تتجاوز } -6 \text{ dB أكثر من } 0,1\% \text{ من الوقت}$$

وقد تقدم هذا التحليل متجاوزاً معيار  $I_0/N_0$  للتداخل الأساسي وراعى هوامش الوصل الكبيرة نسبياً التي يتسم بها الكثير من أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية وخدمة استكشاف الأرض الساتلية. وقد نظر في هامش الوصل المتدهور، مما يشار إليه ببساطة باسم "الهامش":

$$C_0/N_{0required} - C_0/(N_0 + I_0)_{measured} = \text{الهامش}$$

وقد كان المعيار الأساسي لتبين إذا ما كان التداخل واقعاً ضمن المستويات المقبولة كما يلي:

$$\text{لا يقل الهامش عن } \alpha \text{ dB لأكثر من } 0,1\% \text{ من الوقت}$$

حيث تمثل  $\alpha$  قيمة يتناولها نقاش أدناه. من قيم  $\alpha$  المحتملة الصفر، وهو المستوى الذي لا يمكن إقفال الوصلة تحته.

ومع ذلك، لم يُعتبر من الحصافة السماح باستهلاك التداخل من أنظمة مدار مستقر أو غير مستقر بالنسبة إلى الأرض لهامش الوصل بأكمله، لذا ربما تكون قيمة  $\alpha$  في الواقع أكبر من الصفر. وينبغي التشديد على أن استخدام هذا النمط من معايير التداخل يسمح بتقديم الدراسة إلى أبعد من نهج تحليل التداخل  $I/N$  التقليدي لتحليل التدهور في هوامش وصل النظام.

ومن الافتراضات الرئيسية التي استخدمت للمحاكاة افتراض عمل المصدر المتأثر بالتداخل والمصدر المتسبب فيه على نفس التردد المركزي. وعلاوة على ذلك، فإن متوسط القدرة الإجمالية للمتداخل يُحسب نسبة إلى عرض نطاقه ويضاف 3 dB



مقابل كثافة الذروة، مع افتراض تشكيل PSK. وتتبع مخططات هوائيات السواتل عالية الكسب مخطط الإشعاع المرجعي الوارد في التوصية ITU-R S.672. وتتبع مخططات هوائيات المحطات الأرضية المخطط الوارد في التوصية ITU-R F.1245.

يوجد في وسط إسبانيا موقعان يدعمان مهمات خدمة الأبحاث الفضائية الحساسة وهما روبليدو وسييريوس، ومن أمثلة ذلك المهمات الموجهة إلى نقاط لاغرانج أو المحتمل توجيهها إلى القمر. ونظرًا لطول المسافات إلى L1 و L2، فإن كثافة تدفق قدرة الإشارات المستقبلية منخفضة إلى حد بعيد، مما يتطلب محطات أرضية كبيرة تصل إلى 35 m ونسبة درجة حرارة الكسب إلى الضوضاء (G/T) عالية. وأما عن إحصائيات التداخل، فإن كل المحطات الأرضية على ارتفاعات متشابهة ستؤدي إلى نتائج متشابهة. ولا يوجد فرق معتبر إلا التوهين الجوي، والذي يمكن أن يختلف إلى درجة كبيرة بين مختلف المواقع المحتملة.

وفيما يتعلق بالتداخل المحتمل على مهمات خدمة الأبحاث الفضائية الموجهة إلى لاغرانج الذي تتسبب فيه سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض بالخصائص المبنية في الجدول 3، فقد خلصت بعض الدراسات إلى أن من شأن تطبيق تقليدي مثل AlphaSat أن يلي بالكاد معيار التوصية ITU-R SA.609، على افتراض وجود محطته الأرضية في وسط إسبانيا. وأما عن النظامين GSO-2 و GSO-3، فسيحدث تجاوز لمعيار التوصية ITU-R SA.609 بما يتراوح بين 8 و 15 dB حتى مع حد كثافة تدفق قدرة مخفض إلى -115 dB (W/(m<sup>2</sup> · MHz)). ومع ذلك، فإن عدم الامتثال للتوصية ITU-R SA.609 لا يعنى بالضرورة حدوث تداخل ضار. وتحتاج الوصلات حول 26 GHz هوامش معتبرة لتحقيق إتاحة وصل تزيد على 99% تنخفض زوايا ارتفاعها لتتراوح بين 5 و 10 درجات. فتحتاج روبليدو وسييريوس، على سبيل المثال، إلى هوامش في حدود 10 dB لإقفال وصلة تنخفض زوايا ارتفاعها إلى 5 درجات طيلة 99% من الوقت. وللتشغيل على 10 درجات تبقى الحاجة إلى هامش قدره 5,4 dB، وينتج عن هذا وضع عملي حيث لا تؤدي وقائع التداخل التي تتجاوز معيار التوصية ITU-R SA.609 في كثير من الحالات إلا إلى خفض الهامش دون التسبب في فقد الوصلة. ويزيد تعطل الوصلة الناتج عن التوهين الجوي بكثير عما يسببه التداخل. وعند النظر في فقد البيانات الفعلي الناتج عن التداخل، فيمكن تلبية E<sub>v</sub>/(N<sub>0</sub> + I<sub>0</sub>) المطلوب 99,98% من الوقت حتى في حالة السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تعمل بحد كثافة تدفق القدرة مخفض إلى -115 dB (W/(m<sup>2</sup> · MHz)). ومع ذلك، فإن من شأن سائل مستقر بالنسبة إلى الأرض يعمل على حدود كثافة تدفق القدرة الواردة في البند 16.21 من لوائح الراديو أن يسبب تداخلًا ضارًا يؤدي إلى فقد الوصلة. ويتساوى مع ذلك حجمًا التداخل المحتمل على مهمات خدمة الأبحاث الفضائية القمرية الذي تسببه نفس السواتل.

يعرض الجدول 4 ملخصًا لنتائج تحليلات أخرى بشأن التداخل من مهمة ساتلية افتراضية في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض على عدد من المهمات المتأثرة بالتداخل شبيهة بتلك الواردة في الجدول 1. ويبين الجدول 4 الهامش دون تداخل إضافة إلى الهوامش المتدهورة على مهمات خدمة الأبحاث الفضائية نتيجة لتداخل من مهمة في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض على 107° غربًا مع مستويات كثافة تدفق قدرة -105 إلى -125 dB (W/(m<sup>2</sup> · MHz)). وترسل المهمة GSO-107W إلى WSC (White Sands) بزوايا ارتفاع إلى المحطة الأرضية تزيد على 25°.

من شأن مهمة افتراضية في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض تعمل على حد كثافة تدفق القدرة -105 dB (W/(m<sup>2</sup> · MHz)) أن تسبب مستويات من التداخل تتجاوز معيار التداخل، حيث يحتمل وجود مهمة في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض دائمًا في مجال رؤية محطة أرضية متأثرة بالتداخل بينما لا يتحقق ذلك لمهمة ليست في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض. ومع ذلك، فلا يكون مثل هذا المستوى المرتفع من كثافة تدفق القدرة ضروريًا إلا في حالة استخدام محطات أرضية صغيرة جدًا (1 أو 2 m مثلاً) وكانت الإتاحة العالية مطلوبة.

وبناءً على النتائج المبينة في الجدول 4، يمكن ملاحظة أن الهامش على مستوى 0,1% سيلي أو متدهور بشكل كبير للمهمتين القمريتين LRO و Cx Lunar إذا كان السائل الموجود في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض المسبب في التداخل يستخدم كثافة تدفق قدرة تلي بالكاد الحدود الواردة في المادة 21 من لوائح الراديو. وينخفض الهامش بالنسبة إلى التداخل على LRO من 7,4 إلى -0,1 dB، بينما ينخفض بالنسبة إلى Cx Lunar من 11,4 إلى 3,0 dB. وفي كلتا هاتين الحالتين تنخفض الهوامش إلى قيم يمكن اعتبارها أصغر من اللازم. يبين الشكلان 3 و 4 إحصائيات التداخل المناظرة للمهمتين LRO و Cx Lunar.

ومع ذلك، فإذا قيدت كثافة تدفق القدرة بقيمة قصوى قدرها -115 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)) لكل زوايا الوصول، فإن التدهور الناتج عن التداخل ينخفض بشكل كبير. ولا يؤدي مزيد من الخفض في كثافة تدفق القدرة إلى قيمة قصوى قدرها -125 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)) لكل زوايا الوصول إلى تحقيق تحسن إضافي كبير.

الجدول 4

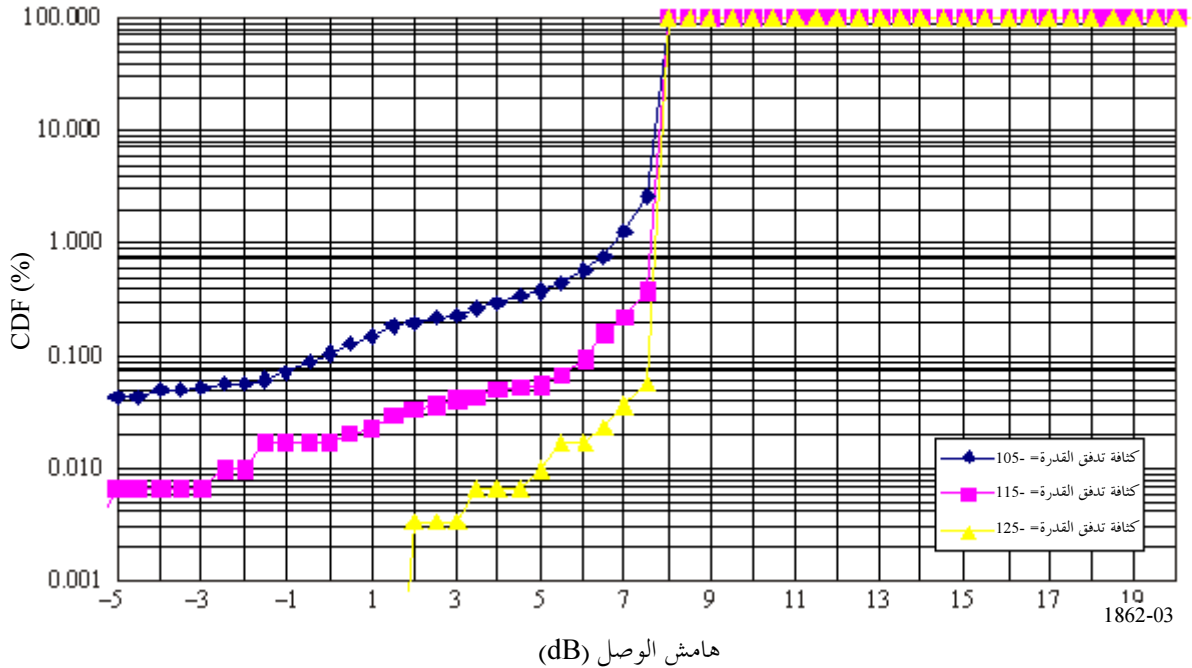
نتائج هامش تداخل من مصدر واحد لحالة مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض على مستوى 0,1%

الهوامش على مستوى 0,1%			هامش C/N دون تداخل (dB)	محطة الاستقبال	المهمة المتأثرة بالتداخل
GSO-107W؛ كثافة تدفق القدرة = -125 EL 90 @	GSO-107W؛ كثافة تدفق القدرة = -115 EL 90 @	GSO-107W؛ كثافة تدفق القدرة = -105 EL 90 @			
7,4	6,1	0,1-	7,4	WSC	LRO
11,4	9,7	3,0	11,4	WSC	Cx Lunar ،MHz 50

الشكل 3

مخطط هوامش تداخل GSO-107W؛ على LRO

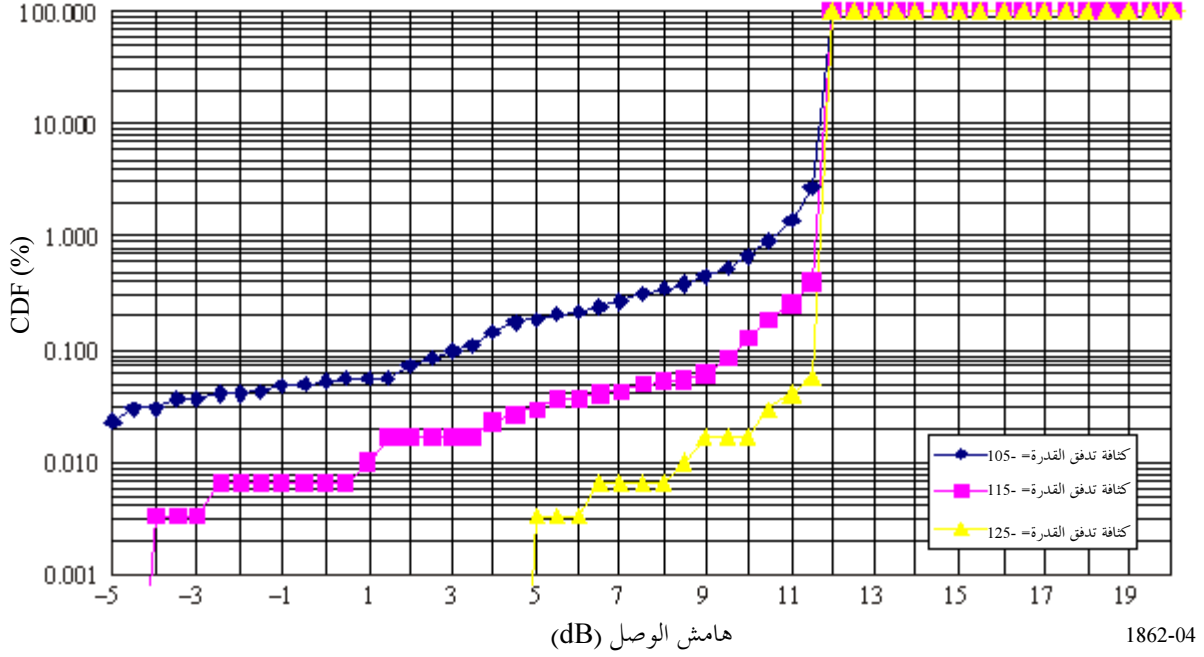
تداخل GSO-107 غرباً؛ على LRO



## الشكل 4

## مخطط هوامش تداخل GSO-107W على Cx Lunar

تداخل GSO-107 غرباً على Cx Lunar



1862-04

وتلخيصاً، فقد خلصت كل الدراسات إلى أنه من شأن التداخل من السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة على نفس كثافة تدفق القدرة لسواتل استكشاف الأرض أن يسبب مستويات تداخل تزيد بمقدار أسي واحد على الأقل فوق معايير التوصية ITU-R SA.609، وأعلى بقدر معتبر مقارنة بمهام خدمة استكشاف الأرض الساتلية في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض نظراً للزيادة في قابلية الرؤية. وبالرغم من ذلك فلا يؤدي تجاوز معايير كثافة التداخل الواردة في التوصية ITU-R SA.609 إلى ظروف  $E_s/(N_0 + I_0)$  غير مقبولة إذا عملت السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض على مستوى أقل من  $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ . ومع ذلك فمن شأن السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة على حدود كثافة تدفق القدرة الواردة في البند 16.21 من لوائح الراديو أن تسبب تداخلاً كبيراً. ويمكن نشر السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض في كثير من مناطق العالم ذات التوهين المطري القليل أو المتوسط دون حاجة حتى إلى التشغيل قرب حدود كثافة تدفق القدرة الحالية.

وعلى ذلك فمن شأن تطبيق حد كثافة تدفق قدرة قريب من  $-115 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$  لأنظمة السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض على كل زوايا الوصول أن يوفر حماية كافية لمهام خدمة الأبحاث الفضائية دون وضع قيود غير مبررة على السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

## الملحق 2

### حدود كثافة تدفق القدرة على المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض للسواتل في مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

تحدد التوصية ITU-R SA.1155 حد أقصى للكثافة الطيفية لقدرة التداخل ( $P_{sd}$ ) يساوي -178 dB(W/kHz) والذي يمكن تحويله إلى -148 dB(W/kHz) في ظل اتساع عرض نطاق مستقبلات السواتل بمراحلات بيانات اتساعاً كبيراً. ويمكن حساب قيمة كثافة تدفق القدرة المناظرة عن طريق أخذ مساحة الهوائي الفعالة في الاعتبار:

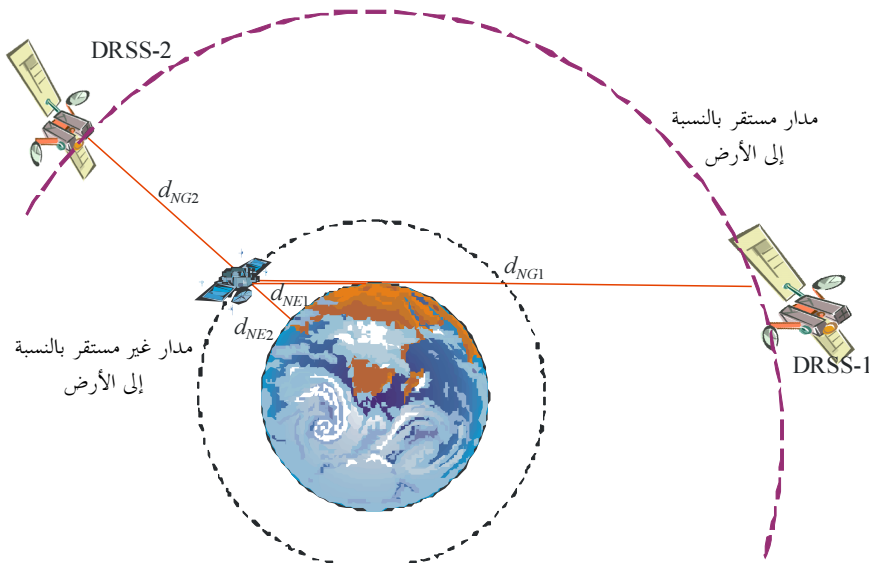
$$PFD_{limit} = P_{sd} - 10 \log \left( \eta \pi \frac{D^2}{4} \right) = -148 + 1.05 - 10 \log(\eta D^2)$$

ويبلغ قطر أكبر هوائي للسواتل ذات مراحلات البيانات الحالية 4,9 m. ويمكن افتراض الكفاءة  $\eta$  بنسبة 50%. وتكون قيمة كثافة تدفق القدرة المناظرة -157,7 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)). ولا يمكن تطبيق نسبة 0,1% للوقت المسموح به المحددة في التوصية ITU-R SA.1155 على حد كثافة تدفق القدرة، لأن من شأن ذلك أن يؤدي إلى إهمال تحرك كلا الهوائيين نسبة إلى بعضهما البعض، وأن تعرض موقع المدار المستقر بالنسبة للأرض للسواتل ذي مرحل البيانات بحد كثافة تدفق القدرة المحدد لا يؤدي إلى أقصى تداخل مسموح به إلا عند تسديد هوائي الساتل ذي مرحل البيانات مباشرة إلى ساتل خدمة استكشاف الأرض الساتلية.

ويفترض قبول نسبة مئوية من تجاوز التداخل تناظر عرض حزمة الفص الرئيسي. وتكون زاوية الفص الجانبي الأول لهوائي قياس 4,9 أمتار حوالي 0,22° (بجانب واحد). ويكون احتمال وقوع ساتل آخر بمعلمات مدار غير مترامنة ضمن عرض حزمة هذا الفص الرئيسي حوالي  $10^{-6} \times 3,7$ ، مما يقل بشكل معتبر عن  $10^{-3} \times 1$  على النحو المحدد في التوصية ITU-R SA.1155. ويفترض كون كسب الفص الجانبي الأول أقل بحوالي 25 dB وفق التوصية ITU-R S.672. ويؤدي هذا إلى حد لكثافة تدفق القدرة حوالي -157,7 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)). ومن أجل الوقوف على مسافة  $d_{NE}$  ملائمة، افترض تشغيل ساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض عند حد كثافة تدفق القدرة. وعلى ذلك، فيمكن النظر في الحالتين التاليتين على النحو المبين في الشكل 5.

الشكل 5

التداخل من ساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض على سواتل أنظمة بمراحلات بيانات في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض



الحالة 1: تفترض أقصى كثافة تدفق قدرة -115 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)) تجاه زاوية ورود 5° عند سطح الأرض، وبالتالي كذلك أقصى كثافة تدفق قدرة تجاه DRSS-1. ويكون هذا هو الحال عادةً مع الهوائيات المكافئية أو نتيجة لحجب من المركبة الفضائية نفسها في حالة الهوائيات القلبية وقد افترض من أجل التبسيط أن كثافة تدفق القدرة تجاه DRSS-1 مساوية لكثافة تدفق القدرة تجاه زاوية الورد 5°، إلا أنه في الواقع سيكون انخفاض المستوى أكثر من 3 dB نظراً للزيادة الطفيفة في المسافة وحجب الأرض لنصف الفص الرئيسي من الهوائي.

الحالة 2: تفترض أقصى كثافة تدفق قدرة -105 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)) تجاه زاوية ورود 90° عند سطح الأرض وكذلك أقصى كثافة تدفق قدرة تجاه DRSS-2 عبر الفصوص الخلفية من الهوائي. وقد يتحقق هذا الوضع لعمليات الإرسال عبر هوائيات شاملة الاتجاهات.

ويمكن اشتقاق المسافات ذات الصلة من المعادلات التالية:

$$PFD = \frac{EIRP}{4 \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$EIRP = PFD_1 \cdot (4 \cdot \pi \cdot d_{NE}^2) = PFD_2 \cdot (4 \cdot \pi \cdot d_{NG}^2)$$

$$d_{NE} = \sqrt{\frac{PFD_2}{PFD_1}} \cdot d_{NG}$$

$$h_O = \sqrt{R^2 + d_{NE}^2} - R$$

حيث:

$d_{NE1}$ : المسافة من الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى زاوية 0° لموقع الوصول

$d_{NG1}$ : المسافة من الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى DRSS-1

$$(km \ 41 \ 680 + d_{NE1} = d_{NG1})$$

$d_{NE2}$ : المسافة من الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى نقطة مسقطه على سطح الأرض (زاوية وصول 90°)

$d_{NG2}$ : المسافة من الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى DRSS-2

$$(d_{NE2} - km \ 35 \ 787 = d_{NG2})$$

$h_O$ : ارتفاع مدار الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض

$R$ : نصف قطر الأرض (km 6 378).

بالنسبة للحالة 1،  $PFD_1 = -115$  dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)) و  $PFD_2 = -133$  dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)) ويكون الحد الأدنى المناظر لارتفاع المدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض km 2 380.

بالنسبة للحالة 2،  $PFD_1 = -105$  dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)) و  $PFD_2 = -133$  dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)) ويكون الحد الأدنى المناظر لارتفاع المدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض km 1 370.

وبما أن مسافة km 1 370 كحد أدنى لارتفاع المدار تمثل أسوأ حالة، فقد أخذت كأساس للتوصية.