الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R S.1856
(2010/01)

منهجيات لتحديد ما إذا كانت محطة اتصالات متنقلة دولية موجودة في موقع معين وتعمل في النطاق MHz 3 600-3 400 تقوم بالإرسال بما لا يتجاوز حدود كثافة تدفق القدرة الواردة في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو

السلسلة S

الخدمة الثابتة الساتلية

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، 2010

© ITU 2010

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

التوصيـــة ITU-R S.1856

منهجيات لتحديد ما إذا كانت محطة اتصالات متنقلة دولية موجودة في موقع معين وتعمل في النطاق 400 3-600 3 MHz تقوم بالإرسال بما لا يتجاوز حدود كثافة تدفق القدرة الواردة في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو

(2010)

مجال التطبيق

تضم هذه التوصية ثلاث منهجيات يمكن للإدارات المعنية استعمالها أثناء مناقشاتها الثنائية و/أو متعددة الأطراف لتحديد ما إذا كانت قاعدة اتصالات متنقلة دولية أو محطة متنقلة يُعتزم تشغيلها في النطاق الترددي 400 3-600 3 MHz تفي بحدود كثافة تدفق القدرة الواردة في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو. ولا تتناول هذه التوصية المعايير المطلوبة لتطبيق الأرقام 17.9 و18.9 و21.9 من لوائح الراديو المذكورة في الأحكام الأربعة أعلاه، بغض النظر عما إذا كانت أية محطة أرضية قيد التشغيل أم لا.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن النطاق الترددي 400 3-600 3 MHz يُوزع في عدد من البلدان في الإقليم 1 إلى الخدمة المتنقلة على أساس أولي (انظر الرقم 430A.5 من لوائح الراديو)، وذلك في أعقاب المقررات التي اتخذها المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية عام 2007؛

ب) أن النطاق الترددي 400 3-500 3 MHz يُوزع في عدد من البلدان في الإقليم 3 إلى الخدمة المتنقلة على أساس أولي (انظر الرقم 432A.5 من لوائح الراديو) في حين أن النطاق الترددي 500 3-600 3 MHz وُزع لسنوات عديدة إلى الخدمة المتنقلة على أساس أولي في الإقليم 3، وذلك في أعقاب المقررات التي اتخذها المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية عام 2007؛

ج) أن النطاق الترددي 400 3-600 3 MHz حُدد في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية عام 2007 لتستعمله أنظمة الاتصالات المتنقلة في عدد من البلدان في الإقليمين 1 و3؛

د) أن النطاق الترددي 400 3-600 3 MHz وُزع لسنوات عديدة إلى الخدمة الثابتة الساتلية (فضاء إلى الأرض) على أساس أولي في جميع أنحاء الأقاليم 1 و2 و3؛

هـ) أن الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو (المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية عام 2007) تنص على ما يلي: قبل أن تضع أي إدارة، محددة في هذه الحواشي، في الخدمة محطة (قاعدة أو متنقلة) للخدمة المتنقلة في النطاق الترددي 400 3-600 3 MHz، فإن عليها أن تكفل ألا تتجاوز كثافة تدفق القدرة (pfd) الناتجة على ارتفاع 3 أمتار فوق سطح الأرض القيمة –154,5 dB(W/(m^2 · 4 kHz)) خلال أكثر من 20% من الوقت عند حدود أراضي أي إدارة أخرى، وذلك لحماية هذا النطاق الترددي من تداخل المحطات في الخدمة المتنقلة عبر الحدود؛

و) أن حد كثافة تدفق القدرة في فقرة *إذ تضع في اعتبارها* هـ) يمكن تجاوزه على أراضي أي بلد توافق إدارته على ذلك؛

ز) أن لوائح الراديو، لضمان الوفاء بحد كثافة تدفق القدرة عند حدود أراضي أي إدارة أخرى، تنص أيضاً على إجراء الحسابات والتحقق منها مع الأخذ في الحسبان جميع المعلومات ذات الصلة بالاتفاق المتبادل بين الإدارة المسؤولة عن المحطة للأرض والإدارة المسؤولة عن المحطة الأرضية؛

ح) أن خسارة الانتشار تزداد بازدياد المسافة وتتأثر كثيراً بطبيعة التضاريس في المسيرات الأرضية، وأن محطات الاتصالات المتنقلة الدولية الواقعة على مسافة كافية من حدود بلد مجاور يمكن أن تفي بحد كثافة تدفق القدرة دون تطبيق تقنيات التخفيف من التداخل، ومن ثم، فإن أساليب تحديد المناطق حيث يكون الوضع كذلك في بلد ما من شأنها أن تساعد الإدارات على الامتثال للمطلب الوارد في فقرة *إذ تضع في اعتبارها* هـ)؛

ط) أن استعمال قاعدة بيانات التضاريس التي تغطي أي بلد يُخطط لتشغيل محطات الاتصالات المتنقلة الدولية فيه ضمن النطاق الترددي 400 3-600 3 MHz قد يكون مناسباً في تطبيق الأساليب المذكورة في فقرة *إذ تضع في اعتبارها* ح)؛

ك) أن تحجيب موقع بطريقة طبيعية أو من صنع الإنسان يمكن أن يوهن الإشارة التي ترسلها محطة الاتصالات المتنقلة الدولية باتجاه حدود بلد مجاور،

وإذ تلاحظ

أ) أن التوزيعات المتعلقة بالرقمين 430A.5 و432A.5 يسري مفعولها اعتباراً من 17 نوفمبر 2010،

توصي

1 بإمكانية استعمال الأسلوب الوارد في الفقرة 1 أو 2 أو 3 من الملحق 1 أو مزيج من هذه الأساليب، حسبما تراه الإدارات المعنية مناسباً خلال المناقشات الثنائية و/ أو المتعددة الأطراف، لتحديد ما إذا كانت محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية التي يُعتزم تشغيلها في النطاق الترددي 400 3-600 3 MHz ستفي بحدود كثافة تدفق القدرة الواردة في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو؛

2 بإمكانية استعمال الأسلوب الموضح في الفقرة 2 لتحديد حجم وشكل المنطقة، داخل حدود بلد، التي يفي فيها تشغيل مطراف متنقل للاتصالات المتنقلة الدولية بحد كثافة تدفق القدرة على ارتفاع 3 أمتار فوق سطح الأرض في أية نقطة في تلك الحدود؛

3 باعتبار الملاحظة التالية جزءاً من هذه التوصية.

الملاحظة 1 – ينبغي للإدارات المعنية المشاركة في المناقشات الثنائية و/أو المتعددة الأطراف الاتفاق على المعلمات والمنهجية التي يُعتزم استعمالها.

الملحق 1

منهجيات لتحديد ما إذا كانت محطة إرسال الاتصالات المتنقلة الدولية تفي بحدود كثافة تدفق القدرة الواردة في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو

وضع قطاع الاتصالات الراديوية في الآونة الأخيرة توصيةً تتناول حساب كثافة تدفق القدرة التي تولدها المحطات الأرضية للخدمة الثابتة الساتلية المرسِلة في النطاق الترددي GHz 14.00-13.75[1]. وكما هو موضح في الفقرات 1 و2 و3 من الملحق1 ، يمكن تعديل المنهجيات الواردة في التوصية ITU-R S.1712 لتقييم الالتزام بحدود كثافة تدفق القدرة الواردة في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو[2]؛ علماً بأن منهجيات أخرى مغايرة لتعديلات منهجيات التوصية ITU-R S.1712 قد تكون مناسبة أيضاً.

والقيم المفترضة في الأمثلة لعدد من الخصائص المستعملة في المنهجية الموصوفة أدناه هي لأغراض التوضيح فقط. وفي أية دراسة معينة، يمكن توقع أن تعكس القيم المستعملة لهذه الخصائص خصائصَ فعلية لمحطات الاتصالات المتنقلة الدولية وغيرها من المعلمات قيد النظر.

1 تعديل الأسلوب 1 من التوصية ITU-R S.1712

يتسم الأسلوب 1 ببساطته وإن كان مغالياً في تحوطه[3]. وينتج هذا الأسلوب منحنيين باستعمال نموذج سلس للأرض يظهر الحد الأدنى من مسافة الفصل عن الحدود البرية لبلد مجاور التي يتعين على محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية الوفاء بها للالتزام بحدود كثافة تدفق القدرة الواردة في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو كدالة لكثافة قدرة مشعة مكافئة متناحية لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية نحو الأفق. ويعطي المنحني الأولي مسافة الفصل على خط البصر. أما المنحني الثاني فيعطي مسافة الفصل عبر الأفق. ويُفترض لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية المنشورة على مسافة تزيد أو تساوي الحد الأدنى من مسافة الفصل أنها تلبي معيار حد كثافة تدفق القدرة. ولا يلزم أي تحليل إضافي يعدو عن تحديد ما إذا كان المسير إلى الحدود هو على خط البصر أو عابر للأفق؛ علماً بأن النشر في المناطق المستثناة بموجب هذا الأسلوب يظل ممكناً شريطة التمكن من تبيان أن الموقع المحتمل يلبي معيار حد كثافة تدفق القدرة من خلال تطبيق شكل معدل من الأسلوبين 2 أو 3 الواردين في التوصية ITU-R S.1712 (انظر الفقرتين 2 و3). ولاحتساب تنوع التضاريس في العالم الحقيقي بالكامل، يُجزَّأ الأسلوب 1 على ثلاثة مراحل ذات تعقيد متزايد. فالمرحلة ألف هي الأبسط دون منازع ولا تحتسب التضاريس. والحال أن هذه المرحلة تفترض أرضاً مسطحة تكون فيها المسيرات كافة على خط البصر. بينما تفترض المرحلة باء أرضاً كروية بأفق راديوي اسمي، بيد أنها لا تراعي ما يتخلله من تضاريس. وعلى غرار المرحلة باء، تفترض المرحلة جيم أرضاً كروية، سوى أنها تخالف المرحلة باء في مراعاتها لما يتخلل الأفق من تضاريس، وإن كان ذلك باستعمال

---

[1] التوصية ITU-R S.1712 – منهجيات لتحديد ما إذا كان يمكن لمحطة أرضية في الخدمة الثابتة الساتلية في موقع معين أن ترسل في النطاق GHz 14-13,75 دون أن تتجاوز حدود كثافة تدفق القدرة المنصوص عليها في الرقم 502.5 من لوائح الراديو، وخطوط توجيهية لتخفيف التجاوزات.

[2] تُطبق الأساليب الثلاثة الموصوفة هنا على محطة قاعدة ثابتة، فيما لا يُطبق الأسلوب 2 إلا على محطة متنقلة (انظر الفقرة 4.2).

[3] في الولايات المتحدة الأمريكية، على سبيل المثال، بدلاً من تحديد كثافة تدفق القدرة، حُددت مسافة تنسيق قدرها 150 km لضمان حماية المحطات الأرضية للخدمة الثابتة الساتلية من التداخل الناجم عن مرسلات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق ذات كثافة قدرة مشعة مكافئة متناحية تبلغ 25 W/25MHz. وبالإضافة إلى ذلك، فإن القواعد الأمريكية تحدد مسافة فصل لا تقل عن 56 km عن الحدود الكندية والمكسيكية للمحطات الثابتة، ما لم يمكن تنسيق مسافة أقصر على أساس كل حالة على حدة. كما يمكن تعديل المنهجية التي تتبعها الولايات المتحدة الأمريكية في استخراج مسافة تنسيق قدرها 150 km لتُطبَق على حساب كثافة تدفق القدرة التي يجري بحثها هنا.

نهج متحوط ولكن مبسط. ومن شأن كل مرحلة بدورها أن توسع رقعة المنطقة المحتملة لنشر الاتصالات المتنقلة الدولية (حيث تتكشف الرقعة الكبرى باستعمال المرحلة جيم). ومن المسلم به في حال بيّنت المرحلة ألف أو باء أن موقع النشر المحتمل يلبي معيار حد كثافة تدفق القدرة، فلا حاجة لإجراء المرحلة (أو المراحل) اللاحقة. وحسب تقدير المستعمل، يمكن استخدام المرحلتين باء أو جيم دون أن يسبقهما تنفيذ المرحلة ألف.

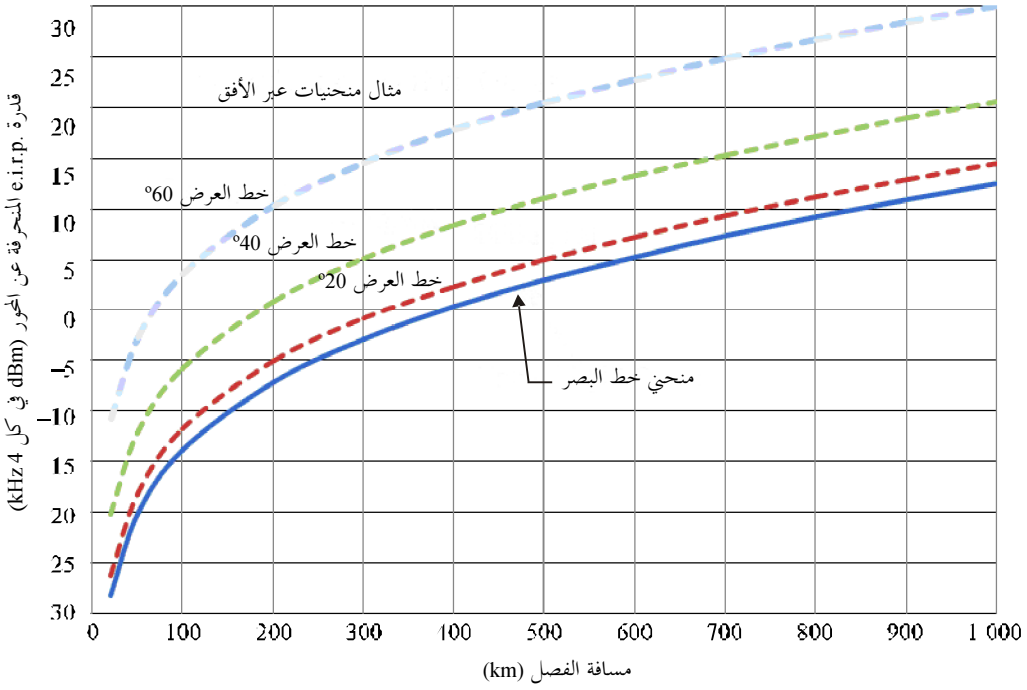
ولحساب قيمة المسافة، تلزم بعض الافتراضات ونماذج الانتشار الأساسية. فتلك الواردة في التوصية ITU-R P.452 استُعملت في العديد من حالات التقاسم المماثلة، ويبدو أن استعمالها هو الأنسب هنا.

وفيما يلي وصف معمق لهذا الأسلوب:

المرحلة ألف: يُفترض أن جميع المسيرات تقع على خط البصر (LoS). ويُستعمل منحني خط البصر في الشكل 1 لتحديد الحد الأدنى من مسافة الفصل كدالة لكثافة قدرة مشعة مكافئة متناحية/4 kHz تشعها محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية باتجاه الحدود؛ علماً بأن المنحني استُخرج من الخسارة على خط البصر كما ترد في التوصية ITU-R P.452-12 ($p = 20\%$)[4]. وبما أن هذا نموذج مسطح للأرض، فالمنحني مستقل عن عوامل مثل معدل انحدار مؤشر الانعراج الراديوي ΔN وارتفاع الهوائي فوق التضاريس. فإذا ما كان موقع النشر المحتمل أبعد عن الحدود من مسافة الفصل المطلوبة المستخرجة من منحني خط البصر، يُفترض أن المحطة تلبي معيار حد كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو. أما إذا كان طول المسير أقصر من مسافة الفصل المطلوبة، انتقل إلى المرحلة باء.

الشـــكل 1

منحنيات مسافة الفصل (الحد الأدنى من مسافة الفصل عن الحدود كدالة لكثافة قدرة مشعة مكافئة متناحية نحو الأفق)



1856-01

[4] التوصية ITU-R P.452-13 هي في حيز النفاذ حالياً ويمكن مواصلة تحديثها مستقبلاً. وعندئذ، عند اتباع هذه المنهجية في المستقبل، يُستحسن استعمال أحدث إصدار للتوصية ITU-R P.452في حيز النفاذ.

المرحلة باء: تفترض هذه المرحلة أرضاً كروية وتتطلب بالتالي تحديد أفق راديوي اسمي. فيُستخرج أولاً نصف قطر الأرض الفعال (α_e) باستعمال المعدل المحلي لانحدار مؤشر الانعراج الراديوي (ΔN) والمعادلتين (5) و(6) الواردتين في التوصية ITU-R P.452-12 (حول إلى أمتار). ثم يمكن حساب الأفق الراديوي من المعادلة التالية:

$$\text{RHorizon}_{nominal} = \sqrt{2 \cdot \alpha_e} \cdot \left(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_{imt}} \right) / 1\,000 \text{ (km)}$$

حيث h_0 = 3 m، وh_{imt} هو ارتفاع محطة الاتصالات المتنقلة الدولية (بالأمتار) فوق متوسط مستوى سطح البحر.

فإذا جاء موقع محطة الاتصالات المتنقلة الدولية ضمن الأفق الراديوي الاسمي باتجاه الحدود، تُستخرج مسافة الفصل المطلوبة باستعمال منحني خط البصر في الشكل 1. أما إذا جاء موقع محطة الاتصالات المتنقلة الدولية أبعد من الأفق الراديوي الاسمي، تُحدد مسافة الفصل المطلوبة باستعمال منحني عبر الأفق في الشكل 1. وإذا ما كان موقع النشر المحتمل أبعد عن الحدود من مسافة الفصل المطلوبة المستخرجة من المنحني المطبق، يفترض أن المحطة تلبي معيار حد كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو. أما إذا كان طول المسير أقصر من مسافة الفصل المطلوبة، انتقل إلى المرحلة جيم.

المرحلة جيم: تفترض هذه المرحلة أيضاً أرضاً كروية. وعلاوة على ذلك، فهي تتطلب تحليلاً أكثر تفصيلاً للمسارات باتجاه الحدود. ويُستعمل التذييل 2 للملحق 1 في التوصية ITU-R P.452-12 لتحديد ما إذا كان المسير على خط البصر أو عابراً للأفق. وترد تفاصيل الإجراءات المحددة في الفقرة 1.4 من ذلك التذييل: "اختبار المسير العابر للأفق". ويمكن أن تؤخذ بيانات التضاريس من الخرائط الرقمية للارتفاعات أو حتى تُستخرج من أكفة الارتفاع في الخرائط المطبوعة. ونظراً لأن المسير ذا الخسارة الأقل في التضاريس الفعلية ليس المسير الأقصر بالضرورة، ينبغي اختبار مسيرات عدة في نصف قطر حول الموقع المحتمل لمحطة الاتصالات المتنقلة الدولية. وإذا تبين أن أي مسير يقع على خط البصر، تُستخرج مسافة الفصل المطلوبة باستعمال منحني خط البصر في الشكل 1 (باستعمال مسير خط البصر الأقصر). فإذا أظهر الاختبار أن جميع المسيرات عابرة للأفق، تُستخرج مسافة الفصل المطلوبة باستعمال منحني عبر الأفق ذي الصلة في الشكل 1. وإذا ما كان موقع النشر المحتمل أبعد عن حدود البلد المجاور من مسافة الفصل المطلوبة المستخرجة من المنحني المطبق، يفترض أن المحطة تلبي معيار حد كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو. أما إذا كان طول المسير أقصر من مسافة الفصل المطلوبة، يرجَّح أن لا تكون محطة الاتصالات المتنقلة الدولية ملبية لحد كثافة تدفق القدرة.

ومن المهم أن نلاحظ أن مسافة الفصل المطلوبة التي تُستخرج في أي من المراحل الثلاث أعلاه، قد لا تكون حداً أدنى مطلقاً. أما إذا كان بعد محطة الاتصالات المتنقلة الدولية عن حدود البلد المجاور أقل من القيمة المطلوبة، يمكن اللجوء إلى المزيد من التحليل بتعديل الأسلوبين 2 و3 الواردين في التوصية ITU-R S.1712 اللذين يشملان بيانات التضاريس الرقمية ونمذجة الانتشار، و(عند الاقتضاء) تقنيات تخفيف أخرى، وذلك للتحقق من إمكانية تلبية معيار حد كثافة تدفق القدرة.

وعلى النحو المبين أعلاه، فإن استعمال هذا الأسلوب يتطلب منحنيين (لأنماط المسير المختلفة) يعطيان المسافة الدنيا X إلى الحدود كدالة لكثافة قدرة مشعة مكافئة متناحية نحو الأفق لتلبية معيار حد كثافة تدفق القدرة. ولئن أمكن أن تبتعد مواقع النشر بمسافة أقل من X عن الحدود، فالأمر يتطلب تطبيق أسلوب يستعمل بيانات التضاريس الرقمية. ولحساب قيمة خط البصر للمسافة X، لا بد من بعض الفرضيات ونماذج الانتشار الأساسية. ويُحسب منحني خط البصر الظاهر في الشكل 1 مباشرةً من معدلة خط البصر الواردة في التوصية ITU-R P.452-12. وهي المعادلة (9) الواردة في الفقرة 2.4 في الملحق 1 بالتوصية. ويُستعمل التردد المناسب وتُحدد النسبة المئوية للوقت بـــ20%. وتُستعمل الخسارة الناتجة، L، في المعادلات التالية لاستخراج توليفة القدرة المشعة المكافئة المتناحية/المسافة التي تلبي حد كثافة تدفق القدرة.

$$\text{pfd} = E - G_m + G(\varphi) - L - 10 \log(\lambda^2/4\pi) = -154.5 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{4 kHz))}, \text{ and therefore}$$

$$\text{IMT off-axis e.i.r.p.} = \{E - G_m + G(\varphi)\} = L - 186.83 \text{ dBW/4 kHz}$$

حيث:

E: ذروة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) لكل 4 kHz

G_m: الكسب الأقصى لهوائي الاتصالات المتنقلة الدولية

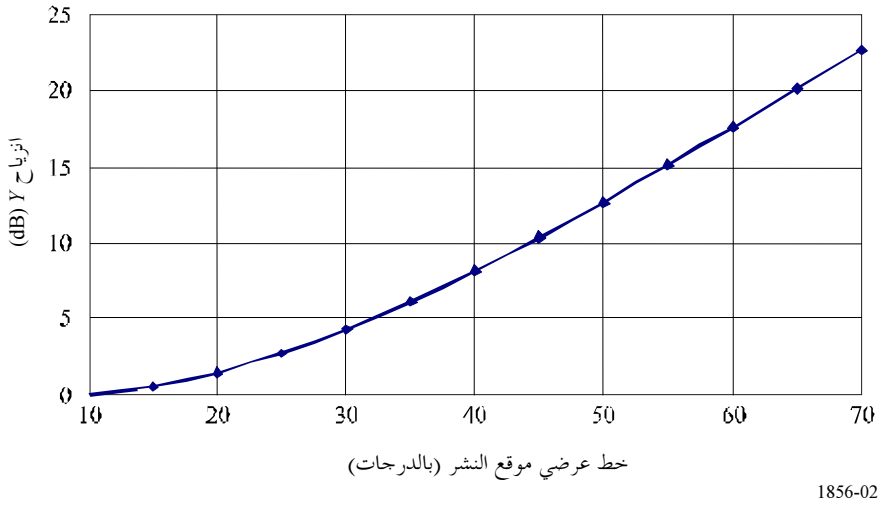
$G(\varphi)$: كسب هوائي الاتصالات المتنقلة الدولية في اتجاه الحدود

λ= 0,0857 m في التردد 3,5 GHz.

المنحنيات عبر الأفق المبيّنة في الشكل 1 هي مجرد منحني خط البصر مرفوع على سلّم القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) بمقدار Y dB. وتتوقف قيمة Y على المجال السمتي لمحطة الإرسال وتُستخرج من المنحني في الشكل 2. وكما أشير أعلاه، فإن مستوى القدرة المشعة المكافئة المتناحية الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو يحدد الارتفاع فوق سطح الأرض عند الحدود مع بلد مجاور بالحد المطبق (أي ثلاثة أمتار). وفي واقع الأمر فإن خسارة الانعراج ليست مجرد خسارة خط بصر منزاحة بقيمة ثابتة. ولعل مواصلة تحليل النموذج الوارد في التوصية ITU-R P.452-12 يظهر أن المنحني عبر الأفق قد يتطلب بعض التعديل.

الشـــكل 2

انزياح المنحني عبر الأفق كدالة المجال السمتي



مثال عن تطبيق الأسلوب

لدى النظر في المرحلة أ، فإن محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية المرجح عملها في النطاق الترددي GHz 3.4-3.6 سترسل بكثافة قدرة مشعة مكافئة متناحية ذروتها dBW/MHz 16 باستعمال هوائي قطاعه °120 بميل هابط قدره °2. وستبلغ كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية على مدىً سمتي واسع في الاتجاهات الأفقية زهاء dBW/MHz 7 (حسب صيغ مخطط الهوائي الواردة في التوصية ITU-R F.1336-2). وستكون كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) المقابلة لنطاق ترددي عرضه 4 kHz كما يلي:

عرض نطاق $(\text{e.i.r.p.})_d = 7 - 10 \log(1\,000/4) + 30 = 13$ dBm/4 kHz

ولنفترض أيضاً أن طول المسير من محطة الاتصالات المتنقلة الدولية إلى الحدود هو 500 km، وأن معدل انحدار مؤشر الانعراج الراديوي ΔN المحلي = 40 وأن ارتفاع محطة الاتصالات المتنقلة الدولية هو 100 m (الهوائي على بناء شاهق). وخط العرض هو 48° مما يؤدي إلى انزياح بمقدار 13 dB للمنحني عبر الأفق. وتبدأ المرحلة 1 بمقارنة القدرة المشعة المكافئة المتناحية المنحرفة عن المحور بمنحني خط البصر في الشكل 1. ويُستنتج من المنحني أن مسافة الفصل المطلوبة على خط البصر تناهز 1 000 km. وبما أن طول المسير الفعلي أقل من مسافة الفصل الدنيا المطلوبة، فإن المرحلة ألف لا تبدي التزاماً بحد كثافة تدفق القدرة.

وتقضي المرحلة باء بأن يُحسب الأفق الراديوي الاسمي على أنه 48,5 km. وإذ يزيد طول المسير الفعلي عن الأفق الراديوي الاسمي، فلا بد من يكون المسير عابراً للأفق. ومن ثم، يمكن استخراج مسافة الفصل الدنيا باستعمال منحني عبر الأفق في الشكل 1. وباستعمال ذلك الرقم والاستكمال الداخلي لخط العرض 48°، فإن محطة بكثافة قدرة مشعة مكافئة متناحية منحرفة عن المحور تبلغ 13 dBm تتطلب مسافة فصل دنيا تقارب 400 km. وفي هذه الحالة، يزيد طول المسير الفعلي عن مسافة الفصل الدنيا المطلوبة. ولذلك، تبين المرحلة باء أن محطة القاعدة هذه تلتزم بحد كثافة تدفق القدرة. وإن لم تلتزم، فإن ذلك يستتبع تحليلاً باستعمال تقدير أدق للأفق الراديوي الحقيقي في إطار المرحلة جيم.

مثال عن المرحلة جيم

لدى النظر في المرحلة جيم، يتعين وجود الموقع المحتمل لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية على خارطة المثال الافتراضية في الشكل 3. وستُستعمل أكفة التضاريس من الخريطة لتقدير الأفق الراديوي على المسيرات المحددة بين الموقع ونقاط مختلفة على طول الحدود. وتُفترض المعلمات التالية:

كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية نحو الأفق في جميع الاتجاهات = 13 dBm/4 kHz

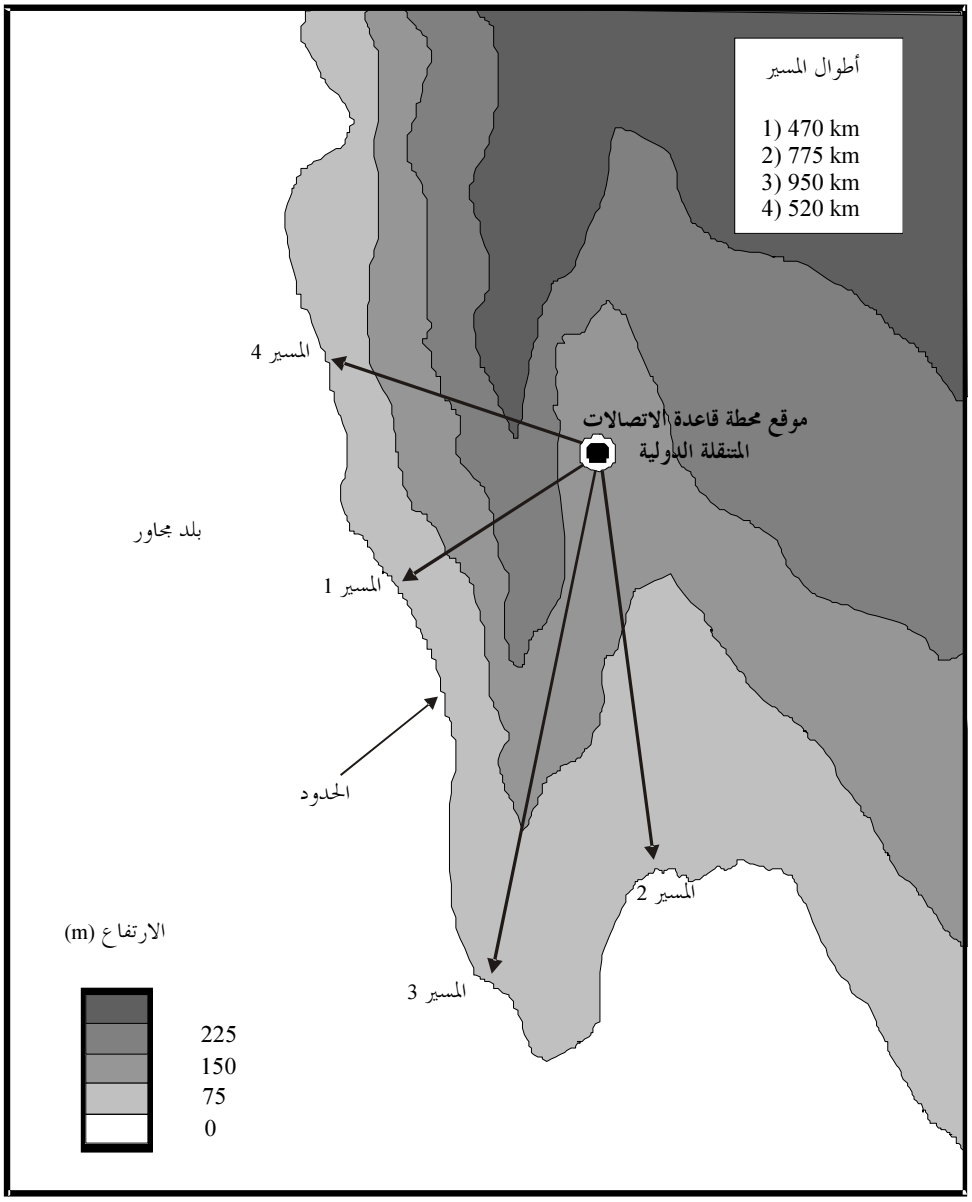
ارتفاع محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية فوق متوسط مستوى سطح البحر = 100 m

متوسط معدل انحدار مؤشر الانعراج الراديوي ΔN المحلي = 45

خط العرض هو 48°.

الشـــكل 3

مثال خارطة كفاف تظهر الموقع المحتمل لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية



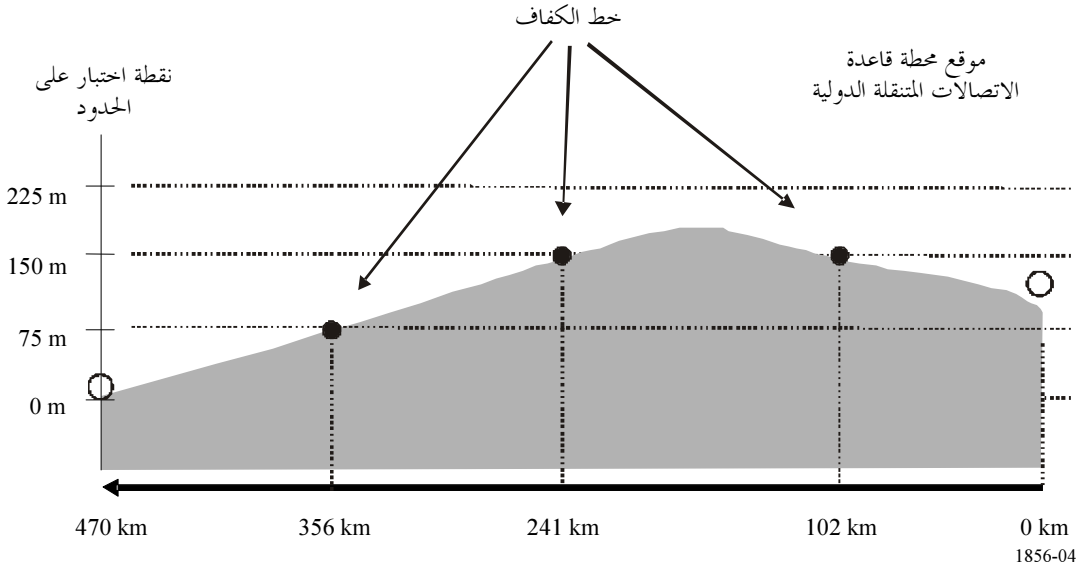
بالرجوع سريعاً إلى الشكل 1، يتبين أن مسافة الفصل المطلوبة على خط البصر لمحطة الاتصالات المتنقلة الدولية هذه تبلغ km 1 000. ومن الواضح أن أقصر مسير إلى الحدود (المسير 1) يقل كثيراً عن مسافة الفصل المطلوبة على خط البصر.

تبدأ المرحلة جيم باختبار عبور الأفق الوارد في التذييل 2 للملحق 1 بالتوصية ITU-R P.452-12. وتُقسم المسيرات أقساماً لتعكس اختلاف الارتفاعات على طول كل جزء من كل مسير. ويوصى بزيادات متباعدة بالتساوي، وإن لم يكن ذلك ضرورياً. ويتحقق اختبار التوصية ITU-R P.452-12 مما إذا كانت زاوية ارتفاع الأفق الفيزيائي كما ترى من محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية (θ_{IMT}) أكبر من الزاوية (θ_{TP}) المقابلة في محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية لما بين نقطة الاختبار الحدودية والمستوي الأفقي. انظر التوصية للاطلاع على كامل تفاصيل هذا الإجراء. وبإجراء الحسابات اللازمة في المسير 1، يتبين أن θ_{IMT} = 5,8 mrad وأن θ_{TP} = –4,7 mrad. وبما أن $\theta_{IMT} > \theta_{TP}$، فهذا المسير عابر للأفق. وفي حين لا يقطع المسيران 2 و3 أكفة أعلى من محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية، فإن حسابات مماثلة تُظهر أنهما أيضاً عابران للأفق. أما المسير 4 فهو أطول من المسير 1 ويقطع كفافاً أعلى أيضاً. ويبين حساب الزوايا أن هذا المسير عابر للأفق حقاً. وبالمعاينة، ما من

مسيرات أخرى يُتوقع لها أن تسفر عن نتائج مغايرة للمسيرات المبينة في الخارطة أعلاه. لذا، لا يقع هذا الموقع لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية على خط البصر لأية نقطة على الحدود. ويبين المنحني عبر الأفق في الشكل 1 أن مسافة الفصل المطلوبة لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية هذه تبلغ حوالي 400 km. وبما أن طول المسير الأقصر (المسير 1) يزيد عن هذه القيمة، نجد أن موقع محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية يلبي معيار كثافة تدفق القدرة.

الشـــكل 4

المظهر الجانبي للمسير 1



لاحظ أن الذروة الحقيقية في المظهر الجانبي في الشكل 4 لم تُستعمل فعلياً في الحسابات. ولم توفر خارطة الكفاف في الشكل السابق إلا بيانات ارتفاع بزيادات يبلغ كل منها 25 متراً. وكان من شأن استعمال خارطة بيانات تضاريس باستبانة أعلى أن يستفيد من الارتفاع الحقيقي للتضاريس التي تتخلل المسيرات.

2 تعديل الأسلوب 2 من التوصية ITU-R S.1712

في هذه الفقرة، يجري وضع أكفة كثافة تدفق القدرة استناداً إلى بيانات التضاريس الفعلية ونموذج الانتشار الوارد في التوصية ITU-R P.452-12 وكثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية في نطاق ترددي عرضه 1 MHz باتجاه الحدود وارتفاع هوائيها فوق الأرض.

1.2 اعتبارات عامة

ينتج هذا الأسلوب مجموعة من الأكفة باستعمال بيانات التضاريس الفعلية وبتبيان مسافة الفصل الدنيا عن حدود بلد مجاور التي يتعين على محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية أن تحققها التزاماً بحد كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو كدالة للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) لمحطة قاعدة ولارتفاع هوائيها. ويُفترض لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية المنشورة ضمن الكفاف القائم على قدرتها المشعة المكافئة المتناحية نحو الأفق أنها تلبي معيار حد كثافة تدفق القدرة. ولا يلزم أي تحليل إضافي. وهذا الأسلوب الذي يستعمل بيانات أدق منها في الأسلوب 1 الذي ورد وصفه في الفقرة 1، يفضي إلى مساحات أوسع يمكن أن تُنشر فيها محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية فيما تلبي حد كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو. علماً

بأن النشر في مكان مستثنىً بموجب هذا الأسلوب يظل ممكناً إن أمكن تبيان أن المكان المحتمل يلبي معيار حد كثافة تدفق القدرة من خلال تطبيق الإجراءات الخاصة بالموقع الواردة في الفقرة 3. ولاحتساب اختلاف خسارة المسير جراء اختلاف ارتفاعات الهوائي، يمكن تحديد أكفة أيضاً، إذا اقتضى الأمر ذلك، لمجموعة من ارتفاعات هوائي محطة القاعدة فوق مستوى التضاريس المحلية.

ويرد في الفقرتين 4.3.2 و4.2 وصف أربع حالات يُستعمل فيها هذا الأسلوب، وهي تُعرض على سبيل المثال.

2.2 وصف هذا الأسلوب خطوة بخطوة

1) *تعريف الأكفة*

تتسم الحزمة التي تشعها محطة قاعدة نمطية للاتصالات المتنقلة الدولية بضيق عرضها نسبياً في المستوي الرأسي (2,5° مثلاً) واتساع عرضها في المستوي الأفقي (120° مثلاً). وبما أن المرجح لمحطة قاعدة أن تحتاج لخدمة مطاريف مستعملي الاتصالات المتنقلة الدولية في كل اتجاه حول المحطة، يمكن افتراض أن الجانب الأقرب من الحدود يقع ضمن عرض الحزمة الأفقي لإحدى حزمها. ويمكن نشر بعض هوائيات محطة القاعدة بميل هابط طفيف (2° مثلاً) لتحقيق أقصى قدر من الإضاءة في "خلية" صغيرة نسبياً حول الهوائيات، وفي هذه الحالات تنخفض القدرة المشعة المكافئة المتناحية نحو الأفق. ويمكن تعريف مجموعة من الأكفة لمجموعة من كثافات القدرة المشعة المكافئة المتناحية نحو الأفق بحيث تُحدَد المناطق التي يمكن فيها نشر محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية دون تجاوز حد كثافة تدفق القدرة في أي مكان على طول الحدود. ويمكن ربط قيمة خسارة المسير الضرورية بكل كفاف محدد، مع مراعاة التمييز ما بين ذروة الكسب في المستوي الرأسي والكسب نحو الأفق باتجاه الحدود.

2) *حساب الأكفة*

يمكن حساب كل كفاف على خريطة بمعرفة قيمة خسارة المسير الواجب ربطها بكل كفاف وبالأخذ في الحسبان قاعدة بيانات التضاريس الفعلية. ويتعين استعمال نموذج الانتشار الذي يرد وصفه في التوصية ITU-R P.452-12.

3) *الالتزام بحد كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو*

يقيَّم هذا الالتزام من خلال مقارنة وضع محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية المزمع نشرها مع الكفاف المرتبط بالمظهر الجانبي المقابل:

- إذا وقعت محطة القاعدة المزمع نشرها داخل الكفاف المرتبط بها (أي على الطرف البعيد عن أقرب جانب من الحدود)، يمكن نشر محطة القاعدة دون أي تدابير إضافية مع الالتزام بمعيار كثافة تدفق القدرة؛
- أما إذا وقعت محطة القاعدة المزمع نشرها خارج الكفاف المرتبط بها، فتلزم اعتبارات إضافية بشأن بيئة الموقع الفعلي.

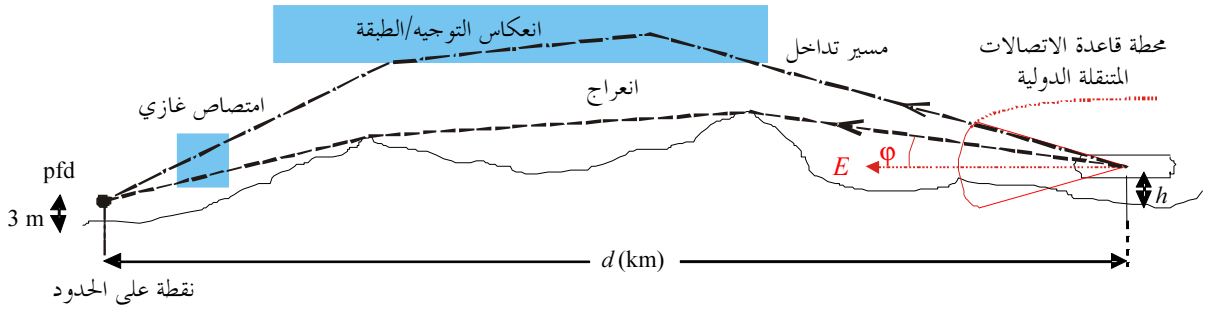
3.2 تطبيق محتمل لهذا الأسلوب

1.3.2 سيناريو التداخل

يبين الشكل 5 سيناريو التداخل الذي تسببه محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية ضمن البلد عند حدود البلد. ويبلغ ارتفاع (h) هوائي محطة القاعدة النمطي فوق الأرض 30 متراً.

الشـــكل 5

الخسارة على مسير التداخل



1856-05

ويمكن حساب كثافة تدفق القدرة عند الحدود بالصيغة التالية:

$$\text{pfd} = E - G_m + G(\varphi) - L - 10\log(\lambda^2/4\pi)\ \text{dB(W/(m}^2 \cdot 4\ \text{kHz))} \quad (1)$$

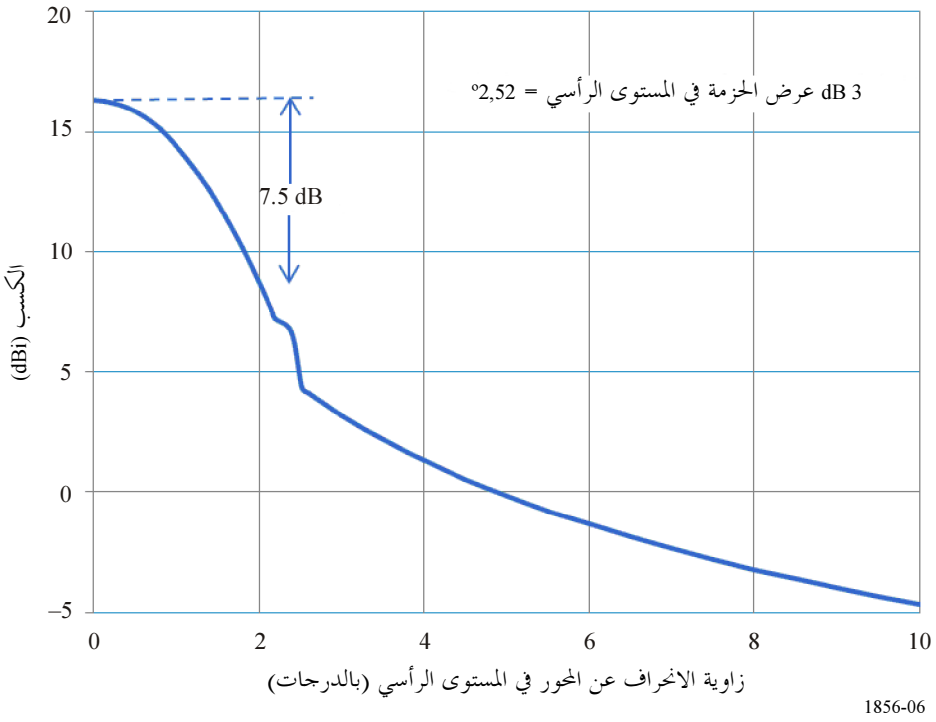
حيث E هي ذروة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) لكل 4 kHz في محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية وL هي الخسارة بوحدة dB لمسير التداخل (طوله d بالكيلومترات) بين هوائيات متناحية والتي يجري تجاوزها دوماً إلا في 20% من الوقت (dB)، وλ هو طول الموجة (بالأمتار)، وG_m هو الكسب الأقصى لهوائي الاتصالات المتنقلة الدولية و$G(\varphi)$ هو الكسب نحو الأفق باتجاه الحدود. وفي تردد منتصف النطاق البالغ 3,5 GHz، λ =0,08571، $10\log(\lambda^2/4\pi)$ =−32,33. وآنئذ، لتلبية الحد المطلوب لكثافة تدفق القدرة البالغ −154,5 dB(W/(m^2 · 4 kHz))، تُستخرج خسارة المسير الواردة في المعادلة (1) من المعادلة التالية:

$$L = E - (G_m - G(\varphi)) + 186.83 \quad \text{dB} \quad (2)$$

وفي العديد من المواقع، يقلّ ارتفاع الأفق عن 1°، ومن ثم يتضاءل تمييز الهوائي نحو الحدود $(G_m - G(\varphi))$ بالنسبة لمحطات القاعدة التي لا يوجد فيها ميل هابط. ويُستشف من دراسات فرقة العمل السابقة 8F أن المرجح لمحطة قاعدة نمطية أن تنشر حزماً قطاعها 120° بكسب أقصى يقارب 16,3 dBi. وقد رُسم الشكل 6 باستعمال صيغ لهوائيات قطاعية وردت في التوصية ITU-R F.1336، وهي تبين أن الكسب الأقصى هذا يقابل حزمة عرضها نحو 2,5° رأسياً، وأن ميلاً هابطاً بمقدار 2° سيؤدي إلى تمييز $(G_m - G(\varphi))$ يقرب من 7,5 dB نحو الأفق.

الشـــكل 6

مخطط الكسب لهوائي قطاعه 120° وبكسب أقصى G_m = 16,3 dBi



2.3.2 اعتبارات تخص القدرة المشعة المكافئة المتناحية (E) لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية

في الدراسات السابقة للاتحاد الدولي للاتصالات افتُرض أن ذروة القدرة المشعة المكافئة المتناحية لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية تبلغ 16 dBW/MHz، غير أن الدراسات الأحدث للمؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT) استعملت 23 dBW/MHz. وبالتالي فمن المناسب حساب الأكفة المقابلة لهاتين القيمتين لكثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية، دون ميل هابط للهوائي وكذلك بميل هابط قدره 2°. وعلى ذكر ذلك، فإن القدرة المشعة المكافئة المتناحية في الاتجاهات الأفقية لذروة تبلغ 23 dBW/MHz بميل هابط قدره 2° تقع ضمن 0,5 dB من القدرة المشعة المكافئة المتناحية في الاتجاهات الأفقية لذروة تبلغ 16 dBW/MHz دون ميل هابط. إذن، يمكن استعمال كفاف واحد لتغطية الحالتين. ومراعاةً لاحتمال أن تتمكن بعض محطات قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية من العمل بقدر مخفَّض من القدرة المشعة المكافئة المتناحية، لا بأس من حساب كفاف إضافي لقيمة مخفَّضة للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (E). ويقيّم الجدول 1 المعادلة (2) ليحقق خسارة المسير، L، في 20% من الوقت والمطلوبة لمجرد تلبية حد كثافة تدفق القدرة (pfd) في كل حالة من هذه الحالات.

الجـــدول 1

خصائص محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية

الكفاف	ذروة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) (dBW/MHz)	الميل الهابط (بالدرجات)	تمييز الهوائي باتجاه الأفق Gm – G(φ) (dB)	إذن، e.i.r.p. باتجاه الأفق (dBW/4 kHz)	إذن، خسارة المسير الواجب تجاوزها خلال 80% من الوقت لتلبية حد pfd (من المعادلة (2)) (dB)
A	23	0	0	1−	185,8
B	23 16	2 0	7,5 0	8,5−	178,3
C	16 8,5	2 0	7,5 0	15,5−	171,3
D	1	0	0	23−	163,8
F (الخدمة المتنقلة)	22,4−	0	0	46,4−	140,4 (انظر الفقرة 4.2)

وهكذا مثلاً، فإن محطات قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية المزودة بهوائيات قطاعية بميل هابط قدره 2º والتي ترسل قدرة مشعة مكافئة متناحية تصل ذروتها حتى 16 dBW في نطاق ترددي عرضه 1 MHz من شأنها أن تلبي حد كثافة تدفق القدرة عند الحدود دون تخفيف التداخل، إذا ما وقعت في أي مكان أبعد عن الحدود من الكفاف المحدد بخسارة مسير تبلغ 171,3 dB ويجري تجاوزها دوماً إلا في 20% من الوقت (مرج الكفاف C).

ولتقييم مواقع محطات القاعدة التي ترسل بكثافات وسيطة من القدرة المشعة المكافئة المتناحية، يمكن القيام باستكمال داخلي بين الأكفة القائمة على خسارات المسير الأربع هذه.

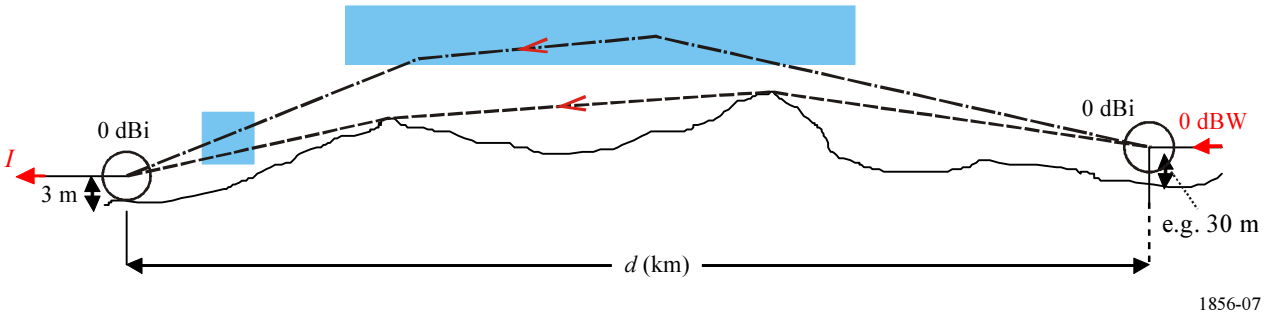
3.3.2 حساب الأكفة

يمكن حساب الخسائر على مسير بري بنمذجة آثار الانتشار في الفضاء الحر والامتصاص الغازي والانعراج والتوجيه التروبوسفيري والانعكاس عن الطبقات، وذلك باستعمال البيانات والخوارزميات الواردة في التوصية ITU-R P.452[5]. ولضمان عدم تجاوز حد كثافة تدفق القدرة لا بد من الاهتداء إلى الخط المؤدي إلى الحدود الذي ينطوي على أدنى خسارة. وفي أرض مستوية، سيكون ذلك الخط بين محطة القاعدة وأقرب نقطة على حدود البلد المجاور. بيد أن الحال ليس كذلك دوماً حيث يتخلل التضاريس الفاصلة عدد معتدل أو كثيف من التلال. فلا بد لحساب الأكفة من قاعدة بيانات برمجية تحوي الارتفاعات فوق سطح البحر لكامل المنطقة المعنية وبأدق استبانة ممكنة عملياً.ويمكن استعمال التقنية التالية هنا.

فلو أخذنا المظهر الجانبي للتضاريس في الشكل 5 مثلاً، يمكن الاستعاضة عن نقطة قياس كثافة تدفق القدرة بجهاز استقبال يغذيه هوائي استقبال متناحٍ، ويمكن الاستعاضة عن محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية بهوائي إرسال تغذيه قدرة إرسال تبلغ 0 dBW في التردد المعني (3,5 GHz في الحالة الراهنة) – كما في الشكل 7.

[5] رغم أن الأمثلة الواردة في الفقرتين 4.3.2 و4.2 كانت أُعدت باستعمال التوصية ITU-R P.452-12، فإن التوصية ITU-R 452-13 هي السارية حالياً وقد تخضع لمزيد من التحديث مستقبلاً. فإن حصل ذلك، يُستحسن استعمال إصدار التوصية السارية في حينه عند اتباع هذه المنهجية في المستقبل. وعلاوة على ذلك، ينبغي للإدارات المشاركة في نقاش تنسيق ثنائي أو متعدد الأطراف أن تتفق على قيم المعلمات ذات الصلة لدى تطبيق منهجية التنبؤ بالانتشار الواردة في التوصية ITU-R P.452 (انظر أيضاً الرقم 430A.5 من لوائح الراديو على سبيل المثال).

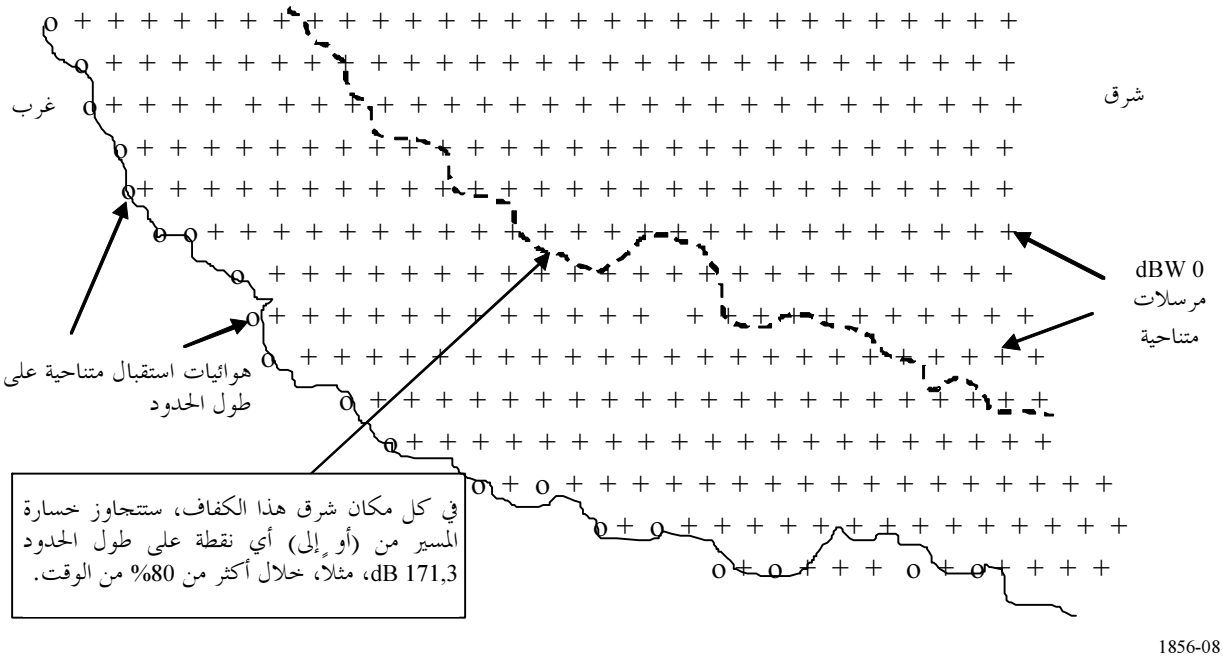
الشـــكل 7



عندئذ، يعطى مستوى الإشارة المستقبَلة بالصيغة ($I = 0 + 0 - L + 0$ dBW). وبعبارة أخرى فإن المستوى I بوحدة dBW يساوي عددياً القيمة السالبة لخسارة المسير L بوحدة dB، والأمر كذلك بغض النظر عن اتجاه جهاز الاستقبال بالنسبة إلى جهاز الإرسال. وللأغراض الراهنة، ينبغي حساب I على النحو المبين في التوصية ITU-R P.452-12 خلال 20% من الوقت.

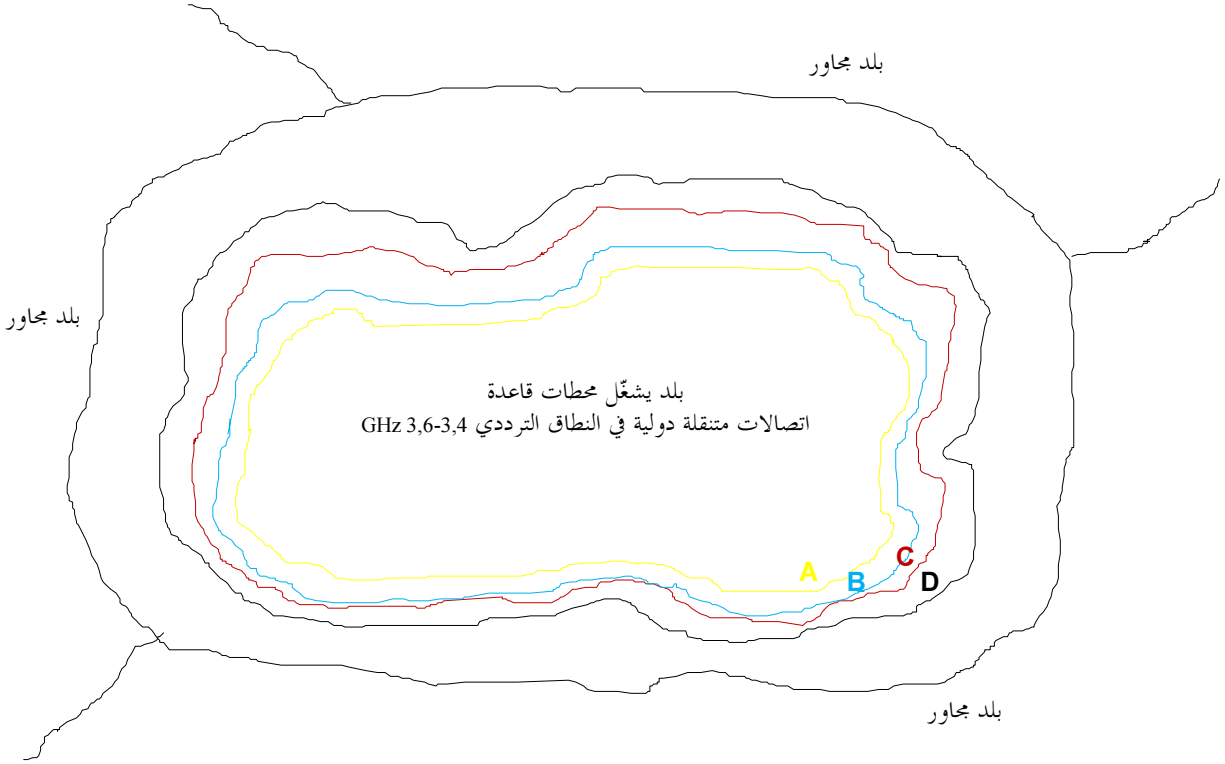
وينبغي بناء نموذج برمجي يضم قاعدة بيانات التضاريس للبلد أو المنطقة في دائرة الاهتمام، ويحوي مطاريف استقبال متناحية بفواصل صغيرة بصورة مناسبة على طول الحدود. وينبغي إضافة شبكة من المشعات المتناحية بقدرة 0 dBW والمتباعدة بالتساوي بحيث تغطي كامل البلد أو المنطقة المعنية. ثم ينبغي حساب المساهمة المولدة من كل واحد من أجهزة الإرسال في المستوى I عند كل واحد من أجهزة الاستقبال، وذلك باستعمال تقنيات التوصية ITU R P.452-12 لتقييم الخسارة التي يجري تجاوزها دوماً إلا في 20% من الوقت. وينبغي حفظ جميع القيم لكل جهاز استقبال على حدة. وينبغي ترتيب البرمجيات لتحديد المساهمة الفردية القصوى لكل جهاز استقبال في المستوى I. ثم يمكن بناء الكفاف بانتقاء أجهزة الإرسال التي تكون فيها المساهمة القصوى في المستوى I أقرب إلى القيمة السالبة لخسارة المسير L المطلوبة، وذلك برسم خط بين أجهزة الإرسال تلك. ولتحسين الدقة، يمكن استعمال الاستكمال الداخلي الخطي بين أزواج أجهزة الإرسال التي تقابل المساهمات القصوى في المستوى I الأقرب إلى القيمة المستهدفة زيادةً أو نقصاناً، كما هو موضح في الشكل 8.

الشـــكل 8



أما الشكل 9 فهو رسم تخطيطي يوضح نسق النتيجة للأكفة الأربعة، مثلاً، تلك المقابلة للحالات الواردة في الجدول 1.

الشـــكل 9



يمكن تشغيل محطات قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية في المنطقة الواقعة بين الكفاف والحدود إذا أمكن تطبيق تقنيات التخفيف من التداخل مثل خفض القدرة المشعة المكافئة المتناحية، ولكن ذلك يحدَد على أساس كل حالة على حدة. في كل حالة من هذه الحالات يمكن استعمال المنهجية الحالية لتحديد درجة التخفيف المطلوبة، برسم الأكفة لقيم L المخفَّضة تباعاً.

4.3.2 أمثلة على تطبيق المنهجية الموصوفة في الفقرات 1.3.2 إلى 3.3.2

في انتقاء مناطق الأمثلة، لا حاجة إلا للنظر في تلك البلدان التي حُدد فيها النطاق الترددي GHz 3,6-3,4 لاستعمالات الاتصالات المتنقلة الدولية والتي ينطبق عليها حد كثافة تدفق القدرة عند الحدود. ولأغراض هذه الوثيقة اختيرت المناطق الثلاث التالية كأمثلة:

– *فرنسا الشمالية الشرقية (المثال 1)*

يسري الرقم 430A.5 من لوائح الراديو في فرنسا وجميع البلدان المتاخمة لها باستثناء لكسمبورغ. وبالإضافة إلى فرض حد لكثافة تدفق القدرة عند الحدود، يتضمن الرقم 430A.5 من لوائح الراديو عبارة "*يمكن تجاوز هذا الحد في أراضي أي بلد وافقت إدارته على ذلك*". وهكذا يبدو ممكناً لبلدين متجاورين أن يتوصلا إلى اتفاق على حد أكثر تهاوناً على حدودهما المشتركة[6].

– *أوكرانيا الشمالية الشرقية (المثال 2)*

يسري الرقم 430A.5 من لوائح الراديو في في أوكرانيا ولكنه لا يسري في البلدان إلى الشمال أو الشرق.

– *سيراليون (المثال 3)*

يسري الرقم 430A.5 من لوائح الراديو في في سيراليون ولكنه لا يسري في أي من البلدان المتاخمة.

[6] النتائج الواردة في الأشكال 10 و11 و12 لا تأخذ في الحسبان أي تهاون من هذا القبيل.

وقد استُخدمت المنهجية السالفة الذكر لبناء نماذج لثلاث مناطق، وذلك باستعمال رزمة برمجيات خاضعة للملكية خاصة تضم قاعدة بيانات التضاريس العالمية باستبانة أفقية قدرها كيلومتراً واحداً واستبانة رأسية قدرها متراً واحداً. ولكل نقطة استقبال على الحدود (انظر الشكل 8) رُفع الهوائي ثلاثة أمتار فوق مستوى الأرض المحلي. ولكل نقطة استقبال، استُعمل ارتفاع يبلغ 30 متراً للهوائي. وترد التفاصيل في الجدول 2.

الجـــدول 2

خصائص النماذج البرمجية المقامة

المنطقة الجغرافية	مساحة البلد	المناخ (ΔN)[1]	نمط التضاريس	تباعد أجهزة الاستقبال (km)	فواصل شبكة أجهزة الإرسال (km)	عدد المسيرات المحسوبة[2]
شمال شرق فرنسا (المثال 1)	متوسطة	45	مختلط	11	6	522 678
شمال شرق أوكرانيا (المثال 2)	متوسطة	45	غير جبلي	13	10	564 108
سيراليون (المثال 3)	صغيرة	70	جبلي	7	4,5	397 096

[1] ΔN هو معدل انحدار مؤشر الانعراج الراديوي عبر أخفض كيلومتر واحد في الغلاف الجوي والذي يتوقف كثيراً على المناخ ويلزم لأسلوب حساب خسارة المسير الوارد في التوصية ITU-R P.452.

[2] عدد نقاط الإرسال في الشبكة مضروباً بعدد نقاط الاستقبال على الحدود.

ترد في الأشكال 10 و11 و12 النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة لمناطق الأمثلة المدرجة في الجدول 2. ويُستشف منها الأكفة المقابلة لتوليفات القدرة المشعة المكافئة المتناحية لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية وميلها الهابط كما حُددت في الجدول 1. وتسهيلاً للأمر توسم الأكفة بالأحرف اللاتينية A وB وC وD على النحو المبين في الجدول 1 والشكل 9، وتُعرض بألوان متباينة تيسيراً لقراءتها.

واتضح إجمالاً أن النتائج تبين على نحو كاف فعالية المنهجية المذكورة في هذه الفقرة في تحديد المواقع التي يمكن للغالبية العظمى من محطات قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية التي تستعمل النطاق الترددي GHz 3.6-3.4 أن توضع فيها دون تجاوز حد كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو.

4.2 التطبيق على المطاريف المتنقلة للاتصالات المتنقلة الدولية

تعتمد أنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية عادة ترتيب خلايا سداسية حيث توفَر تغطية منطقة واسعة عبر عدد من محطات القاعدة تخدم كل منها خليتها الفردية الخاصة وتوفر التوصيل للمطاريف المتنقلة أثناء وجودها داخل الخلية. ويتوقف نصف قطر الخلية على تصميم النظام ويبلغ عادة كيلومترين أو ثلاثة كيلومترات، ويُستبعد أن يزيد عن خمسة كيلومترات. ويتضح من مقاييس المسافة في الأشكال 10 و11 و12 أن وقوع محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية على بعد يقرب من خمسة كيلومترات من الحدود سيُلجئ المحطة، في السواد الأعظم من الحالات، إلى توهين إرسالها نحو الحدود بدرجة كبيرة لتلبية حد كثافة تدفق القدرة. وبالتالي لن تتمكن محطة القاعدة تلك من خدمة المطاريف المتنقلة قرب الحدود كي لا تعمل تلك المطاريف قرب الحدود وكي يكون تجاوز هذه المطاريف نفسها لحد كثافة تدفق القدرة مستبعداً. وتجدر الإشارة في هذا السياق أنه في الدراسات التحضيرية للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية عام 2007 في قطاع الاتصالات الراديوية، اعتُمدت كثافة بمقدار dBW/MHz 16 للقدرة المشعة المكافئة المتناحية لمحطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية، فيما بلغت الكثافة المقابلة للقدرة المشعة المكافئة المتناحية لمطراف متنقل –22,4 dB(W/MHz).

ويمكن استعمال المنهجية الموصوفة في الفقرة 2 لتحديد الأكفة التي يمكن للمطاريف المتنقلة أن تعمل ضمنها دون تجاوز حد كثافة تدفق القدرة عند الحدود. ويُعرض في الشكل 13 مثال (المثال 4)، حيث يُفترض أن كل مطراف متنقل يرسل كثافة قدرها –22,4 dB(W/MHz) للقدرة المشعة المكافئة المتناحية في جميع الاتجاهات السمتية على ارتفاع متر واحد فوق الأرض للهوائي. وتم الحصول على هذه النتائج من خلال تطوير نموذج حاسوبي إضافي لشطر من شمال شرق أوكرانيا بكثافة أخفض

للقدرة المشعة المكافئة المتناحية وأرقام ارتفاع أقصر. بإضافة الجزء ذي الصلة من أحد أكفة محطة القاعدة، يتبين، على النحو المتوقَع، أن كفاف المطاريف المتنقلة للاتصالات المتنقلة الدولية أقرب بكثير إلى الحدود من أكفة محطات القاعدة للاتصالات المتنقلة الدولية.

3 تعديل الأسلوب 3 من التوصية ITU-R S.1712

يتحقق هذا الأسلوب من التزام محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية حد كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو، استناداً إلى تحليل حالات محددة.

1.3 اعتبارات عامة

يقوم هذا الأسلوب على أساس القيام بتحليل حالات محددة لكل محطة قاعدة اتصالات المتنقلة الدولية يعتزم نشرها. ويمكن للنشر أن يمضي قدماً إذا ما بيّن التحليل أن المحطة الأرضية قادرة على تلبية حد كثافة تدفق القدرة في كل مكان على الحدود للبلد الذي يحوي الموقع. ويتم التحليل باستعمال بيانات التضاريس الرقمية إلى جانب معلمات محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية ونماذج الانتشار المناسبة وأية تقنيات تخفيف أخرى يمكن استعمالها (مثل تعطيل قطاع أو تعدد المدخلات وتعدد المخرجات). ولا يُتوقع استخدام هذا الأسلوب إلا عند تعذر إثبات أن مشروع موقع النشر يلبي حدود كثافة تدفق القدرة، باستعمال الأسلوب 1 الموصوف في الفقرة 1 أو الأسلوب 2 الموصوف في الفقرة 2.

2.3 وصف الأسلوب

1 المطلوب هو البيانات الرقمية للتضاريس التي تشمل موقع محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية والمنطقة المحيطة بها. وينبغي أن تغطي البيانات منطقة كافية لتنفيذ تحليل معقول لكثافة تدفق القدرة. ويوصى بألا تقل استبانة البيانات الرقمية المستعملة للتضاريس عن 30 ثانية قوسية أفقياً ومتر واحد رأسياً.

2 وستلزم معلمات محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية للتحليل. وهي تشمل القيم القصوى للكسب وعروض الحزمة وزوايا التوجيه لحزمة هوائي محطة القاعدة في المستويين الأفقي والرأسي، وارتفاع الهوائي فوق التضاريس، والكثافة الطيفية للموجة الحاملة للاتصالات المتنقلة الدولية. أما مخطط الإشعاع المناسب للمحطة الأرضية المرجعية بهذا الأسلوب فيمكن أن يكون ذلك الذي يوفره مشغل المحطة الأرضية أو ذاك الوارد في التوصية ذات الصلة لقطاع الاتصالات الراديوية (مثل التوصية ITU-R F.1336).

3 وكما في الأسلوبين السابقين، فنموذج الانتشار الأكثر ملاءمة لتحليل المواقع المحددة هو التوصية ITU-R P.452-12.

4 تتيح معلمات محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية، وما يخصها من البيانات الرقمية للتضاريس ونماذج الانتشار، حساب خسارة المسير في جميع الاتجاهات حول الموقع المحتمل. ويبيّن ذلك بدوره كثافة تدفق القدرة الصادرة عن المحطة عند حدود البلد المجاور. فإذا تحقق معيار كثافة تدفق القدرة الوارد في الأرقام 430A.5 و432A.5 و432B.5 و433A.5 من لوائح الراديو، يمكن للنشر أن يمضي قدماً. وبخلاف ذلك، قد تدعو الحاجة لتطبيق تقنيات إضافية لتخفيف التداخل.

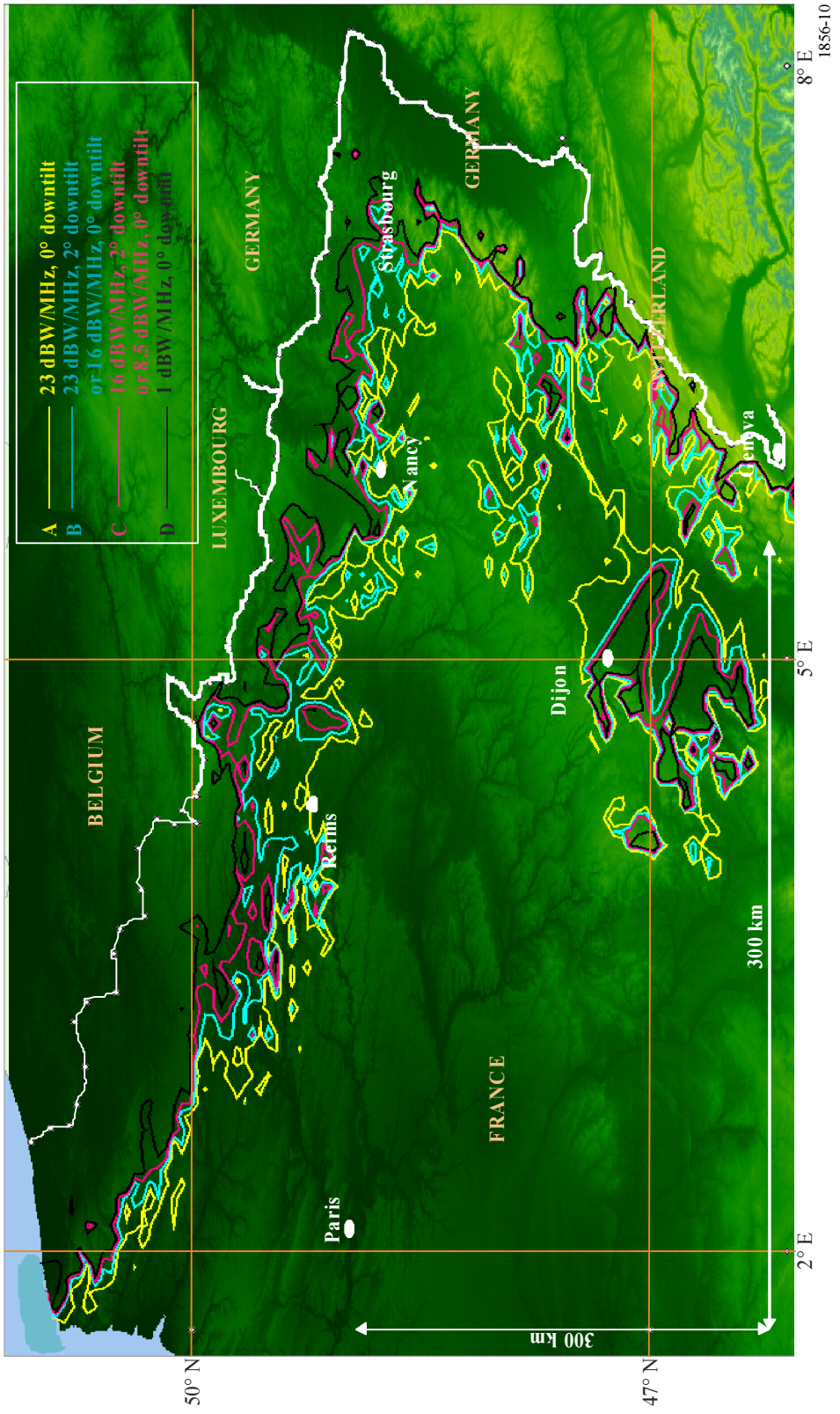
4 استنتاجات

يصف هذا الملحق ثلاثة أساليب مختلفة لتحديد ما إذا كانت محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية المزمع نصبها في موقع معين تلبي معيار كثافة تدفق القدرة في النطاق الترددي GHz 3,6-3,4 عند حدود البلد المعني.

ويمكن تطبيق الأساليب الثلاثة المذكورة هنا على محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية، فيما يمكن أيضاً تطبيق الأسلوب الوارد في الفقرة 2 على المحطات المتنقلة للاتصالات المتنقلة الدولية.

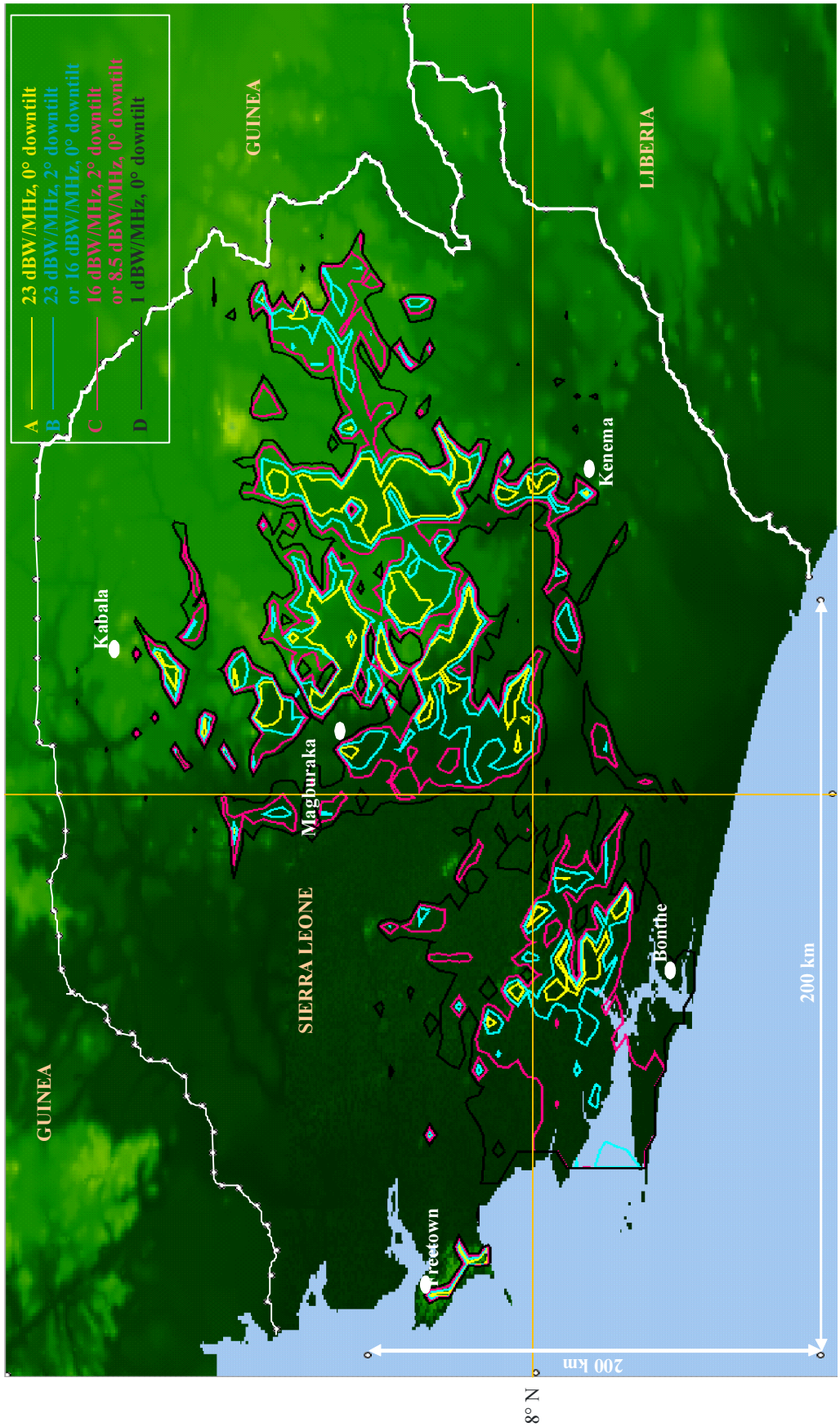
الشـــكل 10

المثال 1 - الأكفة التي لن تتجاوز خارجها محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية بطول 30 متراً حد pfd البالغ –154,5 dB(W/(m^2-4 kHz)) لأكثر من 20% من الوقت على ارتفاع 3 أمتار فوق حدود شمال شرق فرنسا



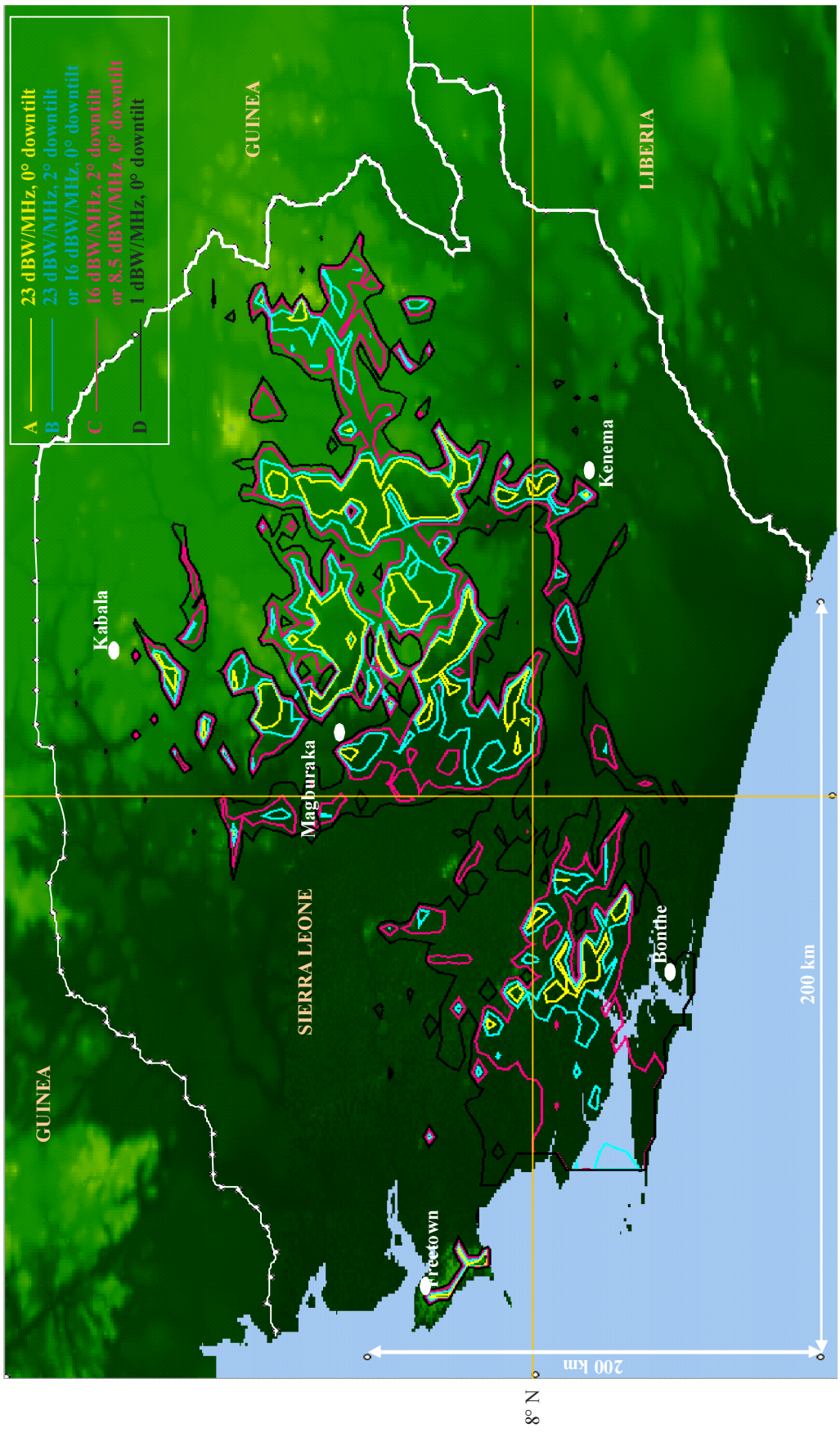
الشـــكل 11

المثال 2 - الأكفة التي لن تتجاوز خارجها محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية بطول 30 متراً حد pfd البالغ
–154,5 dB(W/(m^2-4 kHz)) لأكثر من 20% من الوقت على ارتفاع 3 أمتار فوق حدود شمال شرق أوكرانيا



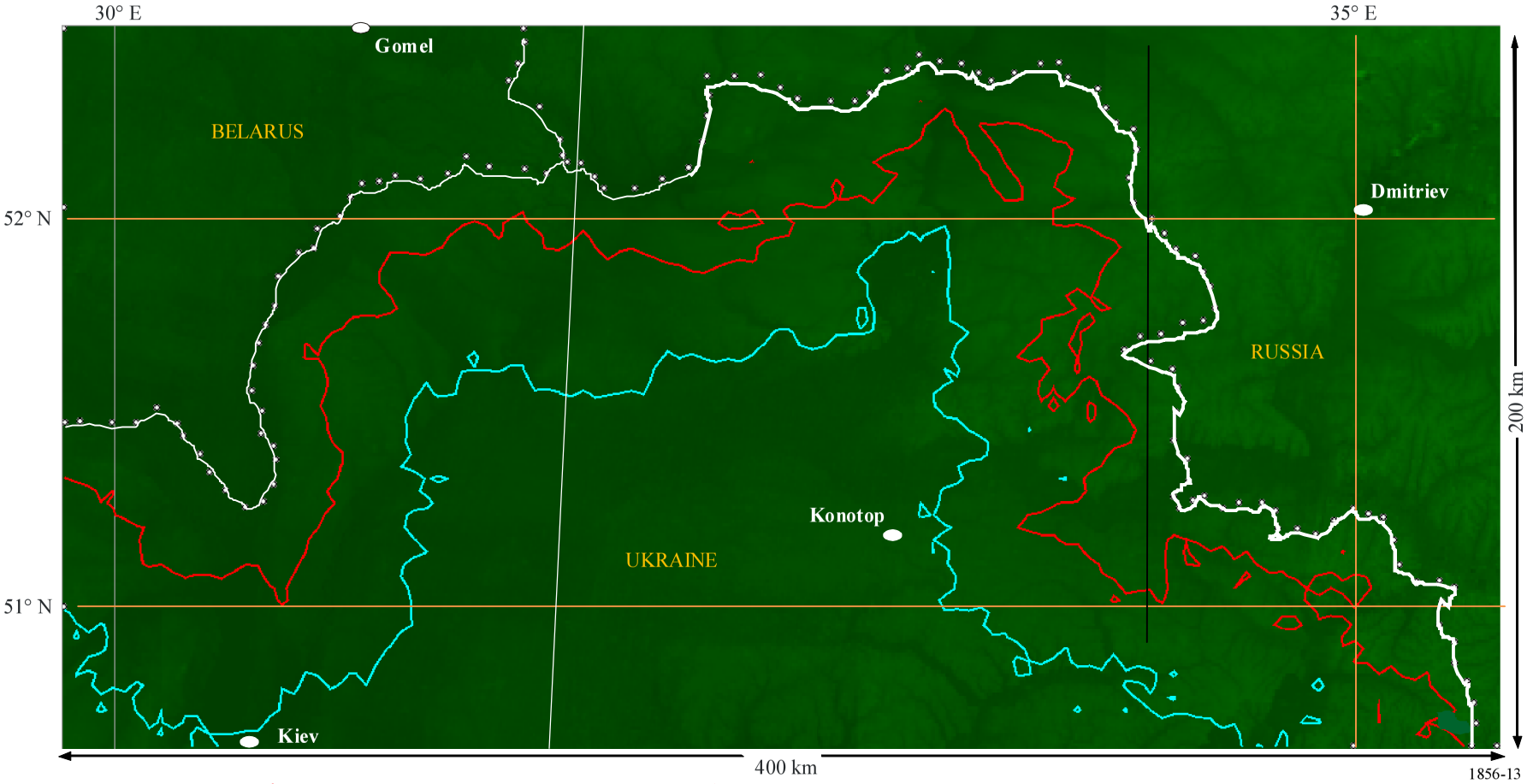
الشـــكل 12

المثال 3 - الأكفة التي لن تتجاوز خارجها محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية بطول 30 متراً حد pfd البالغ
–154,5 dB(W/(m^2-kHz 4)) لأكثر من 20% من الوقت على ارتفاع 3 أمتار فوق حدود سيراليون



الشـــكل 13

المثال 4 **– الأكفة التي لن تتجاوز خارجها محطة قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية بطول 30 متراً حد pfd البالغ –154,5 dB(W/(m^2-kHz 4)) لأكثر من 20% من الوقت على ارتفاع 3 أمتار فوق حدود شمال أوكرانيا**



كفاف مطاريف متنقلة للاتصالات المتنقلة الدولية بكثافة **e.i.r.p.** بمقدار **–dBW/MHz 22,4** في المستوى الأفقي

كفاف محطات قاعدة الاتصالات المتنقلة الدولية بكثافة e.i.r.p. قصوى بمقدار dB(W/MHz 23)، ولكن بميل هابط (أي dB(W/MHz 15,5)) في المستوى الأفقي