الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R SM.1448
(2000/05)

تحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية تعمل في نطاقات الترددات الواقعة بين 100 MHz و105 GHz

السلسلة SM

إدارة الطيف

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

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 التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
S	الخدمة الثابتة الساتلية
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
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، 2011

© ITU 2011

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 SM.1448*، **

تحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية تعمل في نطاقات الترددات الواقعة بين 100 MHz و105 GHz

(2000)

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن هناك إمكانية للتداخل على/أو من محطة أرضية تشترك في نطاقات الترددات ذاتها مع محطات للأرض أو مع محطات أرضية أخرى عاملة في الاتجاه المعاكس للإرسال على أساس أولي وبتساوي الحقوق؛

ب) أن من المستحسن، لتجنب مثل هذا التداخل، أن يتم تنسيق المحطات الأرضية المرسِلة أو المستقبِلة مع المحطات للأرض أو مع المحطات الأرضية الأخرى العاملة في الاتجاه المعاكس للإرسال؛

ج) أن هذا التنسيق سيتعين أن يتم داخل منطقة التنسيق المحيطة بمحطة أرضية عند التشارك مع الخدمات للأرض، أو المحيطة بمحطة إرسال أرضية عند التشارك مع محطات استقبال أرضية في نطاقات موزعة في اتجاهي الإرسال، وأن يمتد إلى مسافات لا يتجاوز، ضمنها المستوى المسموح به من التداخل، نسبة مئوية محددة من الزمن؛

د) أن هذه المنطقة قد تمتد إلى الأراضي الخاضعة لولاية دولة عضو أخرى، وبالتالي تتطلب التنسيق بين الإدارات؛

هـ) أن من المستحسن، قبل إجراء دراسة مفصلة، وضع طرائق لتحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية منسِّقة على أساس افتراضات عامة؛

و) أن مثل هذا التداخل يتوقف على عدة عوامل، بما في ذلك قدرات الإرسال، ونوع من التشكيل، وكسب الهوائي في اتجاه مسير التداخل، واختلاف كسب الهوائي بمرور الزمن في حالة المحطات الأرضية العاملة مع المحطات الفضائية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض، وقدرة التداخل المسموح به في المستقبِل، وآليات انتشار الموجات الراديوية، والمناطق الراديوية للأرصاد الجوية، وتنقلية المحطة الأرضية، والمسافة من المحطة الأرضية؛

ز) أن من المستحسن وضع توصية مناسبة لقطاع الاتصالات الراديوية وتعهدها بالرعاية لتكون بمثابة النص المصدري لتحديث التذييل 7 للوائح الراديو (انظر الحاشيتين 1 و2)،

وإذ تدرك

أ) أن أحكام لوائح الراديو تحدد الطرائق التي يمكن استخدامها لتحديد مناطق/مسافات التنسيق بما في ذلك مسافات التنسيق المحددة سلفاً؛

ب) دراسات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة؛

ج) أن توصيات قطاع الاتصالات الراديوية الأخرى توفر طرائق خاصة لتحديد مناطق/مسافات التنسيق في تطبيقات معينة،

---

* ينبغي توجيه عناية لجان الدراسات 3 و4 و5 و6 و7 التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية إلى هذه التوصية.

** أجرت لجنة الدراسات 1 تعديلات صياغية على هذه التوصية في عام 2011 عملاً بالقرار ITU-R 1-5 الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية.

توصـــي

1 بأن تستخدم الطرائق ومعلمات النظام المذكورة في الملحقين 1 و2 وتذييلاتهما لتحديد مناطق التنسيق للمحطات الأرضية المرسلة والمستقبلة (انظر الملاحظة 3).

الملاحظة 1 – ينبغي تحديث هذه التوصية على أساس التغيرات الطارئة على لوائح الراديو جراء مقررات المؤتمرات العالمية للاتصالات الراديوية (WRC).

الملاحظة 2 – تأتي معلومات الانتشار الواردة في هذه التوصية من عدد من توصيات قطاع الاتصالات الراديوية – السلسلة P والتي سبقت الإشارة إليها في التوصية ITU-R P.620. وقد وضعت هذه التوصيات المصدرية لمجموعة متنوعة من الأغراض. بيد أن الصيانة المستقبلية لمعلومات الانتشار تتطلب إيلاء اهتمام خاص للمفاعيل المحتملة لهذه التوصية.

الملاحظة 3 – تختلف طرائق تحديد منطقة التنسيق في هذه التوصية عن تلك الواردة في التذييل 30A للوائح الراديو.

الملحـــق 1

طرائق تحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية

جـــدول المحتـــويات

الصفحة

1 المقدمة 6
1.1 لمحة عامة 6
2.1 الهيكل 7
3.1 مفاهيم أساسية 7
4.1 سيناريوهات التشارك 14
1.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض 14
2.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض 11
3.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة وغير مستقرة بالنسبة إلى الأرض على السواء 15
4.4.1 محطات أرضية عاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال 15
5.4.1 محطات أرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية 15
6.4.1 محطات أرضية في الخدمة المتنقلة (ما عدا المتنقلة للطيران) 15
7.4.1 محطات أرضية في الخدمة المتنقلة للطيران 16
8.4.1 المحطات الأرضية القابلة للنقل 16
9.4.1 المحطات الأرضية الثابتة العاملة في مواقع غير محددة ضمن منطقة خدمة 16
5.1 مفاهيم أسلوب الانتشار 16
1.5.1 أسلوب الانتشار (1) 17
2.5.1 أسلوب الانتشار (2) 18
3.5.1 حدود المسافة 18

الصفحة

6.1 كفاف التنسيق: مفاهيمه ورسمه 19
1.6.1 الأكفة الإضافية 22
2.6.1 الأكفة المساعدة 22
2 تحديد منطقة التنسيق لمحطة أرضية حيال محطات للأرض 25
1.2 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض 26
1.1.2 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (1) حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق... 26
2.1.2 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (2) حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق.. 26
2.2 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض 27
1.2.2 تحديد منطقة التنسيق باستخدام طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG) 27
2.2.2 تحديد منطقة التنسيق باستخدام طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG) 25
3 تحديد منطقة التنسيق بين محطات أرضية عاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال 30
1.3 المحطة الأرضية التي تجري التنسيق والمحطات الأرضية المجهولة عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض 31
1.1.3 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (1) حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق.. 31
2.1.3 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (2) حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق.. 32
2.3 المحطة الأرضية التي تجري التنسيق أو المحطات الأرضية المجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض 32
1.2.3 محطة أرضية تجري التنسيق عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض حيال محطات أرضية مجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض..... 33
2.2.3 محطة أرضية تجري التنسيق عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض حيال محطات أرضية مجهولة عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض..... 33
3.2.3 محطة أرضية تجري التنسيق ومحطات أرضية مجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض 33
4 اعتبارات عامة لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) 33
1.4 معلومات عن المناطق المناخية الراديوية 30
2.4 مسافة التنسيق الدنيا في أسلوبي الانتشار (1) و(2) 31
3.4 مسافة التنسيق القصوى في أسلوب الانتشار (1) 35
4.4 توجيهات تتعلق بتطبيق الإجراءات في أسلوب الانتشار (1) 35
5 اعتبارات عامة لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2) 33
1.5 المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2) 37

1 مقدمة

يتطرق هذا التذييل إلى تحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية مرسلة أو مستقبلة تتشارك في نطاقات الترددات المحصورة بين 100 MHz و105 GHz مع خدمات الاتصال الراديوي للأرض أو مع محطات أرضية تعمل في الاتجاه المعاكس للإرسال.

وتمثل منطقة التنسيق المنطقة التي تحيط بمحطة أرضية تتشارك في نطاق الترددات نفسه مع محطات للأرض، أو تمثل المنطقة التي تحيط بمحطة إرسال أرضية تتشارك مع محطات استقبال أرضية في نطاق ترددات موزع في اتجاهي الإرسال، ويمكن داخل هذه المنطقة تجاوز سوية التداخل المسموح بها، ولذلك فهناك ضرورة للتنسيق. وتتحدد هذه المنطقة انطلاقاً من خصائص معروفة للمحطة الأرضية التي تُجري التنسيق، ومن افتراضات حريصة متحفظة تتعلق بمسير الانتشار وبمعلمات النظام الخاص بمحطات الأرض المجهولة (انظر الجدولين 14 و15)، أو بمحطات الاستقبال الأرضية المجهولة (انظر الجدول 16) التي تتشارك في نطاق الترددات نفسه.

1.1 لمحة عامة

ترد في الملحقين 1 و2 الإجراءات ومعلمات النظام اللازمة لحساب منطقة التنسيق لمحطة أرضية، وهي تُستخدم حيثما لا تحدد لوائح الراديو طرائق أخرى، وتشمل المسافات المعينة مسبقاً.

تسمح هذه الإجراءات بأن تحدد مسافات وفق جميع السموت، بدءاً من محطة أرضية مرسلة أو مستقبلة، يمكن فيما بعدها للخسارة المتوقعة على المسير أن تتجاوز، بصورة طبيعية، قيمة محددة كل الوقت، إلا في نسبة مئوية معينة من الوقت، وتسمى هذه المسافة مسافة التنسيق. وعندما تتعين هذه المسافات وفق جميع السموت حول المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق، فإنها تحدد كفافاً للمسافات يدعى كفاف التنسيق يحدّ منطقة التنسيق.

ومما تجدر ملاحظته أن منطقة التنسيق، على الرغم من أنها تستند إلى معايير تقنية، إلا أنها تمثل مفهوماً تنظيمياً. فهي ترمي إلى تعرّف هوية المنطقة التي يجب أن تجري داخلها تقييمات مفصلة لاحتمالات حدوث تداخل، لكي يتحدد ما إذا كانت المحطة الأرضية التي تجري التنسيق، أو أي محطة من محطات الأرض، أو أيضاً أي محطة من محطات الاستقبال الأرضية التي تتشارك في نطاق الترددات في حالة التوزيع على اتجاهي الإرسال، سوف تتعرض إلى سويات تداخل غير مقبولة. فمنطقة التنسيق ليست إذاً منطقة استبعاد، يحرّم فيها التشارك في الترددات بين محطة أرضية ومحطات للأرض أو محطات أرضية أخرى، ولكنها بالأحرى منطقة يجب أن تجري داخلها حسابات أكثر تفصيلاً. وفي أغلب الأحيان يظهر التحليل المعمّق أن التشارك داخل منطقة التنسيق هو أمر ممكن، وذلك لأن طريقة تحديد هذه المنطقة تستند إلى افتراضات غير مؤاتية بشأن احتمالات حدوث التداخل.

وعند تحديد منطقة التنسيق، يتعين التعرض لحالتين منفصلتين:

- حالة محطة إرسال أرضية، وهي بالتالي قد تسبب تداخلاً على محطات استقبال للأرض أو أرضية؛
- حالة محطة استقبال أرضية، وهي بالتالي قد تتعرض إلى تداخل من محطات إرسال للأرض.

وتجري حسابات منفصلة لآليات الانتشار على الدائرة العظمى (أسلوب الانتشار (1))، وللانتثار بالماء الجوي (المطر) (أسلوب الانتشار (2))، إن كان سيناريو التشارك يقتضي هذا الأخير (انظر الفقرة 4.1). ويتحدد عندئذ كفاف التنسيق بأخذ كبرى المسافتين المتوقعتين بحسابات أسلوب الانتشار (1) وأسلوب الانتشار (2)، لكل سمت حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق. وكل سيناريو تشارك تقابله أكفّة تنسيق متمايزة. وتجد في الفقرة 6.1 توجيهات وأمثلة تساعد على رسم أكفّة التنسيق والأكفّة المكونة لأسلوبي الانتشار (1) و(2).

ولكي تسهل المناقشات الثنائية قد يكون من المفيد حساب أكفة إضافية تحدد مناطق تنسيق أصغر، تستند إلى افتراضات أقل حرصاً وتحفظاً من الافتراضات المستعملة لحساب كفاف التنسيق.

2.1 الهيكل

ترد الإجراءات ومعلومات النظام في ملحقين. فترد الإجراءات في الملحق 1 ومعلومات النظام في الملحق 2. وتُفصل المبادئ العامة عن النص المفصّل المعني بالطرائق. فالمبادئ العامة تشكل جزءاً من متن نص الملحق 1، والطرائق مدرجة في سلسلة من التذييلات للملحق 1. ويمكّن هذا الهيكل تركيز كل قسم من الملحق 1 على جانب محدد من حسابات منطقة التنسيق. ويتيح للمستعمل أن يختار فقط الأقسام التي تخص سيناريو تشارك معين.

وقد أعدّ الجدول 1 لكي يساعد المستعمل على التجول في الملحقات وفي التذييلات، وهو يوضّح أيضاً الأقسام التي يتعين الرجوع إليها لتفحصها بشأن حالة تنسيق خاصة.

3.1 مفاهيم أساسية

يقوم تحديد منطقة التنسيق على قدرة التداخل المسموح بها عند طرفي الهوائي في محطة الأرض المستقبلة أو المحطة الأرضية المستقبلة. وعليه فالتوهين اللازم للحدّ من سوية التداخل بين محطة إرسال أرضية أو للأرض وبين محطة استقبال أرضية أو للأرض عند قيمة لقدرة التداخل مسموح بها أثناء p% من الوقت، تمثله "الخسارة اللازمة الدنيا" التي هي الخسارة التي يجب أن يساويها أو يتجاوزها التوهين على المسير طوال الوقت، ماعدا أثناء p% من الوقت (عندما تمثل p نسبة مئوية صغيرة من الوقت محصورة بين 0,001% و1,0% يسمى التداخل "قصير الأمد"، وعندما تكون $p \leq 20$% يسمى التداخل "طويل الأمد" (انظر الفقرة 3.5.1)).

تطبق المعادلة التالية، في حالة أسلوب الانتشار (1):

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad \text{dB} \tag{1}$$

حيث:

p: النسبة المئوية القصوى من الوقت التي يمكن خلالها تجاوز قدرة التداخل المسموح بها

$L_b(p)$: الخسارة اللازمة الدنيا (dB) في أسلوب الانتشار (1) أثناء p% من الوقت، وهذه القيمة يجب أن تتجاوزها الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (1) طوال الوقت، ما عدا أثناء p% من الوقت

P_t: السوية القصوى لقدرة الإرسال المتيسرة (dBW) في عرض النطاق المرجعي، على طرفي هوائي محطة إرسال أرضية أو للأرض

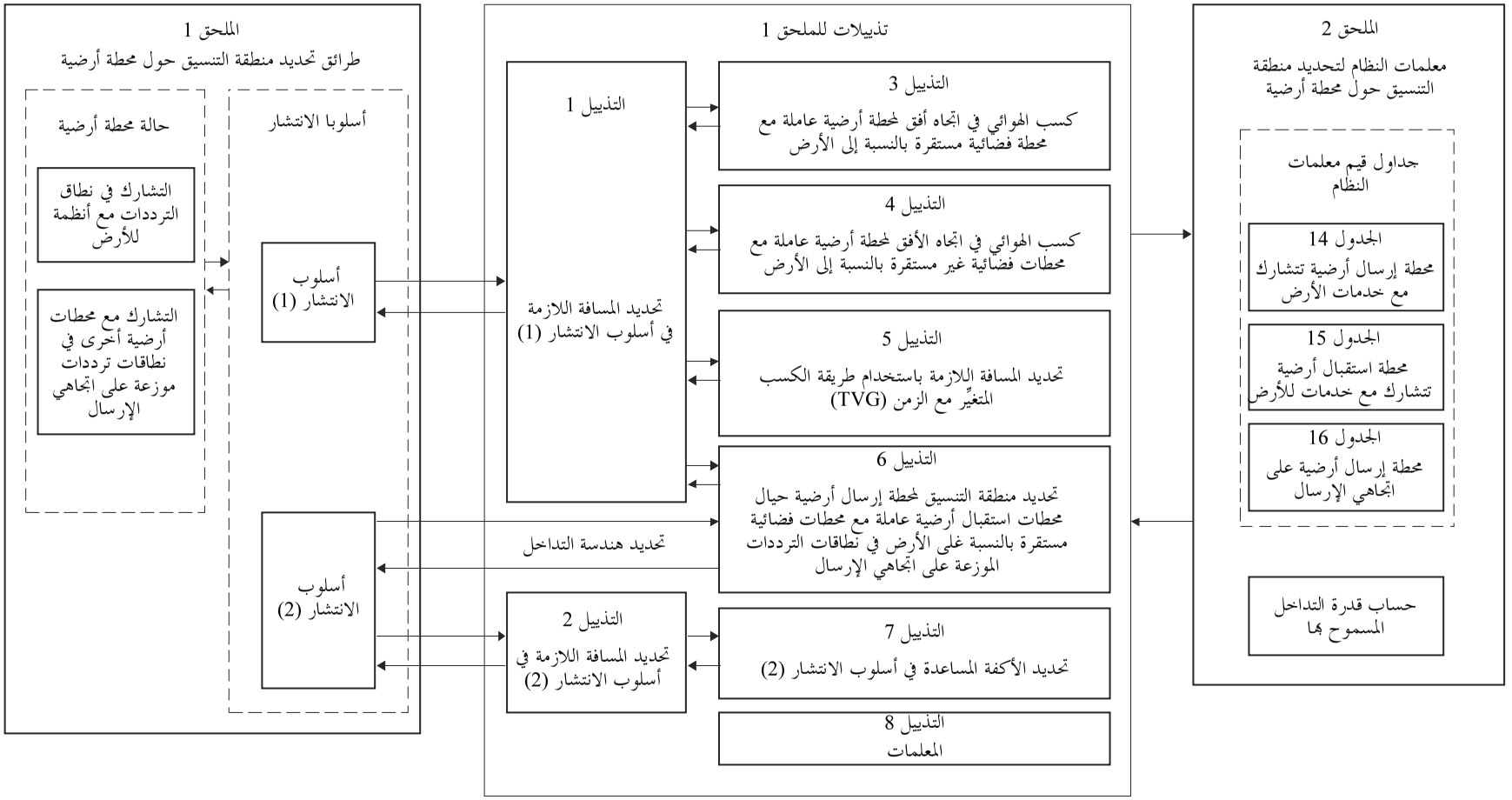
$P_r(p)$: قدرة التداخل المسموح بها لإرسال مسبب للتداخل (dBW) في عرض النطاق المرجعي التي لا يمكن تجاوزها خلال أكثر من p% الوقت، على طرفي مخرج هوائي محطة استقبال أرضية أو للأرض قد تكون معرضة للتداخل، عندما يكون مصدر التداخل وحيداً

G_t: كسب هوائي (مقدراً بالوحدات dB بالنسبة إلى الكسب المتناحي) محطة إرسال أرضية أو للأرض. وعندما يتعلق الأمر بمحطة إرسال أرضية، فهو الكسب الأفقي (في اتجاه الأفق الطبيعي) للهوائي وفق السمت المعتبر، وأما بالنسبة إلى محطة إرسال للأرض فهو الكسب الأقصى للهوائي على محور الحزمة الرئيسية

G_r: الكسب (مقدراً بالوحدات dB بالنسبة إلى الكسب المتناحي) لهوائي محطة استقبال أرضية أو للأرض معرّضة للتداخل. وعندما يتعلق الأمر بمحطة استقبال أرضية، فهو كسب الهوائي في اتجاه الأفق الطبيعي وفق السمت المعتبر، وأما إذا تعلق الأمر بمحطة استقبال للأرض، فهو الكسب الأقصى للهوائي على محور الحزمة الرئيسية.

الشـــكل 1

استعراض الهيكل



SM.1448-01

الجـــدول 1

التقابل بين سيناريوهات التشارك وطرائق الحساب

	سيناريوهات التشارك في الفقرة 4.1 من الملحق 1								
الأقسام والتذييلات المنطبقة على الملحق 1 والملحق 2	الفقرة 1.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض	الفقرة 2.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض	الفقرة 3.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة وغير مستقرة بالنسبة إلى الأرض على السواء	الفقرة 4.4.1 محطات أرضية عاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال	الفقرة 5.4.1 محطات أرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية	الفقرة 6.4.1 محطات أرضية في الخدمة المتنقلة (ما عدا المتنقلة للطيران)	الفقرة 7.4.1 محطات أرضية في الخدمة المتنقلة للطيران	الفقرة 8.4.1 محطات أرضية قابلة للنقل	الفقرة 9.4.1 محطات أرضية ثابتة عاملة في مواقع غير محددة ضمن منطقة خدمة معينة
الفقرة 3.1 مفاهيم أساسية	X	X	X	X	X	X	X	X	X
الفقرة 5.1 مفاهيم أسلوب الانتشار	X	X	X	X	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1
الفقرة 6.1 كفاف التنسيق: مفاهيمه ورسمه	X	X	X	X					
الفقرة 1.2 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض	X		X						
الفقرة 2.2 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض		X	X						
الفقرة 3 تحديد منطقة التنسيق بين محطات أرضية عاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال				X					
الفقرة 4 اعتبارات عامة لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1)	X	X	X	X					
الفقرة 5 اعتبارات عامة لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2)	X		X						
التذييل 1 تحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1)	X	X	X	X					

الجـــدول 1 (*تتمة*)

الأقسام والتذييلات المنطبقة على الملحق 1 والملحق 2	سيناريوهات التشارك في الفقرة 4.1 من الملحق 1								
	الفقرة 1.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض	الفقرة 2.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض[1]	الفقرة 3.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة وغير مستقرة بالنسبة إلى الأرض على السواء	الفقرة 4.4.1 محطات أرضية عاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال	الفقرة 5.4.1 محطات أرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية	الفقرة 6.4.1 محطات أرضية في الخدمة المتنقلة (ما عدا المتنقلة للطيران)	الفقرة 7.4.1 محطات أرضية في الخدمة المتنقلة للطيران	الفقرة 8.4.1 محطات أرضية قابلة للنقل	الفقرة 9.4.1 محطات أرضية ثابتة عاملة في مواقع غير محددة ضمن منطقة خدمة معينة
التذييل 2 تحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2)	X		X		انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1	انظر الفقرة 1.4.1 أو 2.4.1 أو 3.4.1 أو 4.4.1 حسب الحالة والفقرة 6.1
التذييل 3 كسب الهوائي في اتجاه الأفق لمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض	X		X						
التذييل 4 كسب الهوائي في اتجاه الأفق لمحطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض		X	X	X					
التذييل 5 تحديد مسافة التنسيق باستخدام طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG)		X	X	X					
التذييل 6 تحديد منطقة التنسيق لمحطة إرسال أرضية حيال محطات استقبال أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال				X					
التذييل 7 تحديد الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2)	X		X						
التذييل 8 المعلمات	X	X	X	X					
الملحق 2 معلمات النظام لتحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية	X	X	X	X					

1 يستعمل إجراء الفقرة 1.2 في حالة محطة أرضية تستعمل هوائياً غير متتبع. وتستعمل إجراءات الفقرة 1.1.2 في حالة محطة أرضية تستعمل هوائياً لا اتجاهياً.

وأما في حالة أسلوب الانتشار (2)، فهناك عملية انتشار حجمي يجب أخذها بالاعتبار، ولذلك يلزم عندئذ تعديل الطريقة المشروحة أعلاه. فعندما تتقاطع حزمة هوائي المحطة الأرضية التي تجري التنسيق مع خلية مطرية، قد يتشكل حجم مشترك مع حزمة محطة الأرض أو مع حزمة المحطة الأرضية (العاملة في الاتجاه المعاكس للإرسال في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال). ففي حالة محطة للأرض، يفترض أن فتحة الحزمة لهذه المحطة تكون كبيرة بالنسبة إلى فتحة الحزمة للمحطة الأرضية التي تجري التنسيق (ترد قيم الكسب لمحطة الأرض في الجدولين 14 و15)، وأن محطة الأرض تقع على مسافة ما من الحجم المشترك. ولذلك يفترض أن حزمة محطة الأرض تضيء الخلية المطرية بكاملها، التي تتمثل بأسطوانة رأسية تحتوي الماء الجوي الذي يتسبب في انتشار الإشارات على نحو متناحٍ. وقد تكون عملية الانتشار هي سبب الاقتران العارض عبر الحجم المشترك بين المحطة الأرضية التي تجري التنسيق وبين محطات أخرى أرضية أو للأرض عاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال.

توجد بين كسب هوائي المحطة الأرضية وفتحة الحزمة علاقة تبعية تبادلية. فقيمة الحجم المشترك وعدد الإشارات التي تعاني من الانتشار داخل هذا الحجم يزدادان، عندما ينقص كسب هوائي المحطة الأرضية التي ترسل أو تستقبل هذه الإشارات، فأحد الأثرين يعدّل الآخر. وتعطي المعادلة (83) حدّاً يوفر تقريباً جيداً للتكامل اللازم إجراؤه لتقدير عملية الانتشار الحجمي التي تحدث داخل حزمة الهوائي للمحطة الأرضية، وعليه يمكن الاعتماد على الافتراض التبسيطي القائل بأن الخسارة على المسير مستقلة عن كسب هوائي المحطة الأرضية، وذلك من أجل تقدير التداخل الذي قد ينتج عن آليات أسلوب الانتشار (2) (انظر الملاحظة 1).

الملاحظة 1 – إذا كان لهوائي المحطة الأرضية حزمة كبيرة الفتحة، يمكن الاستمرار في استخدام الطريقة لتحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (2). وفي كل الأحوال، وطالما أن حزمة الهوائي يمكن أن تكون أعرض من الخلية المطرية، وبالتالي لا تمتلئ بكاملها بالماء الجوي، يمكن إذاً تقدير احتمال حدوث التداخل بأكثر مما ينبغي.

وعليه فإن المعادلة (1) تؤول في أسلوب الانتشار (2) إلى المعادلة:

$$L_x(p) = P_t + G_x - P_r(p) \quad \text{dB} \tag{2}$$

حيث:

$L_x(p)$: الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (2)

G_x: الكسب الأقصى المفترض (dBi) لهوائي محطة الأرض. ويعطي الجدولان 14 و15 قيم الكسب G_x في نطاقات الترددات المختلفة.

وفي سبيل تسهيل حساب الأكفّة المساعدة في أسلوب الانتشار (2) (انظر الفقرة 2.2.6.1)، يعدّل الحساب أيضاً بوضع كسب هوائي شبكة الأرض G_x داخل العروة التكرارية المستعملة في حساب الخسارة اللازمة في أسلوب الانتشار (2). انظر المعادلة (83).

وبالتالي تؤول المعادلة (2) إلى:

$$L(p) = P_t - P_r(p) \quad \text{dB} \tag{3}$$

حيث:

$L(p)$: الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (2) أثناء p% من الوقت، وهذه القيمة يجب أن تتجاوزها الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (2) طوال الوقت، ماعدا أثناء p% من الوقت.

ويعرّف الحدان P_t و$Pr(p)$ في أسلوبي الانتشار من أجل عرض النطاق نفسه للترددات الراديوية (عرض النطاق المرجعي). وتعرّف الحدود $L_b(p)$ و$L(p)$ و$P_r(p)$ من أجل النسبة المئوية الصغيرة نفسها من الوقت، وتحدد هذه القيم تبعاً لمعايير جودة تشغيل محطة الاستقبال الأرضية أو للأرض المحتمل لها أن تتعرض للتداخل.

والتذييل 3 للملحق 1 بشأن محطة أرضية تعمل مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يعطي طريقة رقمية تتيح تحديد الزاوية الدنيا التي يشكلها محور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية مع الأفق الطبيعي بدلالة السمت، ومعها كسب الهوائي الموافق لها. وفي حالة محطة فضائية موجودة في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض مائل قليلاً، فإن زاوية الارتفاع الدنيا والكسب الموافق لها في اتجاه الأفق يتوقفان على زاوية الميل القصوى المطلوب تنسيقها.

وفي حالة محطة أرضية تعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يتغير مع الزمن كسب هوائي المحطة الأرضية في اتجاه الأفق، ويعطي التذييل 4 للملحق 1 الطرائق الرقمية التي تسمح بحساب هذا الكسب.

وأما في حالة محطة أرضية تعمل في نطاق ترددات موزع على اتجاهي الإرسال، فيحسب كسب الهوائي الواجب استعماله لتحديد الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1) وفقاً للطرائق المبينة في التذييل 3 أو التذييل 4 للملحق 1 حسب الحالة.

ويتطلب تحديد منطقة التنسيق أن تحسب الخسارة المتوقعة على المسير وأن تقارن بالخسارة اللازمة الدنيا وفق كل سمت حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق، حيث:

- تتوقف الخسارة المتوقعة على المسير على عدة عوامل، وخاصة طول المسير المسبب للتداخل وشكله الهندسي (تسديد الهوائي وزاوية ارتفاع الأفق مثلاً) واتجاهية الهوائي والظروف المناخية الراديوية والنسبة المئوية من الوقت التي تبقى أثناءها الخسارة المتوقعة على المسير أصغر من الخسارة اللازمة الدنيا؛
- والخسارة اللازمة الدنيا مبنية على اعتبارات تتوقف على النظام وعلى نموذج التداخل.

ومسافة التنسيق اللازمة هي المسافة التي تعتبر عندها هاتان الخسارتان متساويتين أثناء النسبة المئوية المعينة من الوقت.

وعند تحديد منطقة التنسيق، تكون معلمات المحطة الأرضية التي تجري التنسيق معلومة، ولكن القليل فقط معروف عن محطات الأرض أو المحطات الأرضية الأخرى التي تتشارك في نفس المدى من الترددات. إذاً لا بد من الانطلاق من معلمات افتراضية للنظام الخاص بمحطات الأرض أو بمحطات استقبال أرضية مجهولة. وفوق ذلك، فإن العديد من العناصر المتعلقة بمسير التداخل بين المحطة الأرضية التي تجري التنسيق وبين محطات الأرض أو المحطات الأرضية الأخرى (الشكل الهندسي للهوائي واتجاهيته مثلاً) تكون مجهولة.

ويستند تحديد منطقة التنسيق إلى افتراضات غير مؤاتية بشأن قيم معلمات النظام والشكل الهندسي لمسير التداخل. غير أنه ليس واقعياً أن يفترض، في بعض الظروف، أن جميع القيم الموافقة لأسوأ الحالات تجتمع في آن واحد، مما يؤدي إلى قيم مبالغ كثيراً في ارتفاعها للخسارة اللازمة الدنيا، الأمر الذي يقود إلى مناطق تنسيق مبالغ كثيراً في اتساعها هي الأخرى. وفي أسلوب الانتشار (1)، دلّت التحليلات المفصلة التي يدعمها عدد كبير من معطيات التجربة التشغيلية أن المتطلب المتعلق بالخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1) يمكن تليينه وتخفيفه لأن الاحتمال ضئيل جداً في أن تجتمع في آن واحد أسوأ القيم لمعلمات النظام وللشكل الهندسي لمسير التداخل. لذلك يطبق تصحيح على حساب الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (1) في سيناريو التشارك الملائم، لكي يستفاد من هذه الآثار التصحيحية. وتطبيق هذا العامل التصحيحي مشروح بمزيد من التفصيل في الفقرة 4.4.

وينطبق هذا التصحيح على حالات التنسيق مع الخدمة الثابتة. وهو يتوقف على التردد والمسافة والمسير، ولا ينطبق في حالة تنسيق محطة أرضية مع محطات متنقلة ولا مع محطات أرضية أخرى عاملة في الاتجاه المعاكس للإرسال، ولا في حالة الانتشار بالانتثار بالماء الجوي (أسلوب الانتشار (2)).

ويستخدم عدد من نموذجات الانتشار لتغطية آليات الانتشار التي تشاهد في مدى طيف الترددات بكامله. وتمثل الخسارة على المسير في هذه النموذجات دالّة مسافة متزايدة برتابة. وتحدد مسافات التنسيق بحساب تكراري للخسارة مع المسير من أجل قيم متزايدة للمسافة، إلى أن يتم الوصول إلى الخسارة اللازمة الدنيا أو إلى القيمة القصوى في حساب المسافة (انظر الفقرة 3.5.1).

وتنطلق الطريقة التكرارية دوماً من قيمة محددة للمسافة الدنيا d_{min} (km)، ثم يجري التكرار بخطوات ثابتة قدرها s (km) لقيم المسافات المتزايدة. ويوصى بأن تكون الخطوة مساوية 1 km.

4.1 سيناريوهات التشارك

تشرح الفقرات الفرعية التالية الفرضيات الأساسية لمختلف سيناريوهات التشارك بين المحطات الأرضية، ويجب قراءتها بالتوازي مع المعلومات الواردة في الجدول 1 وفي الفقرة 6.1 التي تقدم بعض التوجيهات بشأن رسم كفاف التنسيق.

1.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض

بالنسبة إلى محطة أرضية تعمل مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، تبدو المحطة الفضائية ساكنة بالنسبة إلى الأرض. ومع ذلك فإن التغيرات في قوى الثقالة التي تؤثر في المحطة الفضائية وصعوبات الحفاظ على الموقع تدل على أن المعلمات المدارية للمحطة الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض ليست ثابتة. وانتقال المحطة الفضائية عن موقعها المداري الاسمي في الاتجاه شرق/غرب (التفاوت المسموح في خط الطول) تحدده لوائح الراديو، ولكن لا توجد أي قيمة تحدد انتقال المحطة في الاتجاه شمال/جنوب (انزياح زاوية الميل).

إن تخفيف الحفاظ على الموقع في الاتجاه شمال/جنوب لمحطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض يسمح لمدارها أن يميل، وأن يتزايد ميله تدريجياً مع الزمن. وعليه يتعين أن يؤخذ في الاعتبار مدى تحرك هوائي المحطة الأرضية، عند تحديد منطقة التنسيق. وإذا ما كانت المحطة الأرضية تعمل مع محطات فضائية متعددة في مدارات مائلة قليلاً، يتعين النظر في جميع اتجاهات تسديد محور الحزمة الرئيسية للهوائي، واستخدام زاوية الارتفاع الدنيا لكل سمت. ثم إن اتجاه تسديد الهوائي للمحطة الأرضية، وإن كان يتغير مع الزمن من الناحية العملية، إلا أن هذا الهوائي يمكنه أن يسدد في نفس الاتجاه الواحد لفترة زمنية طويلة. لذلك يفترض أن كسب هوائي المحطة الأرضية في اتجاه الأفق هو ثابت. وفي حالة محطات أرضية تعمل مع محطة فضائية واقعة في مدار مثل المدار الموصوف أعلاه، يمكن للانطلاق من افتراض الكسب ثابتاً في اتجاه الأفق، بينما تزداد زاوية الميل، أن يؤدي إلى تقدير حريص متحفظ لمنطقة التنسيق، ويتزايد هذا التقدير تحفظاً مع تزايد زاوية الميل.

ويتم تحديد منطقة التنسيق لمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض وفقاً للإجراءات المشروحة في الفقرة 1.2.

2.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

تستطيع المحطات الأرضية التي تعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض أن تستخدم هوائياً اتجاهياً أو لا اتجاهياً. وفوق ذلك فإن المحطات الأرضية التي تستخدم هوائياً اتجاهياً تستطيع تتبّع مسير محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في مدارها.

ويفترض أن كسب الهوائي في اتجاه الأفق (الأفقي) يكون ثابتاً، في حالة محطة أرضية عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، ولكن هذا الكسب يتغير مع الزمن، عندما يتتبع هوائي المحطة الأرضية مسير محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في مدارها. وعليه يلزم أن يقدر التغير مع الزمن الذي يصيب الكسب الأفقي للهوائي وفق كل سمت حتى يمكن تحديد منطقة التنسيق. وهذا الإجراء مشروح في الفقرة 2.2.

وفيما يتعلق بمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، تؤدي حركة هوائي التتبع الذي كسبه مرتفع نسبياً إلى خفض احتمال حدوث تداخل ناجم عن أسلوب الانتشار (2)، وتكون المسافات اللازمة في هذا الأسلوب من الانتشار أقصر نسبياً. وتتيح مسافة التنسيق الدنيا d_{min} (انظر الفقرة 3.5.1) تأمين الحماية اللازمة في هذه الحالات. ويعتبر بالتالي أن كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (2) مطابق لدائرة يساوي نصف قطرها مسافة التنسيق الدنيا. ولا تعود هناك حاجة للحسابات في أسلوب الانتشار (2) في هذه الحالة، وتتحدد منطقة التنسيق فقط باستخدام إجراء أسلوب الانتشار (1) الوارد في الفقرة 2.2.

وتكون الحالة هي نفسها بشأن محطات أرضية عاملة مع محطة فضائية غير مستقرة وتستخدم هوائياً لا اتجاهياً، أي تكون المسافات اللازمة في أسلوب الانتشار (2)، وبسبب كسب الهوائي الضعيف، أقل من مسافة التنسيق الدنيا. وعليه يكون

كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (2) وفي حالة هوائي لا اتجاهي منطبقاً هنا أيضاً على دائرة يساوي نصف قطرها المسافة الدنيا d_{min}، وتتحدد مسافة التنسيق فقط باستخدام إجراء أسلوب الانتشار (1) الوارد في الفقرة 1.1.2.

وفيما يتعلق بمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض وتستخدم هوائياً اتجاهياً غير متتبع، تكون احتمالات حدوث تداخل ناجم عن أسلوب الانتشار (2) هي نفس الاحتمالات لحدوثه في حالة محطة أرضية عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض. وعليه تتحدد منطقة التنسيق في حالة هوائي اتجاهي غير متتبع، باستخدام إجراءات أسلوب الانتشار (1) وأسلوب الانتشار (2) الواردة الفقرة 1.2.

3.4.1 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة وغير مستقرة بالنسبة إلى الأرض على السواء

فيما يتعلق بمحطات أرضية مهيأة لكي تعمل أحياناً مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض وأحياناً أخرى مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، تحدد مناطق تنسيق منفصلة لكل نمط من التشغيل: فتحدد منطقة التنسيق لمحطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض وفقاً للإجراءات المشروحة في الفقرة 1.2، بينما تحدد منطقة التنسيق لمحطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض وفقاً للإجراء المشروح في الفقرة 2.2.

4.4.1 محطات أرضية عاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال

فيما يتعلق بمحطات أرضية عاملة في بعض نطاقات الترددات، فقد توجد بعض التوزيعات مع تساوي الحقوق على خدمات فضائية تعمل في الاتجاه أرض–فضاء وأخرى في الاتجاه فضاء–أرض. وفي مثل هذه الحالة، عندما توجد محطتان أرضيتان تعملان في اتجاهي الإرسال المتعاكسين، يكفي تحديد منطقة التنسيق لمحطة الإرسال الأرضية لأن محطات الاستقبال الأرضية سوف تؤخذ بالحسبان تلقائياً. وعليه، يتعين على محطة استقبال أرضية عاملة في نطاق ترددات موزع على اتجاهي الإرسال ألا تجري التنسيق مع محطة إرسال أرضية إلا إذا كانت تقع داخل حدود منطقة التنسيق لمحطة إرسال أرضية.

وفيما يتعلق بمحطة إرسال أرضية عاملة مع سواتل مستقرة أو غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، في نطاق ترددات موزع على اتجاهي الإرسال، تتحدد منطقة التنسيق وفقاً للإجراءات المشروحة في الفقرة 3.

5.4.1 محطات أرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية

فيما يتعلق بمحطات أرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية تعمل في النطاقات غير المخطط لها، تحدد منطقة التنسيق بتوسيع حدود منطقة الخدمة المعينة لكي تعمل المحطات الأرضية داخلها، بقدر مسافة تساوي مسافة التنسيق المحسوبة على أساس محطة أرضية نموذجية في الخدمة الإذاعية الساتلية. وعند حساب مسافة التنسيق لا يمكن افتراض توفر حماية إضافية من زاوية ارتفاع الأفق للمحطة الأرضية، أي نجعل ($A_h = 0$ dB) في الملحق 1، لجميع السموت حول المحطة الأرضية.

6.4.1 محطات أرضية في الخدمة المتنقلة (ما عدا المتنقلة للطيران)

فيما يتعلق بمحطة أرضية في الخدمة المتنقلة (ما عدا المتنقلة للطيران)، تحدد منطقة التنسيق بتوسيع حدود منطقة الخدمة المعينة لكي تعمل داخلها المحطات الأرضية المتنقلة (ما عدا المتنقلة للطيران)، بقدر مسافة تساوي مسافة التنسيق التي يمكن تمثيلها بمسافة تنسيق معينة مسبقاً أو يمكن حسابها. وعند حساب مسافة التنسيق لا يمكن افتراض توفر حماية إضافية من زاوية ارتفاع الأفق للمحطة الأرضية، أي نجعل A_h = 0 dB في الملحق 1، لجميع السموت حول المحطة الأرضية.

7.4.1 محطات أرضية في الخدمة المتنقلة للطيران

فيما يتعلق بمحطات أرضية في الخدمة المتنقلة للطيران، تحدد منطقة التنسيق بتوسيع حدود منطقة الخدمة المعينة لكي تعمل داخلها المحطة الأرضية في الخدمة المتنقلة للطيران، بقدر مسافة تساوي مسافة التنسيق المعينة مسبقاً المناسبة لمختلف الخدمات.

8.4.1 المحطات الأرضية القابلة للنقل

تُحسب منطقة التنسيق لمحطة أرضية قابلة للنقل في كل موقع على حدة.

9.4.1 المحطات الأرضية الثابتة العاملة في مواقع غير محددة ضمن منطقة خدمة

حيثما يُسمح بتنسيق المحطات الأرضية على أساس المنطقة، تُستخدم الطريقة التالية.

وفي المحطات الأرضية الثابتة العاملة في مواقع غير محددة داخل منطقة الخدمة التي تحددها الإدارة، تحدد منطقة التنسيق من خلال توسيع محيط منطقة الخدمة هذه إلى مسافة التنسيق القصوى (انظر الفقرة 3.4). ومن المسلم به أن هذا النهج متحفظ وأن الضرورة تدعو لإجراء المزيد من الدراسات في المستقبل. ونظراً لهذا النهج المتحفظ في تحديد الجهة التي يتعين التنسيق معها، وفي حين يجري العمل على تطوير هذه الدراسات، تُشجع الإدارات على وضع اتفاقات ثنائية فيما يتعلق بتنفيذ هذه المحطات الأرضية من أجل تقليل عدد المحطات الأرضية التي تتطلب التنسيق تفصيلاً إلى أدنى حد، ولا سيما حيث يرجح أن تقل مسافات الانتشار كثيراً عن مسافة التنسيق القصوى.

5.1 مفاهيم أسلوب الانتشار

فيما يتعلق بأسلوب الانتشار وحسب المتطلبات الملازمة لكل سيناريو من سيناريوهات التشارك (انظر الفقرة 4.1)، يجب تحديد الخسارة المتوقعة على المسير، وهي ترتبط بعدد من آليات الانتشار.

يمكن أن يُعزى حدوث التداخل إلى عدة آليات انتشار، فتسود هذه أو تلك من الآليات، حسب المناخ والتردد الراديوي والنسبة المئوية المعتبرة من الوقت والمسافة وتضاريس المسير. وفي أي لحظة من الزمن، يمكن أن توجد واحدة من هذه الآليات أو بعض منها. وآليات الانتشار المعتبرة في هذا الملحق لتحديد احتمال حدوث التداخل هي التالية:

- *الانعراج*: الخسارات التي تحدث بالانعراج فوق الأفق الطبيعي المحلي للمحطة الأرضية. وتسمى هذه الظاهرة فيما يلي "تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية". ويعتبر ما يتبقى من المسير على طول كل نصف قطر مسطحاً، وأنه لا يعاني من أي خسارة إضافية تحدث بالانعراج.
- *الانتشار التروبوسفيري*: تحدد هذه الآلية سوية تداخل "الخلفية" للمسيرات التي تزيد على 100 km والتي يصبح بعدها مجال الانعراج ضعيفاً جداً.
- *الجريان الموجه السطحي*: هذا هو أهم آلية تداخل قصير الأمد يشاهد فوق سطح الماء أو فوق المناطق البرية الساحلية المسطحة، وقد يكون هو مصدراً لإشارات كبيرة الشدة على المسافات الطويلة التي تزيد أحياناً على 500 km وقد تتجاوز مثل هذه الإشارات في بعض الظروف السوية المكافئة للانتشار في "الفضاء الحر".
- *الانعكاس أو الانكسار على الطبقات العلوية*: معالجة الانعكاس و/أو الانكسار على الطبقات التي قد تصل ارتفاعاتها إلى بضع مئات من الأمتار هي آلية مهمة تتيح للإشارات تجنب الخسارات بالانعراج الناجم عن التضاريس لأن هندسة المسير تكون مناسبة. وهنا أيضاً قد يكون التأثير كبيراً على المسافات الطويلة.
- *الانتشار بالماء الجوي*: قد يكون الانتشار بالماء الجوي مصدراً محتملاً للتداخل بين مرسلات محطات الأرض وبين المحطات الأرضية، لأنه يعمل بصورة متناحية فيكون له بالتأكيد تأثير، سواء وقع الحجم المشترك على أو خارج مسير التداخل على طول الدائرة الكبرى بين المحطة الأرضية التي تجري التنسيق وبين محطات الأرض أو محطات الاستقبال الأرضية الأخرى العاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال.

وتصنف ظواهر الانتشار في هذا الملحق وفق أسلوبين:

- *أسلوب الانتشار (1)*: ظواهر الانتشار في الجو الصافي (الانتشار التروبوسفيري وظاهرة الانتشار الموجه والانعكاس/الانكسار على الطبقات والامتصاص الغازي وتأثير الحجب بالتضاريس الأرضية). وتقتصر هذه الظواهر على الانتشار على طول مسير الدائرة الكبرى.

– *أسلوب الانتشار (2)*: الانتشار بالماء الجوي.

1.5.1 أسلوب الانتشار (1)

قُسِّم مدى الترددات المطبق إلى ثلاثة أجزاء من أجل تعيين المسافات اللازمة في أسلوب الانتشار (1):

– الترددات VHF/UHF (الموجات المترية والديسيمترية) الممتدة من 100 MHz إلى 790 MHz، ونسب مئوية من الوقت محصورة بين 1% و50% من سنة متوسطة: ويستند نموذج الانتشار إلى بيانات الرصد التي تتضمن جميع آليات أسلوب الانتشار (1) عدا تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية (الذي يطبَّق على نحو منفصل).

– الترددات الممتدة من 790 MHz إلى 60 GHz، ونسب مئوية من الوقت محصورة بين 0,001% و50% من سنة متوسطة: يراعي نموذج الانتشار الانتشار التروبوسفيري وظاهرة الانتشار الموجه والانعكاس/الانكسار على الطبقات، وتجرى حسابات منفصلة لكل من آليات أسلوب الانتشار (1).

– الترددات الممتدة من 60 GHz إلى 105 GHz، ونسب مئوية من الوقت محصورة بين 0,001% و50% من سنة متوسطة: ويستند نموذج الانتشار إلى الخسارة في الفضاء الحر وإلى تقدير متحفظ للامتصاص الغازي، كما يحسب حساب تعزيزات الإشارة في نسب مئوية ضئيلة من الوقت.

يحسب تغير الخسارة المتوقعة على المسير والناجم عن زاوية ارتفاع الأفق حول محطة أرضية بواسطة الطريقة المشروحة في الفقرة 1 من التذييل 1 للملحق 1، باستخدام زوايا ارتفاع الأفق والمسافات على طول مختلف أنصاف الأقطار حول المحطة الأرضية. وتؤخذ بالحسبان الخسارة الناتجة عن خصائص الأفق، في حالة الترددات المحصورة بين 100 MHz و105 GHz، فتدخل في قيمة الخسارة المتوقعة في أسلوب الانتشار (1)، إلا إذا كان استعمالها محظوراً صراحة في سيناريو خاص من سيناريوهات التشارك (انظر الفقرات 5.4.1 و6.4.1 و47.1 و9.4.1).

وفيما يتعلق بتعيين المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1)، جرى تقسيم العالم إلى أربع مناطق مناخية راديوية أساسية هي:

– المنطقة A1: هي منطقة برية ساحلية، أي برّ مجاور للمنطقة B أو للمنطقة C (انظر أدناه) حتى ارتفاع يصل إلى 100 m فوق السوية المتوسطة لسطح البحر أو المياه، ولكنها محدودة بمسافة قصوى قدرها 50 km عن المنطقة B أو المنطقة C الأقرب إليها. وفي غياب معطيات دقيقة عن كفاف السوية 100 m يمكن استخدام قيمة قريبة (300 قدم مثلاً). ويمكن أن تضم إلى المنطقة A1 المناطق الواسعة التي تبلغ مساحتها على الأقل 7 800 km^2 وتقع في البر الداخلي وتحتوي على بحيرات صغيرة عديدة أو على شبكة من الأنهار بحيث يغطي الماء أكثر من 50% من مساحتها، ويقع أكثر من 90% من برها فوق السوية المتوسطة لسطح الماء بأقل من 100 m.

– المنطقة A2: هي كل البر الآخر الذي لا يشمل المناطق البرية الساحلية المقصودة في المنطقة A1 أعلاه.

– المنطقة B: البحار "الباردة" والمحيطات والرقع المائية الداخلية الواسعة الواقعة عند خطوط عرض تزيد على 30°، باستثناء البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود. وتعرف الرقعة المائية الداخلية "الواسعة" لأغراض إدارية تهم التنسيق بأنها رقعة تقل مساحتها عن 7 800 km^2، باستبعاد مناطق الأنهار. وتعتبر الجزر الواقعة في هذه الرقع المائية كأنها مياه في حساب هذه المساحة إذا كان أكثر من 90% من مساحتها يقع فوق السوية المتوسطة لسطح الماء بأقل من 100 m. والجزر التي لا تستوفي هذه المعايير تصنف في عداد البر لأغراض حساب مساحة المياه.

– المنطقة C: البحار "الدافئة" والمحيطات والرقع المائية الداخلية الواسعة الواقعة عند خطوط عرض تقل عن 30°، بما فيها البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود.

الملاحظة 1 – يمكن أن تعلن الإدارات عن هذه المناطق الإضافية بأنها مناطق ساحلية A1 حتى يمكن إدخالها ضمن خريطة العالم الرقمية الصادرة عن الاتحاد الدولي للاتصالات (IDWM).

2.5.1 أسلوب الانتشار (2)

فيما يتعلق بتعيين المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2)، يمكن تجاهل التداخل الناجم عن الانتثار بالماء الجوي عند الترددات التي تقل عن 1 000 MHz وتزيد على 40,5 GHz خارج مسافة التنسيق الدنيا (انظر الفقرة 1.3.5.1). فسوية الإشارة التي تعاني من الانتثار تكون ضعيفة جداً تحت 1 000 MHz، وأما فوق 40,5 GHz، فعلى الرغم من حدوث انتثار شديد إلا أن الإشارة تضعف كثيراً على طول المسير بين حجم الانتثار ومحطة الأرض أو محطة الاستقبال الأرضية. ولا علاقة لتأثير الحجب بالتضاريس الأرضية بأسلوب الانتشار (2)، لأن مسير التداخل يمر عن طريق الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية التي تجري التنسيق.

3.5.1 حدود المسافة

يحتاج تقدير أثر التداخل على أنظمة الأرض والأنظمة الفضائية غالباً إلى الأخذ بالحسبان معايير التداخلين طويل الأمد وقصير الأمد. وتتمثل هذه المعايير عامة بقدرة تداخل مسموح بها يجب عدم تجاوزها خلال أكثر من نسبة مئوية معينة من الوقت.

فمعيار التداخل طويل الأمد (الذي يقابل نسباً مئوية من الوقت تساوي أو تزيد على 20%) يسمح بالتقيد بهدف أداء الأخطاء (للأنظمة الرقمية) وهدف أداء الضوضاء (للأنظمة التماثلية) ليلبي معايير التداخل المحددة على المدى الطويل. ويقابل هذا المعيار عامة سوية تداخل ضعيفة، لذلك يحتاج الأمر إلى درجة عالية من العزل بين المحطة الأرضية التي تجري التنسيق وبين محطات الأرض أو محطات الاستقبال الأرضية الأخرى العاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال.

بينما يقابل معيار التداخل قصير الأمد سوية تداخل أكثر ارتفاعاً، وهو مصحوب عادة بنسبة مئوية من الوقت محصورة بين 0,001% و1% وينتج عنه عدم تيسر النظام المعرّض للتداخل أو تجاوز لأهداف التداخل قصير الأمد المحددة (معدل الخطأ أو الضوضاء).

ولا يعالج الملحق 1 والملحق 2 إلا حماية المعيار قصير الأمد. ويفترض ضمناً أن تلبية المعيار قصير الأمد تحقق بالتالي تلبية كل معيار مصاحب طويل الأمد. وقد لا يبقى هذا الافتراض صالحاً على المسافات القصيرة، لأن آثاراً أخرى للانتشار (انعراج وانتثار بالمباني/بالتضاريس، إلخ) تظهر، وتحتاج إلى تحليل أكثر تفصيلاً. لذلك لا بد من تعيين مسافة تنسيق دنيا لاجتناب هذه المشكلة، وتكون مسافة التنسيق الدنيا دائماً تساوي أصغر قيمة لمسافة التنسيق المستعملة. وفي المسافات التي تساوي أو تفوق مسافة التنسيق الدنيا، يفترض بأن التداخل الناجم عن آثار الانتشار المستمر (الطويل الأمد) يجب ألا يتجاوز السويات المرخص بها وفقاً للمعايير الطويلة الأمد.

وبالإضافة إلى مسافة التنسيق الدنيا، يجب تعيين حدّ أعلى لمسافة الحساب. فمسافة التنسيق وفق كل سمت يجب أن تكون محصورة بين قيمتي مسافة التنسيق الدنيا ومسافة الحساب القصوى.

1.3.5.1 مسافة التنسيق الدنيا

إن مسافة التنسيق في أي اتجاه معين على أساس عوامل الانتشار وحدها يمكن أن تمتد من مسافة قريبة نسبياً من المحطة الأرضية إلى مئات الكيلومترات. وللأسباب المعروضة آنفاً، يلزم وضع حدّ أدنى لمسافة التنسيق هو d_{min}. والحساب التكراري لمسافة التنسيق ينطلق دوماً من هذه المسافة الدنيا التي تتغير مع عوامل الأرصاد الجوية الراديوية ومع نطاق الترددات (انظر الفقرة 2.4). وهذه المسافة الدنيا هي نفسها التي تستخدم في حسابات أسلوبي الانتشار (1) و(2).

2.3.5.1 مسافة الحساب القصوى

يحتاج الأمر في أسلوبي الانتشار (1) و(2) إلى مسافات الحساب القصوى. ففي أسلوب الانتشار (1) تقابل هذه المسافة مسافة التنسيق القصوى d_{max1} (المعرفة في الفقرة 3.4) في كل واحدة من المناطق المناخية الراديوية الأربع. فمسافة الحساب القصوى في أسلوب الانتشار (1) تتوقف إذاً على المناطق المناخية الراديوية التي يجتازها مسير الانتشار، كما هو مبين في الفقرة 3.4.

بينما تعطي الفقرة 2 من التذييل 2 للملحق 1 مسافة الحساب القصوى في أسلوب الانتشار (2).

6.1 كفاف التنسيق: مفاهيمه ورسمه

مسافة التنسيق التي تعيّن وفق كل سمت حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق هي التي تحدد كفاف التنسيق الذي يحيط بمنطقة التنسيق. وهي محصورة بين مسافة التنسيق الدنيا ومسافة الحساب القصوى.

وتسمح الإجراءات الواردة في هذا الملحق بتعيين المسافة التي تكون عندها الخسارة اللازمة الدنيا مساوية للخسارة المتوقعة على المسير. وفوق ذلك تقتضي بعض الإجراءات (انظر الملاحظة 1) بأن تؤخذ كبرى المسافتين المحسوبتين في أي سمت لأسلوب الانتشار (1) وأسلوب الانتشار (2) لتستخدم في تحديد كفاف التنسيق. وفي كلتا الحالتين يمكن للمسافة التي تتساوى عندها الخسارة اللازمة الدنيا مع الخسارة المتوقعة على المسير، أن تقع أو لا تقع ضمن مجال القيم الصالحة لتعيين حدود مسافة التنسيق. والمسافة التي تتحدد بعد تطبيق جميع الإجراءات تسمى المسافة اللازمة.

الملاحظة 1 – تستخدم الإجراءات ذاتها للحصول على الأكفة الإضافية والأكفة المساعدة (انظر الفقرتين 1.6.1 و2.6.1).

وتحدد منطقة التنسيق وفقاً لإحدى الطرائق التالية:

- حساب مسافات التنسيق وفق جميع اتجاهات السمت بدءاً من المحطة الأرضية، ثم رسم كفاف التنسيق بنسبة قياس صحيحة على خريطة مناسبة؛ أو
- توسيع منطقة الخدمة في جميع الاتجاهات بمسافة تساوي مسافة (مسافات) التنسيق المحسوبة؛ أو
- توسيع منطقة الخدمة في جميع الاتجاهات، في بعض الخدمات وبعض نطاقات الترددات، بمسافة تساوي مسافة التنسيق المعينة مسبقاً.

وإذا كان كفاف التنسيق يتضمن مؤثرات تداخل محتملة في أسلوب الانتشار (1) وفي أسلوب الانتشار (2)، تؤخذ المسافة اللازمة وفق جميع السموت مساوية للمسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) أو في أسلوب الانتشار (2)، أيهما أكبر.

تستند سيناريوهات التشارك والإجراءات المختلفة المعروضة في هذا الملحق إلى افتراضات مختلفة. وعليه فمنطقة التنسيق الموضوعة لأحد سيناريوهات التشارك يرجح أن تستند إلى اعتبارات تشارك ومسيرات تداخل وتقييدات تشغيل تختلف عن التي تستعمل لسيناريو تشارك مختلف آخر. إذاً يجب تحديد مناطق تنسيق منفصلة لكل واحد من سيناريوهات التشارك الموصوفة في الفقرة 4.1، وتكون كل منطقة تنسيق مختصة بخدمات الاتصال الراديوي التي يغطيها سيناريو التشارك الذي وضعت له. وفوق ذلك لا يمكن استخدام منطقة تنسيق موضوعة لواحد من سيناريوهات التشارك لتحديد اتساع الآثار المحتملة على خدمات الاتصال الراديوي التي يغطيها سيناريو تشارك مختلف آخر. وعليه فالمحطة الأرضية التي تجري التنسيق وهي تعمل في نطاق ترددات موزع على اتجاهي الإرسال وموزع أيضاً على خدمات الأرض يكون لها إذاً منطقتا تنسيق منفصلتان:

- منطقة تنسيق لتحديد الإدارات التي يحتمل لخدمات الأرض التابعة لها أن تتأثر تأثراً غير مؤات من اشتغال المحطة الأرضية التي تجري التنسيق؛
- ومنطقة تنسيق لتحديد الإدارات التي يحتمل لمحطات الاستقبال الأرضية التابعة لها أن تتأثر تأثراً غير مؤات من اشتغال المحطة الأرضية (المرسلة) التي تجري التنسيق.

ويظهر مما سبق أن تحديد منطقة تنسيق لمحطة أرضية يقتضي أن تحدد عامة عدة مناطق تنسيق منفردة، وأن ترسم كل منها على خريطة منفصلة. فمثلاً في حالة محطة أرضية ترسل إلى محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في النطاق GHz 11,7-10,7، ينبغي وضع مناطق التنسيق التالية حيال:

- خدمات الأرض التماثلية التي تستقبل في النطاق نفسه، وبذلك تؤخذ بالحسبان الآثار المحتمل حدوثها في مسيرات التداخل في أسلوب الانتشار (1) وفي أسلوب الانتشار (2)؛
- محطة أرضية تعمل مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض وتستقبل في النطاق نفسه، وبذلك تؤخذ بالحسبان الآثار المحتمل حدوثها من مسيرات التداخل في أسلوب الانتشار (1) وفي أسلوب الانتشار (2)؛

– محطة أرضية تعمل مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض وتستقبل في النطاق نفسه، وبذلك تؤخذ بالحسبان الآثار المحتمل حدوثها من مسيرات التداخل في أسلوب الانتشار (1).

وترسم أيضاً أكفة تنسيق منفصلة إذا كانت المحطة الأرضية ترسل وتستقبل في نطاقات ترددات مستعملة بالتشارك مع خدمات للأرض. وفيما يتعلق بالمحطات الأرضية العاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال، لا ترسم أكفة التنسيق حيال محطات أرضية أخرى إلا لمحطة إرسال أرضية (انظر الفقرة 4.4.1).

ويقدم الشكل 2 أمثلة من أكفة التنسيق لكل واحد من سيناريوهات التشارك المشروحة في الفقرة 4.1. ويلاحظ في بعض هذه السيناريوهات أن كفاف التنسيق (الممثل بخط متصل) الذي يحيط بكل منطقة تنسيق يرسم بنفس الكيفية. وأما في سيناريوهات التشارك التي يجب أن تؤخذ فيها بالحسبان مسيرات التداخل في أسلوب الانتشار (1) وفي أسلوب الانتشار (2)، فيمكن أن يرسم بخط منقط جزء الكفاف المتعلق بأسلوب الانتشار (1) وكذلك جزؤه المتعلق بأسلوب الانتشار (2) الواقعان داخل كفاف التنسيق الإجمالي.

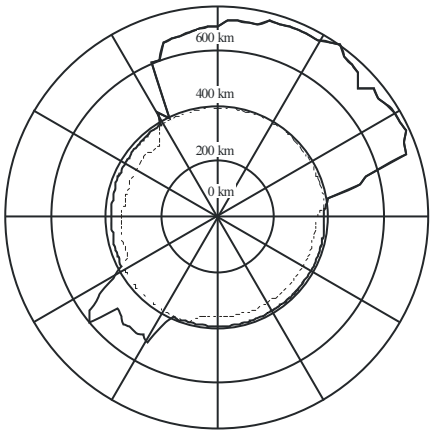
ويمكن أن ترسم، بالإضافة إلى كفاف التنسيق، أكفة إضافية وأكفة مساعدة (انظر الفقرتين 1.6.1 و2.6.1) لتسهيل المناقشات المستفيضة التي تستهدف التشارك. وترسم الأكفة الإضافية من أجل المحطة الأرضية التي تجري التنسيق وتتشارك في نطاقات الترددات مع خدمات أخرى للاتصال الراديوي أو مع أنماط أخرى من أنظمة الاتصال الراديوي في الخدمة ذاتها والتي تكون فيها معايير التشارك أقل صرامة من المعايير المنطبقة على نظام الاتصال الراديوي المستخدم لإنجاز منطقة التنسيق. ولكي ترسم هذه الأكفة الإضافية يمكن استخدام نفس الطريقة المستعملة لكفاف التنسيق، أو طرائق أخرى متفق عليها بين الإدارات على أساس ثنائي. وبشأن الأكفة المساعدة، فالافتراضات المتعلقة بمسير التداخل لمحطات الأرض المجهولة أو للمحطات الأرضية أو المتعلقة بتقييدات تشغيل هذه المحطات تكون أقل تحفظاً وحرصاً. فترسم أكفة مساعدة منفصلة لمسيرات التداخل في أسلوب الانتشار (1) وفي أسلوب الانتشار (2). وفي هذا السياق تسمى الأكفة التي ينطلق منها رسم كفاف التنسيق أكفة رئيسية، وتنسب الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (1) وأسلوب الانتشار (2) إلى الكفاف الرئيسي المناسب. ويمكن أيضاً لمختلف الافتراضات، التي تستخدم لوضع الأكفة المساعدة لكفاف أسلوب الانتشار (1) أو لكفاف أسلوب الانتشار (2)، أن تستخدم للأكفة الإضافية، وعليه يمكن إذاً رسم أكفة مساعدة لكفاف رئيسي أو لكفاف إضافي.

وترسم الأكفة الإضافية دائماً على خريطة مستقلة، لأنها تختص بأنماط أخرى من أنظمة خدمة الاتصال الراديوي نفسها أو من أنظمة خدمات اتصال راديوي أخرى. ولما كانت مختلف الافتراضات المستخدمة لتحديد الكفاف الرئيسي أو الكفاف الإضافي تستخدم هي نفسها للأكفة المساعدة، فإن هذه الأكفة المساعدة ترسم دائماً على نفس الخريطة الموجود عليها الكفاف الرئيسي أو الكفاف الإضافي الموافق.

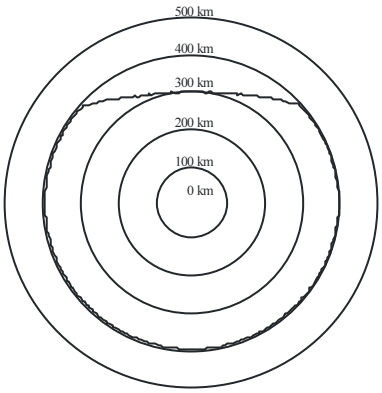
وبينما يساعد استعمال الأكفة الإضافية أو المساعدة على صياغة افتراضات أقل حرصاً وتحفظاً بشأن مسير التداخل وتقييدات التشغيل التي يجب أخذها بعين الاعتبار، فإن المحطات الأرضية تستطيع إرسال أو استقبال مختلف أصناف البث. ولذلك فمعلمات المحطات الأرضية الواجب استخدامها لتحديد كفاف التنسيق وأي كفاف إضافي أو مساعد هي المعلمات التي تؤدي إلى أكبر المسافات لكل حزمة هوائي تابع لمحطة أرضية ولكل نطاق ترددات موزع تتشاركه المحطة الأرضية التي تجري التنسيق مع أنظمة أخرى للاتصال الراديوي.

الشـــكل 2

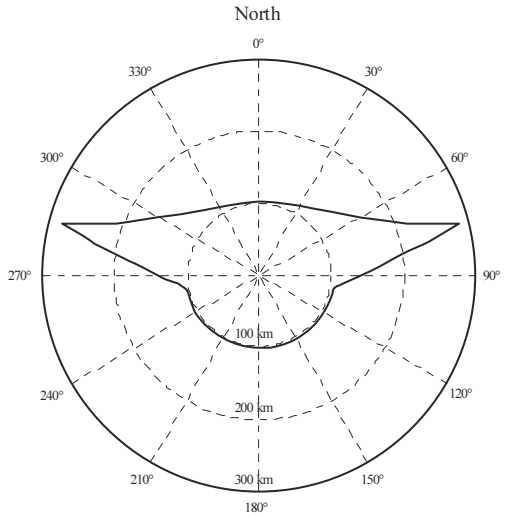
أمثلة من أكفة التنسيق المتعلقة بسيناريوهات التشارك المعددة في الفقرة 4.1



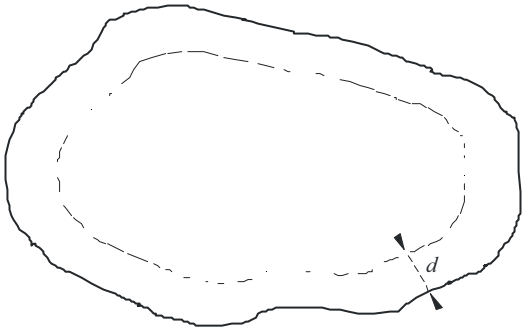
أ) مثال لكفاف تنسيق محطة أرضية عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) في الفقرتين 1.4.1 و3.4.1. وقد ينطبق هذا المثال على الفقرة 8.4.1 أيضاً. ويتألف كفاف التنسيق المرسوم بالخط المتصل الخارجي من كفاف أسلوب الانتشار (1) ومن كفاف دائري لأسلوب الانتشار (2) وقد يكون كفاف أسلوب الانتشار (1) مثالاً أيضاً لكفاف محطة أرضية مجهزة بهوائي اتجاهي ليس هوائي تتبع، وتعمل مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الفقرة 2.4.1



ب) مثال لكفاف تنسيق محطة أرضية مجهزة بهوائي تتبع، وتعمل مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة للأرض في الفقرتين 1.4.1 و3.4.1. وقد ينطبق هذا المثال على الفقرة 8.4.1 أيضاً.



ج) مثال لكفاف تنسيق محطة أرضية عاملة في نطاقات ترددات موزعة على اتجاهين في الفقرة 4.4.1. وقد ينطبق هذا المثال على الفقرة 8.4.1 أيضاً. وقد وضع كفاف التنسيق انطلاقاً من كفاف أسلوب الانتشار (1) لمحطة أرضية تجري التنسيق وتعمل مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض حيال محطات أرضية مجهولة تعمل مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO). انظر التذييل 6 للملحق 1 بشأن كفاف أسلوب الانتشار (2)، في حالة GSO-GSO.



د) مثال لكفاف تنسيق محطة أرضية عاملة في منطقة خدمة محددة في الفقرات 5.4.1 و6.4.1 و7.4.1 و9.4.1. وهذا الكفاف مرسوم بالخط المتصل الخارجي، ومنطقة الخدمة المحددة مرسومة بالخط المنقط. وقد تأخذ مسافة التنسيق d قيمة ثابتة أو قد تتغير مع السمت، حسب سيناريو التشارك ونمط خدمة الاتصال الراديوي.

SM.1448-02

1.6.1 الأكفة الإضافية

تقوم منطقة التنسيق على اعتبارات التشارك ومسيرات التداخل وتقييدات التشغيل في أسوأ حالة. ومن ثم، تُحدد منطقة التنسيق حيال نمط من محطات الأرض (أو في نطاق ترددات مع توزيع فضائي ثنائي الاتجاه، حيال محطة أرضية تعمل في الاتجاه المعاكس للإرسال) تكون مسافات التنسيق عنده هي الكبرى. وعليه، فقد افترض في حالة خدمات الأرض أن المحطات الثابتة التي تستخدم الانتشار التروبوسفيري تعمل في نطاقات ترددات يمكن أن تستخدمها مثل أنظمة الاتصال الراديوي هذه، كما افترض أن المحطات الثابتة التي تعمل في ترتيبات خط البصر وتستخدم التشكيل التماثلي هي عاملة في نطاقات ترددات أخرى. ومع ذلك، فقد تعمل في نفس المدى الترددي أيضاً أنظمة اتصال راديوي أخرى (مثل محطات أخرى للأرض)، تكون قيم كسب الهوائي فيها ضعيفة عادةً، أو معلمات نظام أقل صرامة من المعلمات التي استند إليها تحديد منطقة التنسيق وهكذا تستطيع الإدارة التي تسعى إلى التنسيق أن تحدد كفافاً إضافياً مستفيدة من طرائق أي من الفقرتين 2 أو 3 من الملحق 1، إن كانت قابلة للتطبيق، أو من طرائق أخرى متفق عليها. وتستطيع هذه الأكفة الإضافية أن تلعب دور كفاف تنسيق لنمط آخر من أنظمة الاتصال الراديوي في الخدمة نفسها أو في خدمة أخرى للاتصال الراديوي، شريطة أن يعقد اتفاق ثنائي بين الإدارات المعنية.

ولكي يوضع كفاف إضافي لأنماط أخرى من الأنظمة، مثل الأنظمة الثابتة الرقمية، يمكن العثور على معلمات النظام اللازمة في أحد الأعمدة المجاورة في الجداول 14 و15 و16. وفي غياب معلمات نظام مناسبة، يمكن حساب قيمة قدرة التداخل المسموح بها ($P_r(p)$) عن طريق المعادلة (142).

أما من الناحية الثانية فالإدارة التي تسعى إلى التنسيق تستطيع وضع أكفة إضافية، لكي تحدد مناطق أصغر استناداً إلى طرائق أكثر تفصيلاً، بغية تفحصها بعد عقد اتفاق ثنائي بين الإدارات المعنية. وقد تشكل هذه الأكفة أداة قيّمة، للاستبعاد السريع لمحطات الأرض أو المحطات الأرضية من كل دراسة جديدة. وفي حالة محطات أرضية تعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يمكن توليد الأكفة الإضافية بالاستعانة بالطريقة المشروحة في الفقرة 2.2.2 من هذا الملحق 1.

ويُرسم الكفاف الإضافي في خريطة منفصلة عن كفاف التنسيق ويمكن أن يمتلك مجموعة أكفة إضافية خاصة به (انظر الفقرة 2.6.1). ويمكن أن تشتمل الأكفة الإضافية على مسيرات تداخل في أسلوب الانتشار (1)، وعندما يسمح سيناريو التشارك بذلك، فهي تشتمل أيضاً على مسيرات تداخل في أسلوب الانتشار (2). وعلاوة على ذلك، فإن العنصر المتعلق بأسلوب الانتشار (1) من الكفاف الإضافي، يمكنه أن يستعمل نفس العامل التصحيحي (انظر الفقرة 4.4) الذي استخدم في تحديد كفاف التنسيق، إن كان ذلك يناسب خدمة الاتصال الراديوي. وفي كل الأحوال يجب أن تقع جميع أجزاء كل كفاف إضافي في أو ما بين الكفاف المعرّف بمسافة التنسيق الدنيا والكفاف الرئيسي المقابل لأسلوب الانتشار (1) أو أسلوب الانتشار (2).

2.6.1 الأكفة المساعدة

كما سبق الذكر، تقوم منطقة التنسيق على افتراضات التشارك ومسيرات التداخل وتقييدات التشغيل في أسوأ حالة. بيد أن التجربة العملية بينت أن مسافة الفصل اللازمة لمحطة أرضية تجري التنسيق وفق أي سمت، غالباً ما تكون أصغر بشكل محسوس من مسافة التنسيق، نظراً إلى أن أسوأ الافتراضات لا تنطبق على جميع المحطات الأرضية أو على جميع محطات الأرض. ويعود الفرق بين مسافة الفصل في هذا السياق ومسافة التنسيق إلى آليتين رئيسيتين:

- كسب الهوائي لمحطة الأرض (أو القدرة المشعة المكافئة المتناحية .e.i.r.p)، أو كسب هوائي محطة الاستقبال الأرضية، في اتجاه المحطة الأرضية التي تجري التنسيق، يكون أصغر من الكسب الذي يفترض أثناء حساب كفاف التنسيق؛
- يمكن التحسب لهامش ما، مثلاً لمراعاة تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية الذي لم يؤخذ بالحسبان في حسابات مسافة التنسيق.

تُرسم الأكفة المساعدة على الخريطة المستخدمة لنظام الاتصالات الراديوية الذي تنطبق عليه (أي الكفاف الرئيسي أو الإضافي حسب الاقتضاء)، ويتعين على الأكفة المساعدة أن تستخدم نفس الطريقة التي استخدمت في تحديد الكفاف الرئيسي

أو الإضافي الموافق. وفوق ذلك يجب أن تقع جميع أجزاء كل كفاف مساعد بين الكفاف المعرّف بمسافة التنسيق الدنيا والكفاف الرئيسي أو الإضافي الموافق أو على هذين الكفافين. واستعمال الأكفة المساعدة، يسهّل كثيراً أن تزال من التنسيق المفصل محطات أرضية أو للأرض واقعة في منطقة التنسيق، كانت قد اعتبرت إذاً أنها قد تتأثر تأثراً غير مؤات من المحطة الأرضية التي تجري التنسيق. وكل محطة أرضية أو للأرض واقعة خارج كفاف مساعد، وكسب هوائيها في اتجاه المحطة الأرضية التي تجري التنسيق يقل عن الكسب الذي يمثله الكفاف المساعد الموافق، يجب ألا تعتبر بعدئذ قادرة على أن تسبب تداخلات مهمة.

1.2.6.1 الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (1)

تحسب هذه الأكفة باستعمال نفس طريقة ما يقابلها من الكفاف الرئيسي أو الإضافي، ولكن بقيم الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1) المبينة في المعادلة (23)، والتي يتم تخفيضها تدريجياً بقدر 5 و10 و15 و20 dB إلخ. عن القيمة المستخدمة للكفاف الرئيسي أو الإضافي الموافق في أسلوب الانتشار (1)، إلى أن يتم بلوغ مسافة التنسيق الدنيا. إذن، تتيح الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (1) تلك الحالات التي يقل فيها كسب هوائي محطات الأرض أو قدرتها المشعة المكافئة المتناحية أو كسب هوائي محطات الأرض المستقبلة عن القيمة المفترضة في الجداول 14 و15 و16.

ولما كانت مسافات الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (1) محسوبة دون عامل تصحيحي (انظر الفقرة 4.4)، فقد تأتي وفق أي سمت أعلى من الكفاف الرئيسي أو الإضافي الموافق في أسلوب الانتشار (1). وفي سبيل تجنب وقوع ذلك في الحالات التي يطبق فيها عامل تصحيحي على الكفاف الرئيسي أو الإضافي، فإن المسافات القصوى في الكفاف المساعد في أسلوب الانتشار (1) وفق كل السموت تبقى مقصورة على مسافات الكفاف الرئيسي أو الإضافي الموافق في أسلوب الانتشار (1). وبعبارة أخرى فإن العامل التصحيحي سيحدّ المجال المحتمل لقيم الكفاف المساعد، بحيث لا يظهر داخل الكفاف الرئيسي أو الإضافي إلا الأكفة المساعدة التي تزيد قيمها على العامل التصحيحي المطبق (انظر الشكل 3). فإذا كانت مثلاً قيمة العامل التصحيحي الذي يطبق على الكفاف الرئيسي أو الإضافي في أسلوب الانتشار (1) تساوي 10 dB، يكون أول كفاف مساعد مرسوم يقابل تخفيضاً قدره 5 dB عن قيمة الخسارة اللازمة الدنيا، وتكون قيمة الكفاف المساعد بالتالي مساوية −15 dB (وتمثل الأكفة المساعدة اصطلاحاً بقيم سالبة لأنها توافق تخفيضاً في كسب هوائي محطة الاستقبال الأرضية أو للأرض أو في قيمة القدرة المشعة المكافئة المتناحية لمحطة الأرض).

وقد تدعو الحاجة لأن تؤخذ بالحسبان أيضاً آثار التداخل في أسلوب الانتشار (2)، حتى ولو كانت آثار التداخل في أسلوب الانتشار (1) قد أزيلت من التنسيق المفصل، لأن نموذجي الانتشار مبنيان على آليات تداخل مختلفة.

2.2.6.1 الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2)

يحسب الكفاف في أسلوب الانتشار (2) حول محطة أرضية، بافتراض أن الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية التي تجري التنسيق والحزمة الرئيسية لمحطة الأرض تتقاطعان تماماً (انظر الفقرة 3.1)، ولكن يُستبعد وقوع تقاطع تام بين هاتين الحزمتين الرئيسيتين. وعليه يمكن أن ترسم الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2) التي تأخذ بالحسبان أي انحراف في تسديد حزمة الهوائي لمحطة الأرض عن اتجاه المحطة الأرضية التي تجري التنسيق. وينتج عن هذا الانحراف تقاطع جزئي للحزمتين، وبالتالي احتمالات أقل لحدوث التداخل. وتحسب هذه الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2) بالطريقة المشروحة في التذييل 7 للملحق 1.

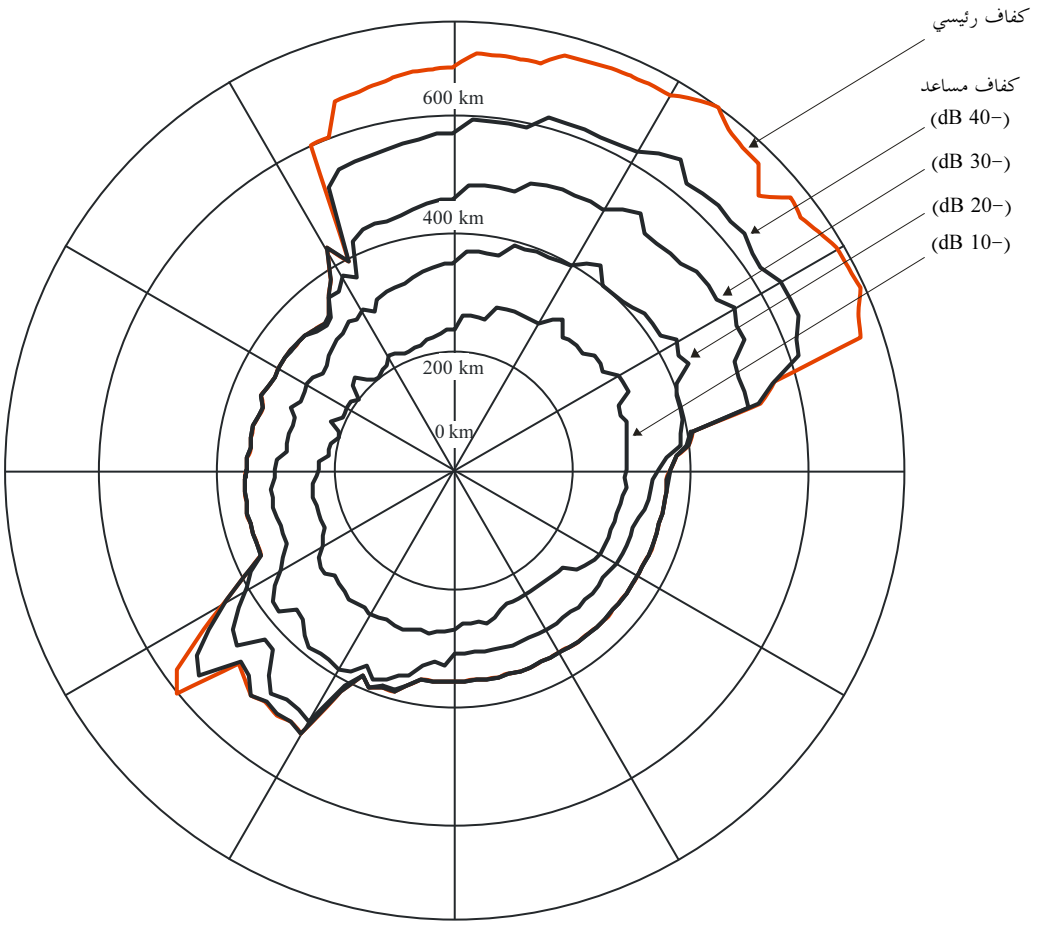
لا ترسم الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2) من أجل قيم مختلفة لكسب الهوائي أو للقدرة e.i.r.p. ولكن من أجل قيم مختلفة لزاوية تحاشي الحزمة. وعليه إذا كان الأمر يحتاج إلى تخفيض كلٍ من قيمة كسب الهوائي أو قيمة القدرة e.i.r.p. التابعين لمحطة للأرض وللأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2)، فإنه يجب أولاً تقدير أثر تخفيض كسب الهوائي أو القدرة e.i.r.p. على الكفاف في أسلوب الانتشار (2). ولذلك يرسم على خريطة مستقلة كفاف إضافي (انظر الفقرة 1.6.1) يقابل ما يخص محطة الأرض من قيمة مخفضة لكسب الهوائي أو للقدرة e.i.r.p. وعندئذ يمكن رسم أكفة مساعدة في أسلوب الانتشار (2) داخل

هذا الكفاف الإضافي في أسلوب الانتشار (2) من أجل قيم مختلفة لزاوية تحاشي الحزمة. وعليه يمكن استعمال الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2) استعمالاً كثيراً جداً مع كفاف إضافي بدلاً من استعمالها مع كفاف التنسيق.

ولا ينطبق العامل التصحيحي المدروس في الفقرة 3.1 على مسيرات التداخل في أسلوب الانتشار (2)، وهو بالتالي لا ينطبق أيضاً على الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2). وفوق ذلك لا يمكن أن ترسم أكفة مساعدة في أسلوب الانتشار (2) عندما يكون التوزيع على اتجاهي الانتشار.

الشـــكل 3

الكفاف الرئيسي في أسلوب الانتشار (1) والأكفة المساعدة



الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (1) مرسومة على أساس تصحيحات
قدرها –10 و–20 و–30 و–40 dB على الخسارة اللازمة الدنيا

SM.1448-03

وترسم أكفة مساعدة في أسلوب الانتشار (2) من أجل قيم مناسبة لزاوية تحاشي الحزمة الرئيسية لمحطة الأرض (انظر الشكل 4). وعندما تكون خصائص الهوائي لمحطات الأرض معروفة، ينبغي استعمال مخطط الهوائي المناسب (في هذه الطريقة، يجب أن يكون مخطط الهوائي رتيباً من حيث تخفيض الكسب على جانبي محور الحزمة الرئيسية) لتحديد الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2). وفي غياب مثل هذا المخطط، يمكن استعمال مخطط الهوائي المرجعي المعطى في الفقرة 3 من التذييل 7 للملحق 1.

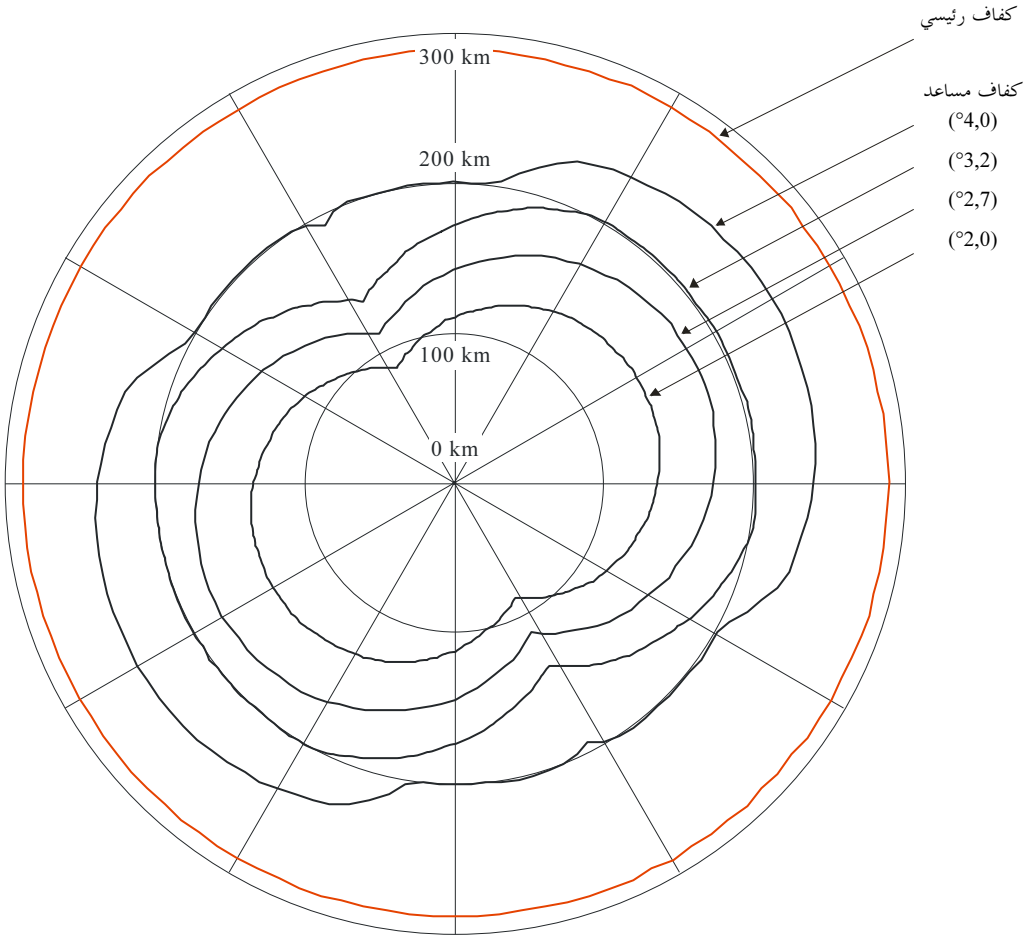
2 تحديد منطقة التنسيق لمحطة أرضية حيال محطات للأرض

يعرض هذا القسم الإجراءات الواجب استعمالها لتحديد منطقة التنسيق في حال المحطات الأرضية التي تتشارك نطاقات الترددات مع محطات للأرض. وتغطي هذه الإجراءات حالات المحطات الأرضية العاملة مع محطات فضائية مستقرة أو غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض وهي مشروحة في الفقرات التالية.

وفيما يتعلق بالمحطات الأرضية العاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يجب أن يؤخذ بالاعتبار أن كسب الهوائي للمحطة الأرضية في اتجاه الأفق يتغير مع الزمن.

الشـــكل 4

الكفاف الرئيسي في أسلوب الانتشار (2) والأكفة المساعدة



تُظهر الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2) لزوايا تحاشي الحزمة الرئيسية لمحطة الأرض
بقيم 2,0° و2,7° و3,2° و4,0°، على التوالي

SM.1448-04

1.2 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض

فيما يتعلق بمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، تعتبر قيمتا الكسبين G_t وG_r في اتجاه الأفق ثابتتين مع الزمن. والنسبة المئوية من الوقت المصاحبة للخسارة L_b في المعادلة (1) هي نفس النسبة المئوية من الوقت p المصاحبة للقدرة $P_r(p)$. ولكي تحدد منطقة التنسيق بين محطة أرضية تجري التنسيق وتعمل مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض

ومع أنظمة للأرض، تؤخذ مسافة التنسيق وفق جميع السموت مساوية لكبرى المسافتين اللازمتين في أسلوب الانتشار (1) أو في أسلوب الانتشار (2). وتتعين المسافتان اللازمتان في هذين الأسلوبين من الانتشار وفقاً للإجراءات المشروحة في الفقرتين 1.1.2 و2.1.2 على التوالي، بعد أن تؤخذ بالحسبان المناقشة التالية المتعلقة بالحفاظ على موقع المحطة.

عندما يخفف الحفاظ على الموقع في الاتجاه شمال/جنوب لمحطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يصبح مدار هذه المحطة مائلاً، ويتزايد ميله تدريجياً مع الزمن. وإذ تشاهَد من الأرض، ترسم المحطة الفضائية شكل 8 كل 24 ساعة. وحركة المحطة الفضائية هذه بالنسبة إلى موقعها الاسمي قد تستلزم إجراء تصحيحات صغيرة في زاوية ارتفاع حزمة الهوائي في المحطة الأرضية. ولكي يتم تجنب مراعاة هذا التغير الزمني لكسب الهوائي في اتجاه الأفق، فإن منطقة التنسيق لمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية موجودة في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض مائل قليلاً، تتحدد من أجل زاوية الارتفاع الدنيا والسمت المصاحب الذي تصبح المحطة الفضائية مرئية فيه من المحطة الأرضية (انظر التذييل 3 للملحق 1).

1.1.2 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (1) حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق

يتحدد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (1) انطلاقاً من آليات الانتشار على الدائرة الكبرى، ويفترض أن جميع محطات الأرض في مسير التداخل مسددة في اتجاه موقع المحطة الأرضية التي تجري التنسيق. وتكون المسافة اللازمة وفق كل سمت في أسلوب الانتشار (1) هي المسافة التي تصبح عندها الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (1) مساوية لقيمة الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1)، $L_b(p)$ (dB)، على النحو المعرّف في الفقرة 3.1.

$$L_b(p) = P_t + G_e + G_x - P_r(p) \quad \text{dB} \tag{4}$$

حيث:

P_t و$P_r(p)$: كما هما معرفتان في الفقرة 3.1

G_e: كسب الهوائي للمحطة الأرضية التي تجري التنسيق (dBi)، في اتجاه الأفق ومن أجل زاوية ارتفاع الأفق والسمت المعتبرين

G_x: الكسب الأقصى للهوائي (dBi) المفترض لمحطة الأرض. ويعطي الجدولان 14 و15 قيم الكسب G_x من أجل نطاقات الترددات المختلفة.

ويتم تحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) وفقاً للإجراءات المشروحة في الفقرة 4 والطرائق المفصلة المعروضة في التذييل 1 للملحق 1. وتوجد في الفقرة 4.4 توجيهات خاصة تتعلق بتطبيق هذه الإجراءات.

2.1.2 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (2) حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق

المسافة اللازمة في حالة الانتشار بالماء الجوي هي المسافة التي تصبح عندها الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (2) مساوية للخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (2) $L(p.)$ المعرّفة في المعادلة (3). ويتم تحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2) وفقاً للتوجيهات المعطاة في الفقرة 5 والطرائق المفصلة المعروضة في التذييل 2 للملحق 1.

فيما يتعلق بمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض موجودة في مدار مائل قليلاً، يتم تحديد كل واحد من كفافي التنسيق في حالة الانتشار بالمطر المقابلين لكل واحد من موقعي الساتل المداريين المتطرفين، بصورة منفصلة، باستخدام زاويتي الارتفاع وسمتيهما المصاحبين بالنسبة إلى الساتل. وتكون منطقة الانتشار بالمطر هي المنطقة الكلية المشتركة الحادثة من تراكب كفافي التنسيق.

ولمحطة أرضية معدة للعمل مع المحطات الفضائية في مختلف مواقع المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، يحدَد كفافا التنسيق في حالة الانتشار بالمطر لموقع مدار أقصى الشرق وأقصى الغرب كل على حدة. وتكون منطقة الانتشار بالمطر هي المنطقة الكلية المشتركة الحادثة من تراكب كفافي التنسيق. وإذا كانت إحدى المحطتين أو كلتاهما في مدارات مائلة قليلاً، تُستخدم المواقع المدارية الأكثر تطرفاً، حسب الاقتضاء.

2.2 محطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

فيما يتعلق بمحطة أرضية تعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض وهوائياتها تتتبع المحطات الفضائية، يكون كسب الهوائي في اتجاه الأفق وفق أي سمت متغيراً مع الزمن. وهناك طريقتان لأخذ هذا التأثير في الحسبان، ويرد وصفهما في الفقرات أدناه:

- طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG) (انظر الفقرة 1.2.2)؛
- طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG) (انظر الفقرة 2.2.2).

تُستخدم طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG) لتحديد كفاف التنسيق. وتتميز هذه الطريقة بسهولة التنفيذ لأنها لا تعتمد على توافر توزيع قيم كسب هوائي المحطة الأرضية باتجاه الأفق. ونتيجة لهذا التبسيط، فإنها عادة ما تبالغ في تقدير المسافة اللازمة. ويمكن للإدارات استخدام طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG) لرسم أكفة إضافية والحصول على نتائج أقل تحفظاً من أجل تخفيف عبء التنسيق وعلى أساس الاتفاقات الثنائية والمتعددة الأطراف.

ومقارنة بطريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG)، تنتج طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG) مسافات أقصر عادة، غير أنها تستلزم جهداً أكبر في تحديد التوزيع التراكمي لكسب هوائي المحطة الأرضية باتجاه الأفق لكل سمت يتعين النظر فيه.

وفي حالة محطة استقبال أرضية، تُحدد قدرة التداخل المسموح، $Pr(p)$، فيما يتعلق بالنسبة المئوية الفعلية للوقت الذي يشغَّل فيه المستقبل بدلاً من مجموع الوقت المنقضي. وهكذا تحدّد النسبة المئوية للوقت، p، لكل الوقت التشغيلي الذي يُتوقع لمحطة استقبال أرضية أن تنفقه في الاستقبال من المحطات الفضائية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض، ولكن هذه النسبة المئوية للوقت تستبعد أي وقت استقبال من المحطات الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

وعند النظر في كسب هوائي محطة أرضية مرسلة أو مستقبلة باتجاه الأفق، لا يتعين النظر إلا في قيم الكسب باتجاه الأفق خلال الوقت التشغيلي. وعند إعداد التوزيعات التراكمية للكسب باتجاه الأفق في طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG) تكون النسب المئوية من الوقت هي النسب المئوية من الوقت التشغيلي. وبالتالي، قد تكون هناك فترات أو نسب مئوية من الوقت لا يُحدد فيها أي كسب أفق. ولا يشكل ذلك أي مشكلة في تنفيذ أي من الطريقتين الموضحتين في هذه الفقرة، ويتسق مع قدرة التداخل المسموحة لمحطات استقبال مجهولة محددة في الجدول 14 ومع قدرات التداخل المسموحة لمحطات استقبال أرضية، على النحو الذي جرى تناوله في الفقرة السابقة في الجدول 15.

وتحدَد توزيعات كسب الهوائي باتجاه الأفق باستخدام التذييل 4 للملحق 1. ويمكن استخدام مخططات إشعاع مرجعية أو مقيسة للهوائي على النحو الموضح في التذييل 3 للملحق 1.

1.2.2 تحديد منطقة التنسيق باستخدام طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG)

تستخدم طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG) قيماً ثابتة لكسب الهوائي على أساس التغير الأقصى المفترض في كسب الهوائي باتجاه الأفق في كل سمت قيد النظر. أما قيم كسب الهوائي باتجاه الأفق المعرّفة أدناه، فهي تُستخدم لكل سمت عند تطبيق المعادلة (4) لتحديد المسافات المطلوبة وفق أسلوب الانتشار (1):

$$\begin{aligned} & G_e = G_{max} && \text{for} && (G_{max} - G_{min}) \le 20 \text{ dB} \\ & G_e = G_{min} + 20 && \text{for } 20 \text{ dB} < && (G_{max} - G_{min}) < 30 \text{ dB} \\ & G_e = G_{max} - 10 && \text{for} && (G_{max} - G_{min}) \ge 30 \text{ dB} \end{aligned} \qquad (5)$$

حيث:

G_e: الكسب لهوائي المحطة الأرضية التي تجري التنسيق (dBi) في اتجاه الأفق، مأخوذاً عند زاوية ارتفاع الأفق والسمت المقصودين في المعادلة (4)

G_{max} وG_{min}: القيمتان القصوى والدنيا على التوالي لكسب الهوائي في اتجاه الأفق (dBi) مأخوذتان عند السمت المعني.

يتم الحصول على القيمتين القصوى والدنيا لكسب الهوائي الأفقي عند السمت المعتبر، انطلاقاً من مخطط الهوائي ومن التباعد الزاوي الأقصى والأدنى لمحور الحزمة الرئيسية للهوائي عن اتجاه الأفق الطبيعي عند السمت المعني.

عندما تتحدد قيمة وحيدة لزاوية الارتفاع الدنيا لمحور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية، عند جميع السموت، يمكن تحديد القيمتين القصوى والدنيا للكسب الأفقي وفق كل سمت، انطلاقاً من مخطط الإشعاع للهوائي وزاوية ارتفاع الأفق في هذا السمت. ورسم الخط البياني لزاوية الارتفاع في اتجاه الأفق بدلالة السمت يسمى جانبية الأفق للمحطة الأرضية.

وقد تُدرج عدة تقييدات إضافية في تحديد القيمتين القصوى والدنيا لكسب الهوائي الأفقي، في حالة محطة أرضية تعمل مع كوكبة من السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض عند خط عرض لا يُرى عنده أي ساتل من زاوية الارتفاع الدنيا الموصّفة للمحطة الأرضية في مدى كامل من السموت. وعلى هذا المدى من السموت، تعطى زاوية الارتفاع الدنيا لمحور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية بزاوية الارتفاع الدنيا التي يكون عندها أي ساتل من الكوكبة مرئياً عند هذا السمت. ويمكن تحديد علاقة التبعية بين السمت وزاوية الارتفاع الدنيا التي تكون السواتل مرئية فيها انطلاقاً من خط طول المدار وزاوية ميل سواتل الكوكبة، دون الحاجة للجوء إلى أي محاكاة، باستخدام إجراء الفقرة 1.1 في التذييل 4 للملحق 1. وفي هذه الحالة، يتوقف كسب الهوائي في اتجاه الأفق المطلوب استخدامه في الطريقة، على جانبية زاوية الارتفاع الدنيا المركبة. وتكون زاوية الارتفاع الدنيا المركبة هذه عند أي سمت إما زاوية الارتفاع الدنيا التي تكون السواتل مرئية فيها عند السمت المعتبر، وإما زاوية الارتفاع الدنيا المحددة للمحطة الأرضية والتي هي مستقلة عن السمت، أي الزاويتين أكبر.

وهكذا سيتحدد عند كل سمت معتبر كسب الهوائي الأقصى في اتجاه الأفق استناداً إلى القيمة الدنيا للتباعد الزاوي بين جانبية الأفق للمحطة الأرضية عند هذا السمت وبين جانبية زاوية الارتفاع الدنيا المركبة. وكذلك سيتحدد كسب الهوائي الأدنى في اتجاه الأفق استناداً إلى القيمة العظمى للتباعد الزاوي بين جانبية الأفق للمحطة الأرضية عند هذا السمت وبين جانبية زاوية الارتفاع الدنيا المركبة. وترد في الفقرة 2.1 من التذييل 4 للملحق 1 الطريقة التي تتيح حساب التباعد الزاوي الأدنى والأقصى بالنسبة إلى جانبية زاوية الارتفاع الدنيا المركبة.

ويتم عندئذ تحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) وفقاً للإجراءات الواردة في الفقرة 4 والطرائق المفصلة في الملحق 1. وتوجد في الفقرة 4.4 توجيهات خاصة تتعلق بتطبيق حسابات الانتشار.

2.2.2 تحديد منطقة التنسيق باستخدام طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG)

تتطلب طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG) التوزيع التراكمي لكسب هوائي متغير مع الزمن باتجاه الأفق لمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض. وتقرّب هذه الطريقة تلفيف توزيع كسب هوائي المحطة الأرضية باتجاه الأفق والخسارة على المسير في أسلوب الانتشار (1). وقد تنتج هذه الطريقة مسافات أقصر قليلاً من تلك المحصَّلة بتلفيف مثالي. ويتعذر تنفيذ تلفيف مثالي بسبب القيود المفروضة على النموذج الحالي لأسلوب الانتشار (1). وتؤخذ المسافة اللازمة بأسلوب الانتشار (1) في السمت قيد النظر على أنها أطول مسافة ناتجة عن مجموعة حسابات يقوم كل منها على المعادلة (4). وتسهيلاً لهذه الحسابات، يمكن إعادة كتابة المعادلة (4) للحساب المكرر للمرة n في الشكل التالي:

$$L_b(p_v) - G_e(p_n) = P_t + G_x - P_r(p) \quad \text{dB} \tag{6}$$

مع التقييد التالي:

$$p_v = \begin{cases} 100\, p / p_n & \text{for } p_n \geq 2\, p \\ 50 & \text{for } p_n < 2\, p \end{cases} \quad \%$$

حيث:

$Pt, Pr(p)$: كما هما معرّفتان في الفقرة 3.1، حيث p هي النسبة المئوية من الوقت المرتبطة بقدرة التداخل المسموح به $Pr(p)$

G_x: الكسب الأقصى المفترض (dBi) لهوائي محطة الأرض. ويعطي الجدولان 14 و15 قيم الكسب G_x في نطاقات الترددات المختلفة

$Ge\ (pn)$: ما يُتجاوز بنسبة $pn\%$ من الوقت فوق كسب الهوائي للمحطة الأرضية التي تجري التنسيق (dBi)، في اتجاه الأفق ومن أجل زاوية ارتفاع الأفق والسمت المعتبرين

$Lb, (pv)$: الخسارة اللازمة الدنيا (dB) في أسلوب الانتشار (1) أثناء $pv\%$ من الوقت، وهذه القيمة يجب أن تتجاوزها الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (1) طوال الوقت، ما عدا أثناء $pv\%$ من الوقت.

تحدّد قيم النسب المئوية للوقت، pn، المزمع استخدامها في المعادلة (6) في سياق التوزيع التراكمي للكسب باتجاه الأفق. ويتعين إعداد هذا التوزيع لمجموعة محددة سلفاً من قيم الكسب باتجاه الأفق تمتد من القيم الدنيا إلى القصوى للسمت قيد النظر. ويدل الرمز على قيمة الكسب باتجاه الأفق الذي يتمم التوزيع التراكمي لهذا الكسب والذي تتناسب قيمته مع النسبة المئوية من الوقت، pn، التي تمثل قيمتها النسبة المئوية من الوقت التي يتجاوز فيه الكسب باتجاه الأفق قيمة هذا الكسب ذات الترتيب n. ويمكن استخدام الإجراء الوارد في الفقرة 2 من التذييل 4 لإعداد هذا التوزيع.

ولكل من قيم النسب المئوية للوقت، pn، تُستخدم قيمة كسب الهوائي باتجاه الأفق لهذه النسبة المئوية للوقت، $G_e(p_n)$، في المعادلة (6) لتحديد الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1). ويتعين ألا تتجاوز الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (1) هذه الخسارة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) لأكثر من $pv\%$ من الوقت، على النحو المحدد في القيد المفروض على المعادلة (6). ثم تحدد سلسلة من مسافات أسلوب الانتشار (1) باستخدام الإجراءات الموضحة في الفقرة 4 والطرائق المفصلة في التذييل 1 للملحق 1. وترد في الفقرة 4.4 توجيهات خاصة تتعلق بتطبيق حسابات الانتشار.

وتكون المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) آنئذ المسافة القصوى في سلسلة مسافات هذا الأسلوب المحصَّلة من أي قيمة للنسبة المئوية من الوقت، pn، رهناً بالقيد المفروض على المعادلة (6). ويرد في التذييل 5 للملحق 1 وصف مفصل لطريقة استخدام المعادلة (6) لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1).

3 تحديد منطقة التنسيق بين محطات أرضية عاملة في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال

يشرح هذا القسم الإجراءات الواجب استعمالها لتحديد منطقة التنسيق لمحطة أرضية ترسل في نطاق ترددات موزع على خدمات فضائية تعمل في نفس الوقت في الاتجاه أرض–فضاء وفي الاتجاه فضاء–أرض.

وهناك سيناريوهات تنسيق مختلفة تعتمد فقط على قيم كسب هوائيات لا تتغير مع الزمن أو فقط على قيم كسب هوائيات تتغير مع الزمن (والمحطتان الأرضيتان تعملان مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض) أو أيضاً على كسب هوائي يتغير مع الزمن وكسب هوائي لا يتغير مع الزمن.

وتجد فيما يلي شرح الطرائق التي تسمح بتحديد منطقة التنسيق، وهي خاصة بكل واحدة من حالات الاستخدام ثنائي الاتجاه. فالفقرة 1.3 تعرض الإجراءات التي تنطبق على سيناريو التنسيق عندما تكون المحطتان الأرضيتان تعملان مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض. وتبحث الفقرة 2.3 في سيناريوهات التنسيق الأخرى في حالة التوزيع ثنائي الاتجاه، مع التشديد على الصيغ التي تستعمل كسب الهوائي الأفقي لمحطة الاستقبال الأرضية لكل سيناريو من سيناريوهات التنسيق المحتملة في إجراء الفقرة 2 المناسب.

ويقدم الجدول 16 المعلمات الواجب استخدامها لتحديد منطقة التنسيق وتبيان ما إذا كانت محطات الاستقبال الأرضية تعمل في كل نطاق مع محطات فضائية مستقرة أو غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض. وفي بعض نطاقات الترددات، تستطيع محطات الاستقبال الأرضية أن تعمل مع محطات فضائية مستقرة وغير مستقرة بالنسبة الأرض على السواء، ويبين الجدول 2 عدد أكفة التنسيق التي يجب رسمها لكل واحد من سيناريوهات التنسيق والقسم الذي توجد فيه (أو الأقسام) طرائق الحساب التي تطبق. وبمجرد رسم كل كفاف تنسيق يجب وسمه بالشكل المناسب.

الجـــدول 2

أكفة التنسيق اللازمة لكل سيناريو من سيناريوهات التوزيع ثنائي الاتجاه

محطة أرضية تجري التنسيق وتعمل مع محطة فضائية في	محطات استقبال أرضية مجهولة تعمل مع محطات فضائية في	الفقرة المذكورة فيها الطريقة التي تحدد G_t وG_r	الأكفة اللازمة	
			الرقم	التفصيلات
مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض	مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض	الفقرة 1.3	1	كفاف تنسيق يتضمن في نفس الوقت الأكفة في أسلوب الانتشار (1) وفي أسلوب الانتشار (2).
	مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض	الفقرة 1.2.3	1	كفاف تنسيق في أسلوب الانتشار (1).
	مدارين مستقرين وغير مستقرين بالنسبة إلى الأرض[1]	الفقرتان 1.1.3 و1.2.3	2	كفافا تنسيق منفصلان، واحد للمدار المستقر بالنسبة إلى الأرض (كفاف في أسلوب الانتشار (1) وكفاف في أسلوب الانتشار (2))، والآخر للمدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض (كفاف في أسلوب الانتشار (1)).
مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض	مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض	الفقرة 2.2.3	1	كفاف تنسيق في أسلوب الانتشار (1).
	مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض	الفقرة 3.2.3	1	كفاف تنسيق في أسلوب الانتشار (1).
	مدارين مستقرين وغير مستقرين بالنسبة إلى الأرض[1]	الفقرتان 2.2.3 و3.2.3	2	كفافا تنسيق منفصلان في أسلوب الانتشار (1)، واحد للمدار المستقر بالنسبة إلى الأرض والآخر للمدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض.

[1] يمكن في هذه الحالة أن يتضمن نطاق الترددات الموزع على اتجاهي الإرسال توزيعات في الاتجاه أرض–فضاء للمحطات الفضائية المستقرة وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض. ولذلك فالإدارة التي تجري التنسيق لن تعرف ما إذا كانت محطات استقبال أرضية مجهولة تعمل مع محطات فضائية مستقرة أو غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

1.3 المحطة الأرضية التي تجري التنسيق والمحطات الأرضية المجهولة عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض

عندما تكون المحطة الأرضية التي تجري التنسيق والمحطات الأرضية المجهولة تعمل في نفس الوقت مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يلزم وضع كفاف تنسيق يتضمن في نفس الوقت كفافاً في أسلوب الانتشار (1) وآخر في أسلوب الانتشار (2)، وفقاً للإجراءات المشروحة على التوالي في الفقرتين 1.1.3 و2.1.3.

1.1.3 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (1) حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق

تختلف الطريقة التي تتيح تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (1) في هذه الحالة عن الطريقة المشروحة في الفقرة 1.2.2 بنقطتين. الأولى هي أن المعلمات الواجب استخدامها بشأن محطة الاستقبال الأرضية المجهولة هي المعلمات الواردة في الجدول 16. والثانية، وهي الأهم، هي أن معرفة المحطتين الأرضيتين تعملان مع سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يمكّن من استخدامها لحساب أسوأ كسب في اتجاه الأفق لهوائي محطة الاستقبال الأرضية في اتجاه محطة الإرسال الأرضية وفق كل سمت انطلاقاً من محطة الإرسال الأرضية. والمسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) تقابل قيمة الخسارة المتوقعة على المسير في

أسلوب الانتشار (1) التي تساوي الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1) $L_b(p)$ (dB) على النحو المعرّف في الفقرة 3.1 والذي يكرر هنا للتسهيل:

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad \text{dB} \tag{7}$$

حيث:

Pt و$P_r(p)$: كما هما معرّفتان في الفقرة 3.1

G_t: الكسب في اتجاه الأفق لهوائي المحطة الأرضية (للإرسال) التي تجري التنسيق (dBi)، مأخوذاً عند زاوية ارتفاع الأفق والسمت المعنيين

G_r: الكسب في الأفق لهوائي محطة الاستقبال الأرضية المجهولة في اتجاه محطة الإرسال الأرضية وفق السمت الخاص من المحطة الأرضية التي تجري التنسيق. وتحدد القيم بالإجراء المشروح في الفقرة 1.2 من التذييل 6 للملحق 1 المستند إلى معلمات الجدول 16.

ولكي تحدد بسهولة أكبر قيم G_r الواجب استخدامها وفق سمت ما من محطة الإرسال الأرضية، يجب القيام بعدة تقريبات تبسيطية:

- زاوية ارتفاع محطة الاستقبال الأرضية في اتجاه الأفق تساوي صفراً من الدرجات على جميع السموت؛
- محطة الاستقبال الأرضية تعمل مع محطة فضائية تبلغ زاوية ميل مدارها صفراً من الدرجات، ويمكنها أن تقع في أي نقطة من المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض فوق زاوية الارتفاع الدنيا الواردة في الجدول 16، لموقع محطة الاستقبال الأرضية؛
- خط العرض لمحطة الاستقبال الأرضية هو نفس خط العرض لمحطة الإرسال الأرضية؛
- يمكن استخدام شكل هندسي مستوٍ بدلاً من مسير الدائرة الكبرى، لإنشاء علاقة بين الزوايا السمتية لمختلف المحطات الأرضية.

وتشكل الافتراضات الثلاثة الأولى أساساً لتحديد كسب الهوائي لمحطة الاستقبال الأرضية في اتجاه الأفق على أي سمت. وافتراض زاوية ارتفاع الأفق مساوية 0° هو افتراض متحفظ حريص، لأن زيادة كسب الهوائي في اتجاه الأفق الناجمة عن أفق مرتفع يعوّضها عملياً كل تأثير حجب حقيقي بالتضاريس الأرضية. لا يمكن افتراض أي تأثير حجب بالتضاريس الأرضية لمحطة الاستقبال الأرضية، ولكن يمكن أن يؤخذ بالاعتبار تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية على صعيد محطة الإرسال الأرضية، بعد مراعاة زاوية ارتفاع الأفق، طبقاً للفقرة 1 من التذييل 1 للملحق 1. ويبسط الافتراضان الأخيران حساب المجموع G_t مع G_r وفق أي سمت. ولما كانت المسافات اللازمة في أسلوب الانتشار (1) صغيرة، فإن هذه التقريبات قد تدخل خطأ طفيفاً من حيث التعبيرات الهندسية العامة في تحديد الكسب في اتجاه الأفق لهوائي محطة الاستقبال الأرضية، وهو خطأ لا يتجاوز 2 dB في أي حال. وبمراعاة افتراض الشكل الهندسي المستوي وفق سمت معين مقاس عند محطة الاستقبال الأرضية، تكون قيمة الكسب في اتجاه الأفق لهوائي محطة الاستقبال الأرضية هي القيمة المأخوذة عند السمت المعاكس (أي ±180°، انظر الفقرة 1.2 من التذييل 6 للملحق 1) عند محطة الاستقبال الأرضية.

فتتعين حينئذ المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) باستخدام الإجراءات المشروحة في الفقرة 4 والطرائق المفصلة في التذييل 1. للملحق 1. وترد في الفقرة 4.4 توجيهات خاصة تتعلق بتطبيق حسابات الانتشار.

2.1.3 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (2) حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق

تستخدم الطريقة التي تتيح تحديد الكفاف في أسلوب الانتشار (2) حول محطة إرسال أرضية تعمل مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، نفس التقريبات التبسيطية المعمول بها في الفقرة 1.1.3، ولكنها تستند إلى إنشاء هندسي يُستغنى به عن اللجوء إلى نموذج انتشار معقّد (انظر الفقرة 3 من التذييل 6 للملحق 1). ولا يمكن استخدام الأكفة المساعدة في هذه الطريقة، لأن حساباتها لا تستند إلى الخسارة اللازمة في أسلوب الانتشار (2).

ويتحدد الكفاف في أسلوب الانتشار (2) عن طريق زاوية الارتفاع والسمت في اتجاه المحطة الفضائية انطلاقاً من محطة الإرسال الأرضية التي تجري التنسيق، ومع الاعتبارين التاليين:

- مسافة التنسيق الدنيا (انظر الفقرة 2.4) التي تصبح هي المسافة اللازمة على بعض السموت؛
- مسافة لازمة تقابل أسوأ حالة، تحددها هندسة الانتثار بالماء الجوي، لمحطة استقبال أرضية واقعة في أحد قطاعي السمت 6°. ويفترض داخل هذين القطاعين أن محطة الاستقبال الأرضية تعمل بزاوية ارتفاع دنيا بالنسبة إلى محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، وحزمتها الرئيسية تتقاطع مع حزمة محطة الإرسال الأرضية التي تجري التنسيق عند النقطة التي تجتاز فيها حزمة هذه المحطة الأخيرة الارتفاع المطري h_R. وعلى الرغم من كون ظاهرة الانتثار قد تحدث في أي نقطة تقع بين المحطة الأرضية التي تجري التنسيق وهذه النقطة، فتقاطع الحزمتين عند هذه النقطة يمثل سيناريو التداخل الأسوأ. وعليه، ينتج عن ذلك الحصول على المسافة اللازمة الموافقة لأسوأ حالة لمحطات الاستقبال الأرضية الواقعة في قطاعي السمت.

وفيما يتعلق بمحطة أرضية تعمل مع محطة فضائية مائلة المدار، تستخدم الحسابات زاوية ارتفاع الهوائي الدنيا المتوقعة والسمت المصاحب لها.

ويتحدد الكفاف في أسلوب الانتشار (2) باستخدام الطريقة المشروحة في الفقرة 3 من التذييل 6 للملحق 1.

2.3 المحطة الأرضية التي تجري التنسيق أو المحطات الأرضية المجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

وفي الحالات التي تكون فيها محطة أرضية (للإرسال) تجري التنسيق تعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يفترض فيما يلي أن هوائي المحطة الأرضية يتتبع المحطة الفضائية (وإلا فانظر الفقرة 2.4.1).

وعندما تعمل محطة الاستقبال الأرضية مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، لا يمكن إلا تحديد الكسب غير المتغير باتجاه الأفق على جميع السموت، وتستخدم الطريقة المشروحة في الفقرة 1.2.2 لتحديد منطقة التنسيق.

ويعطي الجدول 16 قيم الكسب للهوائي في اتجاه الأفق التي يجب استعمالها في الحسابات.

ويحتاج الأمر إلى واحد أو إلى عدة من الإجراءات الثلاثة الواردة في الجدول 2 لتحديد أكفة التنسيق اللازمة في أسلوب الانتشار (1). وليست أكفة أسلوب الانتشار (2) ضرورية في جميع الحالات التي تكون فيها المحطات الأرضية تعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

1.2.3 محطة أرضية تجري التنسيق عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض حيال محطات أرضية مجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

عندما تكون محطة أرضية تجري التنسيق عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، وتكون المحطات الأرضية المجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، تتحدد منطقة التنسيق في أسلوب الانتشار (1) وفقاً للإجراءات المشروحة في الفقرة 1.1.2. ويكمن التعديل الوحيد في استخدام الكسب في اتجاه الأفق G_r لهوائي محطة الاستقبال الأرضية المجهولة بدلاً من كسب هوائي محطة الأرض G_x. ويعطي الجدول 16 قيم هذا الكسب ومعلمات النظام المناسبة.

2.2.3 محطة أرضية تجري التنسيق عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض حيال محطات أرضية مجهولة عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض

عندما تكون محطة أرضية تجري التنسيق عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، وتكون المحطات الأرضية المجهولة عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يتحدد الكسب لهوائي محطة الاستقبال الأرضية المجهولة G_r في اتجاه الأفق عن طريق التقريبات التبسيطية المذكورة في الفقرة 1.1.3 على النحو الموضح في الفقرة 1.2 من التذييل 6

ومعلمات الجدول 16. ولتحديد منطقة التنسيق في أسلوب الانتشار (1)، يُتّبع إجراء الفقرة 2.2، أي يُستخدم الكسب لهوائي محطة الاستقبال الأرضية في اتجاه الأفق على كل سمت معتبر ومعه معلمات النظام المناسبة المذكورة في الجدول 16.

3.2.3 محطة أرضية تجري التنسيق ومحطات أرضية مجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

عندما تكون المحطة الأرضية التي تجري التنسيق والمحطات الأرضية المجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، تتحدد منطقة التنسيق في أسلوب الانتشار (1) وفقاً للطريقة المشروحة في الفقرة 2.2. ويكمن التعديل الوحيد في استخدام الكسب لهوائي محطات الاستقبال الأرضية المجهولة G_r في اتجاه الأفق، بدلاً من كسب هوائي محطة الأرض. ويعطي الجدول رقم 16 قيم هذا الكسب ومعلمات النظام المناسبة.

4 اعتبارات عامة لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1)

فيما يتعلق بتحديد المسافات اللازمة في أسلوب الانتشار (1)، جرت تجزئة مدى الترددات المنطبق إلى ثلاثة أجزاء. فاستندت حسابات الانتشار لنطاقات الموجات المترية والديسيمترية (VHF/UHF) (بين 100 MHz و790 MHz) إلى منحنيات الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (1). وفيما بين 790 MHz و60 GHz تستعمل نمذجة الانتشار بالانتثار التروبوسفيري وظاهرة الجريان الموجه والانعكاس/الانكسار على الطبقات. وفي الترددات الأعلى من ذلك والتي تصل إلى 105 GHz، يستند النموذج إلى الخسارة في الفضاء الحر، ويُستعمل افتراض متحفظ حريص بشأن الامتصاص الغازي. ويختلف المدى المحتمل للنسب المئوية من الوقت حسب نموذج الانتشار.

وبعد أن يؤخذ بالحسبان تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية (انظر الفقرة 1 من التذييل 1 للملحق 1)، تُستخدم الطرائق التالية لتحديد المسافات اللازمة في أسلوب الانتشار (1)، فقط في حالة المحطة الأرضية التي تجري التنسيق:

- الطريقة المشروحة في الفقرة 2 من التذييل 1 للترددات المحصورة بين 100 MHz و790 MHz؛
- الطريقة المشروحة في الفقرة 3 من التذييل 1 للترددات المحصورة بين 790 MHz و60 GHz؛
- الطريقة المشروحة في الفقرة 4 من التذييل 1 للترددات المحصورة بين 60 GHz و105 GHz.

والطرائق الثلاث المشار إليها أعلاه مبنية على قيمة الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1) التي تتعين وفقاً لمعلمات النظام المناسبة المذكورة في الجداول 14 و15 و16.

1.4 معلومات عن المناطق المناخية الراديوية

فيما يتعلق بحساب المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1)، جرى تقسيم العالم إلى مناطق مناخية راديوية تمثل ظروف انتشار غير عادية في جو صاف. والنسبة المئوية من الوقت β_e التي توجد فيها هذه الظروف تتوقف على خط العرض وتعطى بالصيغة التالية:

$$\beta_e = \begin{cases} 10^{1.67-0.015\,\zeta_r} & \text{for } \zeta_r \le 70^\circ \\ 4.17 & \text{for } \zeta_r > 70^\circ \end{cases} \quad (8), (9)$$

مع:

$$\zeta_r = \begin{cases} |\zeta| - 1.8 & \text{for } |\zeta| > 1.8^\circ \\ 0 & \text{for } |\zeta| \le 1.8^\circ \end{cases} \quad (10), (11)$$

حيث ζ هو خط العرض لموقع المحطة الأرضية (بالدرجات).

وفي الترددات المحصورة بين 790 MHz و60 GHz، تستخدم الانكسارية N_0 في مركز المسير عند سوية سطح البحر، في حسابات أسلوب الانتشار (1) وتحسب كما يلي:

$$N_0 = 330 + 62.6\, e^{-\left(\frac{\zeta - 2}{32.7}\right)^2} \tag{12}$$

2.4 مسافة التنسيق الدنيا في أسلوبي الانتشار (1) و(2)

تحسب مسافة التنسيق الدنيا على مرحلتين، فتحسب أولاً المسافة d_x باستعمال المعادلة:

$$d_x = 100 + \frac{(\beta_e - 40)}{2} \quad \text{km} \tag{13}$$

حيث β_e معطاة في الفقرة 1.4.

ثم تحسب مسافة التنسيق الدنيا لأي تردد f (GHz) محصور بين 100 MHz و105 GHz باستعمال المعادلات:

$$d_{min} = \begin{cases} 100 + \dfrac{(\beta_e - f)}{2} & \text{km} \quad \text{for} \quad f < 40 \text{ GHz} \quad (14) \\ \dfrac{(54 - f)d_x + 10(f - 40)}{14} & \text{km} \quad \text{for} \quad 40 \text{ GHz} \le f < 54 \text{ GHz} \quad (15) \\ 10 & \text{km} \quad \text{for} \quad 54 \text{ GHz} \le f < 66 \text{ GHz} \quad (16) \\ \dfrac{10(75 - f) + 45(f - 66)}{9} & \text{km} \quad \text{for} \quad 66 \text{ GHz} \le f < 75 \text{ GHz} \quad (17) \\ 45 & \text{km} \quad \text{for} \quad 75 \text{ GHz} \le f < 90 \text{ GHz} \quad (18) \\ 45 - \dfrac{(f - 90)}{1.5} & \text{km} \quad \text{for} \quad 90 \text{ GHz} \le f \le 105 \text{ GHz} \quad (19) \end{cases}$$

والمسافة التي تبدأ عندها جميع الحسابات التكرارية (في أسلوبي الانتشار (1) و(2)) هي مسافة التنسيق الدنيا d_{min} المعطاة في المعادلات من (14) إلى (19).

3.4 مسافة التنسيق القصوى في أسلوب الانتشار (1)

في الحساب التكراري المشروح في التذييل 1 للملحق 1، يجب وضع حد أقصى d_{max1} لمسافة التنسيق في أسلوب الانتشار (1).

وفي الترددات التي تساوي أو تقل عن 60 GHz، وفيما يتعلق بمسيرات الانتشار التي تقع بكاملها داخل نفس المنطقة الواحدة، يجب ألا تتجاوز المسافة مسافة التنسيق القصوى المعطاة في الجدول 3 لهذه المنطقة.

وأما في المسيرات المختلطة، فيمكن للمسافة اللازمة أن تتألف من مساهمة واحدة أو عدة مساهمات من المناطق A1 وA2 وB وC. والمسافة الكلية لأي منطقة واحدة يجب ألا تتجاوز القيمة المبينة في الجدول 3. والمسافة اللازمة الكلية يجب ألا تتجاوز القيمة المبينة في الجدول 3 للمنطقة التي لها أعلى قيمة في الجدول من بين مناطق المسير المختلط. وعليه، فالمسير الموجود في نفس الوقت في المنطقتين A1 وA2 يجب ألا يتجاوز 500 km.

الجـــدول 3

قيم مسافات التنسيق القصوى في أسلوب الانتشار (1) للترددات التي تقل عن 60 GHz

المنطقة	d_{max1} (km)
A1	500
A2	375
B	900
C	1 200

وتعطى مسافة التنسيق القصوى d_{max1} للترددات التي تفوق 60 GHz بالمعادلة التالية:

$$d_{max1} = 80 - 10 \log\left(\frac{p}{50}\right) \quad (20)$$

حيث p هي النسبة المئوية المعرفة في الفقرة 3.1.

4.4 توجيهات تتعلق بتطبيق الإجراءات في أسلوب الانتشار (1)

كما سبق أن ذُكر في الفقرة 3.1، يكون من المناسب في الحالات التي تتشارك فيها المحطات الأرضية مع محطات الأرض نطاقات الترددات، أن يطبَّق عامل تصحيحي C_i (dB) على الافتراضات الأسوأ المتعلقة بمعلمات النظام والشكل الهندسي لمسير التداخل، لأنه ليس واقعياً أن يفترض اجتماع جميع أسوأ القيم في آن واحد، عند حساب المسافات اللازمة في أسلوب الانتشار (1).

وتتوقف خصائص أنظمة الأرض على نطاق الترددات وعلى قيمة العامل التصحيحي الواجب تطبيقه على علاقة التبعية للتردد المعطاة في المعادلة (21). والتشارك في الترددات حديث ما بين المحطات الأرضية وأنظمة الأرض، فيما يتعلق بالترددات المحصورة بين 100 MHz و400 MHz وبين 60 GHz و105 GHz، وعليه لا يتوفر إلى القليل من المعطيات التجريبية، أو من المناسبات لإجراء تحليل للأنظمة الشغالة. فقيمة العامل التصحيحي تساوي إذاً 0 dB في هذه النطاقات، وتنخفض قيمة العامل التصحيحي طرداً مع لوغاريتم التردد الواقع بين 400 MHz و790 MHz وبين 4,2 GHz و60 GHz، كما هو مبين في المعادلة (21).

وتعطى قيمة العامل التصحيحي الاسمي الواجب استعمالها مع كل تردد f (GHz) بالمعادلة:

$$X(f) = \begin{cases} 0 & \text{dB} \quad \text{for} \quad f \le 0.4 \text{ GHz} \\ 3.3833X(\log f + 0.3979) & \text{dB} \quad \text{for} \quad 0.4 \text{ GHz} < f \le 0.79 \text{ GHz} \\ X & \text{dB} \quad \text{for} \quad 0.79 \text{ GHz} < f \le 4.2 \text{ GHz} \\ -0.8659X(\log f - 1.7781) & \text{dB} \quad \text{for} \quad 4.2 \text{ GHz} < f \le 60 \text{ GHz} \\ 0 & \text{dB} \quad \text{for} \quad f > 60 \text{ GHz} \end{cases} \quad (21)$$

حيث:

X: يساوي 15 dB لمحطة إرسال أرضية، ويساوي 25 dB لمحطة استقبال أرضية.

وتكون قيمة العامل التصحيحي الاسمي $X(f)$ مستقلة من حيث المبدأ عن المسافة والمسير. ومع ذلك فاحتمال حدوث تداخل على المسافات القصيرة يثير عدداً من الإشكالات، ولا مجال هناك لتطبيق كامل العامل التصحيحي الاسمي على هذه المسافات.

فالعامل التصحيحي C_i يطبَّق إذاً بشكل متناسب مع المسافة وفق السمت المعتبر بدءاً من 0 dB لمسافة التنسيق الدنيا d_{min}، حتى يأخذ قيمته الكاملة $X(f)$ عند مسافة اسمية قدرها 375 كم عن المحطة الأرضية.

وهكذا يطبَّق التصحيح باستخدام ثابت التصحيح $Z(f)$ (dB/km) الذي يساوي:

$$Z(f) = \frac{X(f)}{375 - d_{min}} \quad \text{dB/km} \tag{22}$$

والعامل التصحيحي C_i (dB) محسوب في المعادلتين (29ب) و(53) من ثابت التصحيح $Z(f)$ (dB/km).

وفيما يتعلق بالمسافات التي تزيد على 375 km، يطبق العامل التصحيحي المقابل لمسافة 375 km.

وفوق ذلك، تطبق أعلى قيمة للعامل التصحيحي فقط على المسيرات البرية. وهذا العامل يساوي 0 dB على جميع المسيرات المحض بحرية. وتطبق نسبة معينة من العامل التصحيحي على المسيرات المختلطة. وتتوقف قيمة التصحيح الواجب تطبيقه على هذا المسير أو ذاك على معلمات وصف المسير المستعملة في حسابات أسلوب الانتشار (1) (العاملان التصحيحيان C_i وC_{2i} الموجودان في الفقرتين 2 و3 من التذييل 1 للملحق 1 على التوالي). ولما كان العامل التصحيحي يتوقف على المسافة، فهو يطبق تلقائياً في الحسابات التكرارية المستعملة لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) (انظر التذييل 1 للملحق 1).

ولا يطبق العامل التصحيحي في حالة نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال، إذ يحدد كفاف التنسيق على النحو التالي:

$$Z(f) = 0 \quad \text{dB/km}$$

ولتحديد الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (1)، يستعاض في المعادلة (1) عن الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1)، $L_b(p)$ أثناء p% من الوقت (انظر الفقرة 3.1) بالتالي:

$$L_{bq}(p) = L_b(p) + Q \quad \text{dB} \tag{23}$$

حيث:

Q: قيمة الكفاف المساعد (dB).

ويلاحظ أن قيم الأكفة المساعدة يُفترض أن تكون سالبة (أي –5 و–10 و–15 و–20 dB، إلخ).

5 اعتبارات عامة لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2)

يحدد كفاف التنسيق في حالة الانتشار بالماء الجوي (مثل الانتشار بالمطر) انطلاقاً من الشكل الهندسي للمسير الذي يختلف اختلافاً محسوساً عن الشكل الذي يكون له في آليات الانتشار على الدائرة الكبرى. وتشاهَد ظاهرة الانتشار بالماء الجوي عندما تعود حزمتا المحطة الأرضية ومحطة الأرض إلى التقاطع (جزئياً أو كلياً) عند أو تحت ارتفاع المطر h_R (انظر الفقرة 3 من التذييل 2). ويفترض أن مفعول الانتشار ينعدم في الارتفاعات التي تفوق ارتفاع المطر هذا بفعل خسارة إضافية، ولا يعود يساهم بشكل محسوس في احتمال حدوث التداخل. ولكي يحدد الكفاف في أسلوب الانتشار (2)، يفترض أن الحزمة الرئيسية لكل محطة أرض تعود إلى التقاطع تماماً مع الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية التي تجري التنسيق. ويمكن تحديد الآثار المخففة لتقاطعات الحزم جزئياً باستعمال الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2).

ولما كان انتثار قدرة الموجات الصغرية بالمطر يعتبر متناحياً بتقريب أولي، كذلك يعتبر انتشار التداخل متناحياً في جميع السموت حول الحجم المشترك المتمركز في نقطة تقاطع الحزمتين (انظر الفقرة 3.1). ولا تقع نقطة تقاطع الحزمتين بصورة عامة على مسير الدائرة الكبرى ما بين المحطتين. لذلك فتحديد الحجم المشترك يوافق إذاً محطات الأرض الواقعة في أي نقطة حول المحطة الأرضية، بما في ذلك خلفها.

وكفاف أسلوب الانتشار (2) هو دائرة نصف قطرها يساوي المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2). وعلى العكس مما يحدث في أسلوب الانتشار (1)، لا يكون كفاف أسلوب الانتشار (2) متمركزاً على الموقع المادي للمحطة الأرضية، ولكنه يتمركز على نقطة من سطح الأرض تقع مباشرة تحت مركز الحجم المشترك.

واحتمال وجود حجم مشترك في أي نقطة على طول حزمة المحطة الأرضية، ما بين موقع المحطة الأرضية والنقطة التي تبلغ الحزمة فيها ارتفاع المطر، تكون له نفس القيمة الاحتمالية. ولكي تضمن الحماية من التداخلات التي تسببها أو تتعرض لها محطات الأرض (انظر الملاحظة 1)، يفترض أن مركز الحجم المشترك يقع في منتصف الطريق بين المحطة الأرضية والنقطة التي تقطع فيها حزمتها ارتفاع المطر. والمسافة بين مسقط هذه النقطة على سطح الأرض وموقع المحطة الأرضية تسمى Δd (انظر الفقرة 4 من الملحق 2) فمركز الكفاف في أسلوب الانتشار (2) يقع إذاً على بعد Δd (km) من المحطة الأرضية على سمت محور الحزمة الرئيسية لهذه المحطة.

الملاحظة 1 – لا ينطبق هذا الإجراء عندما تكون المحطة الأرضية تتشارك نطاق الترددات مع محطات أرضية أخرى عاملة في الاتجاه المعاكس للإرسال، لأن كفاف أسلوب الانتشار (2) في هذه الحالة الخاصة يقوم على عملية إنشاء هندسي.

1.5 المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2)

تقاس المسافات اللازمة في أسلوب الانتشار (2) على طول نصف القطر الذي ينطلق من مركز الحجم المشترك للانتشار بالمطر. ويجري حساب المسافة حساباً تكرارياً، فينطلق من المسافة الدنيا المعرّفة لأسلوب الانتشار (1)، وتتابع عملية الحساب التكراري حتى بلوغ إما الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (2) وإما مسافة الحساب القصوى في أسلوب الانتشار (2) وهي مسافة تتوقف على خط العرض. وتستخدم الحسابات في أسلوب الانتشار (2) الطريقة المشروحة في التذييل 2 للملحق 1. ويجب ألا تستخدم هذه الحسابات إلا للترددات المحصورة بين 1 000 MHz و40,5 GHz. أما خارج هذا المدى الترددي، فيمكن إهمال التداخل الذي يُعزى للانتشار بالمطر، وتحدد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2) بأنها مسافة التنسيق الدنيا المعطاة في المعادلات من (14) إلى (19).

التذييـــل 1
للملحـــق 1

تحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1)

1 تصحيحات زاوية ارتفاع الأفق والمسافة المتعلقين بالمحطة الأرضية

تتوقف المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) على خصائص الأفق الطبيعي حول المحطة الأرضية، ويتميز الأفق بمسافة الأفق d_h (انظر أدناه) وبزاوية ارتفاع الأفق ε_h. وتعرّف زاوية ارتفاع الأفق هنا بأنها الزاوية (بالدرجات) المرئية من مركز هوائي المحطة الأرضية والكائنة بين المستوي الأفقي وشعاع يمس الأفق الطبيعي في الاتجاه المعتبر. وتكون قيمة هذه الزاوية موجبة عندما يكون الأفق الطبيعي فوق المستوي الأفقي، وتكون قيمتها سالبة عندما يكون الأفق تحت المستوي الأفقي.

ويجب تحديد زوايا ارتفاع الأفق ومسافاته لجميع السموت حول محطة أرضية. ويكفي من الناحية العملية أن يجري ذلك عامة بتزايدات سمتية يبلغ كل منها 5°. غير أنه يجب السعي لتعرف زاويا ارتفاع الأفق الدنيا التي يحتمل أن تكون موجودة ما بين السموت المدروسة بتزايدات قيمة كل منها 5°، وأخذ هذه الزوايا بالحسبان.

ومن المفيد لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) أن يتم التمييز بين آثار الانتشار المرتبطة بالأفق المحلي حول المحطة الأرضية والتي تتوقف في جميع السموت أو بعضها على التلال أو الجبال المجاورة وبين آثار الانتشار على بقية المسير. ولذلك تؤخذ كمرجع في نموذج الانتشار زاوية ارتفاع الأفق البالغة 0° للمحطة التي تجري التنسيق، ثم يدرج حدّ خاص هو A_h للتعامل مع الخصائص المعروفة لأفق المحطة الأرضية التي يطلب التنسيق معها. وعند اللزوم وإذا كان الحدّ A_h يعدّل في قيمة الخسارة على المسير في كل سمت، تُشتق المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) استناداً إلى هذه القيمة.

وهناك ظرفان يمكنهما أن يعدّلا سوية التوهين على المسير في أسلوب الانتشار (1) عن الحالة المرجعية التي تكون فيها زاوية ارتفاع الأفق تساوي 0°، وهما:

- في الظرف الأول تكون زاوية ارتفاع الأفق موجبة للمحطة الأرضية التي تُجري التنسيق (في سمت خاص). وتستفيد المحطة في هذه الحالة من خسارات انتشار إضافية بالانعراج (وهذا ما يطلق عليه عادة تعبير تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية). وتكون قيمة التوهين A_h موجبة بالتالي، وقيمة الخسارة اللازمة على المسير أصغر من القيمة التي يتم الحصول عليها في حالة زاوية ارتفاع الأفق المرجعية البالغة 0° (انظر المعادلتين (28 أ) و(28 ب)).
- وفي الظرف الثاني تكون المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق واقعة فوق بيئتها المحلية، وتكون زاوية ارتفاع الأفق سالبة (نحو الأسفل) في السمت المعتبر. وفي هذه الحالة يجب تدبير حماية إضافية لأن المسافة الزاوية تكون منخفضة على مسير نصف القطر بكامله، مما يجعل الخسارة على المسير لمسافة معينة أصغر مما هي عليه في زاوية ارتفاع تساوي 0°. ويجب أخذ ذلك بالحسبان عند حساب تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية. وتكون قيمة التوهين A_h عندئذ سالبة، وقيمة الخسارة اللازمة على المسير أكبر من القيمة التي يتم الحصول عليها في حالة زاوية ارتفاع الأفق المرجعية البالغة 0°.

والجزء النسبي الذي يساهم به التوهين الناتج عن خصائص أفق المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق في الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1)، يغير قيمة الخسارة على المسير التي يجب حسابها عندئذ للنماذج الثلاثة في أسلوب الانتشار (1). ويحسب التوهين A_h كما يلي لكل سمت حول المحطة الأرضية التي تجري التنسيق على النحو التالي.

تتحدد مسافة الأفق d_h انطلاقاً من موقع المحطة الأرضية كما يلي:

$$d_h = \begin{cases} 0{,}5\,\text{km} & \text{إذا لم تتوفر أي معلومات عن مسافة الأفق أو إذا كانت هذه المسافة} < 0{,}5\ \text{km} \\ \text{مسافة الأفق (km)} & \text{إذا كانت هذه المسافة} \leq 5{,}0\ \text{km مسافة الأفق} \leq 0{,}5\ \text{km} \\ 5{,}0\,\text{km} & \text{إذا كانت مسافة الأفق} > 5{,}0\ \text{km} \end{cases}$$

والجزء الذي تساهم به مسافة الأفق في التوهين الكلي الناجمة عن تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية يُعطى A_d بالمقدار A_d (dB) وفق كل سمت عن طريق المعادلة:

$$A_d = 15\left[1 - \exp\left(\frac{0.5 - d_h}{5}\right)\right]\left[1 - \exp\left(-\varepsilon_h\, f^{1/3}\right)\right] \quad \text{dB} \tag{24}$$

حيث f هو التردد مقدراً بوحدة GHz في هذا التذييل بكامله.

ويُعطى التوهين الكلي بفعل تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية على كل سمت انطلاقاً من المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق بالمعادلة:

$$A_h = \begin{cases} 20\log\left(1 + 4.5\varepsilon_h f^{1/2}\right) + \varepsilon_h f^{1/3} + A_d & \text{dB} \quad \text{for} \quad \varepsilon_h \geq 0^\circ \quad \text{(25 أ)} \\ 3\left[(f+1)^{1/2} - 0.0001 f - 1.0487\right]\varepsilon_h & \text{dB} \quad \text{for} \quad 0^\circ > \varepsilon_h \geq -0.5 \quad \text{(25 ب)} \\ -1.5\left[(f+1)^{1/2} - 0.0001 f - 1.0487\right] & \text{dB} \quad \text{for} \quad \varepsilon_h < -0.5^\circ \quad \text{(25 ج)} \end{cases}$$

قيمة التوهين محدودة لتحقق الشروط A_h:

$$-10 \leq A_h \leq (30 + \varepsilon_h) \tag{26}$$

ويجب أن تكون قيمة ε_h مقدرة بالدرجات في المعادلات (24) و(25) و(26). أما الحدود المعنية في المعادلة (26) فقد حددت لأنه قد لا يمكن في بعض الحالات العملية تحقيق الحماية خارج هذه الحدود.

2 الترددات المحصورة بين 100 MHz و790 MHz

يقتصر نموذج الانتشار المعروض في هذا القسم على نسبة مئوية متوسطة سنوية من الوقت p محصورة بين 1% و50%.

ويُستعان بالعملية التكرارية لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1). فيجري حل المعادلة (27) أولاً، ثم انطلاقاً من مسافة التنسيق الدنيا d_{min} المحسوبة بالطريقة المشروحة في الفقرة 3.5.1 من الملحق 1، تتم العملية التكرارية على المعادلات من (29) إلى (32) للمسافات d_i (حيث i = 0، 1، 2، ...) التي تتزايد بخطوات تبلغ كل منها s (km) على النحو الموضح في الفقرة 3.1 من الملحق 1. وتكون d_i في كل تكرار هي المسافة المعتبرة. وتستمر العملية التكرارية إلى أن تصح أي من الصيغتين التاليتين:

$$L_2(p) \geq \begin{cases} L_1(p) & \text{للكفاف الرئيسي أو الإضافي} \\ L_{1q}(p) & \text{للكفاف المساعد} \end{cases} \quad \text{(27 أ)}$$

أو:

$$d_i \geq \begin{cases} d_{max1} & \text{للكفاف الرئيسي أو الإضافي} \\ d_1 & \text{للكفاف المساعد} \end{cases} \quad \text{(27 ب)}$$

والمسافة اللازمة d_i أو مسافة الكفاف المساعد d_q تعطيان بالمسافة المعتبرة في التكرار الأخير، أي:

$$d_1 = d_i \quad \text{(27 ج)}$$

أو:

$$d_q = d_i \quad \text{(27 د)}$$

ولما كان الجزء المتعلق بمختلف المناطق على طول المسير مجهولاً، تعالَج جميع المسيرات كما لو كانت مسيرات برية أو بحرية محتملة. ويجري الحسابان على التوازي، أحدهما للمسير المفترض برياً بكامله، والآخر للمسير المفترض بحرياً بكامله. ثم يجري استكمال داخلي لا خطي تتوقف نتيجته على مساهمات الخسارات البرية والخسارات البحرية على طول المسافة d_i. وعندما يقع جزء من المسير في البحار الدافئة وجزء في البحار الباردة، يفترض أن جميع البحار على امتداد المسير هي بحار دافئة.

ويكون الكفاف الرئيسي أو الإضافي:

$$L_1(p) = L_b(p) - A_h \quad \text{(28 أ)}$$

والكفاف المساعد:

$$L_{1q}(p) = L_{bq}(p) - A_h \quad \text{(28 ب)}$$

حيث:

$L_b(p)$ (dB) و$L_{bq}(p)$ (dB): الخسارة اللازمة الدنيا أثناء p% من الوقت على التوالي للكفاف الرئيسي أو الإضافي وللكفاف المساعد Q (dB) (انظر الفقرتين 3.1 و6.1 من الملحق 1).

الحسابات التكرارية

في بداية كل تكرار، تحسب المسافة الراهنة من أجل $i = 0$، 1، 2، ...:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \quad \text{(29 أ)}$$

ويعطى العامل التصحيحي C_i (dB) (انظر الفقرة 4.4 من الملحق 1) للمسافة d_i بالعلاقة:

$$C_i = \begin{cases} Z(f)(d_i - d_{min}) & \text{dB} \quad \text{للكفاف الرئيسي أو الإضافي} \\ 0 & \text{dB} \quad \text{للكفاف المساعد} \end{cases} \quad \text{(29 ب)}$$

حيث المقدار $Z(f)$ معطى بالمعادلة (22) في الفقرة 4.4 من الملحق 1.

وأما للمسافات التي تزيد على 375 كم فتكون قيمة العامل التصحيحي (C_i في المعادلة (29 ب)) الواجب تطبيقها هي قيمة العامل C_i للمسافة 375 كم.

والخسارة $L_{bs}(p)$ في افتراض المسير برياً بكامله (المنطقتان A1 أو A2)، تقدر على التوالي باستعمال:

$$L_{bl}(p) = 142.8 + 20 \log f + 10 \log p + 0.1 d_i + C_i \quad (30)$$

والخسارة $L_{bs}(p)$ في افتراض المسير بحرياً بكامله في البحار الباردة (المنطقة B) أو في البحار الدافئة (المنطقة C)، تقدر على التوالي باستعمال:

$$L_{bs}(p_1) = \begin{cases} 49{,}91\log(d_i + 1840 f^{1{,}76}) + 1{,}195 f^{0{,}393} (\log p)^{1{,}38} d_i^{0{,}597} \\ + (0{,}01 d_i - 70)(f - 0{,}1581) + (0{,}02 - 2 \times 10^{-5} p^2) d_i \\ + 9{,}72\ 10^{-9} d_i^2 p^2 + 20{,}2 \end{cases} \quad \text{للمنطقة B} \tag{31 أ}$$

$$\begin{cases} 49{,}343\log(d_i + 1840 f^{1{,}58}) + 1{,}266 (\log p)^{(0{,}468 + 2{,}598 f)} d_i^{0{,}453} \\ + (0{,}037 d_i - 70)(f - 0{,}1581) + 1{,}95 \times 10^{-10} d_i^2 p^3 + 20{,}2 \end{cases} \quad \text{للمنطقة C} \tag{31 ب}$$

وتعطى الخسارة المتوقعة على المسير للمسافة المعتبرة بالمعادلة:

$$L_2(p) = L_{bs}(p) + \left[1 - \exp\left(-5.5 \left(\frac{d_{tm}}{d_i} \right)^{1.1} \right) \right] \left(L_{bl}(p) - L_{bs}(p) \right) \tag{32}$$

حيث:

d_{tm} (km): المسافة البرية المتواصلة الأطول (بر داخلي + ساحل)، أي المنطقة A1 + المنطقة A2 على طول المسير الراهن.

3 الترددات المحصورة بين 790 MHz و60 GHz

يقتصر نموذج الانتشار المعروض في هذا القسم على نسبة مئوية متوسطة سنوية من الوقت p محصورة بين 0,001% و50%.

ويستعان بالعملية التكرارية لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1). فيتم أولاً تقييم المعادلات من (34) إلى (43)، ثم انطلاقاً من مسافة التنسيق الدنيا d_{min} تتم العملية التكرارية في المعادلات من (44) إلى (54) للمسافات d_i حيث (i = 0، 1، 2، ...) التي تتزايد بخطوات تبلغ كل منها (km) على النحو الموضح في الفقرة 3.1 من الملحق 1. وتكون d_i في كل تكرار هي المسافة المعتبرة. وتستمر العملية التكرارية إلى أن تصح أي من الصيغتين التاليتين:

$$\begin{array}{ll} \text{للكفاف الرئيسي أو الإضافي} & (L_5(p) \geq L_3(p)) \quad \text{و} \quad (L_6(p) \geq L_4(p)) \\ \text{للكفاف المساعد} & (L_{4q}(p) \geq L_3(p)) \quad \text{و} \quad (L_{4q}(p) \geq L_6(p)) \end{array} \tag{33 أ}$$

أو:

$$d_i \geq \begin{cases} d_{max1} & \text{للكفاف الرئيسي أو الإضافي} \\ d_1 & \text{للكفاف المساعد} \end{cases} \tag{33 ب}$$

والمسافة اللازمة d_1 أو مسافة الكفاف المساعد d_q تعطيان بالمسافة الراهنة في التكرار الأخير، أي:

$$d_1 = d_i \tag{33 ج}$$

أو:

$$d_q = d_i \tag{33 د}$$

التوهين الطولي الناجم عن الامتصاص الغازي

يحسب التوهين الطولي (dB/km) الناجم عن الهواء الجاف باستخدام:

$$\gamma_o = \begin{cases} \left[7.19 \times 10^{-3} + \dfrac{6.09}{f^2 + 0.227} + \dfrac{4.81}{(f - 57)^2 + 1.50} \right] f^2 \times 10^{-3} & \text{for } f \leq 56.77 \text{ GHz} \\ 10 & \text{for } f > 56.77 \text{ GHz} \end{cases} \tag{34 أ، ب}$$

ويعطى التوهين الطولي الناجم عن بخار الماء بدلالة ρ (كثافة بخار الماء (g/m^3)) بالمعادلة التالية:

$$\gamma_w(\rho) = \left(0.050 + 0.0021\rho + \frac{3.6}{(f-22.2)^2 + 8.5}\right) f^2 \rho \times 10^{-4} \quad (35)$$

ويحسب التوهين الطولي (dB/km) الناجم عن بخار الماء لنموذج الانتشار بالانتثار التروبوسفيري، مع استخدام كثافة لبخار الماء قدرها 3,0 g/m^3:

$$\gamma_{wt} = \gamma_w(3.0) \quad (36\ أ)$$

ويحسب التوهين الطولي (dB/km) الناجم عن بخار الماء لنموذج الانتشار الموجه، مع استخدام كثافة لبخار الماء قدرها 7,5 g/m3 للمسيرات البرية (المنطقتان A1 وA2):

$$\gamma_{wdl} = \gamma_w(7.5) \quad (36\ ب)$$

ويحسب التوهين الطولي (dB/km) الناجم عن بخار الماء لنموذج الانتشار الموجه، مع استخدام كثافة لبخار الماء قدرها 10,0 g/m^3 للمسيرات البحرية (المنطقتان B وC):

$$\gamma_{wds} = \gamma_w(10.0) \quad (36\ ج)$$

ويلاحظ أن القيمة 10 g/m^3 مستعملة في الوقت نفسه للمنطقتين B وC، لغياب معطيات عن تغيرية كثافة بخار الماء على الصعيد العالمي، وما يخص القيم الدنيا بصورة خاصة.

ويحسب التوهين الطولي الناجم عن ظاهرة الجريان الموجه بدلالة التردد (dB/km):

$$\gamma_d = 0.05 f^{1/3} \quad (37)$$

فيما يتعلق بنموذج الانتشار الموجه يحسب الانخفاض في التوهين الذي يحدث من الاقتران المباشر في الجريان الموجه فوق سطح البحر (dB):

$$A_c = \frac{-6}{(1+d_c)} \quad (38)$$

حيث d_c (km) هي المسافة من المحطة الأرضية المقامة على البر إلى الساحل في الاتجاه المعتبر.

وd_c تساوي الصفر في الحالات الأخرى.

تحسب الخسارة الدنيا المطلوب بلوغها، حساباً تكرارياً:

$$A_1 = 122.43 + 16.5 \log f + A_h + A_c \quad (39)$$

للكفاف الرئيسي أو الإضافي:

$$L_3(p) = L_b(p) - A_1 \quad (40\ أ)$$

وللكفاف المساعد:

$$L_{3q}(p) = L_{bq}(p) - A_1 \quad (40\ ب)$$

حيث:

$L_b(p)$ (dB) و$L_{bq}(p)$ (dB): قيمتا الخسارة اللازمة الدنيا أثناء p% من الوقت على التوالي للكفاف الرئيسي أو الإضافي وللكفاف المساعد الذي قيمته Q (dB) (انظر الفقرتين 3.1 و6.1 من الملحق 1).

فيما يتعلق بنموذج الانتشار التروبوسفيري

يحسب جزء الخسارة التابع للتردد (dB):

$$L_f = 25\log(f) - 2.5\left[\log\left(\frac{f}{2}\right)\right]^2 \tag{41}$$

ويحسب جزء الخسارة غير التابع للمسافة (dB):

$$A_2 = 187.36 + 10\varepsilon_h + L_f - 0.15\,N_0 - 10.1\left(-\log\left(\frac{p}{50}\right)\right)^{0.7} \tag{42}$$

حيث:

ε_h: زاوية ارتفاع الأفق للمحطة الأرضية (بالدرجات)

N_0: الانكسارية في مركز المسير عند سوية سطح البحر (انظر المعادلة (12) في الفقرة 1.4 من الملحق 1).

وتحسب القيمة اللازمة الدنيا للخسارة التابعة للمسافة (dB):

للكفاف الرئيسي أو الإضافي:

$$L_4(p) = L_b(p) - A_2 \tag{43 أ}$$

وللكفاف المساعد:

$$L_{4q}(p) = L_{bq}(p) - A_2 \tag{44 ب}$$

حيث:

$L_b(p)$ (dB) و$L_{bq}(p)$ (dB): قيمتا الخسارة اللازمة الدنيا أثناء p% من الوقت على التوالي للكفاف الرئيسي أو الإضافي وللكفاف المساعد الذي قيمته Q (dB) (انظر الفقرتين 3.1 و6.1 من الملحق 1).

الحسابات التكرارية

تحسب المسافة المعتبرة من أجل $i = 0$، 1، 2، ... في بداية كل تكرار:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \tag{44}$$

ويحسب التوهين الطولي الناجم عن الامتصاص الغازي (dB/km):

$$\gamma_g = \gamma_o + \gamma_{wdl}\left(\frac{d_t}{d_i}\right) + \gamma_{wds}\left(1 - \frac{d_t}{d_i}\right) \tag{45}$$

حيث:

d_t (km): المسافة البرية المتراكمة المعتبرة، المنطقة A1 + المنطقة A2، على طول المسير المعتبر.

وتحسب المعلمات التالية المتعلقة بالمنطقة:

$$\tau = 1 - \exp\left[-\left(4.12 \times 10^{-4} \, (d_{lm})^{2.41}\right)\right] \tag{46}$$

حيث:

d_{lm} (km): المسافة البرية الداخلية المتواصلة الأطول، المنطقة A2، على طول المسير المعتبر؛

$$\mu_1 = \left[10^{\frac{-d_{tm}}{16-6.6\,\tau}} + \left[10^{-(0.496+0.354\,\tau)}\right]^5 \right]^{0.2} \tag{47}$$

حيث:

d_{lm} (km): المسافة البرية المتواصلة الأطول (أي، بر داخلي + ساحل) المنطقة A1 + المنطقة A2 على طول المسير المعتبر.

μ_1 يجب أن تكون محدودة بالمتراجحة $\mu_1 \geq 1$.

$$\sigma = -0.6 - 8.5 \times 10^{-9} \; d_i^{3.1} \, \tau \tag{48}$$

σ يجب أن تكون محدودة بالمتراجحة $\sigma \geq -3{,}4$

$$\mu_2 = \left(2.48 \times 10^{-4} \; d_i^2\right)^{\sigma} \tag{49}$$

μ_2 يجب أن تكون محدودة بالمتراجحة $\mu 2 \geq 1$.

$$\mu_4 = \begin{cases} 10^{(-0.935+0.0176\,\zeta_r)\,\log\mu_1} & \text{for} \quad \zeta_r \leq 70^\circ \quad \text{(50 أ)} \\ 10^{0.3\,\log\mu_1} & \text{for} \quad \zeta_r > 70^\circ \quad \text{(50 ب)} \end{cases}$$

حيث ζr تعطى بالمعادلتين (10) و(11) في الفقرة 1.4 من الملحق 1.

ويحسب تأثير ظاهرة الجريان الموجه التابع للمسير β مع معلمة تابعة له Γ_1، المستعملين لحساب علاقة التبعية بين الوقت والخسارة على المسير:

$$\beta = \beta_e \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_4 \tag{51}$$

حيث βe تعطى بالمعادلتين (8) و(9) في الفقرة 1.4 من الملحق 1.

$$\Gamma_1 = \frac{1.076}{(2.0058 - \log\beta)^{1.012}} \; \exp\left[-\left(9.51 - 4.8\log\beta + 0.198\,(\log\beta)^2\right) \times 10^{-6} \, d_i^{1.13}\right] \tag{52}$$

ويحسب العامل التصحيحي C_{2i} (dB) (انظر الفقرة 4.4 في الملحق 1) باستخدام:

$$C_{2i} = \begin{cases} Z(f)(d_i - d_{min})\tau \;\; \text{(dB)} & \text{للكفاف الرئيسي أو الإضافي} \\ 0 \;\; \text{(dB)} & \text{للكفاف المساعد} \end{cases} \tag{53}$$

حيث $Z(f)$ تحسب بالمعادلة (22) في الفقرة 4.4 من الملحق 1.

وفي حالة المسافات التي تزيد على 375 km، تكون قيمة العامل التصحيحي C_{2i} الواجب استخدامها في المعادلة (53) هي قيمة العامل C_{2i} المقابلة لمسافة 375 km.

ويحسب جزء الخسارة التابع للمسافة (dB)، في حالة الانتشار الموجه:

$$L_5(p) = (\gamma_d + \gamma_g)\, d_i + (1.2 + 3.7\times10^{-3}\, d_i)\log\left(\frac{p}{\beta}\right) + 12\left(\frac{p}{\beta}\right)^{\Gamma_1} + C_{2i} \quad (54)$$

وفي حالة الانتشار التروبوسفيري:

$$L_6(p) = 20\log(d_i) + 5.73\times10^{-4}\left(112 - 15\cos(2\zeta)\right) d_i + (\gamma_o + \gamma_{wt})\, d_i + C_{2i} \quad (55)$$

وعند حساب المسافات للأكفة المساعدة يؤخذ (C_{2i}= 0 dB).

4 الترددات المحصورة بين 60 GHz و105 GHz

يصلح نموذج الانتشار هذا لنسبة مئوية متوسطة سنوية من الوقت (p) محصورة بين 0,001% و50%.

يستعان بالعملية التكرارية لتحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1). فتُقيَّم أولاً المعادلات من (56) إلى (60)، ثم انطلاقاً من مسافة التنسيق الدنيا d_{min} تتم العمليات التكرارية في المعادلتين (61) و(62) للمسافات di حيث i = 0، 1، 2، ... التي تتزايد بخطوات تبلغ كل منها s (km) على النحو الموضح في الفقرة 3.1 من الملحق 1. وتكون d_i في كل تكرار هي المسافة المعتبرة.

وتستمر العملية التكرارية إلى أن تصح أي من الصيغتين التاليتين:

$$L_9(p) \geq \begin{cases} L_8(p) & \text{للكفاف الرئيسي أو الإضافي} \\ L_{8q}(p) & \text{للكفاف المساعد} \end{cases} \quad (55\text{ أ})$$

أو:

$$d_i \geq \begin{cases} d_{max1} & \text{للكفاف الرئيسي أو الإضافي} \\ d_1 & \text{للكفاف المساعد} \end{cases} \quad (55\text{ ب})$$

والمسافة اللازمة d_1 أو مسافة الكفاف المساعد d_q تعطيان بالمسافة الراهنة في التكرار الأخير، أي:

$$d_1 = d_i \quad (55\text{ ج})$$

أو:

$$d_q = d_i \quad (55\text{ د})$$

ويحسب التوهين الطولي (dB/km) الناجم عن الهواء الجاف وللترددات المحصورة بين 60 GHz و105 GHz باستخدام:

$$\gamma_{om} = \begin{cases} \left[2\times10^{-4}\left(1 - 1.2\times10^{-5}\, f^{1.5}\right) + \dfrac{4}{(f - 63)^2 + 0.936} + \dfrac{0.28}{(f - 118.75)^2 + 1.771}\right] f^2\, 6.24\times10^{-4} & \text{dB/km for } f > 63.26\text{ GHz} \quad (56\text{ أ}) \\ 10 \quad \text{dB/km} & \text{for } f \leq 63.26\text{ GHz} \quad (56\text{ ب}) \end{cases}$$

ويحسب التوهين الطولي (dB/km) الناجم عن كثافة بخار الماء في الجو البالغة 3 غرام/م^3 باستخدام:

$$\gamma_{wm} = (0.039 + 7.7 \times 10^{-4} f^{0.5}) f^2 2.369 \times 10^{-4} \quad (57)$$

ويحسب تقدير حريص متحفظ للتوهين الطولي (dB/km) الناجم عن الامتصاص الغازي باستخدام:

$$\gamma_{gm} = \gamma_{om} + \gamma_{wm} \quad \text{dB/km} \quad (58)$$

وتحسب الخسارة الدنيا التي يجب بلوغها في الحسابات التكرارية، من أجل التردد اللازم وقيمة تأثير الحجب بالتضاريس الأرضية للمحطة الأرضية A_h (dB) المحسوبة في الطريقة المشروحة في الفقرة 1 من هذا التذييل:

$$L_7(p) = 92.5 + 20 \log (f) + A_h \quad \text{dB} \quad (59)$$

وللكفاف الرئيسي أو الإضافي:

$$L_8(p) = L_b(p) - L_7 \quad \text{dB} \quad (60 \text{ أ})$$

وللكفاف المساعد:

$$L_{8q}(p) = L_{bq}(p) - L_7 \quad \text{dB} \quad (60 \text{ ب})$$

حيث:

$L_b(p)$ (dB) و$L_{bq}(p)$ (dB): قيمتا الخسارة اللازمة الدنيا أثناء p% من الوقت على التوالي للكفاف الرئيسي أو الإضافي وللكفاف المساعد الذي قيمته Q (dB) (انظر الفقرتين 3.1 و6.1 من الملحق 1).

الحسابات التكرارية

تحسب المسافات من أجل i = 0، 1، 2، ...في بداية كل تكرار:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \quad (61)$$

وتحسب الخسارات التابعة للمسافة من أجل المسافة المعنية:

$$L_9(p) = \gamma_{gm} d_i + 20 \log (d_i) + 2.6 \left[1 - \exp\left(\frac{-d_i}{10} \right) \right] \log \left(\frac{p}{50} \right) \quad (62)$$

ويكون العامل التصحيحي (انظر الفقرة 4.4 من الملحق 1) مساوياً 0 dB للترددات التي تفوق 60 GHz. إذاً لا يكون قد أضيف إلى المعادلة (61) أي حد تصحيحي.

التذييـــل 2
للملحـــق 1

تحديد المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2)

1 لمحة شاملة

تتيح الخوارزمية المعروضة فيما يلي حساب الخسارة على المسير في أسلوب الانتشار (2)، $L_r(p)$ (dB)، كدالّة رتيبة لمعدل هَطْل المطر $R(p)$ (mm/h) باستخدام مسافة الانتثار بالماء الجوي ri (km) كمعلمة. ويصلح النموذج لنسبة مئوية متوسطة سنوية من الوقت (p) محصورة بين 0,001% و10%. والطريقة المتبعة لتحديد كفاف الانتثار بالماء الجوي هي التالية:

أ) تعيين قيمة المعدل $R(p)$ للمناطق المناخية المطرية من A إلى Q.

ب) ثم تحسب قيم الخسارة $L_r(p)$ من أجل قيم للمسافة r_i متزايدة بقفزات (خطوة كل منها s (km))، انطلاقاً من مسافة التنسيق الدنيا d_{min}، كما هو مبين في الفقرة 3.1 من متن هذا التذييل. وتكون القيمة الصحيحة للمسافة r_i هي القيمة التي تكون معها قيمة الخسارة $L_r(p)$ الموافقة، تساوي أو تزيد على الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (2) $L(p)$. وهذه القيمة للمسافة r_i هي المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (2)، ويُرمز لها بالرمز d_r.

ج) إذا أفضى الحساب التكراري إلى قيمة للمسافة r_i تساوي أو تزيد على مسافة الحساب القصوى المناسبة (d_{max2}) المعطاة في الفقرة 2، يُنهى الحساب وتعتبر المسافة d_r تساوي المسافة d_{max2}. ويتوقف التكرار إذاً عندما تصبح أي من العبارتين التاليتين صحيحة:

$$L_r(p) \geq L(p) \qquad (63\text{ أ})$$

أو:

$$r_i \geq d_{max2} \qquad (63\text{ ب})$$

د) ويكون كفاف أسلوب الانتشار (2) دائرة نصف قطرها d_r (km) ومركزها نقطة كائنة على طول سمت الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية وتبعد عن المحطة الأرضية بمسافة أفقية قدرها Δd (km).

2 مسافة الحساب القصوى

كما سبق أن ذُكر في الفقرة 3.5.1 من متن هذا التذييل، يجب أن تعيَّن حدود قصوى للمسافة القصوى المستعملة في حساب المسافة اللازمة التكراري. وتتوقف مسافة الحساب القصوى (d_{max2}) الواجب استعمالها في أسلوب الانتشار (2) على خط العرض، وتعطى بالمعادلة التالية:

$$d_{max2} = \sqrt{17\,000(h_R + 3)} \qquad \text{km}$$

حيث h_R معرّف في المعادلتين (75) و(76).

3 حساب الكفاف في أسلوب الانتشار (2)

يحسب المقدار $R(p)$، معدل هَطْل المطر (mm/h) الذي يتم تجاوزه وسطياً أثناء p% من السنة. وقد تم تقسيم العالم إلى عدد من المناطق المناخية المطرية (انظر الأشكال 5 و6 و7) تختلف خصائصها من حيث الهواطل.

تمثل المنحنيات الظاهرة في الشكل 8 التوزيعات المجمعة لمعدل هطل المطر، وينطبق كل منها على العديد من هذه المناطق المناخية المطرية.

حدد أي منطقة مناخية مطرية على موقع المحطة الأرضية:

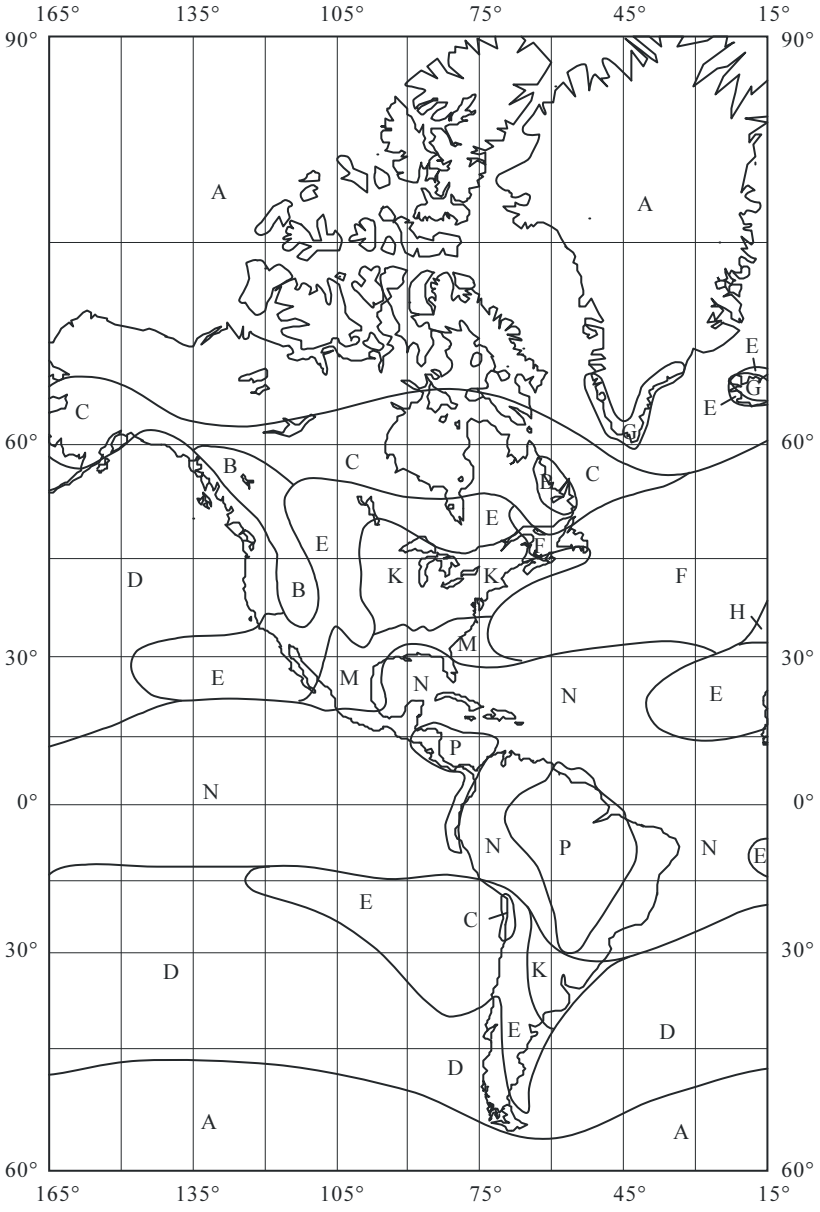
- فمن أجل $0{,}001\% < p < 0{,}3\%$ والمنطقة المناخية المطرية السارية:

  حدد $R(p)$ سواء من الشكل 8 أو من المعادلات (64) إلى (68).

- ومن أجل $p \geq 0{,}3\%$:

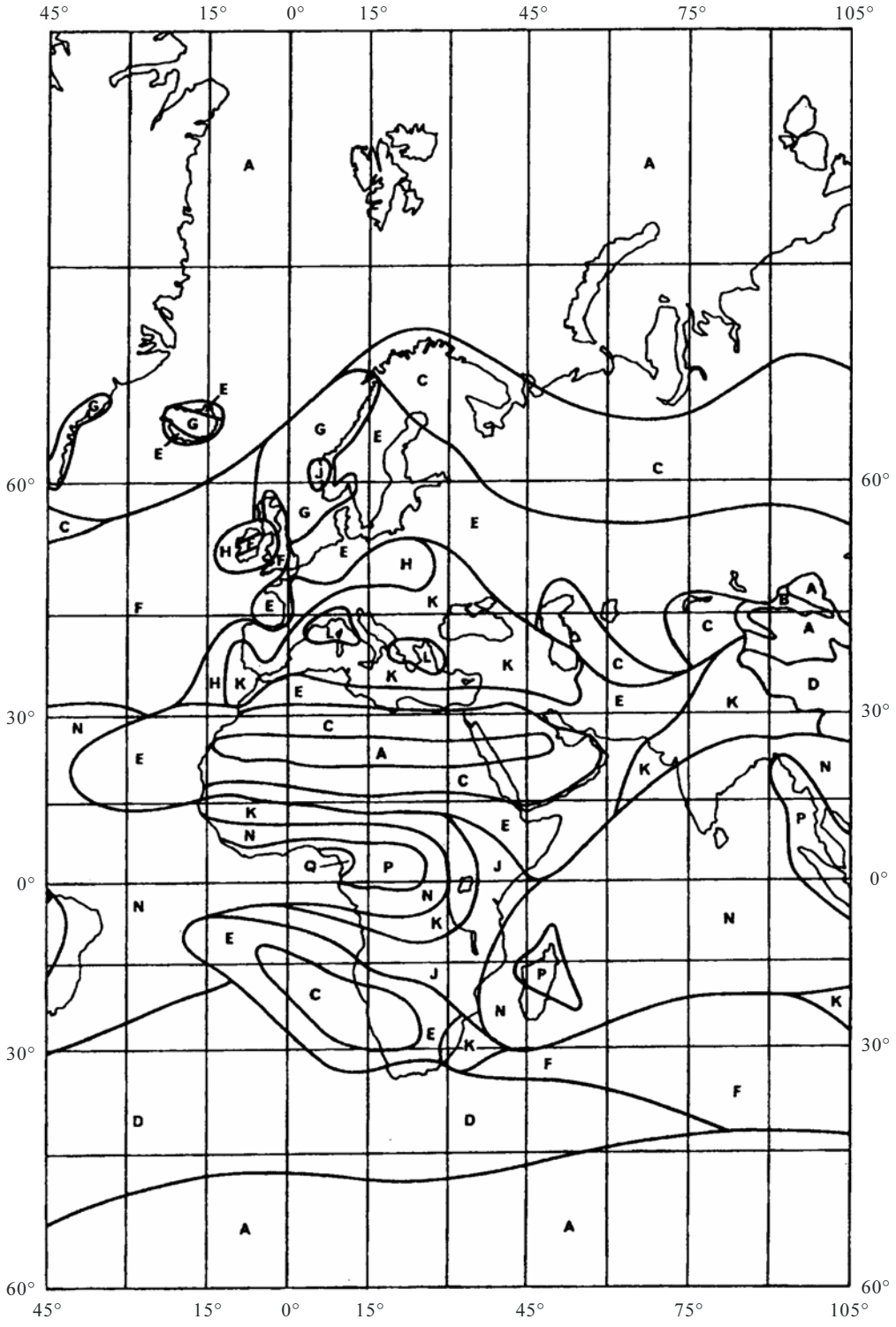
  استخدام المعادلة (69) مع قيم $R(0.3)\%$ وp_c التي يمكن الحصول عليها من الجدول 4.

الشـــكل 5

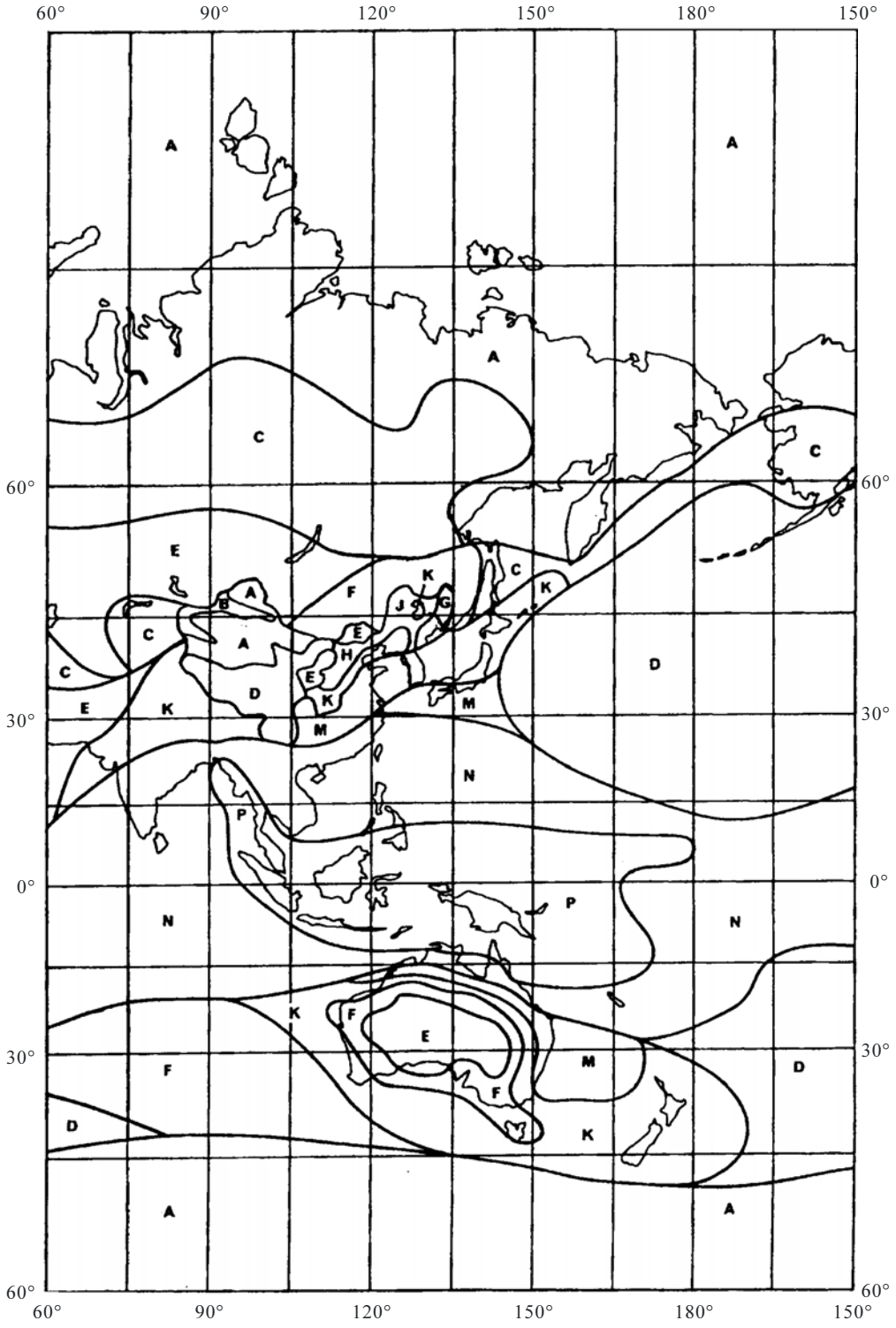


SM.1448-05

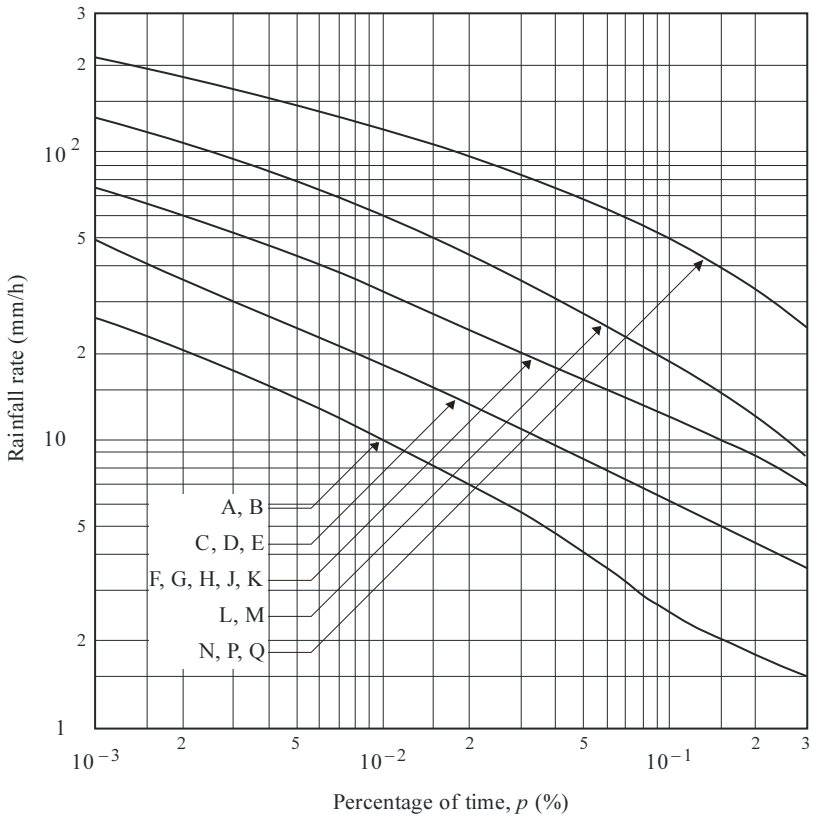
الشـــكل 6



الشـــكل 7



الشـــكل 8



المنطقتان المناخيتان المطريتان A وB

$$R(p) = 1.1\, p^{-0.465} + 0.25\left[\log\left(p/0.001\right)\log^3\left(0.3/p\right)\right] - \left[\left|\log\left(p/0.1\right)\right| + 1.1\right]^{-2} \text{ mm/h} \quad (64)$$

المناطق المناخية المطرية C وD وE

$$R(p) = 2\, p^{-0.466} + 0.5\left[\log\left(p/0.001\right)\log^3\left(0.3/p\right)\right] \text{ mm/h} \quad (65)$$

المناطق المناخية المطرية F وG وH وJ وK

$$R(p) = 4.17\, p^{-0.418} + 1.6\left[\log\left(p/0.001\right)\log^3\left(0.3/p\right)\right] \text{ mm/h} \quad (66)$$

المنطقتان المناخيتان المطريتان L وM

$$R(p) = 4.9\, p^{-0.48} + 6.5\left[\log\left(p/0.001\right)\log^2\left(0.3/p\right)\right] \text{ mm/h} \quad (67)$$

المناطق المناخية المطرية N وP وQ

$$R(p) = 15.6\left(p^{-0.383} + \left[\log\left(p/0.001\right)\log^{1.5}\left(0.3/p\right)\right]\right) \text{ mm/h} \quad (68)$$

الجـــدول 4

قيم المعدل R والنسبة p_c لمختلف المناطق المناخية المطرية

المنطقة المناخية المطرية	R (%0,3) (mm/h)	p_c (%)
A وB	1,5	2
C وD وE	3,5	3
F وG وH وJ وK	7,0	5
L وM	9,0	7,5
N وP وQ	25,0	10

حيث:

p_C(%): النسبة المئوية المرجعية من الوقت التي يمكن أن يفترض معدل هطل المطر فيما بعدها يساوي الصفر.

$$R(p) = R(0.3\%)\left[\frac{\log(p_c/p)}{\log(p_c/0.3)}\right]^2 \quad (69)$$

يحدد التوهين الطولي (dB/km) الناجم عن المطر باستخدام المعادلة (71) وتعويض قيم k وα فيها بقيمهما المأخوذة من الجدول 5. ويمكن بالاستكمال الدخلي الحصول على قيم k وα في ترددات غير الترددات المذكورة في الجدول 5، ويستخدم في سبيل ذلك سلّم لوغاريتمي من أجل التردد ومن أجل k، وسلّم خطي من أجل α.

الجـــدول 5

قيم k وα بدلالة التردد في حالة استقطاب رأسي

التردد (GHz)	k	α
1	0,0000352	0,880
4	0,000591	1,075
6	0,00155	1,265
8	0,00395	1,31
10	0,00887	1,264
12	0,0168	1,20
14	0,029	1,15
18	0,055	1,09
20	0,0691	1,065
22,4	0,090	1,05
25	0,113	1,03
28	0,150	1,01
30	0,167	1,00
35	0,233	0,963
40	0,310	0,929
40,5	0,318	0,926

وإذا افترضنا أن:

$$R = R(p) \quad (70)$$

يعطى عندئذ التوهين الطولي (dB/km) الناجم عن المطر بالعلاقة:

$$\gamma_R = k\,R^{\alpha} \quad (71)$$

يحسب القطر الفعال للخلية المطرية:

$$d_s = 3.5\, R^{-0.08} \tag{72}$$

ثم تحسب دالة النقل الفعال بالانتشار:

$$R_{cv} = \frac{2.17}{\gamma_R\ d_s}\left(1 - 10^{\frac{-\gamma_R\ d_s}{5}}\right) \tag{73}$$

ويحسب التوهين الإضافي خارج الحجم المشترك:

$$\Gamma_2 = 631\, k\, R^{(\alpha - 0.5)} \times 10^{-(R+1)^{0.19}} \tag{74}$$

ويحسب ارتفاع المطر فوق سطح الأرض h_R (km):

فيما يتعلق بأمريكا الشمالية وبأوروبا في غرب خط الطول 60° شرقاً:

$$h_R = 3.2 - 0.075\,(\zeta - 35) \qquad \text{for} \quad 35 \le \zeta \le 70 \tag{75}$$

حيث:

ζ: خط عرض المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق.

وفيما يتعلق بجميع مناطق العالم الأخرى:

$$h_R = \begin{cases} 5 - 0.075\,(\zeta - 23) & \text{for} \quad \zeta > 23 \\ 5 & \text{for} \quad 0 \le \zeta \le 23 \\ 5 & \text{for} \quad 0 \ge \zeta \ge -21 \\ 5 + 0.1\,(\zeta + 21) & \text{for} \quad -71 \le \zeta < -21 \\ 0 & \text{for} \quad \zeta < -71 \end{cases}$$

(75 أ) صف الكرة الأرضية الشمالي

(75 ب) نصف الكرة الأرضية الشمالي

(75 ج) نصف الكرة الأرضية الجنوبي

(75 د) نصف الكرة الأرضية الجنوبي

(75 هـ) نصف الكرة الأرضية الجنوبي

يحدد التوهين الطولي الناجم عن امتصاص بخار الماء (تستخدم كثافة بخار الماء مساوية 7,5 g/m^3):

$$\gamma_{wr} = \left[0.06575 + \frac{3.6}{(f - 22.2)^2 + 8.5}\right] f^2\ 7.5 \times 10^{-4} \tag{77}$$

1.3 الحسابات التكرارية

تطبق المعادلات من (78) إلى (83) لقيم r_i المتزايدة، حيث r_i هي المسافة المعتبرة (km) بين منطقة الانتشار الأعظم والموقع المحتمل لمحطة أرض وi = 0، 1، 2، ... . وتتابع العملية إلى أن يتحقق أحد الشرطين الواردين في المعادلتين (63 أ) و(63 ب). وتكون المسافة اللازمة في حالة الانتشار بالمطر d_r هي القيمة المعتبرة للمسافة r_i.

$$r_i = d_{min} + i \cdot s \tag{78}$$

تحدد الخسارة فوق ارتفاع المطر L_{ar} (dB) الذي ينطبق على الاقتران بالانتشار:

$$L_{ar} = \begin{cases} 6.5\left[6\,(r_i - 50)^2\ \times 10^{-5}\ - h_R\right] & \text{for} \quad 6\,(r_i - 50)^2 \times 10^{-5} > h_R \\ 0 & \text{for} \quad 6\,(r_i - 50)^2 \times 10^{-5} \le h_R \end{cases}$$

(79 أ)

(79 ب)

ويحسب الانتشار الإضافي للابتعاد عن انتشار "راليه":

$$A_b = \begin{cases} 0.005\,(f-10)^{1.7}\,R^{0.4} & \text{for } 10\text{ GHz} < f < 40.5\text{ GHz} \\ 0 & \text{for } f < 10\text{ GHz or when } L_{ar} \neq 0 \end{cases} \quad \text{(أ 80) (ب 80)}$$

ويحسب الطول الفعال للمسير بفعل الامتصاص بالأكسجين:

$$d_o = \begin{cases} 0.7\,r_i + 32 & \text{for } r_i < 340\text{ km} \\ 270 & \text{for } r_i \geq 340\text{ km} \end{cases} \quad \text{(أ 81) (ب 81)}$$

ويحسب الطول الفعال للمسير بفعل الامتصاص ببخار الماء باستخدام:

$$d_v = \begin{cases} 0.7\,r_i + 32 & \text{for } r_i < 240\text{ km} \\ 200 & \text{for } r_i \geq 240\text{ km} \end{cases} \quad \text{(أ 82) (ب 82)}$$

وتحدد الخسارة على المسير في أسلوب الانتشار (2)، L_r (dB) باستخدام:

$$L_r = 168 + 20\log r_i - 20\log f - 13.2\log R - G_x + A_b - 10\log R_{cv} + \Gamma_2 + L_{ar} + \gamma_o\, d_o + \gamma_{wr}\, d_v \quad (83)$$

حيث:

γ_o: كما هو معرف في المعادلة (34)

G_x: كسب الهوائي لشبكة الأرض المعطى في الجدولين 14 و15.

4 رسم الكفاف في أسلوب الانتشار (2)

لتحديد مركز الكفاف الدائري في أسلوب الانتشار (2)، يجب حساب المسافة الأفقية من المحطة الأرضية إلى هذه النقطة، على طول سمت محور الحزمة الرئيسية لهوائي هذه المحطة. وتعطى المسافة Δd (km) حتى مركز الكفاف في أسلوب الانتشار (2) بالعلاقة:

$$\Delta d = \frac{h_R}{2\tan \varepsilon_s} \quad (84)$$

حيث:

ε_s: زاوية ارتفاع محور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية

و

Δd: محدودة بالمسافة $(50 - d_r)$ km.

والمسافة اللازمة d_r في أسلوب الانتشار (2) يجب أن تكون محصورة بين مسافة التنسيق الدنيا d_{min} ومسافة الحساب القصوى في أسلوب الانتشار (2)، d_{max2}.

ويرسم الكفاف في أسلوب الانتشار (2) على شكل دائرة نصف قطرها d_r (km) حول المركز المحدد أعلاه. وهذا الكفاف هو المحل الهندسي لنقاط على هذه الدائرة، ولكن إذا وقع أي جزء من هذا الكفاف داخل الكفاف الذي تحدده مسافة التنسيق الدنيا، فإن هذه القوس من الكفاف تؤخذ على أنها مطابقة للكفاف المستند إلى مسافة التنسيق الدنيا، وهكذا لا يعود الكفاف في أسلوب الانتشار (2) دائرياً.

التذييـــل 3
للملحـــق 1

كسب الهوائي في اتجاه الأفق لمحطة أرضية عاملة مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض

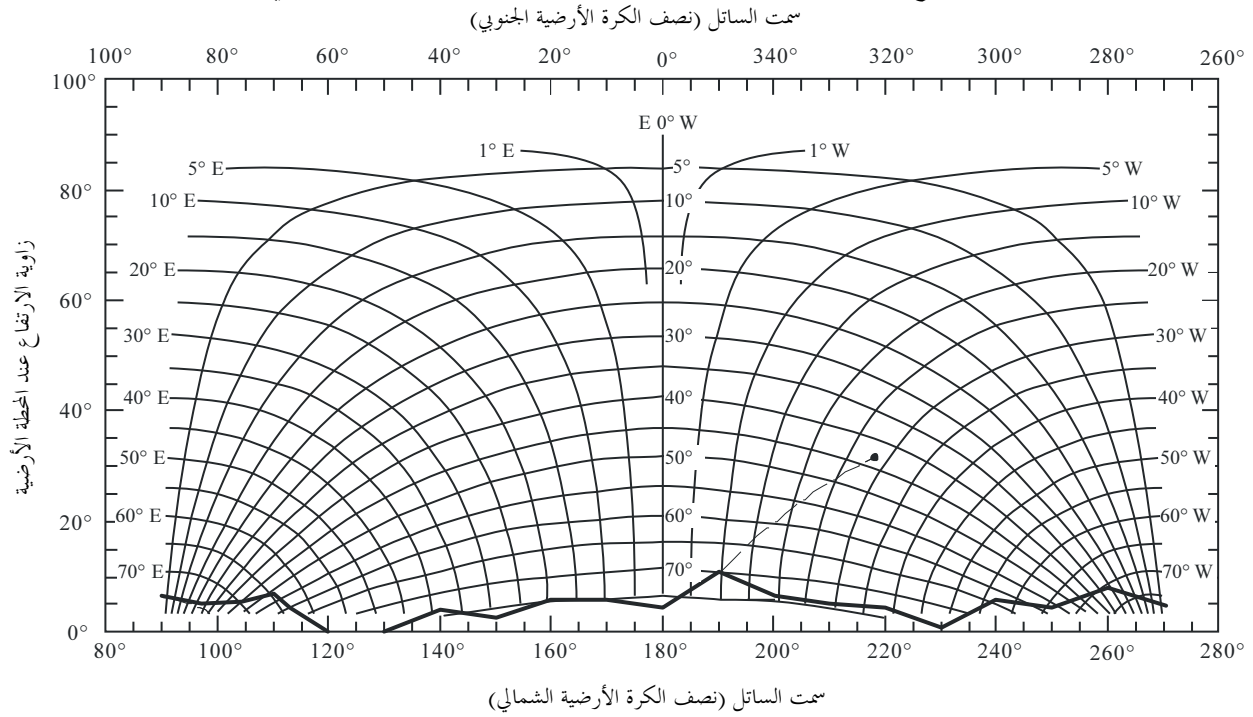
1 عموميات

تتوقف مركّبة كسب الهوائي لمحطة أرضية في اتجاه الأفق الطبيعي حول هذه المحطة، على التباعد الزاوي بين محور الحزمة الرئيسية للهوائي والأفق في الاتجاه المعني. وعندما تستخدم المحطة الأرضية للإرسال إلى محطة فضائية في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض أو إلى واحدة أو أكثر من المحطات الفضائية في مدار قليل الميل، يجب أن تؤخذ في الاعتبار جميع اتجاهات التسديد الممكنة لمحور الحزمة الرئيسية للهوائي. وعند التنسيق بين المحطات الأرضية، يجب أن تعرف القيمة الدنيا الممكنة $\varphi(\alpha)$ وفق كل سمت للتباعد الزاوي الذي ينبغي أن يحدث أثناء تشغيل المحطة الفضائية.

وعندما تبقى محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض بجوار موقعها الاسمي على المدار، تكون هناك علاقة فريدة من نوعها بين زاوية ارتفاع محور الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية ε_s وزاوية السمت α_s في اتجاه المحطة الفضائية، المرئيتين من المحطة الأرضية الواقعة في خط عرض ζ. ويبين الشكل 9 أقواس المواقع المحتملة لمحطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض بالإحداثيات المتعامدة (السمت/الارتفاع). وهو يبين أيضاً الأقواس التي تقابل مجموعة من خطوط العرض لمحطات أرضية وأقواس التقاطع التي تقابل نقاطاً على المدار بينها فرق ثابت في خط الطول شرقاً أو غرباً مع المحطة الأرضية. ويبين الشكل 9 أيضاً جزءاً من جانبية الأفق $\varepsilon_h(\alpha)$. والزاوية خارج المحور للحزمة $\varphi(\alpha)$ بين جانبية الأفق عند سمت قدره 190° ومحطة فضائية واقعة بقدر 28° إلى الغرب من محطة أرضية كائنة عند خط العرض الشمالي 43°، مبينة بقوس الدائرة الكبرى المرسومة بخط منقط في الشكل 9.

الشـــكل 9

أقواس مواقع السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض منسوبة إلى الأفق، والقوس المرئية من الأفق وفق السمت 190°
نحو ساتل واقع بقدر 28° إلى الغرب من محطة أرضية كائنة عند خط العرض الشمالي 43°

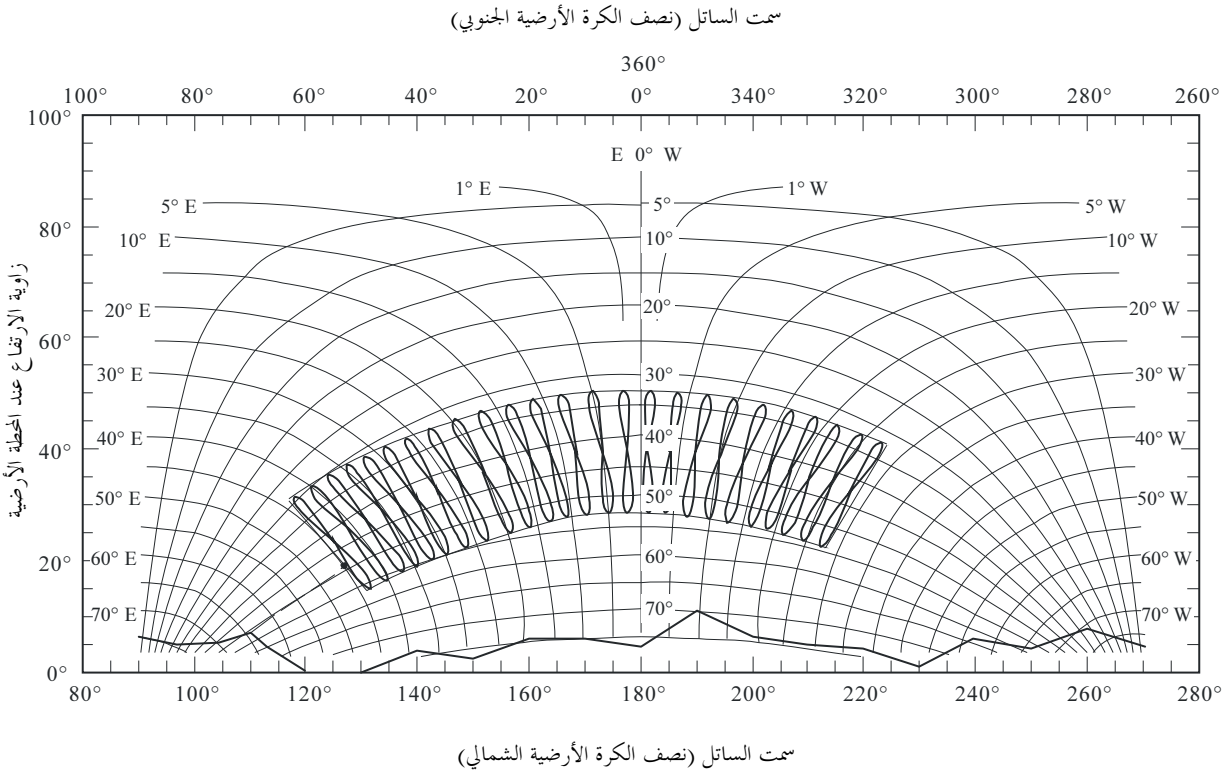


SM.1448-09

وعندما يليّن ويخفف الحفاظ على الموقع في الاتجاه شمال/جنوب لساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض، يصبح مدار الساتل مائلاً، ويتزايد ميله تدريجياً مع الوقت. وعندما يُنظر إلى الساتل من الأرض، يرى موضعه يرسم شكل الرقم 8 في كل دور من أدواره البالغ 24 ساعة. ويبين الشكل 10 التغيرات في مسارات مجموعة من السواتل المائلة بقدر 10° والمتباعدة بقدر 3° على طول قوس المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، المحصورة بين 28° غرباً و44° شرقاً بالنسبة إلى محطة أرضية واقعة عند خط العرض الشمالي 43°. ولأغراض تحديد منطقة التنسيق، لا حاجة للنظر إلا في مغلف يضم هذه المسارات. ويمكن استخدام مغلف بسيط ضام على أساس أقصى عدد من الرحلات في خطوط العرض والطول بالنسبة إلى مسقط المحطة الفضائية على الأرض في جميع المواضع الممكنة على امتداد القوس، على النحو المبين في الشكل 10. ويبين الشكل 10 أيضاً بخط منقط قوس الدائرة العظمى المقابلة لزاوية دنيا خارج المحور $\varphi(\alpha)$ كائنة بين هذا المغلف وجانبية الأفق وفق سمت قدره 110°.

الشـــكل 10

أقواس مواقع السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض منسوبة إلى الأفق، والقوس المرئية من الأفق وفق السمت 110°
نحو سواتل ميلها 10° عن قوس المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض المحصورة بين 28° غرباً و44° شرقاً من محطة أرضية كائنة على خط العرض الشمالي 43°



وبشأن محطة إرسال أرضية عاملة في نطاق ترددات موزع أيضاً في اتجاهي الإرسال على محطات استقبال أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يتم الرجوع إلى الفقرة 1.2 من التذييل 6.

2 تعيين التباعد الزاوي $\varphi(\alpha)$

لتعيين الزاوية خارج المحور $\varphi(\alpha)$، يجب التمييز بين حالتين تعتمدان على ما سيُنظر فيه: أكان ذلك محطة فضائية واحدة أو جزء من مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض، وما إذا كانت المحطة الأرضية ستعمل لمحطات أرضية في مدار مائل قليلاً أم لا. وتستخدم المعادلات التالية في كلتا الحالتين:

$$\psi_s(i,\delta) = \arccos(\sin\zeta \sin i + \cos\zeta \cos i \cos\delta) \tag{85}$$

$$\varepsilon_s(i,\delta) = \arcsin\left(\frac{K\cos\psi_s(i,\delta) - 1}{\left(1 + K^2 - 2K\cos\psi_s(i,\delta)\right)^{1/2}}\right) \tag{86}$$

$$\alpha_{0s}(i,\delta) = \arccos\left[\frac{\sin i - \cos\psi_s \sin\zeta}{\sin\psi_s \cos\zeta}\right] \tag{87}$$

لمحطة فضائية واقعة إلى الشرق من المحطة الأرضية ($\zeta \leq 0$)

$$\alpha_s(i,\delta) = \alpha_{0s}(i,\delta) \tag{88}$$

لمحطة فضائية واقعة إلى الغرب من المحطة الأرضية ($\zeta \geq 0$)

$$\alpha_s(i,\delta) = 360^\circ - \alpha_{0s}(i,\delta) \tag{89}$$

$$\varphi(\alpha,i,\delta) = \arccos\left[\cos\varepsilon_h(\alpha)\cos\varepsilon_s(i,\delta)\cos(\alpha - \alpha_s(i,\delta)) + \sin\varepsilon_h(\alpha)\, s\sin\varepsilon_s(i,\delta)\right] \tag{90}$$

حيث:

ζ: خط عرض المحطة الأرضية (موجب في الشمال وسالب في الجنوب)

δ: الفرق في خط الطول بين المحطة الأرضية والمحطة الفضائية

i: خط عرض مسقط الساتل (موجب في الشمال وسالب في الجنوب)

$\psi_s(i, \delta)$: قوس الدائرة الكبرى بين المحطة الأرضية ومسقط الساتل

$\alpha_s(i, \delta)$: سمت المحطة الفضائية المرئية من المحطة الأرضية

$\varepsilon_s(i, \delta)$: زاوية ارتفاع المحطة الفضائية المرئية من المحطة الأرضية

$\varphi(\alpha, i, \delta)$: الزاوية الكائنة بين الحزمة الرئيسية واتجاه الأفق الموافق للسمت α المعتبر، عندما تكون الحزمة الرئيسية موجهة نحو محطة فضائية، خط عرض مسقط ساتلها هو i، والفرق في خط طولها هو δ

α: سمت الاتجاه المعتبر

ε_h: زاوية ارتفاع الأفق عند السمت α المعتبر

$\varphi(\alpha)$: الزاوية الواجب استعمالها لحساب كسب الأفق وفق السمت المعتبر α

K: نسبة نصف قطر المدار إلى نصف قطر الأرض، ويفترض أنها تساوي 6,62 للمدار المستقر بالنسبة إلى الأرض.

جميع الأقواس المذكورة أعلاه مقدرة بالدرجات.

***الحالة 1*: محطة فضائية واحدة، مدارها غير مائل**

فيما يتعلق بمحطة فضائية تعمل في مدار غير مائل، في موقع مداري يبلغ الفرق في خط الطول عنده δ_0، يمكن تطبيق المعادلات من (85) إلى (90) مباشرة، بجعل $i = 0$ لتعيين $\varphi(\alpha)$ لكل سمت α. وهكذا يكون:

$$\varphi(\alpha) = \varphi(\alpha, 0, \delta_0) \tag{91}$$

حيث:

δ_0: الفرق في خط الطول بين المحطة الأرضية والمحطة الفضائية.

***الحالة 2*: محطات فضائية تقع على جزء من قوس مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، بدون ميل مداري**

في المحطات الفضائية الواقعة على جزء من قوس مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض بدون ميل مداري، يمكن تطبيق المعادلات (85) إلى (90) مباشرةً باستخدام $i = 0$ لإيجاد القيمة الدنيا للزاوية خارج المحور. ولكل زاوية سمت α، تكون الزاوية $\varphi(\alpha)$ هي القيمة الدنيا للزاوية $\varphi(\alpha, 0, \delta)$ في أي موضع على طول القوس. ومن ثم:

$$\varphi(\alpha) = \min \varphi(\alpha, 0, \delta) \quad \delta_W \le \delta \le \delta_e \tag{92}$$

حيث:

δ_e: فرق في خط الطول في أقصى الجزء الشرقي التشغيلي من قوس المدار

δ_w: فرق في خط الطول في أقصى الجزء الغربي التشغيلي من قوس المدار

***الحالة 3*: محطات فضائية تقع على جزء من قوس مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، مع ميل مداري**

فيما يتعلق بمحطات فضائية تعمل في مدار مائل قليلاً، وتقع على جزء من قوس مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، فيه فرق اسمي في خط الطول بين δ_0 وδ_w، يجب أن يؤخذ في الاعتبار الميل الأقصى للمدار أثناء مدة تشغيله i_s. ويمكن تطبيق المعادلات من (85) إلى (90) لتعيين الزاوية الدنيا خارج المحور لكل واحدة من الأقواس الأربع سمت/ارتفاع التي تحدّ مسار المحطة الفضائية بالزاوية وبالارتفاع. وهذه الأقواس تحدها خطوط العرض القصوى والدنيا لمساقط الساتل، والحدود الطرفية للفرق في خط الطول بين المحطة الفضائية والمحطة الأرضية عندما تكون المحطة الفضائية تعمل عند ميلها الأقصى. وهكذا:

$$\varphi(\alpha) = \min \varphi_n(\alpha) \quad n = 1 \text{ to } 4 \tag{93}$$

مع:

$$\varphi_1(\alpha) = \min \varphi(\alpha, -i_s, \delta) \quad \delta_W - \delta_s \le \delta \le \delta_e + \delta_s \tag{94}$$

$$\varphi_2(\alpha) = \min \varphi(\alpha, i_s, \delta) \quad \delta_W - \delta_s \le \delta \le \delta_e + \delta_s \tag{95}$$

$$\varphi_3(\alpha) = \min \varphi(\alpha, i, \delta_W - \delta_s) \quad -i_s \le i \le i_s \tag{96}$$

$$\varphi_4(\alpha) = \min \varphi(\alpha, i, \delta_e + \delta_s) \quad -i_s \le i \le i_s \tag{97}$$

$$\delta_s = (i_s / 15)^2 \tag{98}$$

حيث:

i_s: زاوية الميل التشغيلية القصوى لمدار الساتل

δ_s: *التغير* الأقصى في خط الطول عن القيمة الاسمية لمسقط ساتل ميل مداره i_s.

الحالة 4: **محطة فضائية واحدة في مدارات مائلة**

فيما يتعلق بمحطة فضائية واحدة تعمل في مدار فيه فرق اسمي في خط الطول هو δ_0، مع ميل أقصى للمدار أثناء مدة تشغيله i_s، تحدَد الزاوية $\varphi(\alpha)$ كما في الحالة 3ن سوى أن $\delta_e = \delta_w = \delta_0$ هنا.

ويمكن تحديد الزوايا الدنيا خارج المحور في المعادلات (93) إلى (97) بتزايدات على طول الكفاف المعين للحدود. ويكون قدّ الخطوة في الميل i أو في خط الطول δ محصوراً بين 0,5° و1,0°، ويجب أن تكون النقاط الطرفية لكل من المديات داخلة في الحساب.

وجانبية الأفق $\varepsilon_h(\alpha)$ المستعملة لتحديد $\varphi(\alpha)$ معطاة من أجل تزايدات في السمت لا تتجاوز خطوتها 5°.

3 تعيين كسب الهوائي

تستعمل العلاقة $\varphi(\alpha)$ لحساب كسب الهوائي في اتجاه الأفق $G(\varphi)$ مقدراً بالوحدات dBi بدلالة زاوية السمت α باستخدام مخطط الهوائي الفعلي للمحطة الأرضية أو صيغة تعطي تقريباً جيداً له. فمثلاً عندما تكون نسبة قطر الهوائي إلى طول الموجة تساوي أو تزيد على 35، تستعمل المعادلة التالية:

$$G(\varphi) = \begin{cases} G_{amax} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 & \text{for } 0 < \varphi < \varphi_m \\ G_1 & \text{for } \varphi_m \le \varphi < \varphi_r \\ 29 - 25 \log \varphi & \text{for } \varphi_r \le \varphi < 36^\circ \\ -10 & \text{for } 36^\circ \le \varphi \le 180^\circ \end{cases} \quad (99)$$

$$G_1 = \begin{cases} -1 + 15 \log (D/\lambda) & \text{dBi} \quad \text{for} \quad D/\lambda \ge 100 \\ -21 + 25 \log (D/\lambda) & \text{dBi} \quad \text{for } 35 \le D/\lambda < 100 \end{cases}$$

$$\varphi_m = \frac{20\,\lambda}{D} \sqrt{G_{amax} - G_1} \quad \text{degrees}$$

$$\varphi_r = \begin{cases} 15.85 \, (D/\lambda)^{-0.6} & \text{degrees} \quad \text{for} \quad D/\lambda \ge 100 \\ 100 \, (\lambda / D) & \text{degrees} \quad \text{for } 35 \le D/\lambda < 100 \end{cases}$$

وعندما يتوفر تمثيل أفضل لمخطط الهوائي الفعلي، يمكن استعماله.

وفي الحالات التي لا تعطى فيها النسبة D/λ، يمكن تقديرها استناداً إلى العبارة:

$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{amax} - 7.7$$

حيث:

G_{amax}: كسب الهوائي في محور الحزمة الرئيسية (dBi)

D: قطر الهوائي (m)

λ: طول الموجة (m)

G_1: كسب الفص الجانبي الأول (dBi).

التذييـــل 4
للملحـــق 1

كسب الهوائي في اتجاه الأفق لمحطة أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

يعرض هذا التذييل الطرائق التي يمكن استعمالها لتعيين كسب الهوائي في اتجاه الأفق لمحطة أرضية تعمل مع سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، تستخدم طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG) المشروحة في الفقرة 1.2.2 في الملحق 1 والطريقة الإحصائية المشروحة في الفقرة 2.2.2 في الملحق 1، ويقدم هذا التذييل مثالاً عن تطبيق طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن.

1 تعيين كسب الهوائي في اتجاه الأفق باستخدام طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG)

تتوقف طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن في أبسط أشكال تنفيذها على زاوية الارتفاع الدنيا لمحور حزمة الهوائي للمحطة الأرضية (ε_{sys})، وهي معلمة نظام تأخذ القيمة نفسها، وفق جميع السموت المحيطة بالمحطة الأرضية. فإذا كانت زاوية ارتفاع الأفق وفق السمت المعتبر هي ε_h (بالدرجات)، تكون زاوية التباعد الدنيا بين الأفق وفق هذا السمت وبين كل زاوية تسديد محتملة لمحور الحزمة الرئيسية للهوائي (φ_{min}) مساوية إلى الفرق بين هاتين الزاويتين ($\varepsilon_{sys} - \varepsilon_h$)، ولكنها لا تقل عن صفر من الدرجات. وتكون زاوية التباعد القصوى بين الأفق وفق هذا السمت وبين كل زاوية تسديد محتملة لمحور الحزمة الرئيسية للهوائي (φ_{max}) مساوية إلى الفرق بين مجموع هاتين الزاويتين والقيمة 180° ($180 - \varepsilon_{sys} - \varepsilon_h$). ويتم الحصول على قيمتي الكسب القصوى والدنيا في اتجاه الأفق وفق السمت المعني، من مخطط كسب الهوائي للمحطة الأرضية عند هاتين الزاويتين خارج المحور. وفي غياب المخطط يمكن استعمال مخطط الفقرة 3 من التذييل 3 للملحق 1.

وتتدخل تقييدات أخرى في تعيين قيمتي كسب الهوائي القصوى والدنيا في اتجاه الأفق، في حالة محطة أرضية تعمل مع كوكبة من السواتل غير المستقرة وغير الموجودة في مدار شبه قطبي. وفي مثل هذه الحالة وحسب خط عرض المحطة الأرضية، فقد توجد بعض الأجزاء من نصف الكرة الأرضية الواقعة فوق المستوي الأفقي عند المحطة الأرضية، لا يرى فيها أي ساتل. ولمراعاة هذه الحدود لقابلية الرؤية في هذه الطريقة، لا بد أولاً من تعيين زاوية الارتفاع الدنيا التي يمكن رؤية الساتل عندها، وفق مجموعة من الزوايا السمتية القريبة جداً حول المحطة الأرضية. ويمكن تعيين زاوية الارتفاع الدنيا هذه التي يمكن معها رؤية الساتل (ε_v) انطلاقاً من إمكانية رؤية حافة البساط المتشكل من جميع المدارات المحتملة التي لها الميل المداري لسواتل الكوكبة وارتفاعها.

وتكون أخفض زاوية ارتفاع يسدد باتجاهها محور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية وفق كل سمت هي زاوية الارتفاع الدنيا المركبة (ε_c) المساوية لكبرى الزاويتين: زاوية الارتفاع الدنيا لإمكانية رؤية الساتل (ε_v) وزاوية الارتفاع الدنيا للمحطة الأرضية (ε_{sys}). وبعد تعيين زاوية الارتفاع الدنيا المركبة وفق جميع السموت حسب الطريقة المشروحة في الفقرة 1.1 من هذا التذييل، يمكن استعمال الجانبية الناتجة لزوايا الارتفاع الدنيا المركبة في الطريقة المشروحة في الفقرة 2.1 من هذا التذييل، من أجل تحديد قيمتي الكسب القصوى والدنيا في اتجاه الأفق وفق كل سمت.

1.1 تعيين الحدود لقابلية رؤية السواتل

يمكن أن تتعين الحدود لقابلية رؤية كوكبة من السواتل استناداً إلى زاوية ميل الساتل الأكثر ميلاً وارتفاع الساتل الأقل ارتفاعاً في الكوكبة. وللقيام بذلك يمكن التمييز بين ست حالات، قد لا تنطبق كلها بالضرورة على كوكبة معينة، وعلى خط عرض معيّن للمحطة الأرضية. فالسمت والحد الأدنى المقابل لزاوية الارتفاع يتعينان بطريقة وسيطية تستعمل مجموعة من النقاط على حافة البساط المداري للكوكبة. وتكمن هذه الطريقة في وضع هذه العلاقة بالنسبة إلى السموت الموجودة إلى الشرق من محطة

موجودة في نصف الكرة الأرضية الشمالي. واعتماداً على التناظر يمكن تعيين زوايا الارتفاع للسموت الموجودة إلى الغرب من المحطة، ولجميع سموت المحطات الموجودة في نصف الكرة الأرضية الجنوبي. ويمكن استعمال المعادلات التالية، والتي لا تصلح إلا لمدارات دائرية، من أجل تعيين كسب الهوائي في اتجاه الأفق في جميع الحالات العملية.

$$\psi(\delta) = \arccos\left(\sin \zeta_e \sin i_s + \cos \zeta_e \cos i_s \cos\delta\right) \tag{100}$$

$$\varepsilon_v(\delta) = \arcsin\left[\frac{K_1 \cos[\psi(\delta)] - 1}{\left(1 + K_1^2 - 2K_1 \cos[\psi(\delta)]\right)^{1/2}}\right] \tag{101}$$

$$\alpha_0(\delta) = \arccos\left[\frac{\sin i_s - \cos[\psi(\delta)] \sin \zeta_e}{\sin[\psi(\delta)] \cos \zeta_e}\right] \tag{102}$$

مع:

$$\alpha(\delta) = \begin{cases} \alpha_0(\delta) \text{ et} & \text{للمحطات الأرضية التي تقع شمال خط الاستواء} \\ 360° - \alpha_0(\delta) & \\ 180° - \alpha_0(\delta) \quad \text{and} & \\ 180° + \alpha_0(\delta) & \text{للمحطات الأرضية التي تقع شمال خط الاستواء} \end{cases} \tag{103}$$

حيث:

i_s: ميل مدار السواتل في الكوكبة، الذي يفترض موجباً ومحصوراً بين 0° و90°

ζ_e: القيمة المطلقة لخط عرض المحطة الأرضية

δ: الفرق في خط الطول بين المحطة الأرضية ونقطة من حافة البساط المداري للكوكبة

$\psi(\delta)$: قوس الدائرة الكبرى بين المحطة الأرضية ونقطة على سطح الأرض تقع مباشرة تحت النقطة من حافة البساط المداري للكوكبة

$\alpha(\delta)$: السمت بين المحطة الأرضية ونقطة من حافة البساط المداري

$\alpha_0(\delta)$: السمت الرئيسي، المحصور بين 0° و180°، من المحطة الأرضية إلى نقطة من حافة البساط المداري

$\varepsilon_v(\delta)$: زاوية الارتفاع من المحطة الأرضية إلى نقطة من حافة البساط المداري

K_1: نسبة نصف قطر المدار إلى نصف قطر الأرض بالنسبة إلى ساتل الكوكبة الأقل ارتفاعاً (نصف قطر الأرض يساوي 6 378,14 km)

ψ_m: تحقق المعادلة $\psi_m = \arccos(1/K_1)$.

جميع الأقواس المذكورة أعلاه مقدرة بالدرجات.

يمكن في كل خط عرض على سطح الأرض أن يتحدد السمت الذي تكون فيه زاوية الارتفاع الدنيا بالنسبة إلى ساتل ما أكبر من الصفر، وأن تتحدد زوايا الارتفاع التي تقابله بإجراء الحسابات في الحالات التالية. ولا تنطبق أكثر من حالتين من هذه الحالات على أي خط عرض معين. وفي الحالات التي لا تشملها الحالات التالية، لا يكون أي ساتل مرئياً بزوايا ارتفاع تساوي أو تقل عن 90° وفق جميع السموت.

الحالة 1: عندما: $\zeta_e \le i_s - \psi_m$

يمكن أن يُرى ساتل واحد في هذه الحالة عند الأفق وفق جميع السموت المحيطة بالمحطة الأرضية ($\varepsilon_v = 0$).

الحالة 2: عندما: $i_s - \psi_m < \zeta_e \le \arcsin(\sin i_s \cos \psi_m)$

تعين في هذه الحالة زاويتا السمت والارتفاع وسيطياً عن طريق معلمات، باختيار مجموعة من القيم للفرق δ، متباعدة عن بعضها بانتظام ضمن المجال الممتد من 0 إلى δ_1، وبتطبيق المعادلات من (98) إلى (101). ولهذا الغرض، يجب ألا يتجاوز التباعد بين القيم 1,0°، على أن تؤخذ القيم الحدّية الطرفية بالحسبان.

$$\delta_1 = \arccos\left[\frac{\cos\psi_m - \sin\zeta_e \sin i_s}{\cos\zeta_e \cos i_s}\right]$$

وتكون زاوية الارتفاع الدنيا مساوية للصفر ($\varepsilon_v = 0$)، لكل سمت رئيسي ($\alpha_0(\delta)$) ليس داخلاً ضمن المجموعة، إلا للسموت التي تنطبق عليها كذلك الحالة 6.

الحالة 3: عندما: $i_s < \zeta_e < (\sin i_s \cos \psi_m)$ وأيضاً $\zeta_e < 180° - \psi_m - i_s$

تعين في هذه الحالة زاويتا السمت والارتفاع وسيطياً عن طريق معلمات، باختيار مجموعة من القيم للفرق δ، متباعدة عن بعضها بانتظام ضمن المجال الممتد من 0 إلى δ_2، وبتطبيق المعادلات من (98) إلى (101). ولهذا الغرض يجب ألا يتجاوز التباعد بين القيم 1,0° على أن تؤخذ القيم الحدّية الطرفية بالحسبان.

$$\delta_2 = 2\arctan\left[\frac{\sqrt{\sin^2\psi_m - \cos^2 i_s \sin^2\delta_1}}{\sin\zeta_e \cos i_s \sin\delta_1}\right] - \delta_1$$

وتكون زاوية الارتفاع الدنيا مساوية للصفر ($\varepsilon_v = 0$)، لكل سمت رئيسي ($\alpha_0(\delta)$) ليس داخلاً ضمن المجموعة، إلا للسموت التي تنطبق عليها كذلك الحالة 6.

الحالة 4: عندما: $i_s + \psi_m < \zeta_e$ وأيضاً $i_s \le \zeta_e < 180° - i_s - \psi_m$

تُعطى زاوية الارتفاع الدنيا في هذه الحالة صراحة بدلالة زاوية السمت الرئيسي α_0 كما يلي:

$$\varepsilon_v = \begin{cases} 90° & \text{for} \quad 0 \le \alpha_0 < \alpha_2 \\ 0 & \text{for} \quad \alpha_2 \le \alpha_0 \le 180° \end{cases}$$

حيث:

$$\alpha_2 = \arccos\left[\frac{\sin i_s - \cos\psi_m \sin\zeta_e}{\sin\psi_m \cos\zeta_e}\right]$$

ويلاحظ بأن زاوية ارتفاع دنيا قدرها 90° في هذه الصيغة، تدل على أنه لا يوجد أي ساتل مرئي بزوايا ارتفاع تساوي أو تقل عن 90° في هذه السُّموت، وفوق ذلك فإن مدى السموت الرئيسية التي تكون فيها زوايا الارتفاع الدنيا تساوي الصفر، تنطبق عليها الحالة 6 كذلك.

الحالة 5: عندما: $180° - i_s - \psi_m \le \zeta_e \le 90°$

في هذه الحالة، يمكن أن يُرى ساتل واحد في الأفق وفق جميع السموت المحيطة بالمحطة الأرضية ($\varepsilon_v = 0$).

الحالة 6: عندما: $\zeta_e < \psi_m - i_s$

قد تحدث هذه الحالة مع أي من الحالات 2 أو 3 أو 4، ويمكن أن يُرى ساتل واحد فقط فوق زاوية الارتفاع الدنيا وفق سموت رئيسية أخرى.

وتتعين في هذه الحالة السموت الرئيسية الأخرى وزوايا الارتفاع التي تقابلها، عن طريق معلمات، باختيار مجموعة من القيم للفرق δ، متباعدة عن بعضها بانتظام ضمن المجال الممتد من 0 إلى 3δ، وبتطبيق المعادلات من (100) إلى (103)، والاستعاضة عن i_s بالمقدار $-i_s$. ولهذا الغرض يجب ألا يتجاوز التباعد بين القيم 1,0°، على أن تؤخذ القيم الحدية الطرفية بالحسبان.

$$\delta_3 = \arccos\left[\frac{\cos\psi_m + \sin\zeta_e \sin i_s}{\cos\zeta_e \cos i_s}\right]$$

2.1 تعيين الكسبين الأدنى والأقصى في اتجاه الأفق من جانبية زاوية الارتفاع الدنيا المرئية

يتعين الكسب لهوائي المحطة الأرضية في اتجاه الأفق من جانبية القيم لزاوية الارتفاع الدنيا المركبة (ε_c). وتكون هذه الزاوية وفق كل سمت هي كبرى الزاويتين التاليتين: زاوية الارتفاع الدنيا لإمكانية رؤية الساتل وفق هذا السمت (ε_v) أو زاوية الارتفاع الدنيا للمحطة الأرضية (ε_{sys}). ويمكن استعمال الطريقة التالية لتعيين قيمتي كسب الهوائي الدنيا والقصوى في اتجاه الأفق وفق كل سمت معتبر.

يمكن استعمال المعادلة التالية لتعيين التباعد الزاوي بين جانبية الأفق لزاوية سمت α وزاوية ارتفاع الأفق ε_h وبين نقطة تقع على جانبية زاوية الارتفاع الدنيا المركبة، عندما تكون زاوية الارتفاع الدنيا المركبة هي ε_c مع زاوية سمت α_c:

$$\varphi(\alpha, \alpha_C) = \arccos\left[\sin\varepsilon_h(\alpha)\sin(\varepsilon_C(\alpha_C)) + \cos\varepsilon_h(\alpha)\cos(\varepsilon_C(\alpha_C))\cos(\alpha - \alpha_C)\right] \quad (104)$$

حيث:

α: سمت الاتجاه المعني

$\varepsilon_h(\alpha)$: زاوية ارتفاع الأفق وفق السمت المعني α

$\varepsilon_c(\alpha_C)$: زاوية الارتفاع الدنيا المركبة وفق السمت α_c

α_c: السمت المقابل للزاوية ε_c.

وتُعيَّن القيمة الدنيا لزاوية التباعد φ_{min} وفق السمت المعتبر من القيمة الدنيا للتباعد $\varphi(\alpha, \alpha_c)$ وفق كل سمت α_c، وتُعين القيمة القصوى φ_{max} من القيمة القصوى للتباعد $\varphi(\alpha, \alpha_c)$ وفق كل سمت α_c. وأما بشأن زوايا السمت (α) فتؤخذ عادة متزايدة بقفزات قدرها 5°، ولكن تعيين زاوية التباعد الدنيا بدقة، يتطلب تعيين قيم زاوية الارتفاع الدنيا المركبة ε_c من أجل تباعد سمتي α_c قدره 1° أو أقل. وعندما لا تعطي الإجراءات المشروحة في الفقرة 1.1 من هذا التذييل، جانبية زاوية الارتفاع الدنيا المركبة مع تباعد صغير صغراً كافياً ما بين زوايا السمت، يمكن الاستعانة باستكمال داخلي خطي لتعيين القيم اللازمة الواقعة ما بين القيم المعطاة. وتُعين قيمتا الكسب للهوائي القصوى والدنيا G_{max} وG_{min} في اتجاه الأفق المطلوب استعمالها في معادلات الفقرة 1.2.2 من الملحق 1 للسمت المعتبر، من مخطط الهوائي للمحطة الأرضية انطلاقاً من الزاويتين خارج المحور φ_{min} وφ_{max} على التوالي. وإذا كان هذا المخطط غير معروف، يستعمل مخطط الفقرة 3 من التذييل 3 للملحق 1. وفي العديد من الحالات تكون φ_{max} كبيرة كبراً كافياً لجميع السموت بحيث يكون الكسب G_{min} مساوياً للكسب الأدنى من مخطط الهوائي لجميع السموت.

3.1 مثال عن حساب كسب الهوائي باتجاه الأفق باستخدام طريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG)

تُوضَّح هذه الطريقة لكل محطة استقبال أرضية مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض وبالمعلمات الواردة في الجدول 6. وتؤخذ زاوية الارتفاع الدنيا المركبة للمحطة الأرضية، ε_e، على أنها تلك المساوية لكبرى الزاويتين: زاوية الارتفاع الدنيا للنظام، ε_{sys}، وزاوية الارتفاع الدنيا لإمكانية رؤية الساتل المحددة من الكوكبة التي تراها محطة أرضية في خط العرض 40°. ومن ثم، تتغير زاوية الارتفاع الدنيا المركبة في هذا المثال من 6° إلى 35°.

الجـــدول 6

معلمات المحاكاة المستخدمة في المثال

ارتفاع الكوكبة	km 1 469
شكل المدار	دائري
ميل المدار	°53
عدد المستويات	20
عدد السواتل في كل مستوي	4
انزياح الطور بين أول سواتل المستويات المجاورة	°67,5
نمط المنطقة	A2 (في البر)
النسبة المئوية من الوقت: p%	%0,0015
خط عرض المحطة الأرضية	40 شمالاً
مخطط إشعاع الهوائي	القيمة القصوى من dBi (10− أو 25 − 29 log(φ))
زاوية الارتفاع الدنيا للمحطة الأرضية	°6
التردد	GHz 11,2
زاوية ارتفاع الأفق	°0
الحد الأقصى لقدرة التداخل ($Pr(p)$)	dBW 143−
قدرة إرسال الخدمة الثابتة	dBW 3−
كسب هوائي	dBi 45

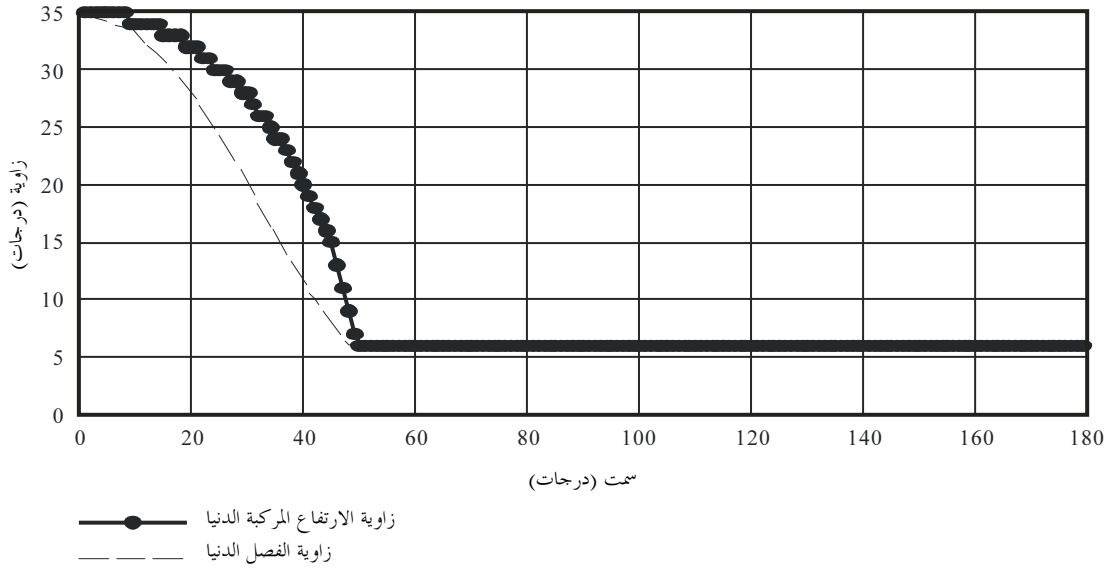
يبين الشكل 11 زاوية الارتفاع المركبة الدنيا وزاوية الفصل الدنيا، φ_{min}، بدلالة السمت لحالة زاوية ارتفاع صفرية (°0) عن الأفق. ويبين الشكل 12 الكسب الأقصى للهوائي باتجاه الأفق بدلالة السمت.

وفي هذا المثال، يكون للكسب الأدنى باتجاه الأفق لمحطة الاستقبال الأرضية التي تجري التنسيق قيمة ثابتة قدرها dBi °10− في كل سمت. وبما أن الكسب الأقصى يقل دوماً عن dBi 9,6، فإن G_e يساوي G_{max} في كل سمت ($G_{max} - G_{min} < 20$ dB).

ويبين الشكل 13 كفاف التنسيق لمعلمات المثال والكسب اللامتغير مع الزمن (TIG) باتجاه الأفق في الشكل 12. ويُظهر مفعول استخدام زاوية الارتفاع المركبة الدنيا في تقليص المسافة المطلوبة للسموت ما بين 310° و°50.

الشـــكل 11

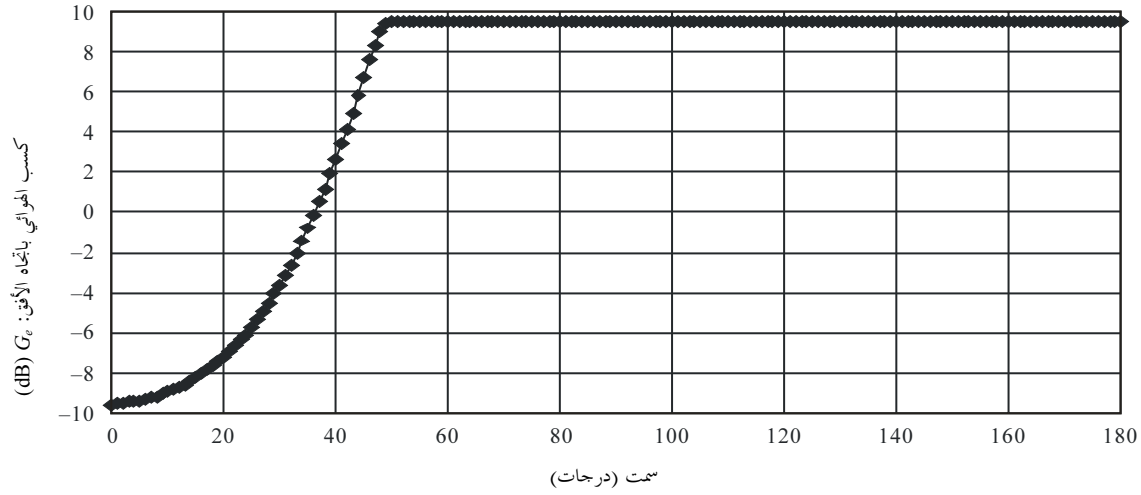
زاوية الارتفاع المركبة الدنيا ε_c وزاوية الفصل الدنيا، φ_{min}، بدلالة السمت لمحطة أرضية واقعة في خط العرض 40° شمالاً وعاملة في نظام خدمة ثابتة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض



SM.1448-11

الشـــكل 12

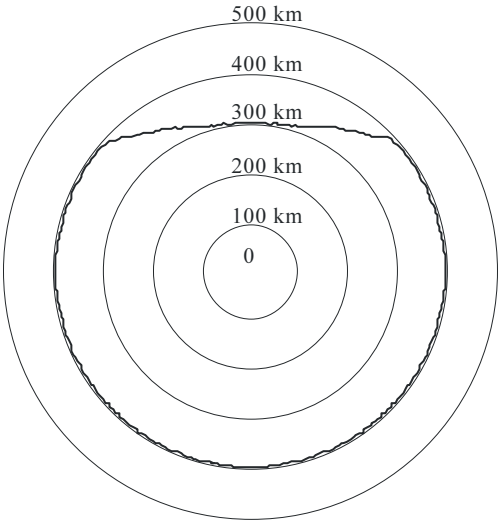
كسب الهوائي، G_e، باتجاه الأفق بدلالة السمت



SM.1448-12

الشـــكل 13

كفاف أسلوب الانتشار (1) للمثال الوارد



SM.1448-13

2 تحديد توزيع الكسب في اتجاه الأفق للهوائي وفقاً لطريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG)

يجب في الطريقة TVG المستعملة لتحديد منطقة التنسيق لمحطة أرضية، أن تعيّن إحصائيات الكسب في اتجاه الأفق للهوائي وفق جميع السموت (بتزايدات مناسبة خطوة كل منها 5° مثلاً) حول المحطة الأرضية. ويتطلب تحديد توزيع الكسب في اتجاه الأفق معلومات عن المحطة الأرضية وعن المدار، بما في ذلك ما إذا كان الحفاظ على الموقع يستخدم للحفاظ على مسير مداري واحد (نظام مسار على سطح الأرض تكراري أو غير تكراري). ومع مراعاة المبادئ التوجيهية الواردة في الفقرة 2.2 من الملحق 1، فإن التوزيع التراكمي للكسب في اتجاه الأفق المتغير مع الزمن لهوائي محطة أرضية للإرسال أو للاستقبال تعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض يحسب كما يلي:

- تحاكى كوكبة المحطات الفضائية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض على مدى زمني طويل طولاً كافياً، مع خطوة تزايد في الزمن تناسب ارتفاع المدار، بغية التوصل إلى تمثيل صالح لتغيرات كسب الهوائي. فأما بالنسبة إلى الكوكبات التي مساراتها على سطح الأرض تكرارية، فتتم محاكاة المسير المداري بكل ساتل مرئي من المحطة الأرضية على مدى دور التكرار للمسار على سطح الأرض. وأما بالنسبة إلى الكوكبات التي مساراتها على سطح الأرض غير تكرارية، فتتم محاكاة مدار كل ساتل من الكوكبة على فترة طويلة طولاً كافياً لتتوصل إلى تمثيل مستقر للتوزيع.
- ولكل خطوة تزايد في الزمن، يعيّن السمت وزاوية الارتفاع لكل ساتل يرى بنفس الوقت عند المحطة الأرضية وفق زاوية الارتفاع الدنيا التي تعمل عندها المحطة الأرضية. ويمكن أن تستعمل، بالإضافة إلى زاوية الارتفاع الدنيا، معايير أخرى لاجتناب بعض التشكيلات الهندسية، مثل اجتناب القوس المدارية للسواتل المستقرة إلى الأرض (بدون إرسال بين محطة أرضية وساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض داخل ±X° من القوس المدارية للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض).

- ولكل خطوة تزايد في الزمن، ولكل ساتل على اتصال مع محطة أرضية، يستخدم مخطط الهوائي الفعلي للمحطة الأرضية أو تقريب جيد لهذا المخطط، لكي يحسب الكسب في اتجاه الأفق وفق كل سمت وكل زاوية ارتفاع حول المحطة الأرضية.
- يتراوح كسب الهوائي باتجاه الأفق بين قيمته الدنيا (G_{min}) وقيمته القصوى (G_{max}). ويمكن الحصول على هذه القيم بالأساليب الواردة في الفقرة 1 من هذا التذييل. يُختار التزايد في الكسب G (dB)، ويجزأ مدى قيم الكسب إلى عدد من سويات الكسب محصورة بين G_{min} وG_{max}،

أي: $G = \{ G_{min}, G_{min} + g, G_{min} + 2\,g, ..., G_{max}\}$

وسويات الكسب هذه تحدد مجموعة من الفواصل الكسبية بحيث يشمل الفاصل الكسبي النوني (الذي رتبته n = 1، 2، 3، ...) قيم الكسب التي تساوي أو تزيد على $G_{min} + (n-2)g$ وتقل عن $G_{min} + (n-1)g$.

ويوصى باستعمال قيمة للخطوة g تمتد من 0,1 dB إلى 0,5 dB.

ويُحسب وفق كل سمت عند الأفق حول المحطة الأرضية، الزمن الكلي الذي يأخذ أثناءه الكسب في اتجاه الأفق إحدى القيم في كل فاصل كسبي عرضه g (dB).

- تُعيَّن دالّة الكثافة الاحتمالية (PDF) وفق كل سمت، بتقسيم زمن كل فاصل كسبي على زمن المحاكاة الكلي.

وتعيّن دالّة التوزيع التراكمي (CDF) للكسب في اتجاه الأفق للهوائي وفق كل سمت بتعيين الدالّة التراكمية لكثافة الكسب في هذا السمت. وتكون قيمة دالة التوزيع التراكمي اللازمة لقيمة كسب محدد هي النسبة المئوية من الوقت التي يكون فيها الكسب يساوي أو يقل عن قيمة الكسب هذه.

3 معادلات تُستخدم لتحديد مواقع السواتل في المدار

يمكن استخدام المعادلات التالية في النهج اللوغاريتمي أعلاه لتحديد موقع السواتل في كوكبة. وتنطبق هذه المعادلات على المدارات الدائرية والإهليلجية على السواء.

وبكروية الأرض وزاوية ارتفاع، ε_s، يعطى ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض، كما يرى من محطة أرضية تعمل مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، على النحو التالي:

$$\varepsilon_s = \arcsin\left\{\left(r_s\cos(\psi) - r_e\right) / \left(r_s^2 + r_e^2 - 2\,r_s\,r_e\cos(\psi)\right)^{0.5}\right\} \quad (105)$$

حيث:

$$\cos(\psi) = \cos(\zeta)[\cos(\lambda_r t + \lambda_e - \lambda_s)\cos(\omega_p + \nu) + \sin(\lambda_r t + \lambda_e - \lambda_s)\cos(i_s)\sin(\omega_p + \nu)] + \sin(\zeta)\sin(i_s)\sin(\omega_p + \nu)$$

$$\omega_e - \Omega_r = \lambda_r$$

ω_e: سرعة دوران الأرض = 4.178075×10^{-3} (degrees/s) (درجات/ثانية)

Ω_r: سرعة مبادرة عُقد مدار الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض، $\Omega_r = -[(1.15325 \times 10^{-4}) / (1 - e^2)^2]\,(r_e / a)^{3.5}\cos(i_s)$ (degree/s)

ψ: الزاوية بين المتجهين من مركز الأرض إلى الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض ومن مركز الأرض إلى المحطة الأرضية التي تجري التنسيق (درجات)

r_s: المسافة من مركز الأرض إلى الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الوقت t (km)

r_e: المسافة من مركز الأرض إلى المحطة الأرضية التي تجري التنسيق = 6378.14 km

a: نصف المحور الكبير لمدار الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض

e: الاختلاف المركزي لمدار الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض ($e = 0$ للمدارات الدائرية و $0 < e < 1$ للمدارات الإهليلجية)

λ_s: خط طول (انظر الملاحظة 1) العقدة الصاعدة لمدار الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الوقت $t = 0$ (درجات)

i_s: زاوية ميل مدار الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض (درجات)

ω_p: زاوية حضيض مدار الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الوقت t (درجات)

ν: الزاوية الاختلافية الحقيقية لمدار الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الوقت t (درجات)

λ_e, ζ: خط طول وخط عرض المحطة الأرضية التي تجري التنسيق (درجات)؛

t: الوقت الحالي (s).

الملاحظة 1 – إذا كان المدار شديد الإهليلجية، قد تدعو الحاجة لإسناد هذه المعلمة إلى الصعود المناسب في العقدة الصاعدة.

ويعطى متجه الساتل من مركز الأرض بدلالة الزمن بالصيغة التالية:

$$\vec{r}_s = r_s \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = r_s \begin{pmatrix} \sin(\lambda_r t - \lambda_s)\cos(i_s)\sin(\omega_p + \nu) + \cos(\lambda_r t - \lambda_s)\cos(\omega_p + \nu) \\ \cos(\lambda_r t - \lambda_s)\cos(i_s)\sin(\omega_p + \nu) - \sin(\lambda_r t - \lambda_s)\cos(\omega_p + \nu) \\ \sin(i_s)\sin(\omega_p + \nu) \end{pmatrix} \quad (106)$$

ويكون خط طول (λ_t) وخط عرض (ζ_t) مسقط الساتل بدلالة الزمن كما يلي (انظر الملاحظة 2):

$$\lambda_t = \arctan(y/x) \qquad \zeta_t = \arcsin(z) \quad (107)$$

الملاحظة 2 – يجب حساب قوس الظل في المعادلتين (107) و(108) باستخدام دالة قوس الظل رباعي الأرباع.

ويُحسب سمت (α_s) الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض كما يرى من المحطة الأرضية التي تجري التنسيق بالصيغة التالية:

$$\alpha_s = \arctan\left\{\frac{-\cos(\zeta_t)\sin(\delta)}{\cos(\zeta)\sin(\zeta) - \sin(\zeta)\cos(\zeta_t)\cos(\delta)}\right\} \quad (108)$$

حيث:

$$\delta = \lambda_e - \lambda_t \quad (109)$$

وتعطى الزاوية $\varphi(\alpha_s, \varepsilon_s)$ المعبَّر عنها بدلالة زاويتي السمت والارتفاع (ε_s وα_s) لمحور الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية التي تجري التنسيق، وكذلك زاويتا سمت الأفق وارتفاع الأفق (α, $\varepsilon_h(\alpha)$) في الاتجاه المعتبَر، بالصيغة التالية:

$$\varphi(\alpha_s, \varepsilon_s) = \arccos\{\cos(\alpha_s - \alpha)\cos(\varepsilon_s)\cos(\varepsilon_h(\alpha)) + \sin(\varepsilon_s)\sin(\varepsilon_h(\alpha))\} \quad (110)$$

وفي المدارات الإهليلجية، لا تثبت الزاويتان ν وr_s وزاوية الحضيض ω_p على مر الوقت كما في المدارات الدائرية، وتُحسب الزاوية الاختلافية الحقيقية لساتل في مداره الإهليلجي في الوقت t بالصيغة التالية:

$$\text{degrees } \nu = 2\arctan\left[\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\tan\left(\frac{\xi_t}{2}\right)\right] \quad (111)$$

حيث: ξt (rad) هي زاوية الاختلاف المركزي التي يتم الحصول عليها بحل المعادلة التالية:

$$\eta_t = \xi_t - e\sin(\xi_t) \qquad \text{rad} \quad (112)$$

وإذا ما عُرف متوسط الزاوية الاختلافية الأولية η_0 عند وقت البدء t_0، فإن متوسط الزاوية الاختلافية η_t في وقت ما لاحقاً t يعطى بالصيغة:

$$\eta_t = \eta_0 + \eta_r (t - t_0) \quad \text{rad} \tag{113}$$

حيث:

$$\eta_t = \xi_0 - \sin(\xi_0) \quad \text{rad} \tag{114}$$

$$\xi_0 = \arccos\left\{\frac{e + \cos(\nu_0)}{1 + e\cos(\nu_0)}\right\} \quad \text{rad} \tag{115}$$

ηr: متوسط سرعة الدوران الزاوية، $\eta_r = \mu^{0.5}/a^{1.5}$ (rad/s)

μ: ثابت الجاذبية الأرضية = 398 600.5 (km^3/s^2)

ν_0: الزاوية الاختلافية الحقيقية في الوقت t_0 (درجات).

علماً بأن القيمة المناسبة لزاوية الاختلاف المركزي ξ_t من خلال نهج تكراري.

وتُحسب المسافة من مركز الأرض إلى ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في مداره الإهليلجي في الوقت t كما يلي:

$$r_s = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e\cos(\nu)} \quad \text{km} \tag{116}$$

وتُعطى زاوية الحضيض، وهي الزاوية بين العقدة الصاعدة والحضيض، بالصيغة التالية:

$$\omega_p = \omega_{p_0} + \omega_r (t - t_0) \quad \text{degrees} \tag{117}$$

حيث:

ω_{p0}: زاوية الحضيض في الوقت t_0 (درجات)

$$\omega_r = \frac{5.7662 \times 10^{-5}}{\left(1 - e^2\right)^2}\left(\frac{r_e}{a}\right)^{3.5}\left[5(\cos i_s)^2 - 1\right] \quad \text{degrees/s} \tag{118}$$

التذييـــل 5
للملحـــق 1

تحديد منطقة مسافة التنسيق باستخدام طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG)

1 تحديد المسافة اللازمة باستخدام طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG)

إن تحديد منطقة التنسيق لمحطة أرضية باستخدام طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG) يتطلب حساب مسافة التنسيق. ويقوم هذا الحساب على توزيع تراكمي للكسب في اتجاه الأفق لهوائي المحطة الأرضية وفق كل سمت معتبر (بتزايدات زاويّة مناسبة خطوة كل منها 5° مثلاً). ويمكن وضع توزيعات مناسبة لهذه الغاية بالطريقة المشروحة في الفقرة 2 من التذييل 4 للملحق 1. ويجري حساب مسافة التنسيق وفق كل سمت على النحو الموضح بالإجراء التالي:

المرحلة 1: انطلاقاً من التوزيع التراكمي التكميلي لكسب الهوائي في اتجاه الأفق، تعيّن النسبة المئوية من الوقت p_n وفق السمت المعتبر الذي يتجاوز الكسب في اتجاه الأفق أثناءها السوية G_{en}، حيث:

$$G_{en} = G_{min} + (n-1)g \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots) \tag{119}$$

حيث:

G_{min}: القيمة الدنيا للكسب في اتجاه الأفق

g: خطوة التزايد للكسب.

المرحلة 2: لكل نسبة مئوية p_n تساوي أو تزيد على $2p$%، تكون النسبة المئوية من الوقت الواجب استعمالها لتعيين الخسارة على المسير في أسلوب الانتشار (1) p_v:

$$p_v = 100\, p/p_n \qquad \% \qquad \text{for } p \tag{120}$$

وتعيّن لكل نسبة مئوية من الوقت المسافة (km) d_n التي تكون أثناءها الخسارة المتوقعة على المسير في أسلوب الانتشار (1) تساوي الخسارة اللازمة الدنيا في أسلوب الانتشار (1)، باستعمال نموذج الانتشار المطابق للفقرة 4 من متن الملحق 1 وللمعادلة:

$$L_{bn}(p_v) = P_t + G_{en} + G_x - P_r(p) \qquad \text{dB} \tag{121}$$

ويجب أن تقع قيم النسبة p_v داخل مدى النسب المئوية من الوقت لنموذج أسلوب الانتشار (1) (انظر الفقرة 1.5.1 من الملحق 1).

المرحلة 3: تكون المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) وفق السمت المعتبر هي أكبر المسافات (km) d_n المحسوبة في المرحلة 2، إلا عندما يتم بلوغ هذه المسافة من أجل أصغر قيمة للنسبة p_n التي تساوي أو تزيد على $2p$، طبقاً للمعادلة (120) من الملحق 6. وفي هذه الحالة تكون المسافة اللازمة في أسلوب الانتشار (1) وفق السمت المعتبر هي المسافة المعينة بالمعادلة (121) مع $G_{en} = G_{max}$ و$p_v = 50$% حيث G_{max} هي القيمة العظمى للكسب في اتجاه الأفق.

المرحلة 4: تكون مسافة التنسيق في أسلوب الانتشار (1) وفق السمت المعتبر هي المسافة اللازمة المعينة في المرحلة 3، ما عدا أن المسافة يجب أن تكون محصورة بين مسافة التنسيق الدنيا d_{min} ومسافة التنسيق القصوى d_{max1}. وهذان الحدّان معطيان على التوالي في الفقرتين 2.4 و3.4 من الملحق 1.

2 مثال على حساب كفاف التنسيق بطريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG)

ينظر مثال التنسيق هذا في محطة إرسال أرضية تعمل مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض ومحطة استقبال للأرض في النطاق الترددي 875-6 055-7 MHz. وترد في الجدول 7 معلمات النظام المستخدمة لتحديد كفاف التنسيق بأسلوب الانتشار (1).

الجـــدول 7

معلمات النظام المستخدمة في المثال

معلمات المدار لسواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض	
الارتفاع (km)	1 414
عدد السواتل	48
زاوية الميل (درجات)	52
معلمات المحطة الأرضية التي تجري التنسيق والعاملة مع المحطات الفضائية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض	
خط العرض (درجات)	50
خط الطول (درجات)	0
زاوية الارتفاع العاملة الدنيا (درجات)	10
مخطط إشعاع الهوائي	المعادلة (99)
الكسب الأقصى لهوائي الإرسال (dBi)	43,5
قدرة الإرسال (dBW)	10.5
عرض النطاق (MHz)	1,23
معلمات محطة الاستقبال للأرض	
التشكيل	رقمي
p%	0,0025
كسب هوائي الاستقبال (dBi)	47
عرض النطاق المرجعي (MHz)	1
عتبة مستوى التداخل، $Pr(p)$ (dBW)	103–

ويظهر الجدول 8 تفاصيل حسابات تحديد مسافات التنسيق. فقد حُددت المسافات في تردد مركز النطاق باستخدام الإجراء في الفقرة 1 من هذا التذييل. واستُخدم تزايد خطوته 0,1 km وكسب هوائي باتجاه الأفق بتزايد خطوته 0,1 dB في إعداد توزيعات الكسب باتجاه الأفق وفقاً للفقرة 2 من التذييل 4 للملحق 1. وتمثل القيمة الكبرى في العمود d_n (km) في هذه الجداول مسافة التنسيق في سمت معين. ويظهر في الشكل 14 رسم كفاف التنسيق على النحو المحدد من مسافات التنسيق بتزايدات سمتية خطوتها 5°.

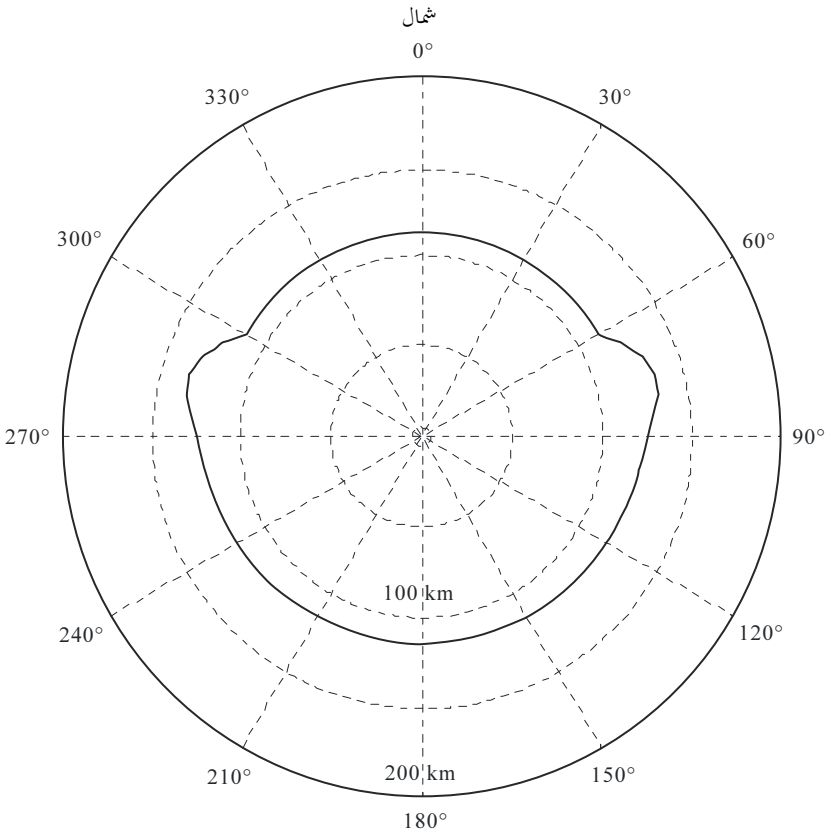
الجـــدول 8

المسافات المحسوبة لمحطة إرسال أرضية تعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض (السمت = 70°)

مؤشر مستوى الكسب n	كسب الهوائي باتجاه الأفق G_{en} (dBi)	CDF المكملة p_n (%)	$p_v = p/p_n$ (%)	الخسارة المطلوبة $L_{bn}(p_v)$ (dB)	المسافة d_n (km)
1	10,0–	100,00	0,0025	145,50	113,34
2	9,5–	14,75	0,0169	146,00	101,64
3	9,0–	13,77	0,0182	146,50	103,94
4	8,5–	12,84	0,0195	147,00	106,24
5	8,0–	11,93	0,0210	147,50	108,44
6	7,5–	11,07	0,0226	148,00	110,54
7	7,0	10,24	0,0244	148,50	112,64
8	6,5–	9,45	0,0265	149,00	114,64
9	6,0–	8,69	0,0288	149,50	116,64
10	5,5–	7,97	0,0314	150,00	118,44
11	5,0–	7,28	0,0343	150,50	120,24
12	4,5–	6,63	0,0377	151,00	121,94
13	4,0–	6,02	0,0415	151,50	123,54
14	3,5–	5,43	0,0460	152,00	125,04
15	3,0–	4,87	0,0513	152,50	126,34
16	2,5–	4,35	0,0575	153,00	127,54
17	2,0–	3,85	0,0649	153,50	128,44
18	1,5–	3,39	0,0737	154,00	129,24
19	1,0–	2,94	0,0850	154,50	129,74
20	0,7–	2,70	0,0926	154,80	129,94
21	0,6–	2,62	0,0954	154,90	130,04
22	0,5–	2,53	0,0988	155,00	129,94
23	0,0	2,15	0,1163	155,50	129,84
24	0,5	1,79	0,1397	156,00	129,14
25	1,0	1,46	0,1712	156,50	127,84
26	1,5	1,15	0,2174	157,00	125,54
27	2,0	0,86	0,2907	157,50	121,74
28	2,5	0,61	0,4098	158,00	116,04
29	3,0	0,38	0,6579	158,50	106,04
30	3,5	0,18	1,3889	159,00	100,94
31	4,0	0,01	20,0000	159,50	100,94

الشـــكل 14

كفاف التنسيق بأسلوب الانتشار (1) للمثال الوارد



التذييـــل 6
للملحـــق 1

تحديد منطقة التنسيق لمحطة إرسال أرضية حيال محطات استقبال أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال

1 المدخل

لكي تحدد منطقة التنسيق في أسلوب الانتشار (1) لمحطة إرسال أرضية حيال محطات استقبال أرضية مجهولة عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يجب تعيين الكسب في اتجاه الأفق لهوائي محطة الاستقبال الأرضية وفق كل سمت لمحطة الإرسال الأرضية. ويجب استعمال طرائق مختلفة لتحديد منطقة التنسيق للمحطة الأرضية التي تُجري التنسيق، حسبما تكون هذه المحطة تعمل مع محطات فضائية مستقرة أو غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض. وعندما تكون المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق ومحطات الاستقبال الأرضية المجهولة تعمل كلها مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يجب أيضاً تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (2).

ويمكن تحديد منطقة التنسيق لمحطة إرسال أرضية حيال محطات استقبال أرضية مجهولة عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، بإدخال تعديل طفيف على الطرائق المطبقة لتحديد منطقة التنسيق لمحطات إرسال أرضية حيال محطات للأرض (انظر الفقرتين 1.2.3 و3.2.3 في الملحق 1).

2 تحديد كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (1) عندما تكون نطاقات الترددات موزعة على اتجاهي الإرسال

فيما يتعلق بمحطة إرسال أرضية عاملة في نطاق ترددات موزّع أيضاً في اتجاهي الإرسال على محطات استقبال أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يجب التوسع في تطوير الطرائق المشروحة في التذييل 3 للملحق 1. فمن الضروري تعيين الكسب في اتجاه الأفق لهوائي محطة الاستقبال الأرضية المجهولة والكسب في اتجاه الأفق المطلوب استخدامه وفق كل سمت عند المحطة الأرضية (للإرسال) التي تُجري التنسيق لتحديد منطقة التنسيق في حالة نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال.

1.2 حساب الكسب في اتجاه الأفق لمحطات الاستقبال الأرضية المجهولة العاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض

تُحسب قيمة كسب الهوائي لمحطة استقبال أرضية في اتجاه الأفق، G_r، وفق كل سمت α عند محطة الإرسال الأرضية على النحو التالي:

المرحلة 1: تستطيع محطة الاستقبال الأرضية أن تعمل مع كل ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض فوق زاوية دنيا ε_{min} واردة في الجدول 16. ويكون الفرق الأقصى في خط الطول (δ_b (الدرجات)) بين محطة الاستقبال الأرضية والمحطة الفضائية التي تصاحبها، يحدث عند زاوية الارتفاع الدنيا هذه ε_{min} ويُعطى بالعلاقة:

$$\delta_b = \arccos\left(\frac{\sin\left(\varepsilon_{min} + \arcsin\left(\frac{\cos(\varepsilon_{min})}{K}\right)\right)}{\cos(\zeta)}\right) \quad (122)$$

حيث:

ζ: خط العرض لمحطة الاستقبال الأرضية الذي يفترض أن يكون هو نفس خط العرض لمحطة الإرسال الأرضية

K: نسبة نصف قطر مدار الساتل إلى نصف قطر الأرض، وتساوي 6,62.

المرحلة 2: ووفق كل سمت α، وعند محطة الإرسال الأرضية:

– يعيّن السمت αr، اعتباراً من محطة الاستقبال الأرضية إلى محطة الإرسال الأرضية:

$$\alpha_r = \alpha + 180° \qquad \text{for } \alpha < 180°$$

$$\alpha_r = \alpha - 180° \qquad \text{for } \alpha \geq 180°$$

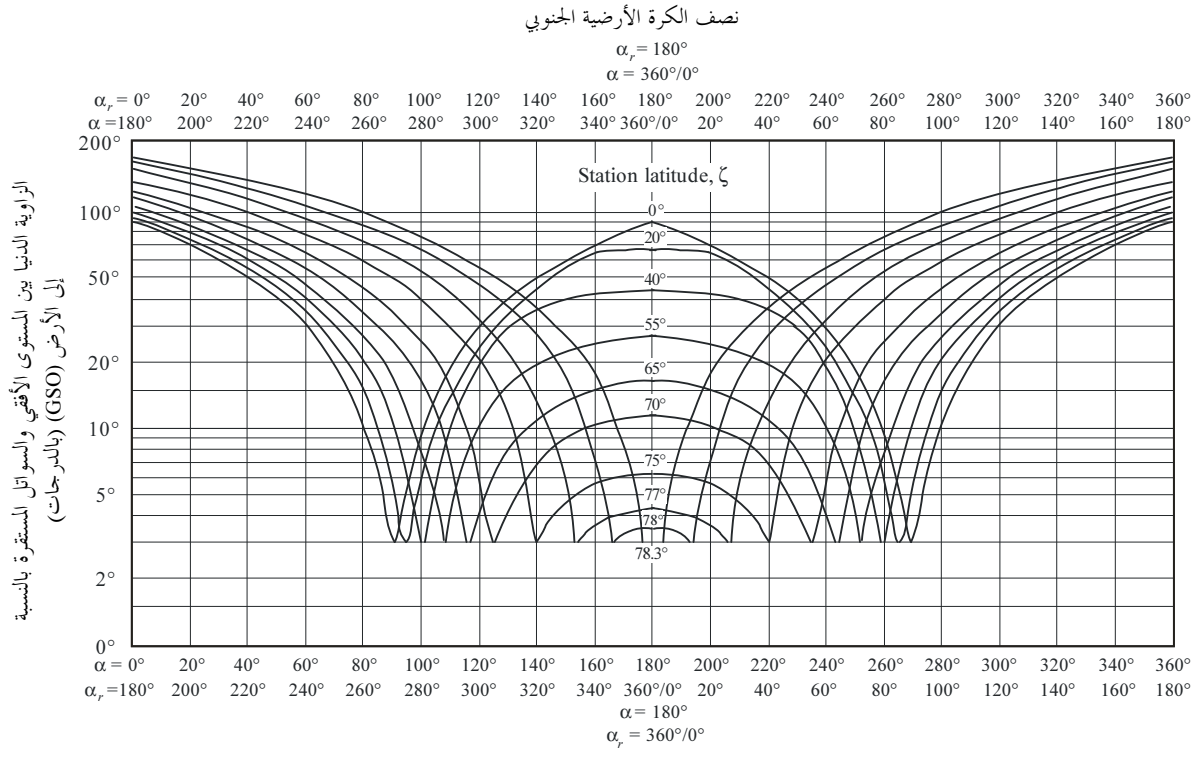
– ووفق كل سمت α_r، يعيّن التباعد الزاوي الأدنى $\varphi(\alpha_r)$، بين محور الحزمة الرئيسية لمحطة الاستقبال الأرضية وبين الأفق عند هذا السمت، باستعمال الحالة 2 في الفقرة 2 من التذييل 3 للملحق 1. ولهذا التقدير تُحصر قيم δ بين $-\delta_b$ و$+\delta_b$ بتزايدات خطوة كل منها 1° أو أقل، على أن تؤخذ القيم الطرفية بالحسبان.

ويمكن استعمال التباعد الزاوي الأدنى $\varphi(\alpha_r)$ مع مخطط الكسب الوارد في الفقرة 3 من التذييل 3 للملحق 1، لتعيين الكسب في اتجاه الأفق وفق هذا السمت α، إلا إذا كان يوجد مخطط آخر للكسب في الجدول 16.

ويبين الشكل 15 الخط البياني للتباعد الزاوي الأدنى بين الأفق لزاوية ارتفاع قدرها 0° وفق سمت α_r وبين ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض، له زاوية ارتفاع تزيد على 3°. وتتعلق المنحنيات بمجموعة من قيم خط العرض للمحطة ζ، والذي يُفترض أنه هو نفسه لمحطتي الاستقبال والإرسال الأرضيتين كلتيهما. ويعطي الشكل 15 نفسه مقياس رسم يبين السمت المقابل α لمحطة الإرسال الأرضية.

الشـــكل 15

تبيان المسافة الزاوية الدنيا بين نقاط كائنة في مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) وبين المستوي الأفقي نصف الكرة الأرضية الجنوبي



(زاوية الارتفاع الدنيا، ε_{min} = 3°)

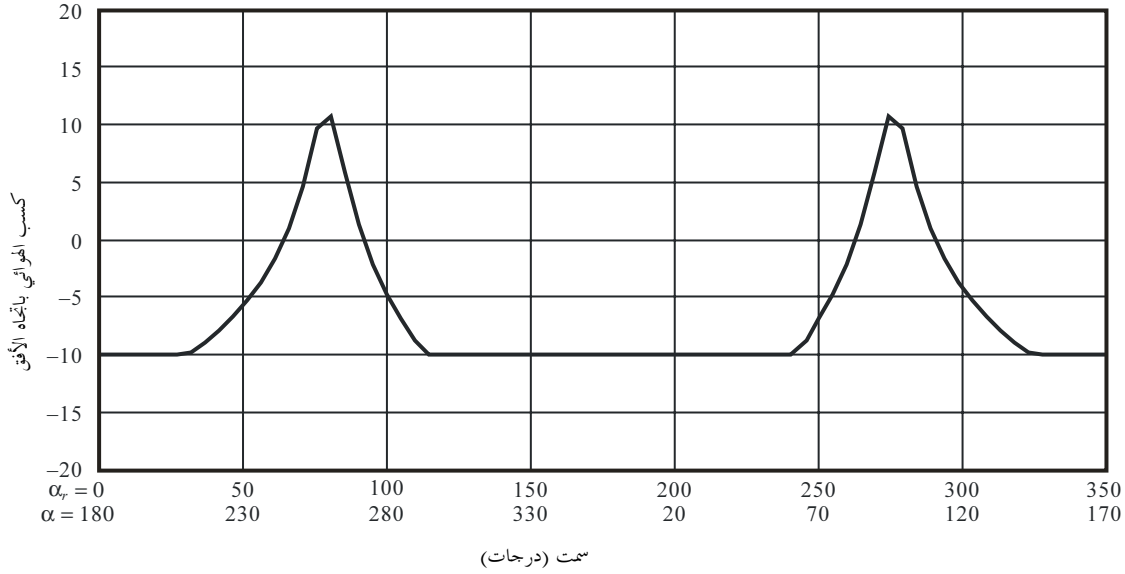
SM.1448-15

2.2 مثال على حساب كفاف التنسيق لكلتا المحطتين الأرضيتين العاملتين مع محطات أرضية مستقرة بالنسبة إلى الأرض

استُخدم الفاصل الزاوي الأدنى بين محور الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية والأفق في كل سمت لمحطة في خط العرض 40° مع مخطط الإشعاع المرجعي لهوائي المحطة الأرضية الوارد في التذييل 3 للملحق 1 من أجل رسم كسب هوائي محطة الاستقبال الأرضية باتجاه الأفق بدلالة (α) و(α_r). ويظهر ذلك في الشكل 16.

الشـــكل 16

مثال على كسب الهوائي في كامل قوس الأفق لزاوية ارتفاع صفرية عن الأفق (0°) وزاوية ارتفاع دنيا للهوائي بمقدار 5° في خط العرض 40° شمالاً

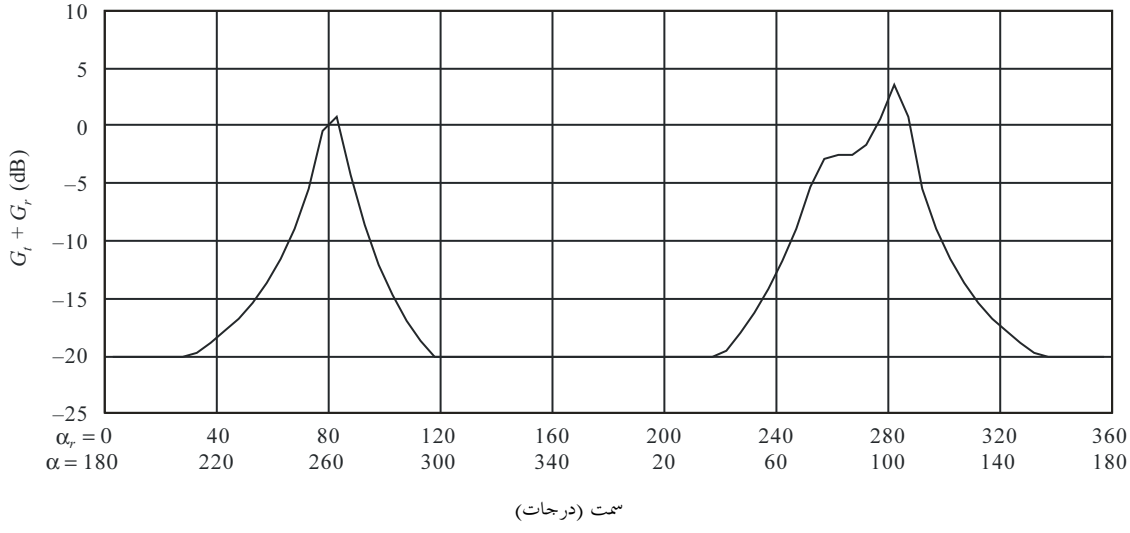


SM.1448-16

ويبين الشكل 17 مجموع كسبي الهوائي $G_t(\alpha) + G_r(\alpha_r)$ في كل سمت لمحطة الإرسال الأرضية في هذا المثال.

الشـــكل 17

الكسب المركب للهوائي باتجاه الأفق $G_t + G_r$ للمثال في الشكل 16

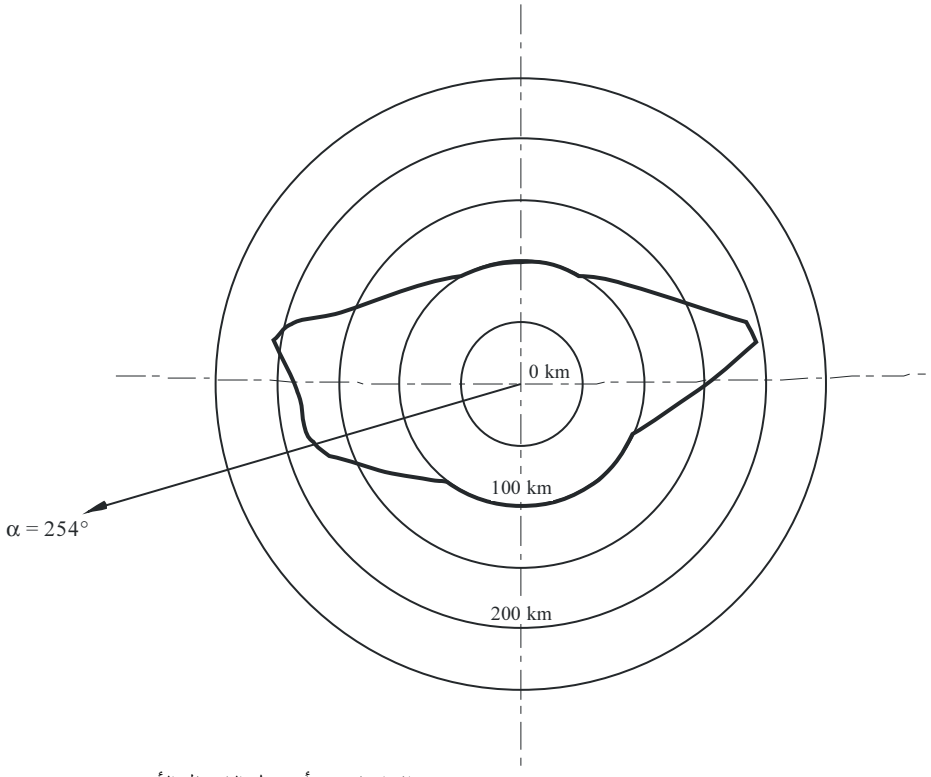


SM.1448-17

ويظهر في الشكل 18 مثال عن منطقة تنسيق في أسلوب الانتشار (1) أُعدت باستخدام مخطط الكسب باتجاه الأفق الوارد في الشكل 17 مع معلمات النظام ذات الصلة.

الشـــكل 18

مثال عن منطقة تنسيق في أسلوب الانتشار (1) باتجاهي الإرسال



افتراضات بشأن محطة الإرسال الأرضية

f = 17.9 GHz
P_t = 40 dBW
ζ = 40° N
زاوية الارتفاع إلى الساتل
السمت إلى الساتل
زاوية الارتفاع عن الأفق
زاوية الارتفاع الدنيا لمحطة الاستقبال الأرضية

المعايير

$P_r(p)$ = –138 dBW انظر الجدول 16b
p_0 = 0.003%

SM.1448-18

3.2 مثال على حساب كفاف التنسيق لمحطة إرسال أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض ولمحطة استقبال أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض وتستخدم طريقة الكسب المتغير مع الزمن (TVG)

تعرض هذه الفقرة مثالاً عن تحديد كفاف التنسيق لمحطة إرسال أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض إزاء محطة استقبال أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض في نطاق الترددات 875 6-055 7 MHz. وترد معلمات المحطة الأرضية والمدار الساتلي في الجدول 9.

الجـــدول 9

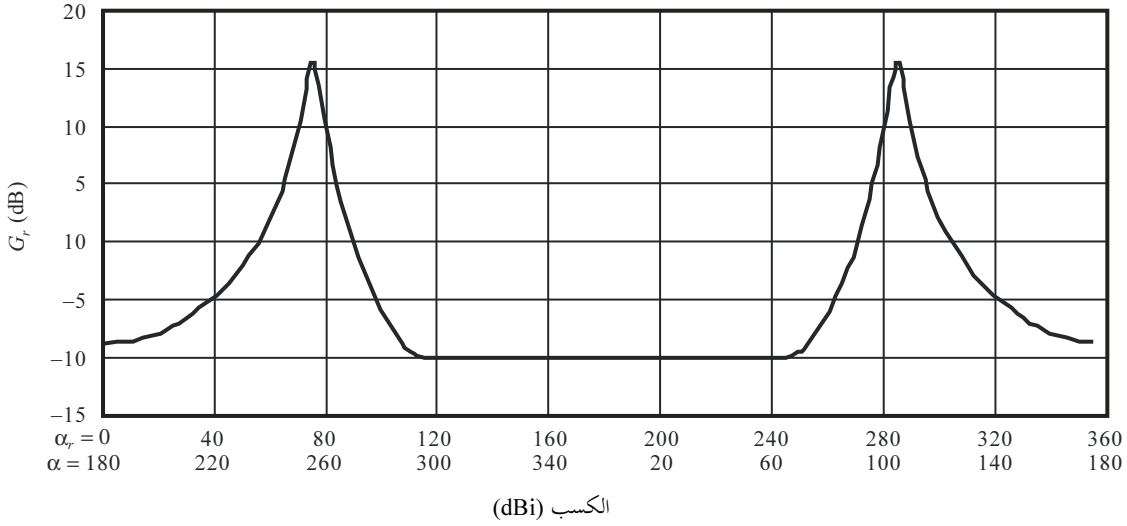
معلمات المحطة الأرضية والمدار الساتلي المستخدمة في المثال

المعلمات المدارية للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض	
الارتفاع (km)	1 414
عدد السواتل	48
زاوية الميل (درجات)	52
معلمات محطة أرضية تجري التنسيق وتعمل مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض	
خط العرض (درجات)	50
خط الطول (درجات)	0
زاوية الارتفاع العاملة الدنيا (درجات)	10
مخطط كسب الهوائي	المعادلة (99)
كسب هوائي الإرسال (dBi)	50
e.i.r.p./الموجة الحاملة (dBW)	56,5
عرض نطاق الإرسال (kHz)	1 230
معلمات محطات استقبال أرضية عاملة مع محطات فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض (من الجدول 16 أ)	
التشكيل	رقمي (N)
النسبة المئوية من الوقت، p%	0,005
(dB) N_L	1
(dB) M_s	2
(dB) W	0
كسب هوائي الاستقبال (dB)	50,7
T_e (K)	75
عرض النطاق المرجعي (MHz)	1
$P_r(p)$ (dBW)	151–

استُخدم الفصل الزاوي الأدنى بين محور الحزمة الرئيسية لمحطة الاستقبال الأرضية والأفق في كل سمت لمحطة واقعة في خط العرض 50° مع المخطط المرجعي لهوائي المحطة الأرضية الوارد في التذييل 3 للملحق 1، لإنشاء مخطط كسب هوائي محطة الاستقبال الأرضية باتجاه الأفق بدلالة الزاويتين (α) و(α_r) على النحو المبين في الشكل 19.

الشـــكل 19

كسب هوائي محطة الاستقبال الأرضية باتجاه الأفق في خط العرض 50° شمالاً وبزاوية ارتفاع دنيا تبلغ 3°

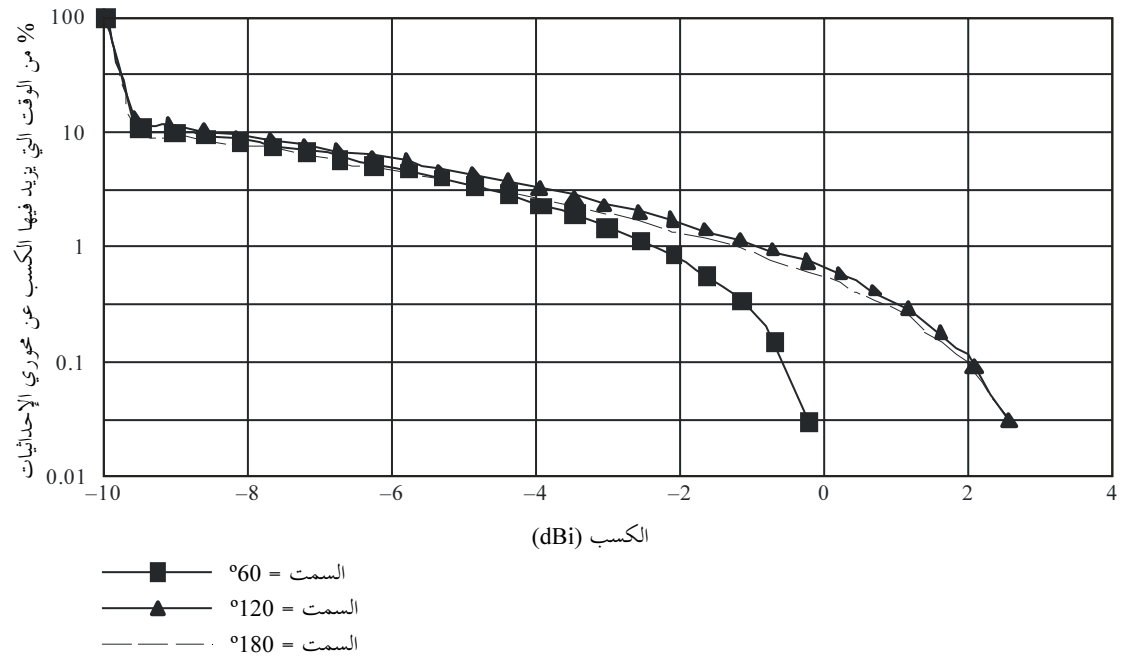


SM.1448-19

يُظهر الشكل 20 دوال التوزيع التراكمي (CDF) المكملة للكسب في اتجاه الأفق لهوائي محطة إرسال أرضية عاملة مع سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في ثلاثة سموت. وقد أُعدت هذه التوزيعات التي تعطي النسبة المئوية من الوقت التي تُتجاوز فيها قيمة محددة للكسب باتجاه الأفق وفق الإجراء الوارد في الفقرة 2 من التذييل 4 للملحق 1.

الشـــكل 20

دالة التوزيع التراكمي (CDF) المكملة لكسب هوائي محطة إرسال أرضية في اتجاه الأفق في السموت 60° و120° و180°



SM.1448-20

في كل سمت لمحطة الإرسال الأرضية، تُستخدم القيمة المناسبة لكسب هوائي محطة استقبال أرضية في اتجاه الأفق من الشكل 19 مع ما يقابلها من توزيع كسب هوائي محطة الإرسال الأرضية في اتجاه الأفق على النحو المبين في الشكل 20 وفي الإجراء الوارد في الفقرة 1 من التذييل 5 للملحق 1.

ويعرض الجدول 10 مثالاً عن تحديد المسافة، لمعلمات المثال الوارد في الجدول 9 وفق سمت 60° لمحطة إرسال أرضية عاملة مع محطة فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، عن محطة استقبال أرضية مجهولة مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل مع محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض. وحُسبت المسافات وفق الإجراء المذكور أعلاه في التردد المركزي للنطاق بتزايدات خطوة كل منها dB 0,1 على مدى كسب الهوائي باتجاه الأفق. وتُختار القيمة الكبرى للمسافة في العمود d_n(km) في الجدول 10 على أنها المسافة المطلوبة في أسلوب الانتشار (1) في السمت المحدد.

الجـــدول 10

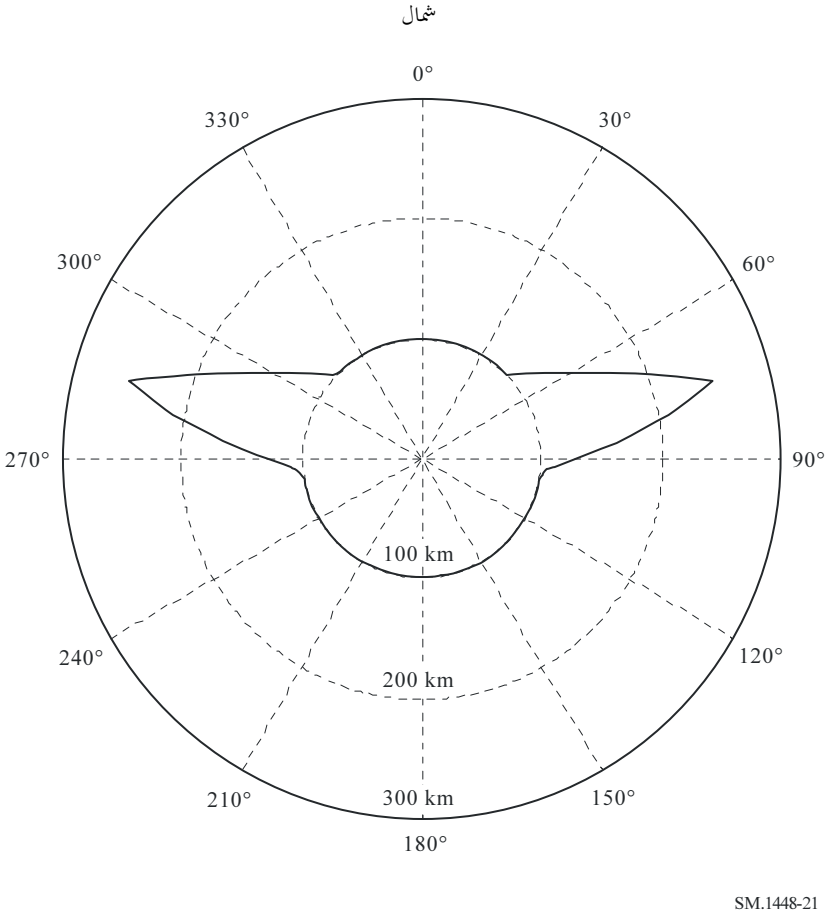
المسافات d_n بين محطة إرسال أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض وبين محطة استقبال أرضية عاملة محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض (سمت = 60°)

مؤشر مستوى الكسب n	كسب الهوائي باتجاه الأفق G_{en} (dBi)	CDF المكملة p_n (%)	$p_v = p/p_n$ (%)	الخسارة المطلوبة $L_{bn}(p_v)$ (dB)	المسافة d_n (km)
1	10,0–	100,00	0,005	149,66	146,74
2	9,5–	11,15	0,045	150,16	119,74
3	9,0–	10,17	0,049	150,66	121,84
4	8,5–	9,24	0,054	151,16	123,84
5	8,0–	8,35	0,060	151,66	125,54
6	7,5–	7,51	0,067	152,16	127,14
7	7,0–	6,71	0,075	152,66	128,44
8	6,5–	5,96	0,084	153,16	129,54
9	6,0–	5,25	0,095	153,66	130,34
10	5,5–	4,58	0,109	154,16	130,84
11	5,0–	3,96	0,126	154,66	130,84
12	4,5–	3,39	0,147	155,16	130,54
13	4,0–	2,86	0,175	155,66	129,54
14	3,5–	2,36	0,212	156,16	127,84
15	3,0–	1,92	0,260	156,66	125,34
16	2,5–	1,52	0,329	157,16	121,64
17	2,0–	1,15	0,435	157,66	116,04
18	1,5–	0,84	0,595	158,16	108,74
19	1,0–	0,56	0,893	158,66	100,94
20	0,5–	0,33	1,515	159,16	100,94
21	0,0	0,15	3,333	159,66	100,94
22	0,5	0,03	16,667	160,16	100,94
23	0,6	0,01	20,000	160,26	100,94

ويظهر الشكل 21 مخطط كفاف التنسيق على النحو المحدد من مسافات التنسيق لجميع السموت.

الشـــكل 21

كفاف التنسيق في أسلوب الانتشار (1) لمحطة إرسال أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض ولمحطة استقبال أرضية عاملة محطة فضائية مستقرة بالنسبة إلى الأرض



3 تحديد الكفاف في حالة الانتشار بالمطر عندما تكون نطاقات الترددات موزعة على اتجاهي الإرسال

إن الإجراء الذي يتيح تحديد منطقة الانتشار بالمطر عندما تكون نطاقات الترددات موزعة على اتجاهي الإرسال، كما هي موصوفة في الفقرة 2.1.3 من الملحق 1، هو التالي:

المسافة الأفقية d_s (km) بين المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق والنقطة التي يبلغ عندها محور الحزمة الرئيسية ارتفاع المطر h_R، تُحسب كما يلي:

$$d_s = 8\,500 \left(\sqrt{\tan^2 \varepsilon_s + h_R / 4\,250} - \tan \varepsilon_s \right) \quad \text{km} \tag{123}$$

حيث يمكن تعيين ارتفاع المطر h_R من المعادلتين (75) أو (76) في التذييل 2 للملحق 1.

ومسافة الحساب القصوى d_{emax} الواجب استعمالها لتحديد الكفاف في أسلوب الانتشار (2)، في حالة محطة أرضية تُجري التنسيق وتعمل في نطاقات ترددات موزعة على اتجاهي الإرسال، تتوقف على ارتفاع المطر. وتكون أكبر مسافة معينة اعتباراً من:

$$d_{emax} = 130.4\sqrt{h_R} \quad \text{km} \quad \text{or } d_{min}$$

حيث مسافة التنسيق الدنيا d_{min} معطاة في الفقرة 2.4 من الملحق 1.

والنقطة التي تقع على مسافة d_s من المحطة الأرضية وفق السمت α_s لمحور الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية التي تُجري التنسيق، هي النقطة الجغرافية الواقعة مباشرة تحت نقطة تلاقي محور الحزمة الرئيسية مع ارتفاع المطر، وهي بالتالي النقطة المرجعية التي تعيّن اعتباراً منها مسافة الحساب القصوى d_{emax} (انظر الشكل 22).

وإذا كانت مسافة الحساب القصوى d_{emax} أكبر من مسافة التنسيق الدنيا d_{min}، يُحسب عندئذ خط العرض الأقصى الذي تستطيع محطة استقبال أرضية أن تعمل عنده مع ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض بزاوية ارتفاع دنيا هي ε_s:

$$\zeta_{max} = \arccos\left[\frac{\cos(\varepsilon_s)}{K}\right] - \varepsilon_s \tag{124}$$

حيث:

εs: معطاة في الجدول 16

K: نسبة نصف قطر مدار الساتل إلى نصف قطر الأرض، وتساوي 6,62.

وإذا كان خط العرض للمحطة الأرضية التي تُجري التنسيق في نصف الكرة الأرضية الشمالي يفوق ζ_{max}، أو إذا كان خط العرض للمحطة الأرضية التي تُجري التنسيق في نصف الكرة الأرضية الجنوبي يقل عن ($-\zeta_{max}$) أو عن (–71°)، يكون كفاف الانتثار بالمطر عندئذ دائرة نصف قطرها d_{min} ومركزها في محطة الإرسال الأرضية.

وفي جميع الحالات الأخرى، تحدّد منطقة التنسيق على النحو التالي:

المرحلة 1: يُفترض أن محطة الاستقبال الأرضية المجهولة تعمل مع ساتل بزاوية ارتفاع دنيا ε_s. ويفترض أيضاً أن محطة الاستقبال الأرضية هي قريبة نسبياً من المحطة الأرضية التي تجري التنسيق من الناحية الجغرافية، أي يمكن بعبارة أخرى تطبيق الهندسة المستوية في منطقة التنسيق. وإذا كان محور الحزمة الرئيسية لمحطة الاستقبال الأرضية يلاقي نقطة تقاطع محور الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية التي تجري التنسيق مع ارتفاع المطر، تعطى السموت اعتباراً من النقطة الواقعة على سطح الأرض مباشرة تحت نقطة التقاطع هذه وحتى المواقع المحتملة لمحطة استقبال أرضية بالعلاقتين:

$$\alpha_{w1} = \arccos\left[\frac{\tan\zeta}{\tan\zeta_{max}}\right]$$

و

$$\alpha_{w2} = 360° - \alpha_{w1}$$

حيث ζ هو خط العرض لمحطة الإرسال الأرضية.

المرحلة 2: يُعلَّم موقع المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق على خريطة بمقياس رسم مناسب، ويُرسم خط المسافة d_s اعتباراً من هذا الموقع على طول السمت α_s وحتى النقطة الواقعة تحت نقطة تقاطع محور الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية التي تُجري التنسيق مع ارتفاع المطر.

المرحلة 3: واعتباراً من نقطة تقاطع محور الحزمة الرئيسية في المرحلة 2، تُعلَّم المسافة d_{emax} على الخريطة على طول السمتين α_{w1} وα_{w2}، ويُرسم على كل سمت وعند المسافة d_{emax} قوسان متساويا المسافة فتحة كل منهما 3°، إحداهما في اتجاه عقارب الساعة والثانية في عكس اتجاه عقارب الساعة. وتكون القوسان التي تبلغ الفتحة الكلية لكل منهما 6° أول عنصرين يحددان منطقة الانتشار بالمطر في حالة نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال.

المرحلة 4: تُرسم دائرة نصف قطرها يساوي مسافة التنسيق الدنيا d_{min}، ومركزها في موقع المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق، ثم يُرسم مستقيمان اعتباراً من الطرفين الشماليين لقطعتي القوسين، يمسّان الحافة الشمالية من الدائرة، كما يُرسم مستقيمان اعتباراً من الطرفين الجنوبيين لقطعتي القوسين، يمسّان الحافة الجنوبية من الدائرة.

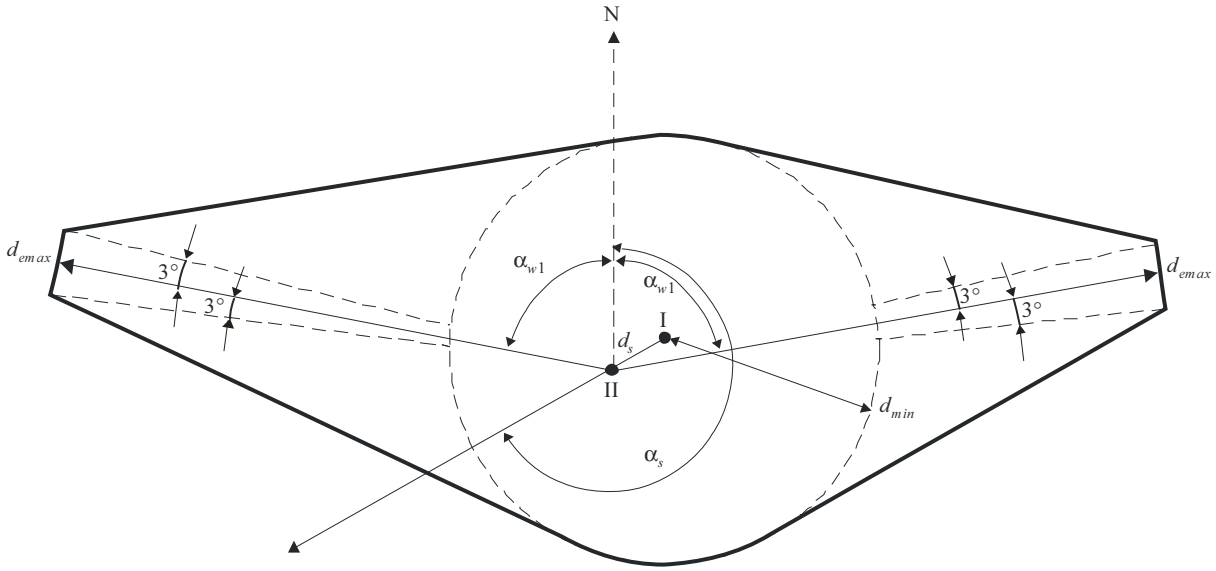
والمنطقة التي تحدها القوسان اللتان فتحة كل منهما 6°، والمستقيمات الأربعة، والقسمان الدائريان (يوجد على الأقل قسم واحد) المحصوران بين نقطتي التماس الشماليتين ونقطتي التماس الجنوبيتين مع هذه المستقيمات تكون هي منطقة الانتشار بالمطر في حالة نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال.

ويوضح الشكل 22 كيف تحدد منطقة الانتشار بالمطر لمحطة أرضية تُجري التنسيق مصورة في الشكل 18. (تحتوي منطقة الانتشار بالمطر الناتجة على المحلات الهندسية المحتملة لمواقع جميع محطات الاستقبال الأرضية التي يتقاطع اعتباراً منها مسير حزمة ما في اتجاه مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض مع الحزمة الرئيسية لهوائي محطة الإرسال الأرضية).

الشـــكل 22

مثال لمنطقة الانتشار بالمطر في حالة نطاقات الترددات الموزعة على اتجاهي الإرسال

(دون التقيد بمقياس الرسم)



I: موقع محطة الإرسال الأرضية

II: النقطة التي يبلغ فيها محور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية ارتفاع المطر h_R

الافتراضات:

ζ = 40° شمالاً

ε_s = 10°

α_s = 254°

SM.1448-22

التذييـــل 7
للملحـــق 1

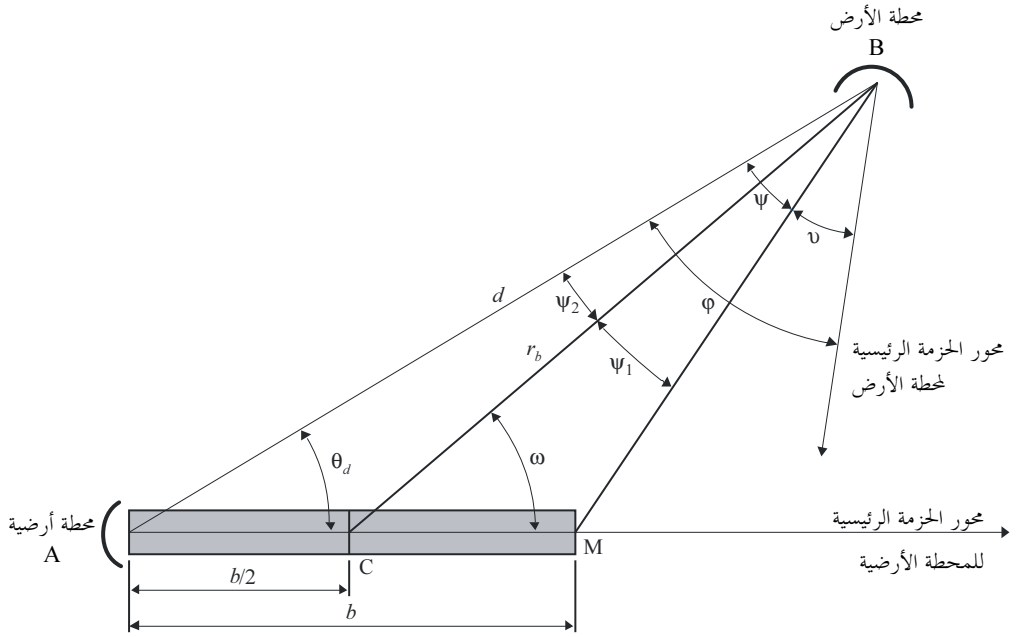
تحديد الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2)

1 تحديد الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2)

تتيح الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2) أن يؤخذ بالحسبان الانحراف السمتي لحزمة هوائي محطة للأرض عن موقع المحطة الأرضية التي تُجري التنسيق. ويمثل الشكل 23 مسقطاً على المستوي الأفقي لمنطقة الانتشار بالماء الجوي. وتقع المحطة الأرضية ومحطة الأرض في الموقعين A وB على التوالي، مع العلم أن محطة الأرض واقعة على نصف قطر تحدده الزاوية ω اعتباراً من النقطة C إلى مركز الكفاف الإضافي أو الرئيسي في أسلوب الانتشار (2). والنقطة C هي أيضاً مركز الكفاف المساعد.

الشـــكل 23

هندسة الانتشار في المستوي الأفقي



SM.1448-23

وتمثل المنطقة المظللة في الشكل 23 المنطقة الحرجة على طول محور الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية، بين المحطة الأرضية وارتفاع المطر. ويمكن أن يتشكل داخل هذه المنطقة الحرجة حجم مشترك ما بين حزمة المحطة الأرضية وحزمة أي محطة للأرض واقعة داخل الكفاف الرئيسي أو الإضافي في أسلوب الانتشار (2). وطول هذه المنطقة الحرجة هو b ومداها الأفقي معطى بالنقطة M. فإذا كانت هذه المنطقة الحرجة تقطع محور الحزمة الرئيسية لمحطة الأرض، يحصل تداخل مهم ناجم عن الانتشار بالماء الجوي عبر اقتران الفص الرئيسي بالفص الرئيسي.

وفي نقطة ما داخل الكفاف الرئيسي أو الإضافي في أسلوب الانتشار (2)، تُسمى الزاوية التي تحمل المنطقة الحرجة بالزاوية الحرجة ψ. وتكون زاوية الحماية υ هي الزاوية التي يشكلها محور الحزمة الرئيسية لمحطة الأرض مع المنطقة الحرجة. وزاوية تحاشي الحزمة بين محور الحزمة الرئيسية لمحطة الأرض وموقع المحطة الأرضية هي φ، وتساوي مجموع الزاويتين ψ وυ، وهي مقدار ذو قيمة ثابتة على كفاف مساعد معين. ويرسم كل كفاف مساعد بتغيير الزاوية ω، وحساب المسافة r_b اعتباراً من النقطة C حتى الكفاف المساعد. وعندما تزداد الزاوية ω من 0° إلى 360°، تتغير الزاويتان ψ وυ ولكن مجموعهما يبقى ثابتاً.

ويمكن الاستفادة من الخوارزمية المحددة في الفقرة 2 من هذا التذييل لحساب الكفاف المساعد في أسلوب الانتشار (2) من أجل قيمة معينة لزاوية تحاشي الحزمة φ.

وتكمن الطريقة في إنقاص المسافة r_b بين محطة الأرض ومركز الحجم المشترك قفزياً بصورة تكرارية، اعتباراً من مسافة الكفاف الرئيسي d_r حتى التوصل إلى أصغر قيمة للمسافة r_b التي يتم عندها بلوغ الخسارة اللازمة الدنيا أو مسافة التنسيق الدنيا. وتعين الزاوية الحرجة ψ لكل قيمة للمسافة r_b، ثم تُحسب زاوية الحماية υ. ويُستخدم كسب الهوائي المقابل للزاوية υ في محطة الأرض والمسافة المعتبرة r_b للحصول على الخسارة على المسير في أسلوب الانتشار (2) من المعادلة (83).

وتكرر العملية ذاتها لكل زاوية ω من أجل رسم كامل الكفاف المساعد المقابل لقيمة معينة من زاوية تحاشي الحزمة φ. وفي بعض تركيبات زاوية تحاشي الحزمة مع الزاوية ω، يحتمل أن ينطبق كفاف مساعد على كفاف رئيسي أو إضافي في أسلوب الانتشار (2).

2 الخوارزمية التدرجية، خطوة خطوة

ترسم الأكفة المساعدة في أسلوب الانتشار (2)، بعد حساب المسافات على طول أنصاف الأقطار المنطلقة من مركز الكفاف الرئيسي أو الإضافي في أسلوب الانتشار (2)، أي النقطة C الواقعة على مسافة $b/2$ من المحطة الأرضية على طول سمت محور حزمتها الرئيسية. والمسافة $b/2$ تساوي الفرق Δd، حيث Δd يُعطى في المعادلة (84) من التذييل 2 للملحق 1.

ومن أجل القيمة المختارة لزاوية تحاشي الحزمة φ، يرسم الكفاف المساعد على النحو التالي بإعطاء الزاوية ω القيم المحصورة بين 0° و180° بخطوات تساوي كل منها 1°.

أ) تثبَّت المسافة r_b على قيمة المسافة d_r للكفاف الرئيسي أو الإضافي في أسلوب الانتشار (2)، المحسوبة كما هو مبين في الفقرة 1.3 من التذييل 2 للملحق 1.

ب) تحسب الزاوية ψ استناداً إلى:

$$\psi_1 = \arctan\left(\frac{b \sin \omega}{2r_b - b \cos \omega}\right) \quad (125)$$

$$\psi_2 = \arctan\left(\frac{b \sin \omega}{2r_b + b \cos \omega}\right) \quad (126)$$

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 \quad (127)$$

ج) إذا كان $\varphi > \psi$، ينطبق الكفاف المساعد في أسلوب الانتشار (2) على الكفاف الرئيسي أو الإضافي في أسلوب الانتشار (2) من أجل القيمة المعتبرة للزاوية ω، وبعد أن تحسب قيمة الزاوية ω هذه، يتم الانتقال إلى الخطوة ي). وإلا فيتم الانتقال إلى الخطوات المشروحة في د) إلى ط)، إلى أن يتحقق أحد الشروط المبينة في الخطوتين و) وط).

د) تخفيض r_b بقدر 0,2 km.

هـ) يُعاد حساب الزاوية الحرجة ψ باستعمال المعادلات (125) و(126) و(127).

و) إذا كانت النسبة (0,5 b sin ω/sin ψ2) أقل من d_{min}، ينطبق الكفاف المساعد في أسلوب الانتشار (2) على مسافة التنسيق الدنيا d_{min}، وينتهي عندئذ حساب القيمة المعتبرة للزاوية ω ويتم الانتقال إلى الخطوة ي). وإلا فيتم الانتقال إلى الخطوة ز).

ز) تُحسب زاوية الحماية $\upsilon = \varphi - \psi$.

ح) يُحسب الكسب $G(\upsilon)$، كسب الهوائي لمحطة الأرض عند الزاوية υ بالنسبة إلى محور الحزمة، باستعمال مخطط الهوائي المرجعي المعطى في هذا التذييل.

ط) يُستخدم في المعادلة (83) من الملحق 2 الكسب المحسوب في الخطوة ح) بدلاً من الكسب G_x، والقيمة المعتبرة للمسافة r_b بدلاً من r_i، ثم تحسب الخسارة المقابلة على المسير في أسلوب الانتشار (2)، L_r. وإذا كان $L_r < L(p)$، تُزاد المسافة r_b بقدر km 0,2، وتؤخذ هذه المسافة على أنها نصف القطر المعتبر. وإلا فيتم الرجوع إلى الخطوة د).

ي) بعد حساب قيمة المسافة r_b استناداً إلى القيمة المعتبرة للزاوية ω، تحسب الزاوية θ_d اعتباراً من موقع المحطة الأرضية، وعند اللزوم تحسب المسافة d إلى هذه النقطة من الكفاف باستعمال:

$$d = 0.5\, b \sin \omega / \sin \psi_2 \tag{128}$$

$$\theta_d = \omega - \psi_2 \tag{129}$$

ويكون الكفاف المساعد في أسلوب الانتشار (2) متناظراً بالنسبة إلى محور الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية، لذلك يمكن تعيين قيم d وθ_d المقابلة لقيم ω المحصورة بين 181° و359°، بالانتباه إلى أن النتائج بشأن قيمة معينة للزاوية ω، هي نفسها من أجل (–ω) أو (360° –ω).

إن الخطوة المستعملة أعلاه لزيادة r_b قفزياً، أي km 0,2، صالحة في أغلب الحالات. فهي تتيح السيطرة على تشعب جزئيات النتيجة عندما ينظر إليها على أنها مجموعة من r_b. وعندما تكون زوايا ارتفاع الحزمة للمحطة الأرضية صغيرة، يصبح تشعب الجزئيات أكثر ظهوراً في قيم d وθ_d، ويمكن عندئذ استعمال خطوة أصغر.

3 مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات أنظمة المرحلات الراديوية في خط البصر

إن مخطط الإشعاع المرجعي لهوائيات أنظمة المرحلات الراديوية في خط البصر يستعمل هنا لهوائي محطة الأرض المجهولة في حسابات الكفاف المساعد في أسلوب الانتشار (2)، عندما لا يتيسر مخطط الهوائي الفعلي.

أ) عندما تكون نسبة قطر الهوائي إلى الطول الموجي أكبر من 100، تُستخدم المعادلات التالية:

$$G(\varphi) = G_{amax} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{for} \quad 0 < \varphi < \varphi_m \tag{130}$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{for} \quad \varphi_m \le \varphi < \varphi_r \tag{131}$$

$$G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi \quad \text{for} \quad \varphi_r \le \varphi < 48° \tag{132}$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{for} \quad 48 \le \varphi \le 180° \tag{133}$$

$$G_1 = 2 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \tag{134}$$

$$\varphi_m = \frac{20\, \lambda}{D} \sqrt{G_{amax} - G_1} \tag{135}$$

$$\varphi_r = 15.85 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0.6} \quad (136)$$

ب) عندما تكون نسبة قطر الهوائي إلى الطول الموجي تساوي أو تقل عن 100، تستخدم المعادلات التالية:

$$G(\varphi) = G_{amax} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{for} \quad 0 < \varphi < \varphi_m \quad (137)$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{for} \quad \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D} \quad (138)$$

$$G(\varphi) = 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi \quad \text{for} \quad 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ \quad (139)$$

$$G(\varphi) = 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{for} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (140)$$

ج) عندما لا يكون معروفاً إلا الكسب الأقصى للهوائي، تحسب النسبة D/λ من الصيغة التالية:

$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{amax} - 7.7 \quad (141)$$

حيث:

G_{amax}: كسب الهوائي في محور الحزمة الرئيسية (dBi)

D: قطر الهوائي (m)

λ: الطول الموجي (m)

G_1: كسب الفص الجانبي الأول (dBi).

التذييـــل 8
للملحـــق 1

المعلمات

ترد في الجدول 11 معلمات الدخل التي قد تلزم لتحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية. وترد في الجدول 12 المعلمات الأخرى المستخدمة في تحديد منطقة التنسيق.

الجـــدول 11

معلمات الدخل

المعلمة	الوحدات	التعريف	المرجع	الحالة
a	km	نصف المحور الكبير للمدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]
dh	km	مسافة الأفق انطلاقاً من موقع المحطة الأرضية (القيمة الافتراضية = 0,5 km)	التذييل 1، الفقرة 1	اختيارية
D	m	قطر الهوائي	التذييل 3، الفقرة 3	اختيارية[2]
e		الاختلاف المركزي لمدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض (e=0 للمدارات الدائرية و $0 < e < 1$ للمدارات الإهليلجية).	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]
f	GHz	التردد، 100 MHz-105 GHz	الملحق 1، الفقرة 2.4	دخل
g	dB	خطوة تزايد الكسب المستخدمة لتحديد توزيع كسب الهوائي باتجاه الأفق	التذييل 4، الفقرة 2 والتذييل 5، الفقرة 1	اختيارية [3]
G_{amax}	dBi	الكسب الأقصى للهوائي في محور الحزمة الرئيسية	التذييل 3، الفقرة 3	اختيارية[2]
$G(\varphi)$	dBi	الكسب عند الزاوية φ (درجات) بالنسبة إلى محور الحزمة الرئيسية	التذييل 3، الفقرة 3	اختيارية[2]
i_s	درجات	زاوية الميل التشغيلية القصوى لمدار ساتلي مستقر بالنسبة إلى الأرض، أو زاوية الميل الاسمي لمدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض، أو حد خط العرض للحركة المدارية	التذييل 3، الفقرة 2 والتذييل 4، الفقرة 1.1 والتذييل 4، الفقرة 3	دخل[4] أو اختيارية[3]
K_1		نسبة نصف قطر المدار إلى نصف قطر الأرض بالنسبة إلى ساتل الكوكبة الأقل ارتفاعاً	التذييل 4، الفقرة 1.1	اختيارية[3]
ℓ_{t1}		القيمة الرقمية للخسارة في خط الإرسال (مثل دليل الموجات) بين طرفية الهوائي وطرفية المستقبل	الملحق 2، الفقرة 2	دخل[5]
P_t	dBW	السوية القصوى لقدرة الإرسال المتيسرة (dBW) في عرض النطاق المرجعي، عند طرفية هوائي محطة إرسال أرضية	الملحق 1، الفقرات 3.1 و1.1.2 و2.2.2	دخل[6]
Q	dB	قيمة الكفاف المساعد	الملحق 1، الفقرة 4.4	اختيارية
t	s	الوقت المستغرق لتحديد موضع (مواضع) الساتل	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]
t_0	s	الوقت الابتدائي	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]
T_a	K	درجة حرارة الضوضاء التي ينتجها هوائي محطة استقبال أرضية تقوم بالتنسيق	الملحق 2، الفقرة 2	دخل[5]
T_r	K	درجة حرارة ضوضاء المستقبل المسندة إلى طرفية هوائي محطة استقبال أرضية تقوم بالتنسيق	الملحق 2، الفقرة 2	دخل[5]
α	درجات	زاوية سمت الاتجاه المعتبر	التذييل 1، الفقرة 1	دخل
δ_e	درجات	الفرق في خطوط الطول في الجزء التشغيلي الشرقي الأقصى من القوس المدارية	التذييل 3، الفقرة 2	دخل[4]
δ_w	درجات	الفرق في خطوط الطول في الجزء التشغيلي الغربي الأقصى من القوس المدارية	التذييل 3، الفقرة 2	دخل[4]

الجـــدول 11 (*تتمة*)

المعلمة	الوحدات	التعريف	المرجع	الحالة
ε_h	درجات	زاوية ارتفاع الأفق عند السمت α المعتبر. و$\varepsilon_h(\alpha)$ هي جانبية الأفق	التذييل 1، الفقرة 1 والتذييل 3، الفقرة 1 والتذييل 4، الفقرة 3	دخل
ε_{sys}	درجات	زاوية الارتفاع الدنيا لمحور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية المطبق على جميع السموت	التذييل 4، الفقرة 1	دخل[3]
ζ	درجات	خط عرض المحطة الأرضية (شمالاً موجب، جنوباً سالب)	الملحق 1، الفقرة 1.4 والتذييل 3، الفقرة 2 والتذييل 4، الفقرة 1	دخل
η_0	rad	الابتعاد المداري المتوسط الأولي	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]
λ_e	درجات	خط طول المحطة الأرضية (شرقاً موجب، غرباً سالب)	الملحق 1، الفقرة 1.5.1 والتذييل 4، الفقرة 3	دخل
λ_s	درجات	خط طول العقدة الصاعدة لمدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في الوقت t_0	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]
ν_0	درجات	الابتعاد المداري كما هو محدد في الوقت t_0	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]
ξ_0	rad	الابتعاد المداري الشاذ في الوقت t_0	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]
υ	درجات	زاوية الحماية المستخدمة في تحديد الكفاف المساعد في حالة الانتشار بالمطر	التذييل 7، الفقرتان 1 و2	اختيارية
ω_{p0}	درجات	زاوية الحضيض للمدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في الوقت t_0	التذييل 4، الفقرة 3	اختيارية[1]

(1) معلمة لازمة لتطبيق المعادلات المدارية للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الفقرة 3 من التذييل 4 للملحق 1.

(2) يمكن تحديد الكسب اللازم باتجاه الأفق لتحديد منطقة التنسيق في عدة سبل متساوية من مدخلات بعينها. انظر التذييلين 3 و4 للملحق 1.

(3) لمحطات أرضية عاملة مع محطات فضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

(4) لمحطات أرضية عاملة مع محطات فضائية متزامنة مع الأرض.

(5) معلمة دخل في المعادلة (143). وإذا ما استخدمت إدارة مبلِّغة هذه المعادلة لتحديد درجة حرارة ضوضاء، T_e، محطة الاستقبال الأرضية، أمكن استخدام المعلمة T_e في تحديد منطقة التنسيق.

(6) يمكن اشتقاق هذه القدرة من كثافة القدرة القصوى المزودة لدخل الهوائي ((dB(W/Hz)) ومن عرض النطاق المرجعي B.

الجـــدول 12

المعلمة	بلا رمز أسفل الحرف	برمز أسفل الحرف	بزاوية	الوحدات	التعريف	المرجع
A		√		dB	التوهين	التذييلان 1 و2
B	√			km	طول منطقة الانتشار بالمطر الحرجة	التذييل 7، الفقرة 2
B	√			Hz	عرض النطاق المرجعي أي عرض النطاق الذي تعمل فيه محطة الاستقبال المعرضة للتداخل، والذي يمكن فيه تحديد القيمة المتوسطة لقدرة الإرسال المسبب للتداخل	الملحق 2، الفقرة 2

الجـــدول 12 (*تابع*)

المعلمة	بلا رمز أسفل الحرف	برمز أسفل الحرف	بزاوية	الوحدات	التعريف	المرجع
C		√		dB	عامل التصحيح	الملحق 1، الفقرة 4.4
D		√		km	المسافة من المحطة الأرضية عادةً	في كل مكان
G	√	√	√	dBi	كسب الهوائي في زاوية من محور الحزمة الرئيسية باتجاه الأفق	في كل مكان
h_R		√		km	ارتفاع المطر فوق الأرض	الملحق 1، الفقرة 2.1.3 والتذييل 2، الفقرة 3
i	√			degrees	خط عرض نقطة مسقط الساتل	التذييل 3، الفقرة 2
K	√				عامل التدرج القياسي للتوهين الطولي الناجم عن المطر	التذييل 2، الفقرة 3
K	√			J/K	ثابت بولتزمان، $1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K.	الملحق 2، الفقرة 2
K	√	√			نصف قطر المدار الساتلي/نصف قطر الأرض	التذييل 3، الفقرة 2 والتذييل 4، الفقرة 1.1
L	√	√	√	dB	قيمة الخسارة اللازمة الدنيا أثناء p% من الوقت، أو مكونات هذه الخسارة	الملحق 1، الفقرة 3.1 والتذييل 2، الفقرة 1
M_s				dB	هامش أداء الوصلة	الملحق 2، الفقرة 2
N	√				عدد مصادر التداخل المتكافئة والمتساوية في المستوى وفي الاحتمال، والمفترض أن لا علاقة بينها أثناء نسب مئوية صغيرة من الوقت	الملحق 2، الفقرة 2
N_0					الانكسارية عن مستوى سطح البحر في مركز المسير للترددات المحصورة بين 790 MHz و60 GHz.	الملحق 1، الفقرة 1.4
N_L				dB	مساهمة ضوضاء الوصلة	الملحق 2، الفقرة 2
P	√	√		%	النسبة المئوية من الوقت التي يمكن خلالها تجاوز قدرة التداخل المسموح بها	الملحق 1، الفقرة 1.3
$P_r(p)$				dBW	قدرة التداخل المسموح بها لإرسال مسبب للتداخل في عرض النطاق المرجعي التي لا يمكن تجاوزها خلال أكثر من p% الوقت	الملحق 1، الفقرة 3.1 والملحق 2، الفقرة 2
P_t				dBW	قدرة الإرسال القصوى المتيسرة في عرض النطاق المرجعي، عند طرفية هوائي محطة إرسال للأرض	الملحق 1، الفقرات 3.1 و1.1.2 و2.2.2
r		√		km	معلمات المسافة الشعاعية	التذييلات 2 و4 و7
R	√		√	mm/h	معدل هطول الأمطار	التذييل 2، الفقرة 1
R_{cv}					دالة النقل الفعال بالانتثار	التذييل 2، الفقرة 3
s	√			km	تزايد المسافة المستعمل في حساب المسافة اللازمة التكراري	الملحق 1، الفقرة 1.3
T		√		K	درجة حرارة الضوضاء المكافئة	الملحق 2، الفقرة 2
W	√			dB	عامل التكافؤ للضوضاء الحرارية من أجل الإرسالات المسببة للتداخل في عرض النطاق المرجعي	الملحق 2، الفقرة 2
$X(f)$			√	dB	التصحيح الاسمي عند التردد f	الملحق 1، الفقرة 4.4
$Z(f)$			√	dB/km	التصحيح الثابت عند التردد f	الملحق 1، الفقرة 4.4
α	√				أس لتحديد التوهين الطولي الناجم عن المطر	التذييل 2، الفقرة 3

الجـــدول 12 (*تتمة*)

المعلمة	بلا رمز أسفل الحرف	برمز أسفل الحرف	بزاوية	الوحدات	التعريف	المرجع
α	√	√	√	درجات	زاوية السمت المقيسة عند المحطة الأرضية التي تجري التنسيق	التذييلات 3 و4 و6
β	√				ظاهرة المجرى التابع للمسير	التذييل 1، الفقرة 3
β_e				%	النسبة المئوية من الوقت التي توجد فيها ظروف انتشار غير عادية في جو صاف	الملحق 1، الفقرة 1.4
γ		√	√	dB/km	توهين طولي	الملحقان 1 و2
$\Gamma 1$					معلمة متصلة بظاهرة المجرى التابع للمسير	التذييل 1، الفقرة 3
$\Gamma 2$				dB	التوهين الإضافي خارج الحجم المشترك	التذييل 2، الفقرة 3
Δd				km	المسافة الأفقية إلى مركز الكفاف الدائري في أسلوب الانتشار[2] من المحطة الأرضية على طول سمت محور الحزمة الرئيسية للمحطة	الملحق 1، الفقرة 5 والتذييل 2، الفقرة 4
δ	√	√		درجات	فرق في خطوط الطول مقيس من المحطة الأرضية	التذييلان 3 و4
ε		√	√	درجات	زاوية ارتفاع مقيسة من موقع المحطة الأرضية	التذييلات 2 و3 و4 والملحق 2
ζ	√	√		درجات	معلمة تكافئ خط عرض المحطة الأرضية أو على صلة به	الملحق 1، الفقرة 1.4 والتذييلان 3 و4
η		√		[1]rad	متوسط الابتعاد المداري أو معدل دورانه	التذييل 4، الفقرة 3
θ_d				درجات	زاوية مستخدمة في رسم الكفاف المساعد في أسلوب الانتشار[2]	التذييل 7، الفقرة 2
λ	√			M	الطولي الموجي للقدرة المسببة للتداخل	التذييلان 3 و7
λ		√		درجات[1]	معلمة خط الطول أو معدل تغيره	التذييل 4، الفقرة 3
μ	√			km^3/s^2	ثابت جاذبية الأرض	التذييل 4، الفقرة 3
μ		√			معلمة مستخدمة لتحديد β	التذييل 1، الفقرة 3
ν	√	√		درجات	معلمة للابتعاد المداري الحقيقي لساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في مداره	التذييل 4، الفقرة 3
ξ		√		rad	الابتعاد المداري الشاذ لساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض	التذييل 4، الفقرة 3
ρ	√			g/m^3	كثافة بخار الماء في الجو	التذييل 1، الفقرة 3
τ، σ	√				معلمات مستخدمة لتحديد μ_1 وμ_2	التذييل 1، الفقرة 3
φ	√	√	√	درجات	زاوية مقيسة من محور الحزمة الرئيسية لهوائي	التذييلات 3 و4 و7
ψ	√	√	√	درجات	أطوال وزوايا متنوعة للقوس	التذييلات 3 و4 و7
ω	√	√		درجات[1]	زوايا متنوعة أو معدلات تغيرها	التذييلات 3 و4 و7
Ωr				درجات (s)	سرعة المبادرة لعقد الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض	التذييل 4، الفقرة 3

[1] بالرمز *r* أسفل الحرف، تكون المعلمة هي معدل التغير مقدرةً بالوحدات/الثانية (s).

الملحـــق 2

معلمات النظام لتحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية

1 المدخل

تعطي الجداول من 14 إلى 16 قيم معلمات النظام الواجب استعمالها في الطرائق المحددة في الملحق 1 لتحديد منطقة التنسيق حول محطة أرضية، عندما يكون النطاق مستخدماً بالتشارك مع خدمات الاتصال الراديوي للأرض أو مع محطات أرضية أخرى تعمل في الاتجاه المعاكس للإرسال.

ولا يعطي الجدول 14 إلا قيم معلمات النظام اللازمة في حالة محطة إرسال أرضية تتشارك نطاقات الترددات مع خدمات للأرض، بينما يعطي الجدول 15 قيم المعلمات اللازمة في حالة محطة استقبال أرضية تتشارك نطاقات الترددات مع خدمات للأرض، أما الجدول 16 فيعطي قيم المعلمات في حالة محطة إرسال أرضية تتشارك نطاق الترددات الموزع على اتجاهي الإرسال مع محطات أرضية أخرى تعمل في الاتجاه المعاكس للإرسال.

وتشتمل هذه الجداول التي تتضمن معلمات النظام على التوزيعات الأولية على الخدمات الفضائية وعلى خدمات الأرض طبقاً للمادة 5 في جميع نطاقات الترددات المحصورة بين 100 MHz و105 GHz. والمعلومات غير مكتملة في بعض الأعمدة: ويعود ذلك في بعض الحالات إلى عدم الحاجة إلى حساب مسافات التنسيق لأن مسافات التنسيق المعينة مسبقاً يمكن تطبيقها، ويعود في حالات أخرى إلى كون التوزيعات جديدة، والأنظمة لن توضع في الخدمة قبل بضع سنوات؛ بينما تقوم لجان الدراسات التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد بتطوير معلمات النظام باستمرار.

والمعلمات الخاصة بالمحطة الأرضية التي يطلب لها التنسيق تقدم إلى مكتب الاتصالات الراديوية وفق النسق المحدد في التذييل 4 في إطار إجراءات التبليغ والتنسيق.

وكل سطر معنون "الطريقة المستخدمة" في كل جدول، يحيل المستعمل إلى القسم المناسب في متن الملحق 1 حيث تشرح الطرائق الواجب اتباعها لتحديد منطقة التنسيق.

وتجدر الملاحظة بأن المحطة الأرضية التي يطلب لها تحديد منطقة التنسيق، معرفة باسم الخدمة المعطى في السطر الأول من كل جدول.

وعندما يتطلب الأمر وضع كفاف إضافي، كما هي الحال في الأنظمة الثابتة الرقمية، توجد معلمات النظام اللازمة في أحد الأعمدة المجاورة في الجداول 14 و15 و16. وفي غياب معلمات النظام المناسبة، يمكن استخدام المعادلة (142) في الفقرة 2 لحساب قيمة قدرة التداخل المسموح بها ($P_r(p)$).

2 حساب قدرة التداخل المسموح بها لإرسال مسبب للتداخل

تعطي الجداول 14 و15 و16 قيم المعلمات اللازمة لحساب قدرة التداخل المسموح بها لإرسال مسبب للتداخل (dBW) ضمن عرض النطاق المرجعي، هذه القدرة التي يجب عدم تجاوزها أثناء أكثر من p% من الوقت عند طرفية هوائي الاستقبال لمحطة معرضة لتداخلات يسببها مصدر واحد، بالاستعانة بالصيغة العامة التالية:

$$P_r(p) = 10 \log (k\, T_e\, B) + N_L + 10 \log (10^{M_s/10} - 1) - W \quad \text{dBW} \qquad (142)$$

حيث:

k: ثابت بولتزمان (1,38 × 10-23 J/K)

T_e: درجة حرارة الضوضاء الحرارية لنظام الاستقبال (K)، مقيسة عند طرفية هوائي الاستقبال (انظر الفقرة 1.2 من هذا الملحق)

N_L: مساهمة ضوضاء الوصلة (انظر الفقرة 2.2 من هذا الملحق)

B: عرض النطاق المرجعي (Hz) أي عرض النطاق الذي تعمل فيه محطة الاستقبال المعرضة للتداخل، والذي يمكن فيه تحديد القيمة المتوسطة لقدرة الإرسال المسبب للتداخل

p: النسبة المئوية من الوقت التي يمكن أثناءها للتداخل الذي يسببه مصدر وحيد أن يتجاوز قيمة قدرة التداخل المسموح بها، علماً بأن مصادر التداخل يفترض أنها لا تجتمع متآونة: $p = p_0/n$

p_0: النسبة المئوية من الوقت التي يمكن أثناءها للتداخل الذي تسببه جميع المصادر أن يتجاوز قيمة العتبة المسموح بها

n: عدد مصادر التداخل المتكافئة والمتساوية في السوية وفي الاحتمال، والمفترض أن لا علاقة بينها أثناء نسب مئوية صغيرة من الوقت

M_s: هامش أداء الوصلة (dB) (انظر الفقرة 3.2 من هذا الملحق)

W: عامل التكافؤ للضوضاء الحرارية (dB) من أجل الإرسالات المسببة للتداخل في عرض النطاق المرجعي. ويكون هذا العامل موجباً عندما تتسبب الإرسالات المسببة للتداخل في انحطاط يفوق ما تسببه الضوضاء الحرارية (انظر الفقرة 4.2 في هذا الملحق).

قد يكون لإحدى الإدارات سبباً يدعوها للاعتقاد أحياناً بأن محطة الاستقبال الأرضية الخاصة بها لديها ما يبرر ابتعادها عن القيم المصاحبة للمحطة الأرضية الواردة في الجدول 15. ويسترعى الانتباه إلى أن عروض النطاق B في بعض الأنظمة، أو أن النسبتين المئويتين من الوقت p وp_0 كما في حالة أنظمة التخصيص حسب الطلب، قد يكون من الواجب تعديل قيمتها عما هي معطاة في الجدول 15.

1.2 حساب درجة حرارة الضوضاء لنظام استقبال

يمكن تعيين درجة حرارة الضوضاء (K) لنظام الاستقبال، مقيسة عند طرفية هوائي الاستقبال، باستخدام الصيغة التالية (إلا ما كان مبيناً صراحة في الجدول 14):

$$T_e = T_a + (\ell_{t1} - 1)\,290 + \ell_{t1}\,T_r \quad \text{K} \tag{143}$$

حيث:

T_a: درجة حرارة الضوضاء (K) التي ينتجها هوائي الاستقبال

ℓ_{t1}: القيمة الرقمية للخسارة في خط الإرسال (مثل الدليل الموجي) بين طرفية الهوائي وطرفية المستقبل

T_r: درجة حرارة الضوضاء (K) عند طرفية المستقبل، بما فيها مساهمات جميع المراحل المتتالية.

وتستعمل القيمة $\ell_{t1} = 1{,}0$ لمستقبلات المرحلات الراديوية وحيث لا تكون خسارة الدليل الموجي معروفة لمحطة استقبال أرضية.

وعند تحديد أكفة التنسيق بين محطتين أرضيتين تعملان في اتجاهي الإرسال المتعاكسين، ينبغي استعمال درجات حرارة الضوضاء التالية لنظام استقبال المحطة الأرضية، إن لم تكن القيم واردة في الجدول 16. وهذا الافتراض ضروري لأن محطة الاستقبال للأرض يستعاض عنها في الحسابات بمحطة الاستقبال الأرضية.

الجـــدول 13

مدى الترددات	T_e (K)
$f < 10$	75
$10 < f < 17$	150
$f > 17$	300

2.2 تعيين العامل N_L

العامل N_L هو مساهمة ضوضاء الوصلة. وفي حالة مرسل–مستجيب في ساتل فهو يشمل الضوضاء على الوصلة الصاعدة والتشكيل البيني، إلخ. وفي غياب قيم في الجدول يفترض أن:

للوصلات الثابتة الساتلية N_L = 1 dB

لوصلات الأرض = 0 dB

3.2 تعيين العامل M_s

العامل M_s هو العامل الذي يجب أن تُزاد به ضوضاء الوصلة في الجو الصافي لكي تصبح مساوية لقدرة التداخل المسموح به.

4.2 تعيين العامل W

العامل W (dB) هو سوية قدرة الضوضاء الحرارية في التردد الراديوي منسوبة إلى القدرة المستقبلة من إرسال مسبب للتداخل والتي تسبب، بدلاً من القيمة الأولى وفي عرض النطاق نفسه (المرجعي)، نفس التداخل (أي زيادة قدرة الضوضاء في القناة الصوتية أو الفيديوية أو في معدل الخطأ في البتات). وبصورة عامة يتوقف العامل W على خصائص الإشارتين المفيدة والمسببة للتداخل.

وعندما تكون الإشارة المفيدة رقمية، يكون العامل W عادة مساوياً أو أقل من 0 dB، مهما تكن خصائص الإشارة المسببة للتداخل.

3 الكسب في اتجاه الأفق لهوائي محطة استقبال أرضية حيال محطة إرسال أرضية

عند تحديد منطقة التنسيق لمحطة إرسال أرضية حيال محطة استقبال أرضية تعملان في نطاق ترددات موزع على اتجاهي الإرسال، يجب حساب الكسب في اتجاه الأفق لهوائي المحطة الأرضية المجهولة. وعندما تكون محطات الاستقبال الأرضية المجهولة تعمل مع سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يعطي الجدول 16 معلمات محطات الاستقبال الأرضية الواجب استعمالها في الحساب على النحو الموضح في الفقرة 1.2 من التذييل 6 للملحق 1.

وعندما تكون محطة الاستقبال الأرضية المجهولة تعمل مع سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، يعطي الجدول 16 الكسب في اتجاه الأفق للهوائي الواجب استعماله وفق جميع السموت. والقيم المعروضة بشكل جداول قد تم تعيينها بالطريقة المشروحة في الفقرة 1.2.2 من الملحق 1، والتي تستخدم القيم الدنيا والقصوى لكسب الهوائي في اتجاه الأفق. ولهذا الغرض يكون الكسب الأقصى للهوائي في اتجاه الأفق هو كسب الهوائي من أجل زاوية خارج المحور تساوي زاوية الارتفاع الدنيا للتشغيل. أما الكسب الأدنى في اتجاه الأفق للهوائي فهو الكسب الملاحظ لزوايا كبيرة خارج المحور، تكون غالباً أكبر من 36° أو 48°.

وعند تعيين مداخل الجدول 16 المقابلة للكسب في اتجاه الأفق للهوائي بطريقة الكسب اللامتغير مع الزمن (TIG)، حدّد الفرق بين الكسبين الأفقيين الأدنى والأقصى بألا يتجاوز 30 dB. وعليه فقد أخذت قيمة الكسب في اتجاه الأفق بالطريقة TIG هي صغرى القيمتين: الكسب الأقصى للهوائي في اتجاه الأفق أو الكسب الأدنى للهوائي في اتجاه الأفق مضافاً إليه 20 dB. وعند تعيين الكسب في اتجاه الأفق بالطريقة TIG، استخدم مخطط الهوائي المرجعي الوارد في الفقرة 3 من التذييل 3 للملحق 1، ما عدا الحالات المبينة في الجداول التي قدّر فيها أن مخططاً مغايراً قد يكون أنسب.

الجـــدول 14 أ)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة إرسال أرضية

تسمية خدمة الاتصال الراديوي الفضائي للإرسال		متنقلة ساتلية		متنقلة ساتلية وعمليات فضائية		استكشاف الأرض الساتلية وأرصاد جوية ساتلية	عمليات فضائية	أبحاث فضائية وعمليات فضائية	متنقلة ساتلية	عمليات فضائية		متنقلة ساتلية واستدلال راديوي ساتلية	متنقلة ساتلية		متنقلة ساتلية		عمليات فضائية وأبحاث فضائية		متنقلة ساتلية		أبحاث فضائية وعمليات فضائية واستكشاف الأرض الساتلية
نطاقات الترددات (MHz)		121,45-121,55		149,9-148,0		403-401	433,75-434,25	449,75-450,25	840-806	1 429-1 427		1 610-1 626,5	1 675-1 700		1 710-1 675		1 850-1 750		2 025-1 980		2 025-2 110 2 110-2 120 (فضاء سحيق)
تسمية خدمة الأرض للاستقبال		متنقلة للطيران		ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة ومساعدات أرصاد جوية	هواة وتحديد راديوي للموقع وثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة وتحديد راديوي للموقع	ثابتة ومتنقلة وإذاعية وملاحة راديوية للطيران	ثابتة ومتنقلة		ملاحة راديوية للطيران وعلم الفلك الراديوي	مساعدات أرصاد جوية		ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة
الطريقة المستعملة		§ 1.4.7		§ 2.1, § 2.2		§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 1.4.6	§ 2.1, § 2.2		§ 1.4.6	§ 1.4.6		§ 1.4.6		§ 2.1, § 2.2		§ 1.4.6		§ 2.1, § 2.2
التشكيل في محطة الأرض[1]		A	N	A		N	A و N		A و N	A	N		A	N	A	N	A	N	A	N	A
معلمات ومعايير التداخل في محطة الأرض	p_0 (%)			1,0			0,01		0,01	0,01	0,01				0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01
	n			1			2		2	2	2				2	2	2	2	2		2
	p (%)			1,0			0,005		0,005	0,005	0,005				0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005
	N_L (dB)			–			0		0	0	0				0	0	0	0	0		0
	M_s (dB)			–			20		20	33	33				33	33	33	33	[2]26		[2]26
	W (dB)			–			0		0	0	0				0	0	0	0	0		0
معلمات محطة الأرض	G_x (dBi)[3]			8			16		16	33	33				33	35	35	35	[2]49		[2]49
	T_e (K)			–			750		750	750	750				750	750	750	750	[2]500		[2]500
عرض النطاق المرجعي	B (Hz)			$3 10 \times 4$			$3 10 \times 12,5$		$3 10 \times 12,5$	$3 10 \times 4$	$6 10$				$3 10 \times 4$	$6 10$	$3 10 \times 4$	$3 10 \times 4$	$3 10 \times 4$		$3 10 \times 4$
قدرة التداخل المسموح به	$P_r(p)$ (dBW) في B			153–			139–		139–	131–	107–				131–	107–	131–	107–	140–		140–

(1) A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

(2) استخدمت المعلمات التي تنطبق على محطة للأرض مرافقة للأنظمة عبر الأفق. ويمكن أيضاً استعمال معلمات المرحلات الراديوية في خط البصر المصاحبة لنطاق الترددات 668,4-675 1 MHz لتحديد كفاف إضافي. (WRC-03)

(3) لم تؤخذ بالحسبان الخسارات في المغذي.

الجـــدول 14ب)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة إرسال أرضية

تسمية خدمة الاتصال الراديوي الفضائي للإرسال		ثابتة ساتلية ومتنقلة ساتلية	ثابتة ساتلية	ثابتة ساتلية	عمليات فضائية وأبحاث فضائية		ثابتة ساتلية ومتنقلة ساتلية وأرصاد جوية ساتلية		ثابتة ساتلية		ثابتة ساتلية		ثابتة ساتلية	ثابتة ساتلية	ثابتة ساتلية[3]
نطاقات الترددات (GHz)		2,690-2,655	5,150-5,091	5,850-5,725	(5)7,235-7,100		8,400-7,900		11,7-10,7		14,8-12,5		7,075-5,725	15,65-15,43	19,7-19,3
تسمية خدمة الأرض للاستقبال		ثابتة ومتنقلة	ملاحة راديوية للطيران	تحديد راديوي للموقع	ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة	ملاحة راديوية للطيران	ثابتة ومتنقلة
الطريقة المستعملة		§ 2.1		§ 2.1	§ 2.1. § 2.2		§ 2.1		§ 2.1		§ 2.1. § 2.2		§ 2.1		§ 2.2 § 2.1. § 2.2
التشكيل في محطة الأرض[1]		A			A	N	A	N	A	N	A	N	N		N
معلمات ومعايير التداخل في محطة الأرض	p_0 (%)	0,01			0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01		0,005
	n	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2		2
	p (%)	0,005			0,005	0,0025	0,005	0,0025	0,005	0,0025	0,005	0,0025	0,0025		0,0025
	N_L (dB)	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	M_s (dB)	26[2]			33	37	33	37	33	40	33	40	25		25
	W (dB)	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
معلمات محطة الأرض	G_x (dBi)[4]	49[2]	6		46	46	46	46	50	50	52	52	48		48
	T_e (K)	500[2]			750	750	750	750	1 100	1 500	1 100	1 500	1 100		1 100
عرض النطاق المرجعي	B (Hz)	$3 10 \times 4$	$3 150 \times 10$		$3 10 \times 4$	$6 10$	$3 10 \times 4$	$6 10$	$6 10$	$3 10 \times 4$	$3 10 \times 4$	$6 10$	$6 10$		$6 10$
قدرة التداخل المسموح به في B	$P_r(p)$ (dBW)	140–	160–		103–	131–	131–	10–3	98–	128–	98–	128–	103–		113–

(1) A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

(2) استخدمت معلمات المحطة للأرض المرتبطة بالأنظمة عبر الأفق. ويمكن أيضاً استعمال معلمات المرحلات الراديوية في خط البصر المرتبطة بالخدمة الثابتة في نطاق الترددات 725 5-075 7 MHz لتحديد كفاف إضافي سوى أن Gx = 37 dBi.

(3) وصلات التغذية في أنظمة السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة المتنقلة الساتلية.

(4) لم تؤخذ بالحسبان الخسارات في المغذي.

(5) نطاقات الترددات الفعلية هي 100 7-155 7 MHz و190 7-235 7 MHz لخدمة العمليات الفضائية و145 7-235 7 MHz لخدمة الأبحاث الفضائية.

الجـــدول 14ج)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة إرسال أرضية

تسمية خدمة الاتصال الراديوي الفضائي للإرسال		ثابتة ساتلية	ثابتة ساتلية[2]	ثابتة ساتلية[3]	أبحاث فضائية	استكشاف الأرض ساتلية وأبحاث فضائية	ثابتة ساتلية ومتنقلة ساتلية وملاحة راديوية ساتلية	ثابتة ساتلية[2]	ثابتة ساتلية ومتنقلة ساتلية	ثابتة ساتلية
نطاقات الترددات (GHz)		25,25–24,75 29,5–27,0	29,1–28,6	29,5–29,1	34,7–34,2	40,5–40,0	51,4–42,5	50,2–47,2	75,5–71,0	95,0–94,1
تسمية خدمة الأرض للاستقبال		ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة وتحديد راديوي للموقع	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة وملاحة راديوية وعلم الفلك الراديوي	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة وتحديد راديوي للموقع
الطريقة المستعملة		§ 2.1	§ 2.2	§ 2.2		§ 2.1. § 2.2	§ 2.1. § 2.2	§ 2.2	§ 2.1. § 2.2	§ 2.1. § 2.2
التشكيل في محطة الأرض[1]		N	N	N		N	N	N	N	N
معلمات ومعايير التداخل في محطة الأرض	(%) $p0$	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	0,001	0,002	0,002
	n	1	2	1		1	1	1	2	2
	(%) p	0,005	0,0025	0,005		0,005	0,005	0,001	0,001	0,001
	(dB) NL	0	0	0		0	0	0	0	0
	(dB) Ms	25	25	25		25	25	25	25	25
	(dB) W	0	0	0		0	0	0	0	0
معلمات محطة الأرض	(dBi) Gx[4]	50	50	50		42	42	46	45	45
	(K) Te	2 000	2 000	2 000		2 600	2 600	2 000	2 000	2 000
عرض النطاق المرجعي	(Hz) B	610	610	610		610	610	610	610	610
قدرة التداخل المسموح به	(dBW) $Pr(p)$ في B	111–	111–	111–		110–	110–	111–	111–	111–

[1] A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

[2] سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية.

[3] وصلات التغذية في الأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة المتنقلة الساتلية.

[4] لم تؤخذ بالحسبان الخسارات في المغذي.

الجـــدول 15 أ)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة استقبال أرضية

تسمية خدمة الاتصال الراديوي الفضائي للاستقبال			عمليات فضائية وأبحاث فضائية	أرصاد جوية ساتلية ومتنقلة ساتلية	أبحاث فضائية	أبحاث فضائية وعمليات فضائية	عمليات فضائية	متنقلة ساتلية	أرصاد جوية ساتلية	متنقلة ساتلية	عمليات فضائية وأبحاث فضائية	متنقلة ساتلية	عمليات فضائية	أرصاد جوية ساتلية واستكشاف الأرض الساتلية	عمليات فضائية	إذاعية ساتلية	متنقلة ساتلية	إذاعية ساتلية (DAB)	متنقلة ساتلية ومتنقلة برية ساتلية ومتنقلة بحرية ساتلية
نطاقات الترددات (MHz)			138–137	138–137	143,65–143,6	184–174	167–163 5273–272	399,9–335,4	401–400,15	401–400,15	401–400,15	401–400,15	550,25–549,75	470–460	402–401	790–620	890–856	1 492–1 452	1 530-1 518 1 559-1 555 2 200-2 160
تسمية خدمة الأرض للإرسال			ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة وتحديد راديوي للموقع	ثابتة ومتنقلة وإذاعية	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	مساعدات أرصاد جوية	مساعدات أرصاد جوية	مساعدات أرصاد جوية	مساعدات أرصاد جوية	ثابتة ومتنقلة وإذاعية	ثابتة ومتنقلة	مساعدات أرصاد جوية وثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة وإذاعية	ثابتة ومتنقلة وإذاعية	ثابتة ومتنقلة وإذاعية	ثابتة ومتنقلة
الطريقة المستعملة			§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1	§ 1.4.6	§ 1.4.6	§ 1.4.6	–	§ 1.4.6	§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1	§ 1.4.5	§ 1.4.6	§ 1.4.5	§ 1.4.6
التشكيل في المحطة الأرضية[2]			N		N		N				N				N			N	N
معلمات ومعايير التداخل في المحطة الأرضية	p_0 (%)		0,1		0,1		1,0		0,012		0,1			0,012	0,1				10
	n		2		2		1		1		2			1	2				1
	p (%)		0,05		0,05		1,0		0,012		0,05			0,012	0,05				10
	N_L (dB)		0		0		0		0		0				0				0
	M_s (dB)		1		1		1		4,3		1				1				1
	W (dB)		0		0		0		0		0				0				0
معلمات محطة الأرض	E (dBW) في B(3)	A	–		–		15				–			5	–			38	(4)37
		N	–		–		15				–			5	–			38	37
	P_t (dBW) في B	A	–		–		1–				–			11–	–			3	0
		N	–		–		1–				–			11–	–			3	0
	G_x (dBi)		–		–		16				–			16	–			35	37
عرض النطاق المرجعي	B (Hz)		1		1		3_{10}		$3_{10 \times 177.5}$		1		1	85	1			$3_{10 \times 25}$	$3_{10 \times 4}$
قدرة التداخل المسموح به	$P_t(p)$ (dBW) في B		199–		199–		173–		148–		208–		208–	178–	208–				176–

(1) استعملت في هذه النطاقات معلمات محطة الأرض المصاحبة للمرحلات الراديوية في خط البصر. وإذا كانت إحدى الإدارات تعتقد أن الأنظمة عبر الأفق يجب أن تؤخذ في الاعتبار في النطاقين 160 2-200 2 MHz و835 24-200 25 MHz، يمكن استخدام المعلمات المرافقة للنطاق 500 2-690 2 MHz لتحديد منطقة التنسيق.

(2) A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

(3) تعرف E بأنها القدرة المشعة المكافئة المتاحية لمحطة الأرض المسببة للتداخل في عرض النطاق المرجعي.

(4) هذه القيمة مخفضة بقدر 50 dBW عن القيمة الاسمية لأغراض تحديد منطقة التنسيق، نظراً إلى أن الاحتمال الضعيف لوقوع إرسالات كبيرة القدرة في عرض النطاق الضيق نسبياً للمحطة الأرضية.

(5) معلمات الخدمة الثابتة المبينة في العمود لنطاقي الترددات 163-167 MHz و272-273 MHz، لا تنطبق إلا على النطاق 163-167 MHz.

الجـــدول 15 ب)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة استقبال أرضية

تسمية خدمة الاتصال الراديوي الفضائي للاستقبال			عمليات فضائية (GSO وnon-GSO)	ملاحة راديوية ساتلية	أرصاد جوية ساتلية (non-GSO)	أرصاد جوية ساتلية (GSO)	أبحاث فضائية في جوار الأرض (GSO وnon-GSO)		أبحاث فضائية وفضاء سحيق (non-GSO)	عمليات فضائية (GSO وnon-GSO)	استكشاف الأرض الساتلية (GSO)	إذاعية ساتلية	متنقلة ساتلية واستدلال راديوي ساتلية		ثابتة ساتلية وإذاعية ساتلية		ثابتة ساتلية	
							مأهولة	غير مأهولة										
نطاقات الترددات (GHz)			1,535–1,525	1,610–1,559	1,710–1,670	1,710–1,670	1,710–1,700 2,290–2,200		2,300–2,290	2,290–2,200	2,290–2,200	2,360–2,310	2,4835–2,500		2,690–2,500		4,200–3,400	
تسمية خدمة الأرض للإرسال			ثابتة	ثابتة	ثابتة ومتنقلة ومساعدات أرصاد جوية	ثابتة ومتنقلة ومساعدات أرصاد جوية	ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة وتحديد راديوي للموقع	ثابتة ومتنقلة وتحديد راديوي للموقع		ثابتة ومتنقلة وتحديد راديوي للموقع		ثابتة ومتنقلة	
الطريقة المستعملة			§ 2.2 ،§ 2.1	§ 2.1	§ 2.2 and[1]	§ 2.1 and[1]	§ 2.2 ،§ 2.1		§ 2.2	§ 2.2 ،§ 2.1	§ 2.1	§ 1.4.5	§ 1.4.6		§ 1.4.5 and § 2.1		§ 2.1	
التشكيل في المحطة الأرضية[2]			N		N	N	N		N	N	N		N		N	A	N	A
معلمات ومعايير التداخل في المحطة الأرضية	p_0 (%)		1,0		0,006	0,011	0,001	0,1	0,001	0,001	1,0		10		0,003	0,03	0,005	0,03
	n		1		3	2	2	2	1	2	2		1		3	3	3	3
	p (%)		1,0		0,002	0,0055	0,001	0,05	0,001	0,5	0,5		10		0,001	0,01	0,0017	0,01
	N_L (dB)		0		0	0	0		0				0		1	1	1	1
	M_s (dB)		1		2,8	0,9	1		0,5	1			1		2	7	2	7
	W (dB)		0		0	0	0		0	0			0		0	4	0	4
معلمات محطة الأرض	E (dBW) في B[3]	A	50		92[4]	92[4]	27–[4] [5]		27–[5]	72	72[4]		37		72[4]	72[4]	55	55
		N	37		–	–	27–		27–	76	76		37		76	76	42	42
	P_t (dBW) في B	A	13		40[4]	40[4]	71–[4] [5]		71–[5]	28	28[4]		0		28[4]	28[4]	13	13
		N	0		–	–	71–		71–	32	32		0		32	32	0	0
	G_x (dBi)		37		52	52	44		44	44	44		37		44	44	42	42
عرض النطاق المرجعي	B (Hz)		3_{10}		6_{10}	$3_{10\times4}$	1		1	6_{10}	6_{10}		$3_{10\times4}$		6_{10}	6_{10}	6_{10}	6_{10}
قدرة التداخل المسموح به	$Pr(p)$ (dBW) في B		184–		142–	177–	216–		222–	154–	154–		176–					

انظر الجدول 15 ب):

(1) يلزم في النطاق 1 670-1 700 MHz كفاف تنسيق إضافي مع خدمة مساعدات الأرصاد الجوية:

إن مسافة التنسيق، d (km)، للمحطات الأرضية الثابتة في خدمة الأرصاد الجوية الساتلية مع المحطات في خدمة مساعدات الأرصاد الجوية تفترض ارتفاع 20 km للسبر الراديوي وتحدَد بدلالة زاوية الارتفاع الفيزيائية عن الأفق θ (بالدرجات) لكل سمت، على النحو التالي:

$$d = \begin{cases} 582\left(\sqrt{1+(0.254\ \varepsilon_h)^2} - 0.254\ \varepsilon_h\right) & \text{for} \quad \varepsilon_h > 0 \\ 582 & \text{for} \quad \varepsilon_h \le 0 \end{cases}$$

ومسافتا التنسيق الدنيا والقصوى هما $(100 - f\text{(GHz)}/2)$ و582 km في زوايا الأفق الفيزيائي التي تزيد عن 11° وتقل عن 0°.

(2) A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

(3) تعرف E بأنها القدرة المشعة المكافئة المتناحية لمحطة الأرض المسببة للتداخل في عرض النطاق المرجعي.

(4) استُعملت في هذا النطاق معلمات محطات الأرض المصاحبة للأنظمة عبر الأفق. فإذا كانت إحدى الإدارات تعتقد بأن لا لزوم لاعتبار الأنظمة عبر الأفق، يمكن استعمال معلمات المرحلات الراديوية في خط البصر المصاحبة لنطاق الترددات GHz 4,2-3,4 لتحديد منطقة التنسيق، علماً بأن E = 50 dBW لمحطات الأرض التماثلية وأن G_x = 37 dBi. وعلى كل حال وفقط لخدمة الأبحاث الفضائية ومراعاة للملاحظة 5 عندما لا تكون الأنظمة عبر الأفق مأخوذة بالاعتبار، يكون E = 20 dBW وP_t = –17 dBW لمحطات الأرض التماثلية ويكون E = –23 dBW وP_t = –60 dBW لمحطات الأرض الرقمية، ويكون G_x = 37 dBi.

(5) هذه القيم مقدرة لعرض نطاق قدره 1 Hz وهي تقل بقدر 30 dB عن القدرة الكلية المفترضة للإرسال.

الجـــدول 15 ج)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة استقبال أرضية

تسمية خدمة الاتصال الراديوي الفضائي للاستقبال			ثابتة ساتلية		ثابتة ساتلية واستدلال راديوي ساتلية	ثابتة ساتلية	ثابتة ساتلية	أرصاد جوية ساتلية[7، 8]	أرصاد جوية ساتلية[9]	استكشاف الأرض الساتلية[7]	استكشاف الأرض الساتلية[9]	أبحاث فضائية[10]		ثابتة ساتلية		إذاعية ساتلية		ثابتة ساتلية[9]	إذاعية ساتلية	ثابتة ساتلية[7]
												فضاء سحيق								
نطاقات الترددات (GHz)			4,800-4,500		5,150-5,216	6,700-7,075	7,750-7,250	7,450-7,550	7,750-7,850	8,025-8,400	8,025-8,400	8,400-8,450	8,450-8,500	12,75-12,5 [12]		12,75-10,7		15,4-15,7	17,7-17,8	17,7-18,8 19,3-19,7
تسمية خدمة الأرض للإرسال			ثابتة ومتنقلة		ملاحة راديوية للطيران	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة		ملاحة راديوية للطيران	ثابتة	ثابتة ومتنقلة
الطريقة المستعملة			§ 2.1		§ 2.1	§ 2.2	§ 2.1	§ 2.1, § 2.2	§ 2.2	§ 2.1	§ 2.2	§ 2.2		§ 1.4.5		§ 2.1, § 2.2			§ 1.4.5	§ 2.1
التشكيل في المحطة الأرضية[1]			A	N		N	A	N	N	N	N	N	N	N	A	N	A	–		N
معلمات ومعايير التداخل في المحطة الأرضية	p_0 (%)		0,03	0,005		0,005	0,03	0,005	0,002	0,001	0,083	0,011	0,001	0,1	0,001	0,003	0,03	0,003	0,03	0,003	0,003
	n		3	3		3	3	3	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2
	p (%)		0,01	0,0017		0,0017	0,01	0,0017	0,001	0,0005	0,0415	0,0055	0,001	0,05	0,001	0,003	0,03	0,0015	0,015	0,0015
	(dB) N_L		1	1		1	1	1	–	–	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	(dB) M_s		7	2		2	7	2	–	–	2	4,7	0,5	1	7	4	7	4	7	4
	(dB) W		4	0		0	4	0	–	–	0	0	0	0	4	0	4	0	4	0
معلمات محطة الأرض	(dBW) E في B[2]	A	[3]92	[3]92		55	55	55	55	55	55	55	[5]25	[5]25	55	55	40	40		35
		N	[4]42	[4]42		42	42	42	42	42	42	42	18–	18–	42	42	43	43		40
	P_t (dBW) في B	A	[3]40	[3]40		13	13	13	13	13	13	13	[5]17–	[5]17–	10	10	5–	5–		10–
		N	0	0		0	0	0	0	0	0	0	60–	60–	3–	3–	2–	2–		5–
	(dBi) G_x		[3]، [4]52	[3]، [4]52		42	42	42	42	42	42	42	42	42	45	45	45	45		45
عرض النطاق المرجعي6	B (Hz)		610	610		610	610	610	710	710	610	610	1	1	[6]10×27	[6]10×27	610	106		610
قدرة التداخل المسموح به	$P_r(p)$ (dBW) في B					151,2–		125–	125–	142–	[11]154–	22–0	216–		131–	131–				

ملاحظات تتعلق بالجدول 15 ج):

(1) A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

(2) تعرف E بأنها القدرة المشعة المكافئة المتناحية لمحطة الأرض المسببة للتداخل في عرض النطاق المرجعي.

(3) استعملت في هذا النطاق معلمات محطات الأرض المصاحبة للأنظمة عبر الأفق. فإذا كانت إحدى الإدارات تعتقد بأن لا لزوم لاعتبار الأنظمة عبر الأفق، يمكن استعمال معلمات المرحلات الراديوية في خط البصر المصاحبة لنطاق الترددات 3,4–4,2 GHz لتحديد منطقة التنسيق.

(4) يفترض أن الأنظمة الرقمية ليست أنظمة عبر الأفق، وعليه يكون G_x = 42,0 dBi. وقد استعملت معلمات الأنظمة التماثلية عبر الأفق للأنظمة الرقمية عبر الأفق.

(5) هذه القيم مقدرة لعرض نطاق قدره 1 Hz وهي تقل بقدر 30 dB عن القدرة الكلية المفترضة للإرسال.

(6) قد يكون من المرغوب فيه في بعض أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية أن يختار عرض نطاق مرجعي أكثر عرضاً B. ومثل هذا الاختيار سينتج عنه في كل الأحوال مسافات تنسيق أصغر، وكل قرار يتخذ لاحقاً بشأن تخفيض عرض النطاق المرجعي قد يتطلب تنسيقاً جديداً للمحطة الأرضية.

(7) أنظمة سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

(8) تستطيع سواتل الأرصاد الجوية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض والمبلغ عنها بموجب الرقم 461A.5 أن تستخدم معلمات التنسيق ذاتها.

(9) أنظمة سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

(10) المحطات الأرضية في خدمة الأبحاث الفضائية العاملة في النطاق 8,5-8,4 GHz تعمل مع سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

(11) في حالة المحطات الأرضية الكبيرة:

$$P_r(p) = (G - 180) \quad \text{dBW}$$

وفي حالة المحطات الأرضية الصغيرة:

$$P_r(20\%) = 2\,(G - 26) - 140 \quad \text{dBW} \quad \text{من أجل} \quad 26 < G \le 29 \text{ dBi}$$

$$P_r(20\%) = G - 163 \quad \text{dBW} \quad \text{من أجل} \quad G > 29 \text{ dBi}$$

$$P_r(p)\% = G - 163 \quad \text{dBW} \quad \text{من أجل} \quad G \le 26 \text{ dBi}$$

(12) تنطبق على الخدمة الإذاعية الساتلية في النطاقات غير المخطط لها في الإقليم 3.

الجـــدول 15 د)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة استقبال أرضية

تسمية خدمة الاتصال الراديوي الفضائي للاستقبال			أرصاد جوية ساتلية	ثابتة ساتلية	ثابتة ساتلية3	إذاعية ساتلية	استكشاف الأرض الساتلية[4]	استكشاف الأرض الساتلية[5]	أبحاث فضائية (فضاء سحيق)	أبحاث فضائية		ثابتة ساتلية[6]	ثابتة ساتلية[5]	متنقلة ساتلية	إذاعية ساتلية وثابتة ساتلية	متنقلة ساتلية	ملاحة راديوية	إذاعية ساتلية
										غير مأهولة	مأهولة							
نطاقات الترددات (GHz)			18,4-18,0	19,3-18,8	19,7-19,3	22,0-21,4	27,0-25,5	27,0-25,5	32,3-31,8	38,0-37,0		40,5-37,5	40,5-37,5	40,5-39,5	42,5-40,5	47,0-43,5	47,0-43,5	86-84
تسمية خدمة الأرض للإرسال			ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة وملاحة راديوية	ثابتة ومتنقلة		ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة ومتنقلة	ثابتة وإذاعية	متنقلة	متنقلة	ثابتة ومتنقلة وإذاعية
الطريقة المستعملة			§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.2	§ 1.4.5	§ 2.2	§ 2.1	§ 2.1, § 2.2	§ 2.2, § 2.1		§ 2.2	§ 2.1	§ 1.4.6	§ 1.4.5, § 2.1	§ 1.4.6	–	§ 1.4.5
التشكيل في المحطة الأرضية[1]			N	N	N		N	N	N	N		N	N	N	–	N		
معلمات ومعايير التداخل في المحطة الأرضية	p_0 (%)			0,003	0,01		0,25	0,25	0,001	0,1	0,001	0,02	0,003					
	n			2	1		2	2	1	1	1		2					
	p (%)			0,0015	0,01		0,125	0,125	0,001	0,1	0,001		0,0015					
	N_L (dB)			0	0		0	0	0	0		1	1					
	M_s (dB)			5	5		14	11,4	1	1		6,8	6					
	W (dB)			0	0		0	0	0	0		0	0					
معلمات محطة الأرض	E (dBW) في B[2]	A			–		–	–	–	–		–	–	–	–			
		N	40	40	40	40	42	42	28–	28–		35	35	35	44	40	40	40
	P_t (dBW) في B	A			–		–	–	–	–		–	–	–	–			
		N	7–	7–	7–	7–	3–	3–	81–	73–		10–	10–	10–	1–	7–	7–	7–
	G_x (dBi)		47	47	47	47	45	45	53	45		45	45	45	45	47	47	47
عرض النطاق المرجعي	B (Hz)			610	610		710	710	1	1		610	610	610	610			
قدرة التداخل المسموح به	$P_r(p)$ (dBW) في B			140–	137–		116–	120–	216–	217–		140–						

(1) A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

(2) تعرف E بأنها القدرة المشعة المكافئة المتاحية لمحطة الأرض المسببة للتداخل في عرض النطاق المرجعي.

(3) وصلات التغذية في الأنظمة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة المتنقلة الساتلية.

(4) أنظمة سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

(5) أنظمة سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

(6) أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية.

الجـــدول 16 أ)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة إرسال أرضية تعمل في نطاقات الترددات المتشاركة في اتجاهي الإرسال مع محطات استقبال أرضية

تسمية الخدمة الفضائية التي تعمل فيها محطة الإرسال الأرضية		**متنقلة برية ساتلية**	**متنقلة ساتلية**	**استكشاف الأرض ساتلية وأرصاد جوية ساتلية**	**متنقلة ساتلية**		**متنقلة ساتلية**		**ثابتة ساتلية ومتنقلة ساتلية**	**ثابتة ساتلية[3]**		**ثابتة ساتلية**	**ثابتة ساتلية وأرصاد جوية ساتلية**	**ثابتة ساتلية**
نطاقات الترددات (GHz)		-0,1499 0,15005	-0,272 0,273	0,402-0,401	1,675-1,670		1,710-1,700		2,690-2,655	5,216-5,150		7,075-6,700	8,400-8,025	8,400-8,025
تسمية الخدمة الفضائية التي تعمل فيها محطة الاستقبال الأرضية		ملاحة راديوية ساتلية	عمليات فضائية	عمليات فضائية	أرصاد جوية ساتلية		أبحاث فضائية في جوار الأرض		ثابتة ساتلية وإذاعية ساتلية	ثابتة ساتلية	استدلال راديوي ساتلية	ثابتة ساتلية	استكشاف الأرض الساتلية	استكشاف الأرض الساتلية
							غير مأهولة[10]	مأهولة						
المدار[6]			Non-GSO	Non-GSO	GSO	Non-GSO	Non-GSO			Non-GSO		Non-GSO	Non-GSO	GSO
التشكيل في محطة الاستقبال الأرضية[1]			N	N	N	N	N	N				N	N	N
معلمات ومعايير التداخل في محطة الاستقبال الأرضية	p_0 (%)		1,0	0,1	0,011	0,006	0,1	0,001				0,005	0,011	0,083
	n		1	2	2	3	2	1				3	2	2
	p (%)		1,0	0,05	0,0055	0,002	0,05	0,001				0,0017	0,0055	0,0415
	N_L (dB)	0	0	0	0	0	0	0				1	0	1
	M_s (dB)	2	1	1	0,9	2,8	1	1	2	2	2	2	4,7	2
	W (dB)	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0
معلمات محطة الاستقبال الأرضية	G_m (dBi)[2]	0	20	20	45	30				48,5		50,7		
	G_r (dBi)[4]	0	19	19	[8]	[9]19	10	10		10		10	10	[8]
	ε_{min}[5]	°3	°10	°10	°3	°5	°5	°5	°3	°3	°3	°3	°5	°3
	Te (K)[7]	200	500	500	118	370			75	75	75	75		
عرض النطاق المرجعي	B (Hz)	$^310 \times 4$	^{310}	1	$^310 \times 4$	^{610}	1	1				^{610}	^{610}	^{610}
قدرة التداخل المسموح به في B	$Pr(p)$ (dBW)	–172	–177	–208	–178	–145	–216	–216				–151	–142	–154

ملاحظات تتعلق بالجدول 16 أ):

(1) A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

(2) الكسب في محور الهوائي لمحطة الاستقبال الأرضية.

(3) وصلات التغذية في أنظمة السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة المتنقلة الساتلية.

(4) الكسب في اتجاه الأفق لهوائي محطة الاستقبال الأرضية (انظر الفقرة 3 من الملحق 1).

(5) زاوية الارتفاع الدنيا التشغيلية بالدرجات (للأنظمة المستقرة وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض).

(6) مدار الخدمة الفضائية التي تعمل فيها محطة الاستقبال الأرضية (للأنظمة المستقرة وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض).

(7) درجة حرارة الضوضاء الحرارية لنظام الاستقبال عند طرفية هوائي الاستقبال (في الجو الصافي). انظر الفقرة 1 من الملحق 2 بشأن القيم الناقصة.

(8) يُحسب الكسب في اتجاه الأفق للهوائي وفق الإجراء المشروح في التذييل 6 للملحق 1. وحيث لا تعطى أي قيمة محددة للكسب G_m، تستعمل القيمة 42 dBi.

(9) الكسب في اتجاه الأفق للهوائي في حالة الأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض هو: $G_e = G_{min} + 20$ dB (انظر الفقرة 1.2.2) حيث: $G_{min} = 10 - 10 \log (D/\lambda)$ و $D/\lambda = 13$ (انظر الملحق 1 في بشأن تعريفات الرموز).

(10) ليست خدمة الأبحاث الفضائية (المهمات غير المأهولة) خدمة اتصال راديوي منفصلة، ومعلمات النظام معطاة فقط لاستعمالها في رسم الأكفة الإضافية.

الجـــدول 16 ب)

المعلمات اللازمة لتعيين مسافة التنسيق في حالة محطة إرسال أرضية تعمل في نطاقات الترددات المتشاركة في اتجاهي الإرسال مع محطات استقبال أرضية

تسمية الخدمة الفضائية التي تعمل فيها محطة الإرسال الأرضية		ثابتة ساتلية				ثابتة ساتلية				ثابتة ساتلية3	ثابتة ساتلية	ثابتة ساتلية3	ثابتة ساتلية	ثابتة ساتلية4	استكشاف الأرض الساتلية وأبحاث فضائية	
نطاقات الترددات (GHz)		11,7-10,7				12,75-12,5				15,65-15,43	17,8-17,3	18,4-17,7	19,6-19,3	19,6-19,3	40,5-40,0	
تسمية الخدمة الفضائية التي تعمل فيها محطة الاستقبال الأرضية		ثابتة ساتلية				ثابتة ساتلية				ثابتة ساتلية3	إذاعية ساتلية	ثابتة ساتلية وأرصاد جوية ساتلية	ثابتة ساتلية3	ثابتة ساتلية4	ثابتة ساتلية ومتنقلة ساتلية	
المدار[7]		GSO			Non-GSO	GSO			Non-GSO	Non-GSO		GSO	Non-GSO	GSO	GSO	Non-GSO
التشكيل في محطة الاستقبال الأرضية[1]		A	N	N	N	A	N					N	N			
معلمات ومعايير التداخل في محطة الاستقبال الأرضية	(%) $p0$	0,03	0,003			0,03	0,003			0,003		0,003	0,01	0,003	0,003	
	n	2	2			2	2			2		2	1	2	2	
	(%) p	0,015	0,0015			0,015	0,0015			0,0015		0,0015	0,01	0,0015	0,0015	
	(dB) N_L	1	1			1	1			1		1	0	1	1	
	(dB) M_s	7	4			7	4			4		6	5	6	6	
	(dB) W	4	0			4	0			0		0	0	0	0	
معلمات محطة الاستقبال الأرضية	[2](dBi) G_m		51,9				31,2			48,4		58,6	53,2	49,5	50,8	54,4
	[5]G_r	(9)	10	(9)		(9)	[11]11	(9)		10		(9)	10	(10)	(9)	[12]7
	[6]ε_{min}	°5	°6	°5		°5	°10	°5		°5		°5	°5	°10	°10	°10
	[8](K) T_e	150	150			150	150			150		300	300	300	300	
عرض النطاق المرجعي	(Hz) B	$^{6}10$	$^{6}10$			$^{6}10$	$^{6}10$			$^{6}10\times2$		$^{6}10$	$^{6}10$			
قدرة التداخل المسموح به في B	(dBW) $Pr(p)$	144–	144–	144–		144–	144–	144–		141–		138–	141–			

ملاحظات تتعلق بالجدول 16 ب):

(1) A: تشكيل تماثلي، N: تشكيل رقمي.

(2) الكسب في محور الهوائي لمحطة الاستقبال الأرضية.

(3) وصلات التغذية في أنظمة السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة المتنقلة الساتلية.

(4) أنظمة سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض.

(5) الكسب الأفقي (في اتجاه الأفق) لهوائي محطة الاستقبال الأرضية (انظر الفقرة 3 من الملحق 1).

(6) زاوية الارتفاع الدنيا التشغيلية بالدرجات (للأنظمة المستقرة وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض).

(7) مدار الخدمة الفضائية التي تعمل فيها محطة الاستقبال الأرضية (للأنظمة المستقرة وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض).

(8) درجة حرارة الضوضاء الحرارية لنظام الاستقبال عند طرفية هوائي الاستقبال (في الجو الصافي). يتم الرجوع إلى الفقرة 1.1 من الملحق 2 بشأن القيم الناقصة.

(9) يُحسب الكسب الأفقي وفق الطريقة المشروحة في التذييل 6 للملحق 1. وحيث لا تعطى أي قيمة محددة للكسب G_m، تستعمل القيمة 42 dBi.

(10) يُحسب الكسب الأفقي للهوائي وفق الطريقة المشروحة في التذييل 6 للملحق 1، ما عدا أن مخطط الهوائي التالي يمكن استعماله بدلاً من المخطط المعطى في الفقرة 3 من التذييل 3، فيكون: $G = 32 - 25 \log \varphi$ عندما $1° \leq \varphi < 48°$، ويكون: $G = -10$ عندما $48° \leq \varphi < 180°$ (انظر الملحق 3 بشأن تعريفات الرموز).

(11) يكون الكسب الأفقي للهوائي في حالة الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض هو: $G_e = G_{max}$ (انظر الفقرة 1.2.2) من أجل $G = 36 - 25 \log (\varphi) > -6$ (يُحال إلى التذييل 3 للملحق 1 بشأن تعريف الرموز).

(12) يكون الكسب الأفقي للهوائي في حالة الساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض هو: $G_e = G_{max}$ (انظر الفقرة 1.2.2) من أجل $G = 32 - 25 \log (\varphi) > -10$ (يُحال إلى التذييل 3 للملحق 1 بشأن تعريف الرموز).