

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.534-6
(2021/09)

طريقة حساب شدة مجال
الطبقة E المتفرقة

السلسلة P
انتشار الموجات الراديوية



تمهيد

يضع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية 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 الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها 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>)

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2022

© ITU 2022

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

التوصية ITU-R P.534-6

طريقة حساب شدة مجال الطبقة E المتفرقة

(المسألة ITU-R 221/3)

(1978-1982-1986-1990-1999-2012-2021)

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

(أ) أن الانتشار بواسطة الطبقة E المتفرقة مصدر مهم للتداخل في الجزء الأدنى من مدى الترددات المترية (VHF)؛

(ب) أن طريقة حساب شدة مجال الطبقة E المتفرقة المرفقة بالملحق 1 بهذه التوصية تبين أنها عملية وموثوقة؛

(ج) أنه لا توجد طريقة عملية أخرى،

توصي

1 أنه يتعين اعتماد طريقة الحساب الموصوفة في الملحق 1 لتقييم شدة مجال الطبقة E المتفرقة لخطوط العرض المغنطيسية الأرضية المنخفضة والمتوسطة؛

2 أنه يتعين تجميع معطيات إضافية حول foEs وشدة مجال الطبقة E المتفرقة، خاصة فيما يتعلق بخطوط الطول المرتفعة. وحتى ذلك الحين، يتعين توخي الحذر إذا تم في هذه الأقاليم استعمال الطريقة الموصوفة في الملحق 1.

الملحق 1

الانتشار بواسطة الطبقة E المتفرقة

1 مدخل

يقدم هذا الملحق طريقة إحصائية لحساب شدة مجال الإشارات المنتشرة بواسطة الطبقة E المتفرقة الأيونوسفيرية (Es) في نطاقات الموجات المترية (VHF)، وربما في أجزاء أعلى من النطاقات HF، حتى مسافة 4 000 km. تقوم هذه الطريقة على كون شدة المجال ذا ارتباط وثيق بـ foEs، أي التردد الحرج للطبقة E المتفرقة في الورد العمودي عند نقطة وسط المسير. تجدر ملاحظة أن الطريقة مناسبة للتطبيق على دارة راديوية أيونوسفيرية في الحالة التي يكون فيها أسلوب طريقة الانتشار العادية عبر الطبقة E أو F2 غير موجود. لذلك، عند استعمال الطريقة عند نطاق الترددات HF، يجب توخي الحذر إذا كانت هناك إمكانية الانتشار عبر الطبقة العادية. (انظر التوصية ITU-R P.533 من أجل الانتشار عبر الطبقة العادية). تتعلق المعطيات التي تقدمها هذه التوصية بخطوط المغنطيسية الأرضية الواقعة بين $\pm 60^\circ$.

في الأقاليم الاستوائية، تدل نتائج تجريبية للانتشار على مسافة متوسطة (500 إلى 2 000 km) بوضوح جلي على انتشار بواسطة Es يجب تمييزه من آثار الانتشار عبر الاستوائي (TEP) الأهم بكثير في الإقليم. إن مجال الانتشار بواسطة Es عند خط ارتفاع منخفض يكون تقريباً مماثلاً لذلك المقدم بواسطة تقييمات لخطوط العرض المتوسطة الواردة في هذا الملحق. غير أن الاختلاف الأكثر أهمية

يتعلق بالنسبة المئوية من الوقت بدلالة التردد الحرج ذي الورد العمودي (foEs) (انظر الأشكال 2 إلى 6 من أجل خطوط العرض المغنطيسي المتوسطة). لذلك سوف تُستعمل الأشكال الجديدة 16 إلى 21 من أجل الأقاليم ذات خط العرض المغنطيسي المنخفض. تشمل الطريقة على الخصائص التالية:

- يتم التنبؤ بشدة المجال Es بإنشاء مقابلة إحصائية بين قيمة للتوهين الأيونوسفيري وقيمة foEs المقابلة لمعدل حدوث معين؛
- يتم تمثيل التوهين الأيونوسفيري للإشارة Es بواسطة دالة لنسبة تردد الإشارة f إلى foEs والمسافة على سطح الأرض بين محطتي الإرسال والاستقبال؛
- تُستعمل مخططات احتمال وخرائط عالمية ل foEs لتقييم سريع وسهل للمجال Es.

2 صيغة لشدة المجال E المنفرق

يمكن التعبير عن شدة مجال الإشارة Es على النحو التالي:

$$(1) \quad \text{dB} \quad E = E_0 + P + G_t - L_t - \Gamma$$

$$(\text{أ}1) \quad \text{dB} \quad E_0 = 104.8 - 20 \log l$$

$$(2) \quad V = V_0 + P + G_t + G_r - L_t - L_r - \Gamma$$

$$(\text{أ}2) \quad V_0 = 133 - 20 \log l - 20 \log f$$

حيث:

E : شدة المجال المتوقعة (dB(μV/m))

E_0 : شدة المجال النظري بدلالة المسافة العكسية (dB(μV/m))، لقدرة مشعة تبلغ 1 kW وهوائي إرسال متناح

V : متوسط الجهد المطبق على طرفي مدخل المستقبل (dB(μV/m))

V_0 : المقلوب النظري لجهد مدخل المستقبل البعيد من أجل قدرة مشعة قيمتها 1 kW وهوائي إرسال واستقبال

متناح مواءم مع مغذٍ مقاومته 50 Ω لإشارة ترددها f (MHz)

P : قدرة المرسل (dB(1 kW))

G_t : كسب هوائي الإرسال بالنسبة لهوائي متناح (dB)

G_r : كسب هوائي الاستقبال بالنسبة لهوائي متناح (dB)

L_t : الخسائر بما فيها خسارة المغذي وخسارة هوائي الإرسال (dB)

L_r : الخسائر بما فيها خسارة المغذي وخسارة عدم تواءم هوائي الاستقبال (dB)

Γ : التوهين الأيونوسفيري (dB) الممثل بواسطة المنحنيات المتواصلة للشكل 1

l : طول مسير الإرسال (km) (انظر الصيغة (5))

f : تردد الإشارة (MHz).

للحساب بالحاسوب، يُعطى توهين إشارة Γ انتشرت بقفزة واحدة، $\Gamma_{(1 \text{ hop})}(d)$ ، تقريباً بواسطة:

$$(3) \quad \Gamma_{(1 \text{ hop})}(d) = \left\{ \frac{40}{1 + \left(\frac{d}{130}\right) + \left(\frac{d}{250}\right)^2} + 0.2 \left(\frac{d}{2600}\right)^2 \right\} \left(\frac{f}{\text{foEs}} \right)^2 + \exp \left(\frac{d - 1660}{280} \right)$$

و Γ لإشارة انتشرت بقفزين، $\Gamma_{(2\ hop)}(d)$ ، بواسطة:

$$(4) \quad \Gamma_{(2\ hop)}(d) = 2.6 \Gamma_{(1\ hop)}\left(\frac{d}{2}\right)$$

و

l : طول مسير الإرسال (km)، بواسطة:

$$(5) \quad l = 2 \left\{ R_0^2 + (R_0 + h)^2 - 2R_0(R_0 + h) \cos(d/(2R_0)) \right\}^{1/2}$$

حيث:

R_0 : نصف قطر الأرض الفعلي، km 8 500

h : ارتفاع الطبقة Es، km 120

d : المسافة على سطح الأرض بين محطتي الإرسال والاستقبال (km)

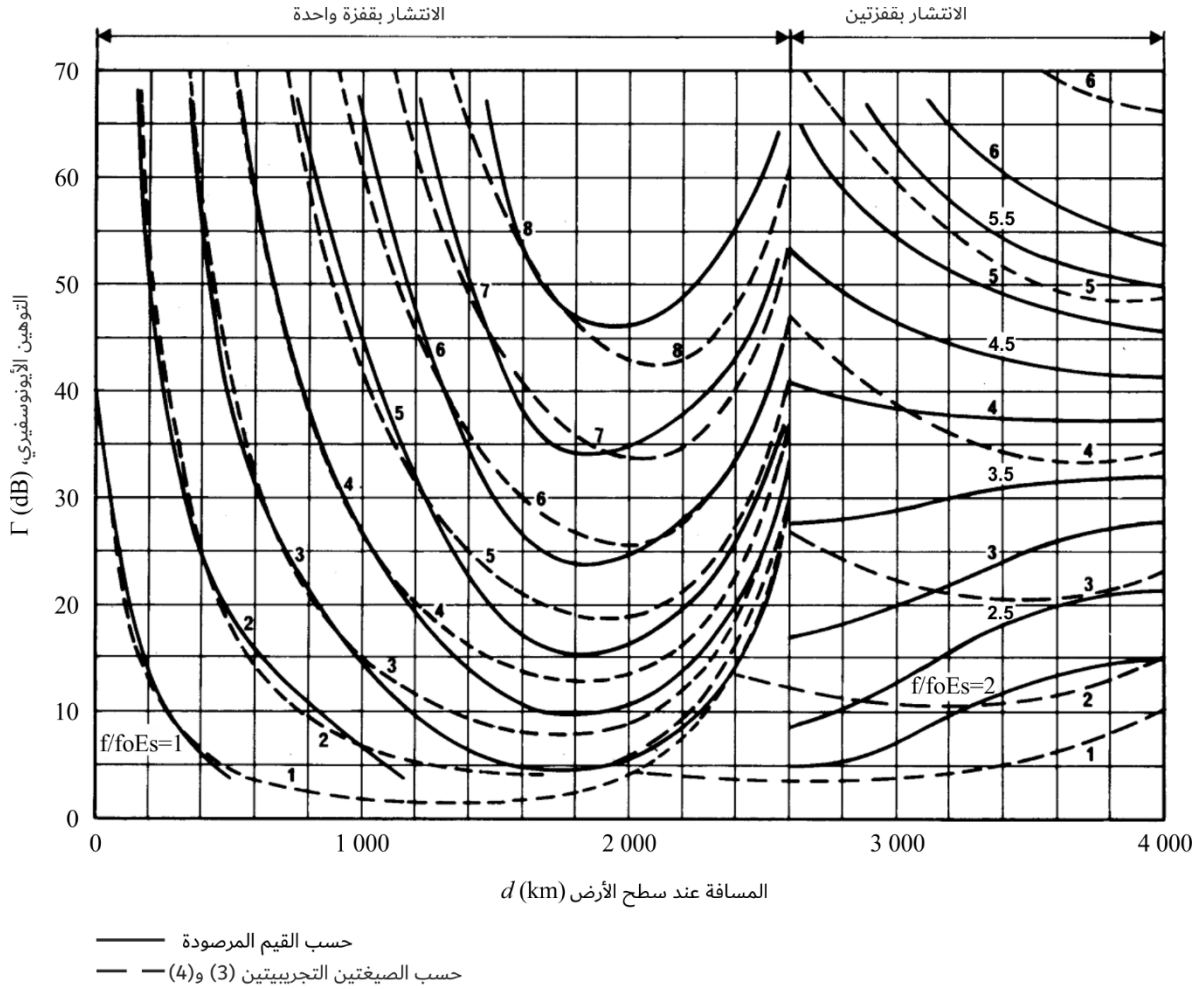
f : تردد الإشارة (MHz)

$f_0 E_s$: التردد الحرج للطبقة E المتفرقة عند الورود العمودي، لمعدل حدوث معين (MHz).

يدل الشكل 1 على الدقة التي تعطي بها الصيغتان (3) و (4) القيم المقيسة لـ Γ (المنحنى المتقطع). يتعين قصر استخدام الصيغة (3) على المسافات الأصغر من km 2 600 وقيم $f/f_0 E_s$ التي تتراوح بين 1 و 8؛ عندئذ يكون الخطأ أصغر من 5 dB. يتعين قصر استخدام الصيغة (4) على المسافات المتراوحة بين 2 600 و km 4 000 وقيم $f/f_0 E_s$ المتراوحة بين 2 و 5,5؛ عندئذ يكون الخطأ أصغر من 10 dB.

الشكل 1

منحنيات التوهين الأيونوسفيري Γ للانتشار بواسطة Es



P.0534-01

3 طريقة حساب شدة مجال الطبقة E المتفرقة

يتم حساب شدة المجال Es بإجراء العمليات المتتالية التالية:

- الخطوة 1: حساب قيمة E_0 (أو V_0) المقابلة لقيمة معينة ل l باستعمال المعادلة (أ1) (أو المعادلة (أ2))؛
- الخطوة 2: (خط عرض انحناء نقطة الوسط خارج $\pm 20^\circ$): اقرأ قيمة foEs لنسبة مئوية معينة من وقت الحدوث في الإقليم وللفضل المرغوب فيه، باستعمال أحد الأشكال من 2 إلى 6. لتنبؤ أكثر دقة، اقرأ قيمة النسبة المئوية من الوقت حيث foEs تتجاوز 7 MHz عند نقطة وسط المسير، باستعمال الخريطة المطلوبة من بين خرائط الأشكال 12 إلى 15، وتحديد قيمة foEs برسم خط مستقيم جديد على خريطة الأشكال 2 إلى 6 المناسبة، كما تدل على ذلك الفقرة 1.4. للحصول على تنبؤ بالتغيرات النهارية، اقرأ قيمة foEs على أحد الأشكال 7 إلى 11.
- الخطوة 3: (خط عرض انحناء نقطة الوسط المتراوحة بين $\pm 20^\circ$): تحديد الميل المغنطيسي عند نقطة الانعكاس الأيونوسفيري وقراءة قيمة foEs عند نسبة مئوية معينة من وقت الحدوث في الإقليم والفضل المطلوب على الأشكال 16 إلى 21.
- الخطوة 4: حساب $f/foEs$.

- الخطوة 4: باستعمال المنحنيات المتواصلة للشكل 1، قراءة قيمة Γ المقابلة للقيمة المعطاة لـ d والقيمة المحسوبة لـ $f/foEs$ أو، إذا كنا نبحث عن قيمة تقريبية، حساب Γ بواسطة الصيغتين (3) و(4).
- الخطوة 5: حساب القيمة المقدرة لـ E (أو V) بتطبيق الصيغة (1) (أو (2))، باستعمال القيم المعطاة لـ P و G_r و G_t و L_r و L_t والقيمة المحصل عليها لـ Γ .

4 احتمال حدوث foEs

يجب تحديد الخصائص الإحصائية لـ foEs، إذ إنها تخضع لتغيرات سلوكية متفرقة حسب المكان والزمان. بالنسبة لتنبؤات دقيقة جداً، يمكن استعمال خريطة عالمية لـ foEs مثل تلك الواردة في التوصية ITU-R P.1240. من جانب آخر، يمكن الاكتفاء بالمعطيات الإحصائية المبسطة على foEs إذا اقتصرنا على البحث عن الاتجاه العام للتغير الزمني.

للتنبؤ بمتوسط شدة مجال Es، تُرسم منحنيات احتمال لـ foEs لخمسة أقاليم لخط عرض متوسط: أوروبا وإفريقيا الشمالية، وأمريكا الشمالية، وآسيا (الشرق الأقصى)، وأمريكا الجنوبية وإقليم وسط بين هذه الأقاليم (انظر الأشكال من 2 إلى 11). عند خطوط العرض المنخفضة، تمثل الأشكال من 16 إلى 21 منحنيات احتمال لـ foEs لأمريكا وآسيا وإفريقيا. ويجب أن تُحدد خصائص أقاليم خط العرض المرتفع في وقت لاحق.

1.4 خطوط العرض المتوسطة

للحصول على خصائص جغرافية دقيقة لـ foEs، تُستعمل الخرائط العالمية للنسبة المئوية من الوقت التي تكون foEs فيها تساوي أو أكبر من 7 MHz خلال أشهر مايو إلى أغسطس (الصيف في نصف الكرة الشمالي)، ونوفمبر إلى فبراير (الصيف في نصف الكرة الجنوبي)، ومارس وأبريل وسبتمبر وأكتوبر (أشهر الاعتدال الربيعي، الشمال والجنوب) ولاثني عشر شهراً (تُعطى هذه الخرائط في الأشكال 12 إلى 15. رُسمت على هذه الخرائط منحنيات النسبة المئوية من الوقت بين خطوط العرض المغنطيسية الأرضية (أو ثنائية الأقطاب) بين 60° شمالاً و60° جنوباً. علاوةً على ذلك، يُقصد إقليم ذو خط عرض منخفض حول خط استواء الميل.

تبين الأشكال 2 إلى 6 العلاقة بين قيمة foEs والنسبة المئوية لحدوثها. في هذه الأشكال، إن كل المنحنيات المتعلقة بأشهر الصيف وأشهر الشتاء وأشهر الاعتدال الربيعي كلها خطوط مستقيمة تربط نقطتين تقابلان النسب المئوية من الوقت التي تتجاوز خلالها foEs 7 MHz و 10 MHz على التوالي. تخضع هذه المنحنيات لقانون احتمالات "فيلبس" الذي يُعد ذا طبيعة تجريبية صارمة تتناسب تماماً مع خطوط العرض المتوسطة للنسب المئوية من الوقت الأصغر من حوالي 30% ولترددات أكبر من foE، التردد الحرج للطبقة العادية E. يتعين استعمال قانون فيلبس بحذر للترددات الأكبر من حوالي 100 MHz ولخطوط العرض الاستوائية والمرتفعة. يُعبر عن هذا القانون بواسطة:

$$\log p = a + b f \quad (6)$$

حيث

p : probability of occurrence of foEs > f

f : التردد بالوحدة MHz

a و b : ثابتان يمكن ضبطهما، بحيث تكون b الميل في منحنى $\log p$ بدلالة f .

يعطي منحنى يدل على المتوسط السنوي، بالنسبة للنسب المئوية المنخفضة من الوقت، نسباً مئوية من الوقت مساوية تقريباً لثلث النسب المئوية المقابلة لأشهر الصيف. على سبيل المقارنة، تمت إضافة منحنيات احتمال نسبية إلى ساعات النهار (0800 إلى 2300) بالنسبة لأشهر الصيف، الفترة التي يُلاحظ فيها تأين الطبقة E الأكثر كثافة.

لنفترض أن هناك اختلافاً في هذا الإقليم بين النسبة المئوية من الوقت لقيمة 7 MHz المحصل عليها بواسطة الخرائط العالمية للأشكال 12 و 13 و 14 و 15 والنسبة المئوية التي يقدمها منحنى الاحتمال المتوسط للأشكال من 2 إلى 6. يمكن الحصول على قيمة foEs

لنسبة مئوية معينة من الوقت يرسم منحني احتمال جديد متواز مع المنحنى الأصلي للإقليم المدروس، وزحزحته بالنسبة لهذا المنحنى الأصلي بكمية مساوية لاختلاف القيم المعاينة.

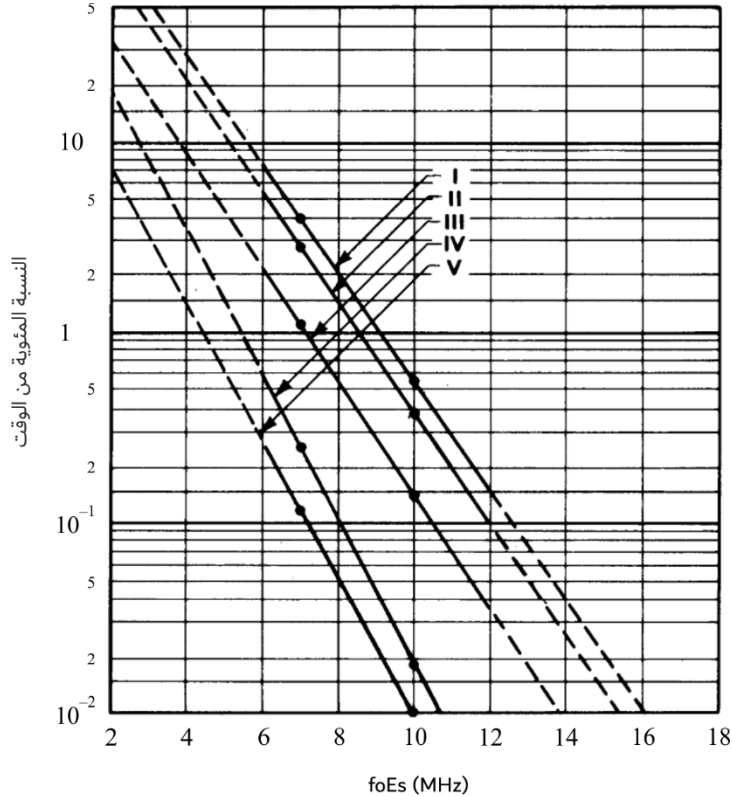
تبين الأشكال 7 إلى 11 التغيرات النهارية لورود foEs لفترات زمنية تبلغ أربع ساعات داخل الأقاليم الأربعة المحددة أعلاه، لأشهر الصيف والأشهر الأخرى طبقاً لخصائصها المميزة. يُلاحظ أن foEs يبلغ حداً أدنى واضح بعد الزوال في الإقليمين B و C، خاصة في الصيف. للتنبؤ الدقيق بسلوك شدة إشارات Es، قد يكون من اللازم استعمال فترات زمنية أصغر من أربع ساعات لتمثيل التغيرات النهارية ل foEs.

2.4 خطوط العرض المنخفضة

تبين الأشكال من 16 إلى 21 العلاقة بين قيمة foEs والنسبة المئوية من الوقت لظهور foEs عند خطوط العرض المنخفضة. تسمح هذه الأشكال بمعاينة اختلاف واضح جداً بين حزام ضيق جداً حول مستوي الميل (زاوية الميل $\pm 6^\circ$) والإقليم المجاور مع ميل يصل حتى $\pm 20^\circ$ ، ويمكن تسمية هذين الإقليمين على التوالي إقليماً استوائياً وإقليماً دون استوائي. وكما يمكن أن نلاحظ من مقارنة الأشكال 2 إلى 6، فإن الإقليم دون الاستوائي وحده (وليس الإقليم الاستوائي) يخضع لقانون احتمال فيليبس.

الشكل 2

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليها في الإقليم A



الإقليم A: أوروبا وإفريقيا الشمالية

I: من مايو إلى أغسطس (من الساعة 0800 إلى 2300)

II: من مايو إلى أغسطس

III: المتوسط السنوي

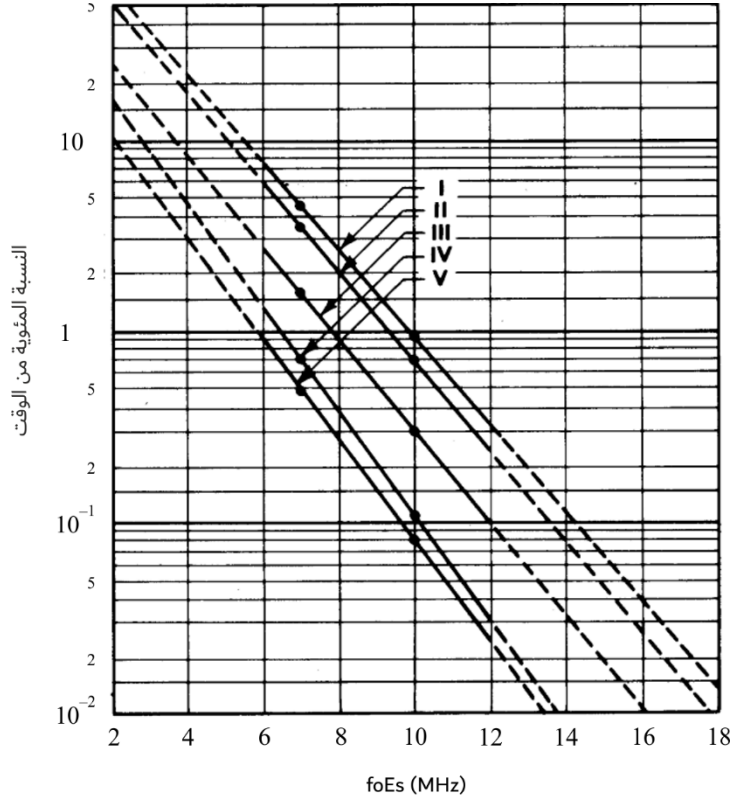
IV: مارس وأبريل وسبتمبر وأكتوبر

V: من نوفمبر إلى فبراير

P.0534-02

الشكل 3

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليها في الإقليم B

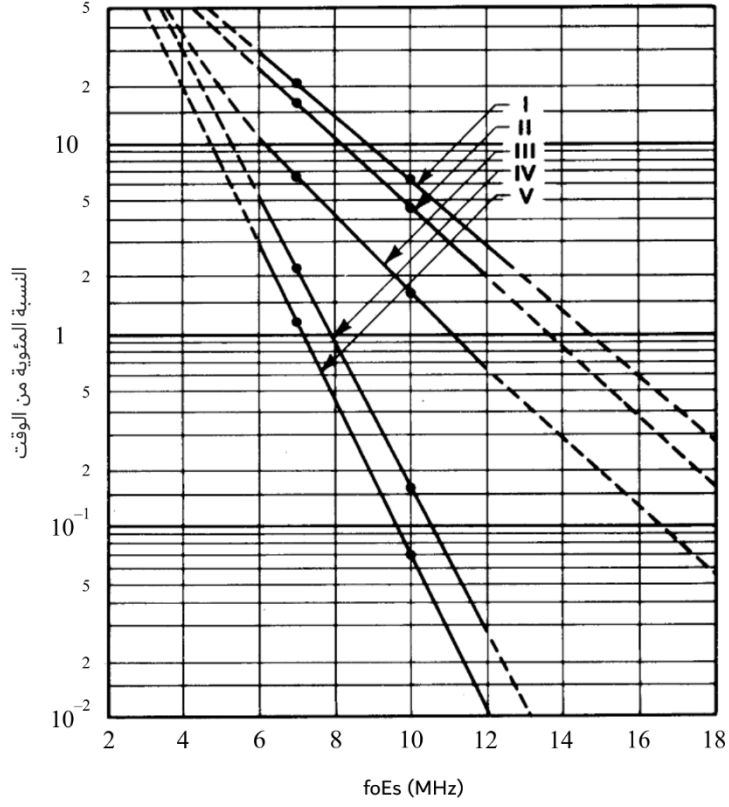


الإقليم B: أمريكا الشمالية
 I: من مايو إلى أغسطس (من الساعة 0800 إلى 2300)
 II: من مايو إلى أغسطس
 III: المتوسط السنوي
 IV: مارس وأبريل وسبتمبر وأكتوبر
 V: من نوفمبر إلى فبراير

P.0534-03

الشكل 4

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليها في الإقليم C



الإقليم C: آسيا (الشرق الأقصى)

I: من مايو إلى أغسطس (من الساعة 0800 إلى 2300)

II: من مايو إلى أغسطس

III: المتوسط السنوي

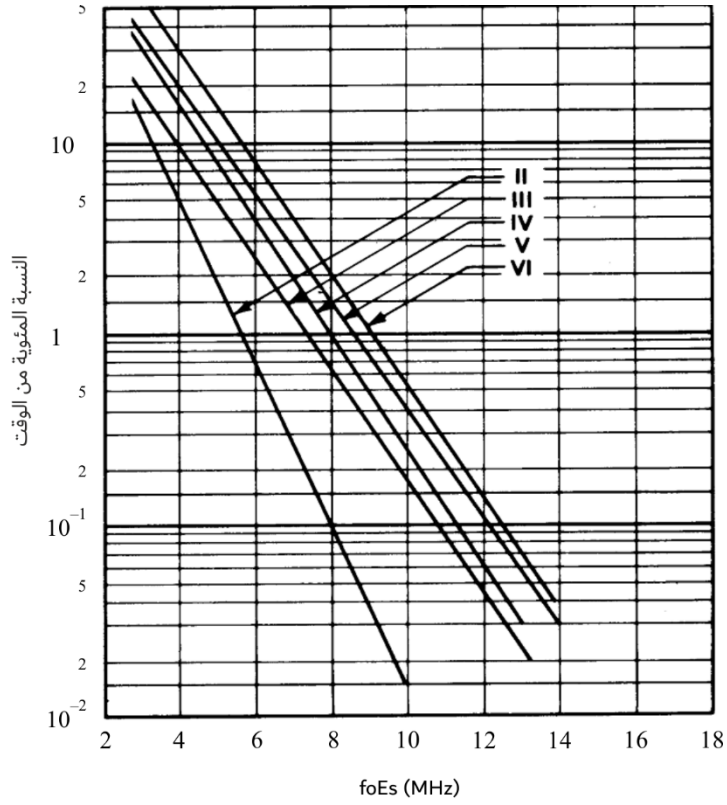
IV: مارس وأبريل وسبتمبر وأكتوبر

V: من نوفمبر إلى فبراير

P.0534-04

الشكل 5

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليها في الإقليم D



الإقليم D: أمريكا الجنوبية

II: من مايو إلى أغسطس

III: المتوسط السنوي

IV: مارس وأبريل وسبتمبر وأكتوبر

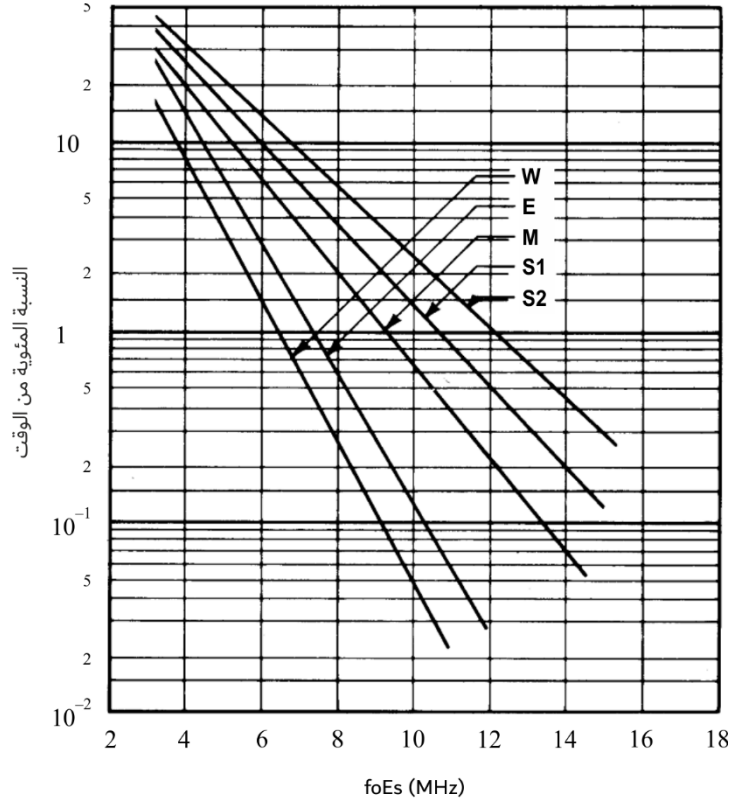
V: من نوفمبر إلى فبراير

VI: من نوفمبر إلى فبراير (من الساعة 0800 إلى 2300)

P.0534-05

الشكل 6

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليه



القيمة المتوسطة: الأقاليم A و B و C و D

S1: الصيف

S2: الصيف (من الساعة 0800 إلى 2300)

M: المتوسط السنوي

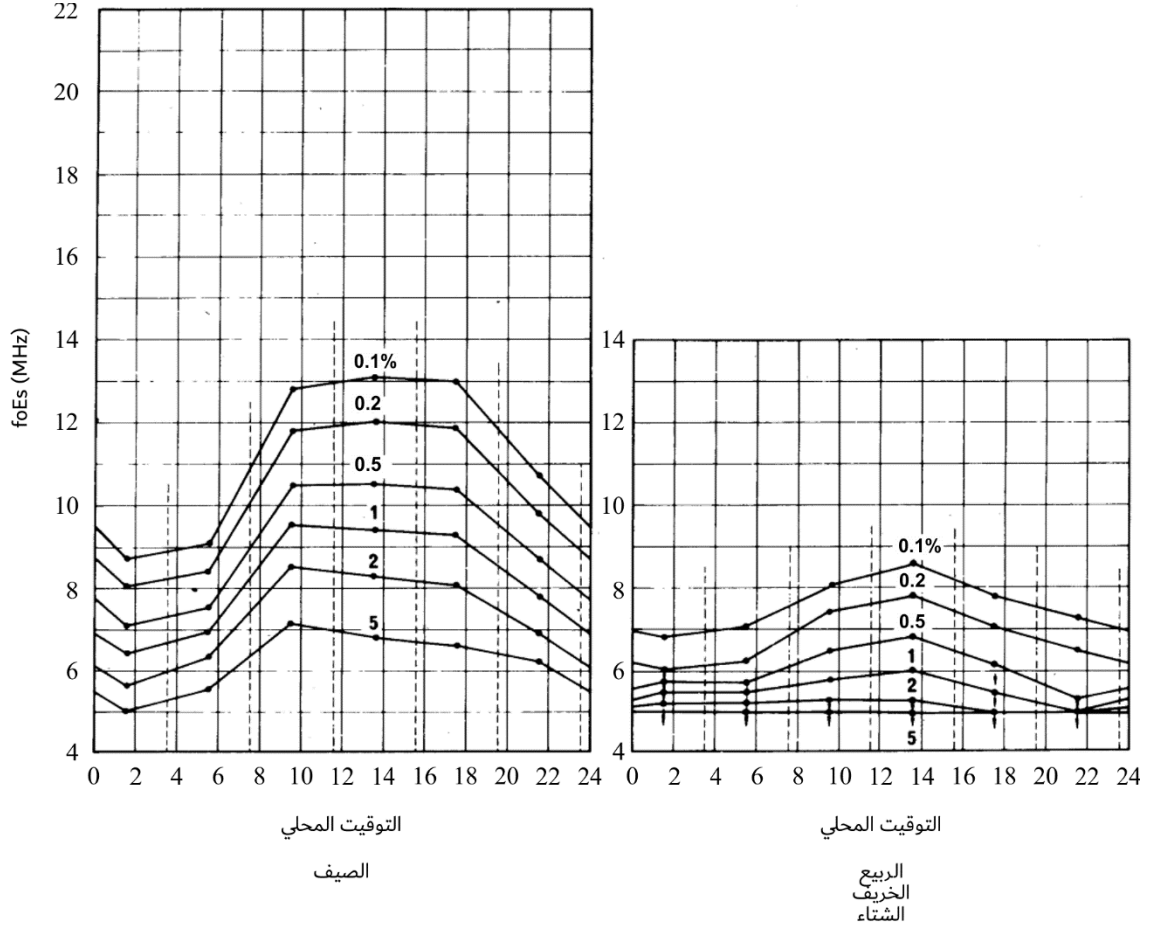
E: الاعتدال الربيعي

W: الشتاء

P.0534-06

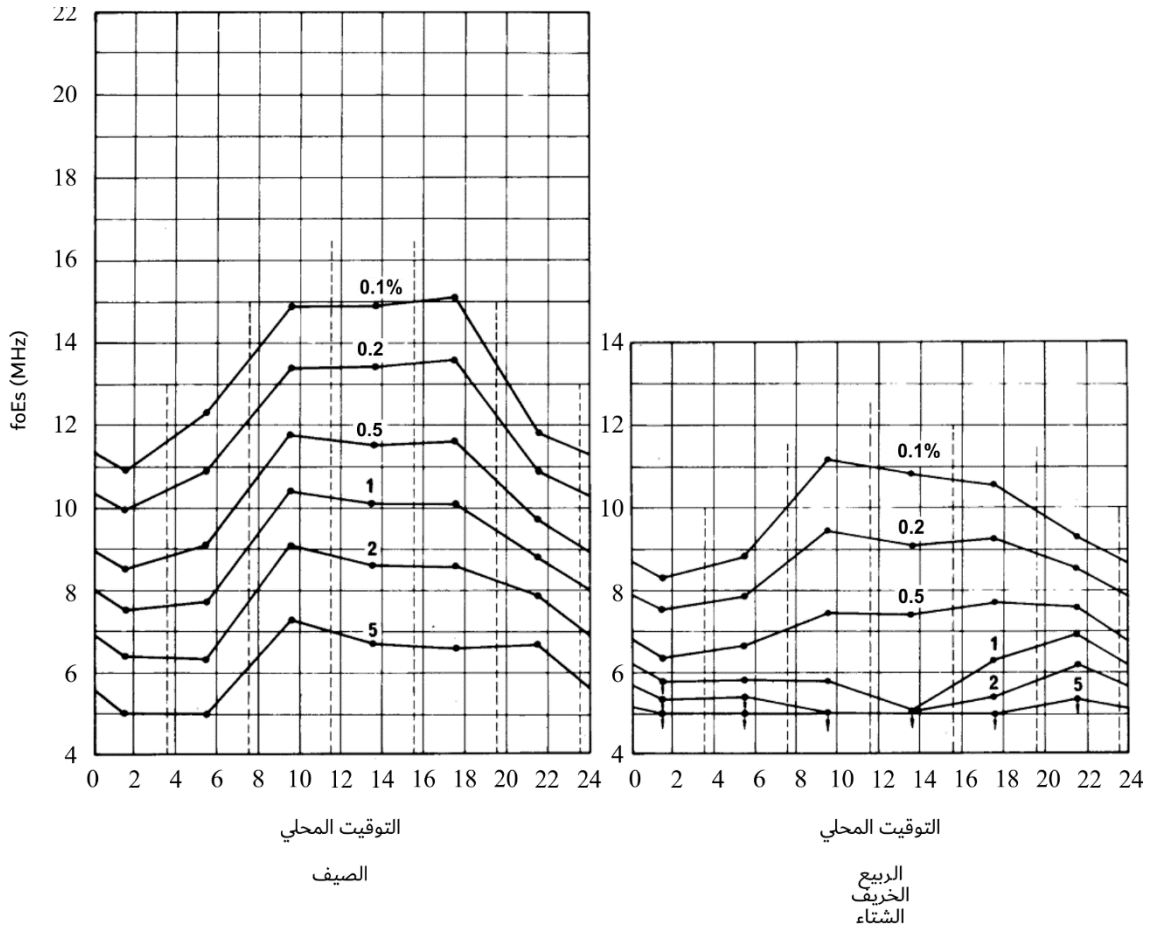
الشكل 7

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليه كمعلمة للمنحنى خلال فترات زمنية تبلغ 4 ساعات (مبينة بواسطة الخطوط العمودية المنقطعة) في الإقليم A (أوروبا وإفريقيا الشمالية)



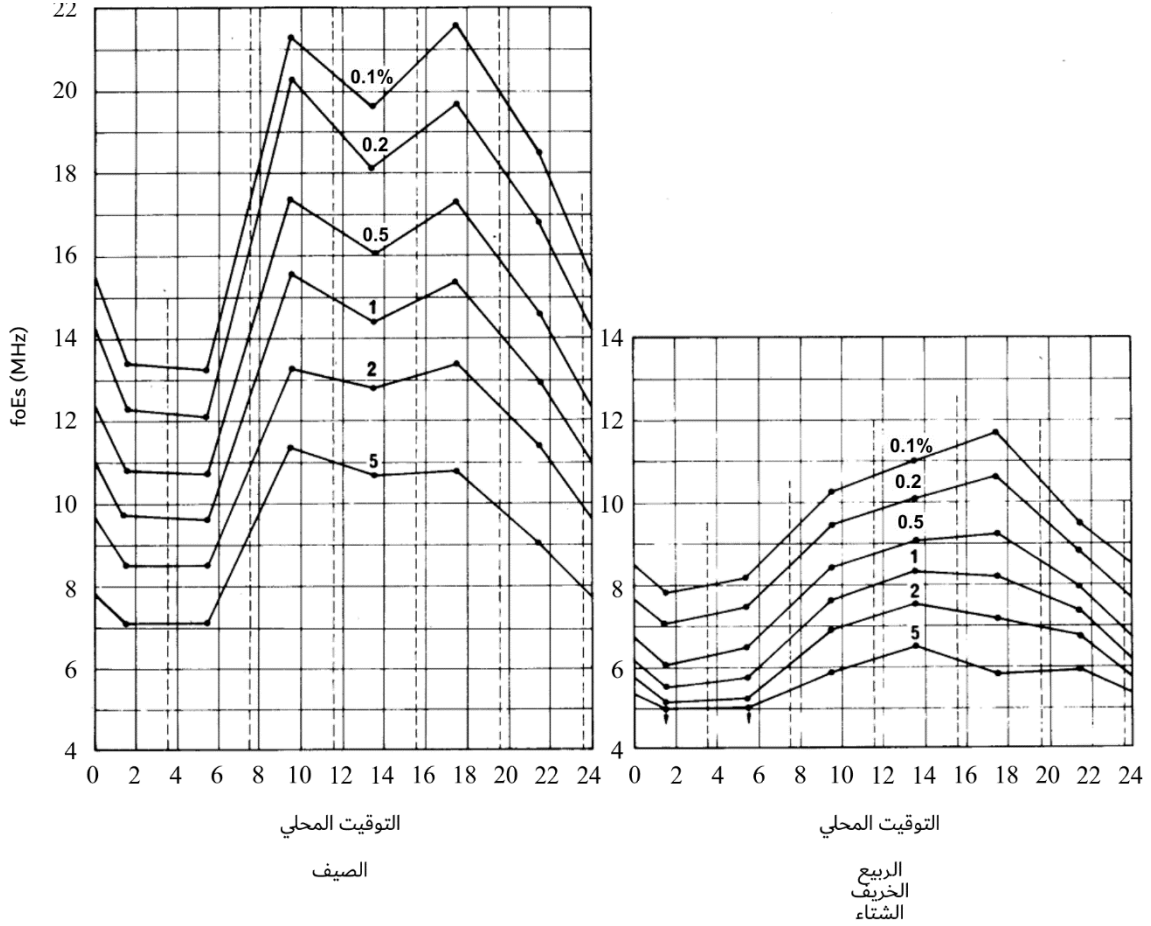
الشكل 8

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليه كمعلمة للمنحنى خلال فترات زمنية تبلغ 4 ساعات (مبينة بواسطة الخطوط العمودية المتقطعة) في الإقليم B (أمريكا الشمالية)



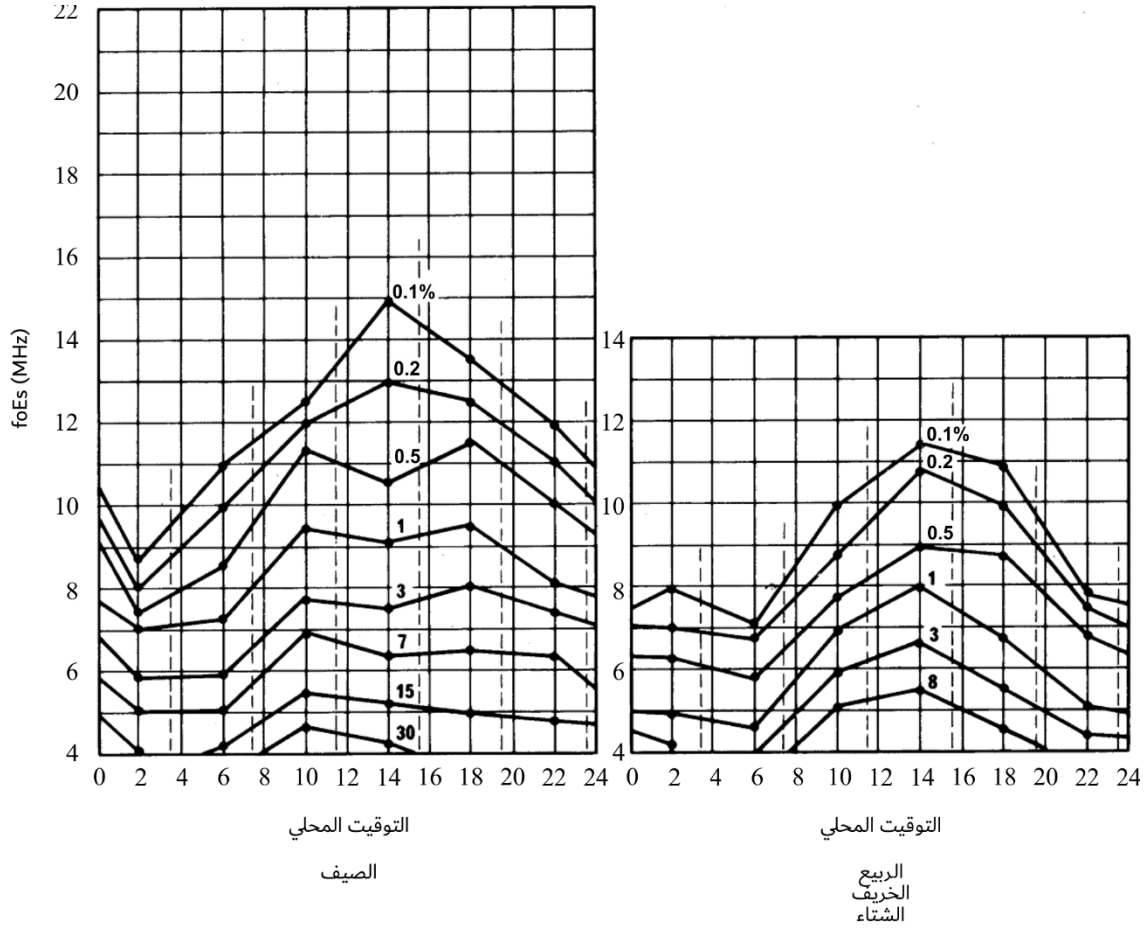
الشكل 9

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليه كمعلمة للمنحنى خلال فترات زمنية تبلغ 4 ساعات (مبينة بواسطة الخطوط العمودية المتقطعة) في الإقليم C (آسيا (الشرق الأقصى))



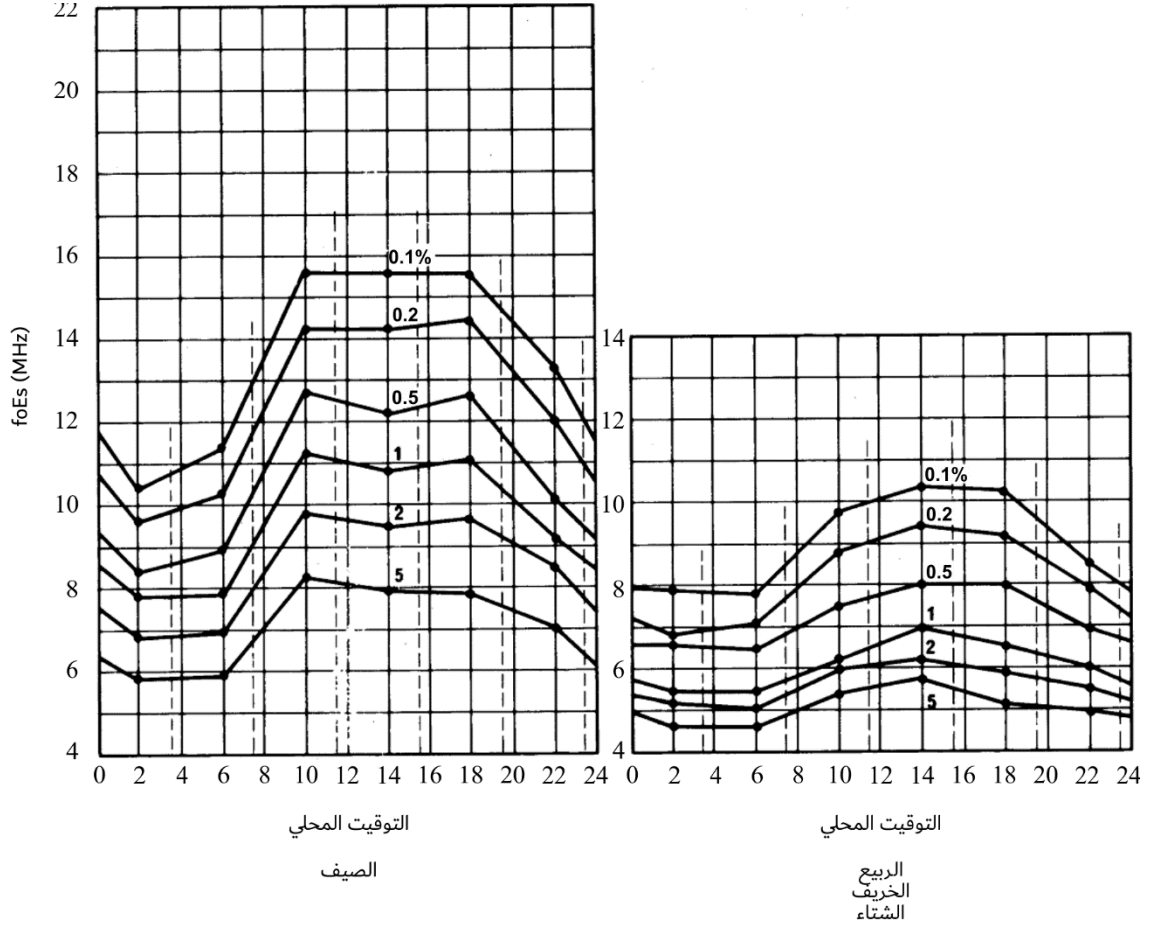
الشكل 10

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المتوقعة من الوقت المشار إليه كمعلمة للمنحنى خلال فترات زمنية تبلغ 4 ساعات (مبينة بواسطة الخطوط العمودية المتقطعة) في الإقليم D (أمريكا الجنوبية)



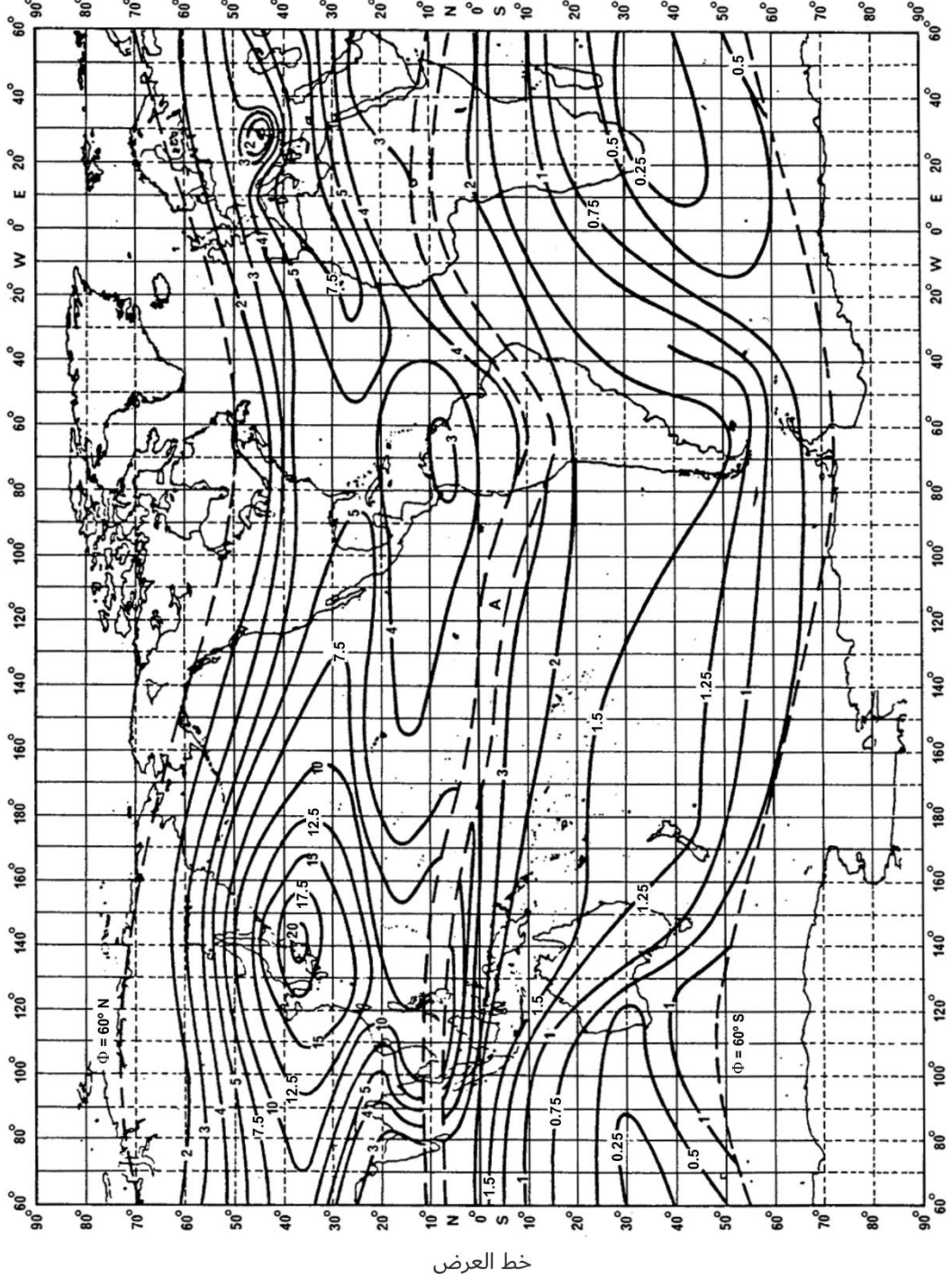
الشكل 11

قيم foEs المساواة أو المتجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليه كمعلمة للمنحنى خلال قدرات زمنية تبلغ 4 ساعات (مبينة بواسطة الخطوط العمودية المتقطعة) للأقاليم A و B و C و D



الشكل 12

النسب المئوية من الوقت التي يساوي خلالها التردد الحرج للطبقة E المتفرقة (foEs) أو يتجاوز 7 MHz عند ورود عمودي في أقاليم خط عرض متوسط ولأشهر مايو ويونيو ويوليو وأغسطس

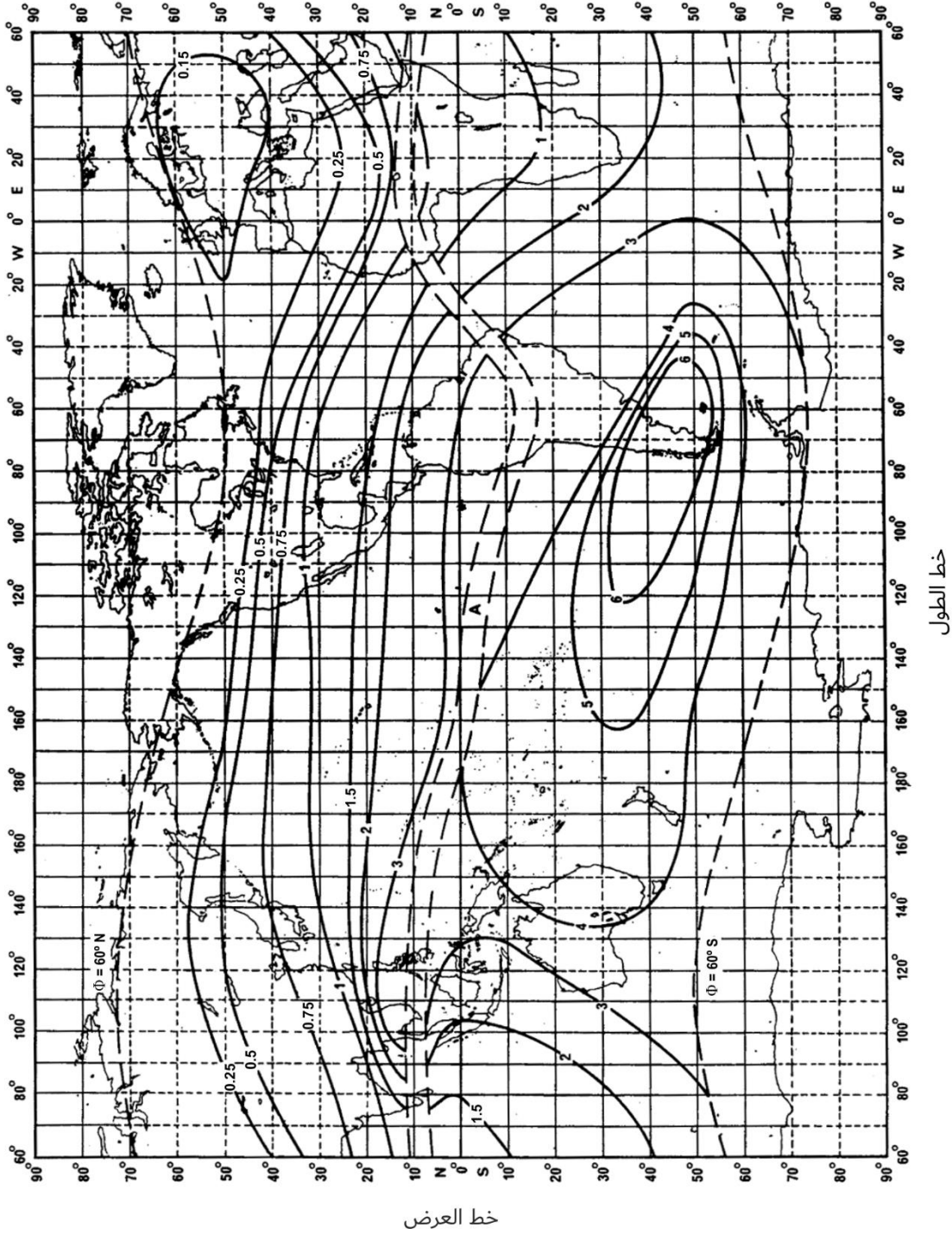


إقليم خط عرض منخفض (انظر الفقرة 4)

P.0534-12

الشكل 13

النسب المئوية من الوقت التي يساوي خلالها التردد الحرج للطبقة E المنفردة (foEs) أو يتجاوز 7 MHz عند ورود عمودي في أقاليم خط عرض متوسط ولأشهر نوفمبر وديسمبر ويناير وفبراير

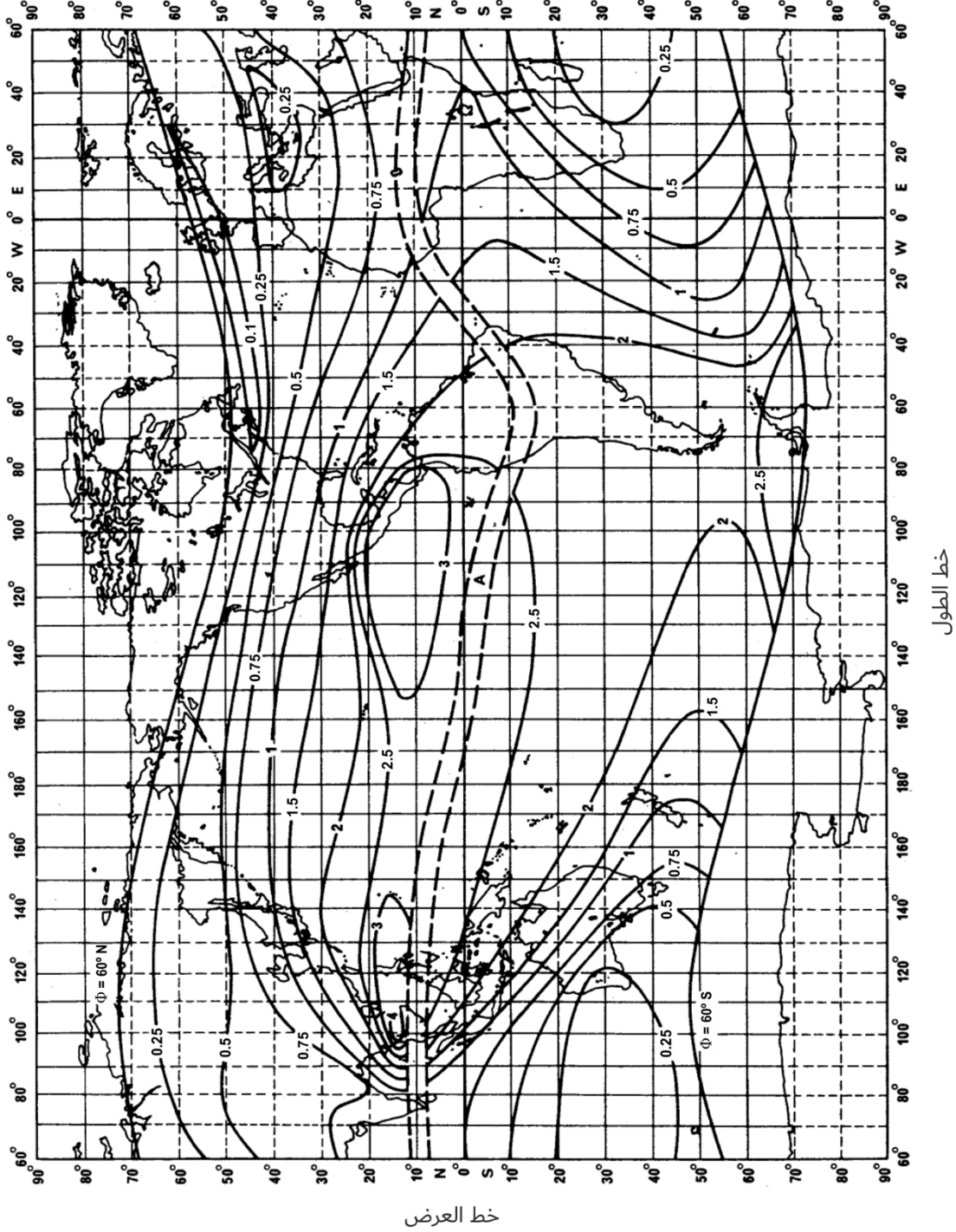


P.0534-13

A: إقليم خط عرض منخفض (انظر الفقرة 4)

الشكل 14

النسب المئوية من الوقت التي يساوي خلالها التردد الحرج للطبقة E المنفردة (foEs) أو يتجاوز 7 MHz عند ورود عمودي في أقاليم خط عرض متوسط ولأشهر مارس وأبريل وسبتمبر وأكتوبر

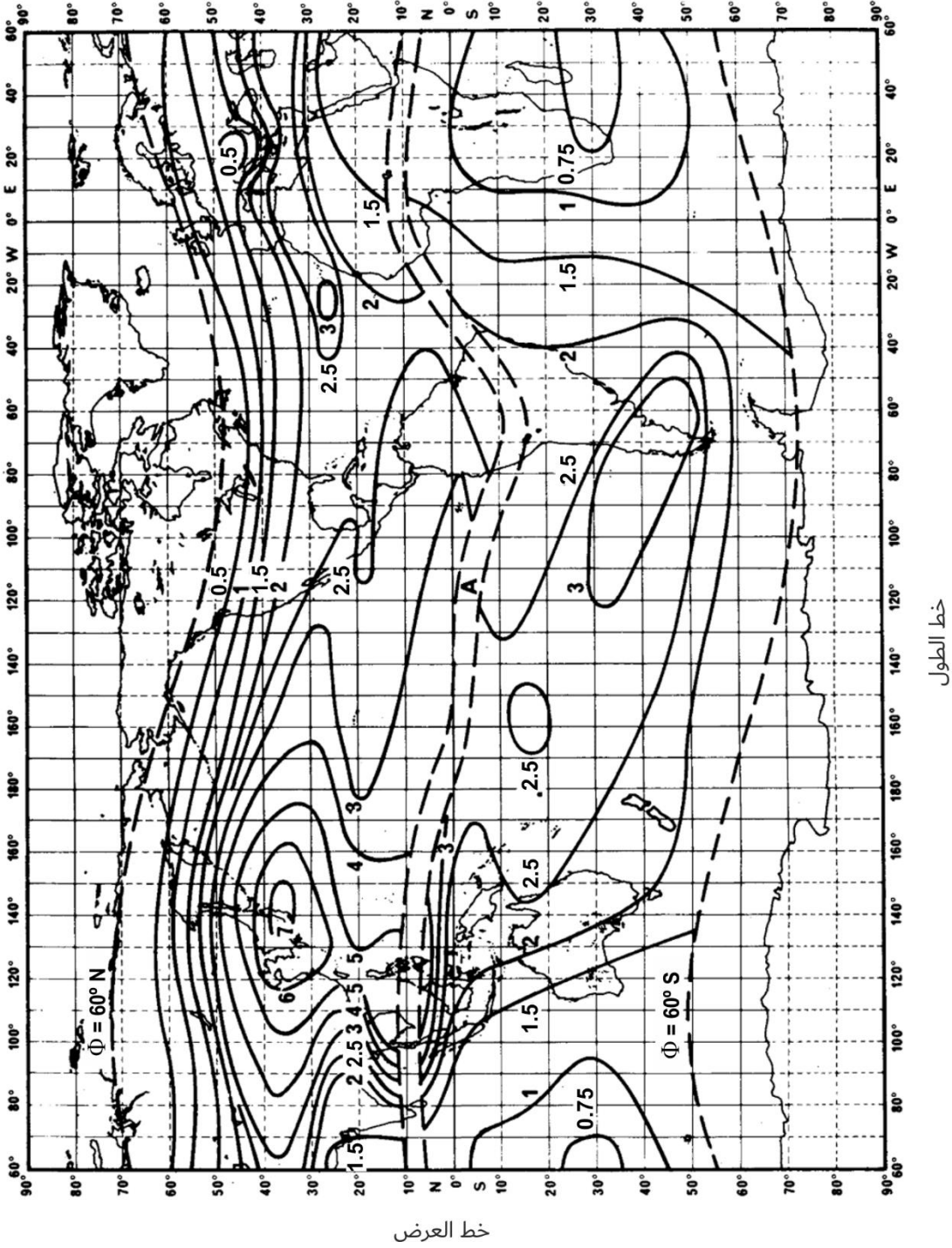


A: إقليم خط عرض منخفض (انظر الفقرة 4)

P.0534-14

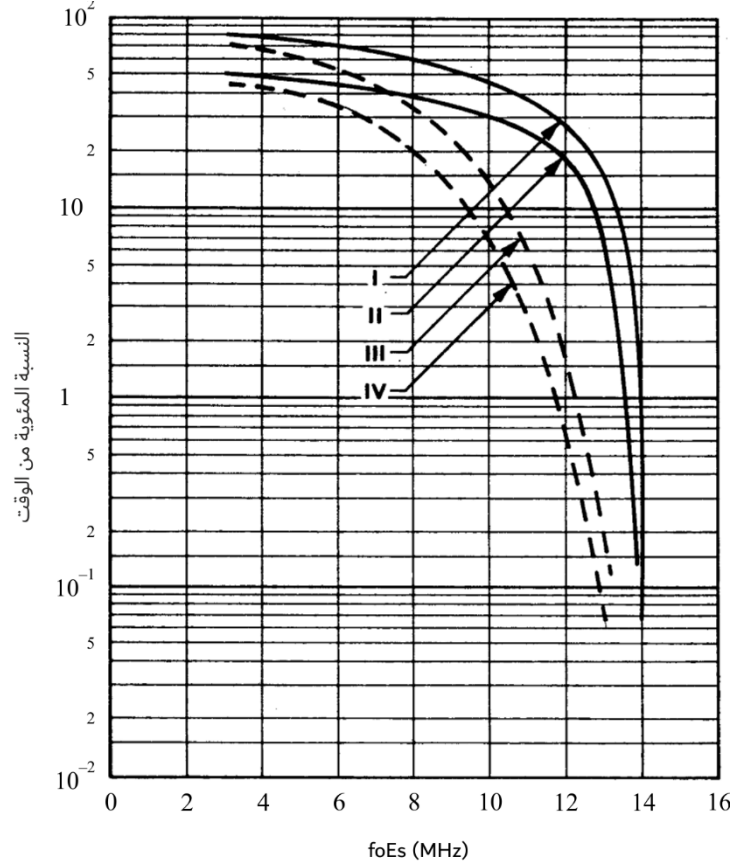
الشكل 15

النسب المئوية من الوقت التي يساوي خلالها التردد الحرج للطبقة E المتفرقة (foEs) أو يتجاوز 7 MHz عند ورود عمودي في أقاليم خط عرض متوسط خلال أشهر السنة الاثني عشر



الشكل 16

قيم foEs مساواة أو متجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليها



الإقليم E: آسيا الاستوائية (خط عرض الميل $\pm 6^\circ$)

I: سنوات النشاط الشمسي الأقصى (من الساعة 0600 إلى 1800).

المتوسط السنوي

II: سنوات النشاط الشمسي الأقصى.

المتوسط السنوي

III: سنوات النشاط الشمسي المتوسط والمنخفض (من الساعة 0600 إلى 1800).

المتوسط السنوي

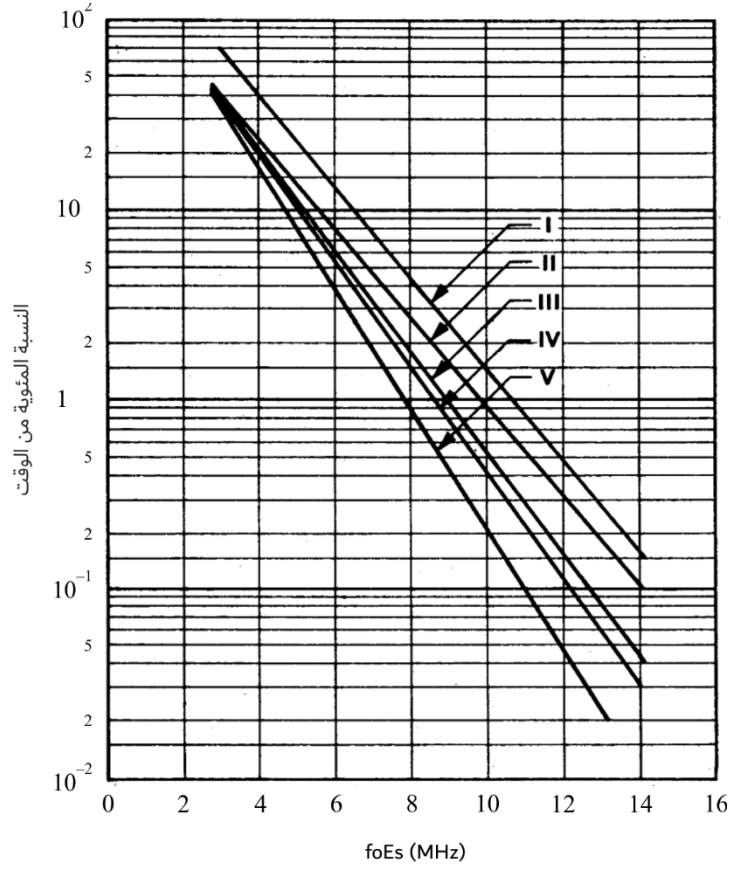
IV: سنوات النشاط الشمسي المتوسط والمنخفض.

المتوسط السنوي

P.0534-16

الشكل 17

قيم foEs مساواة أو متجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليها

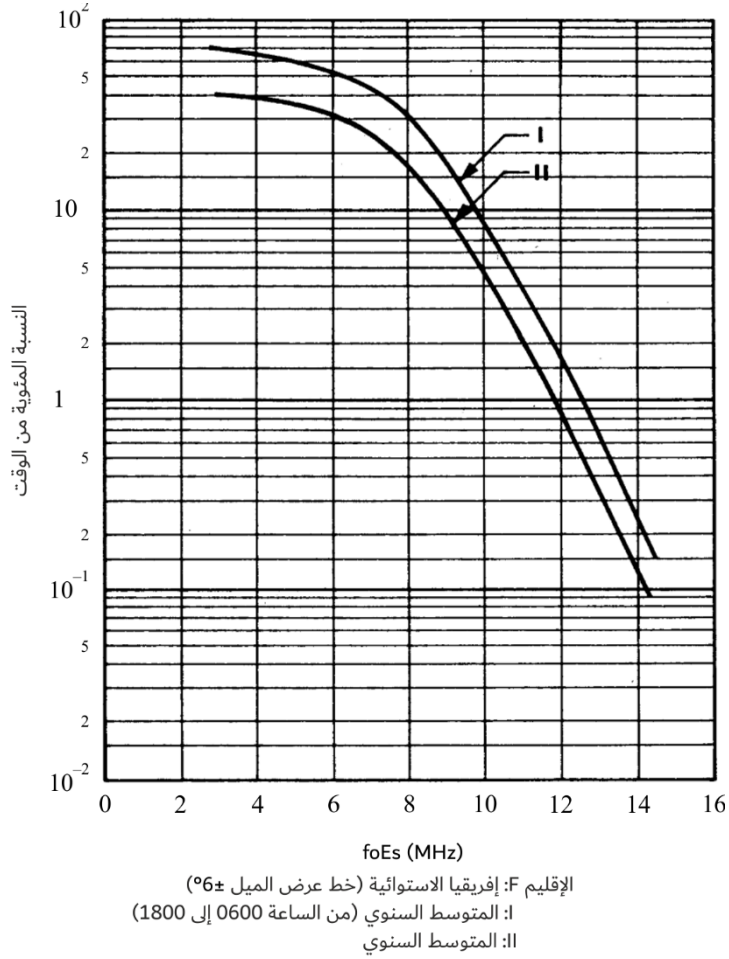


الإقليم E: آسيا دون الاستواء (بين $6\pm^\circ$ و $20\pm^\circ$ من خط عرض الميل)
 ا: الصيف (من الساعة 0600 إلى 1800)
 اا: الصيف
 ااا: المتوسط السنوي
 اااا: الاعتدال الربيعي
 ااااا: الشتاء

P.0534-17

الشكل 18

قيم foEs مساواة أو متجاوزة خلال النسب المتوية من الوقت المشار إليها

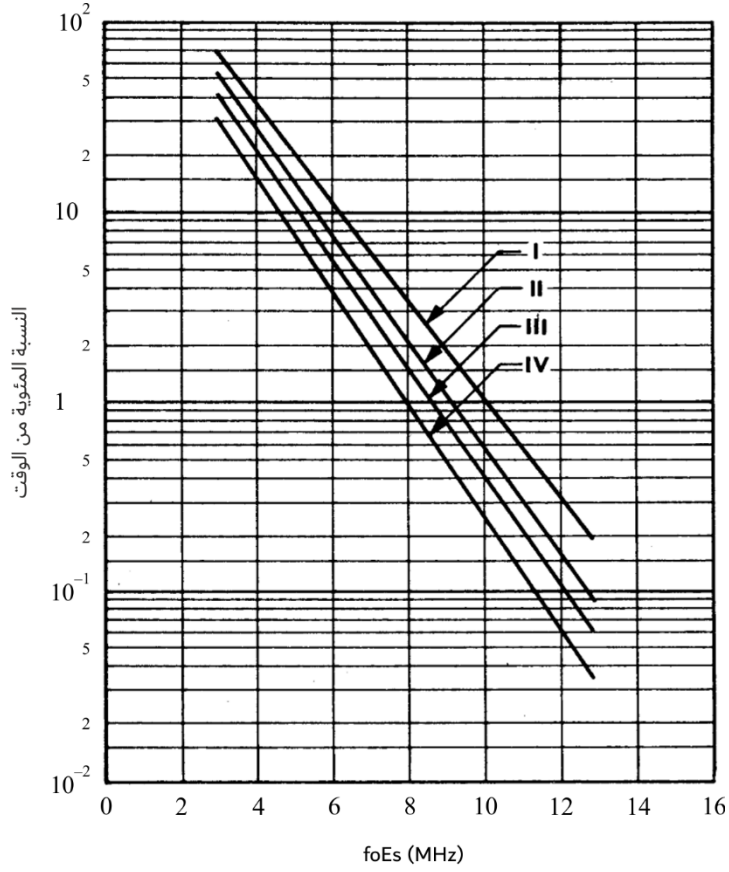


P.0534-18

ملاحظة بشأن الشكل 18: تكون الاختلافات بين الفصول أصغر من متوسط الخطأ السنوي. من ناحية أخرى، ليس هناك تغير ملحوظ بدلالة النشاط الشمسي.

الشكل 19

قيم foEs مساواة أو متجاوزة خلال النسب المتوية من الوقت المشار إليها



الإقليم F: إفريقيا دون الاستواء (بين $6\pm$ و $20\pm$ من خط عرض الميل)

I: الصيف (من الساعة 0600 إلى 1800)

II: الصيف

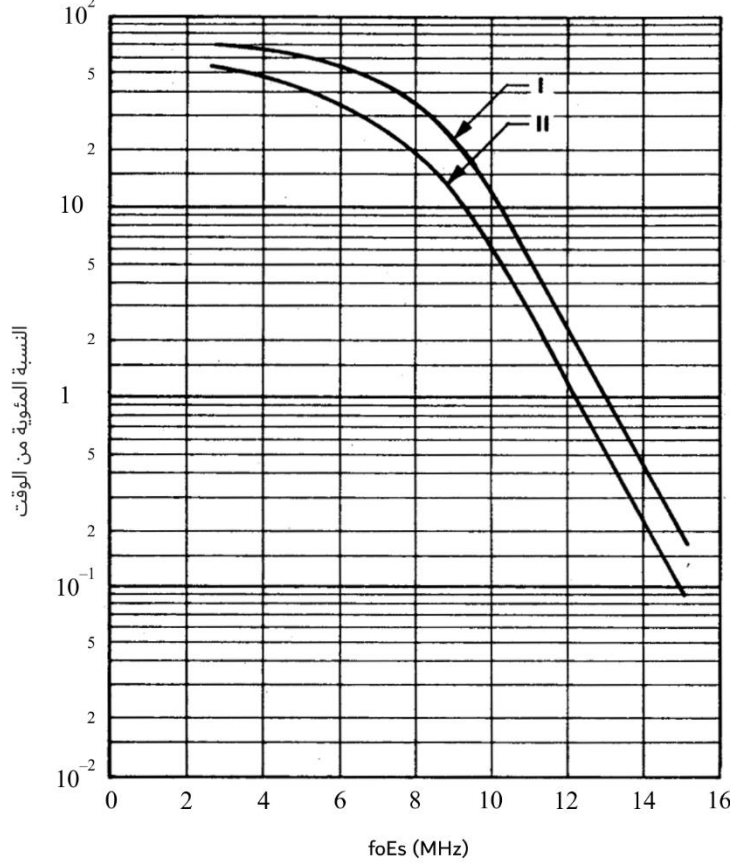
III: المتوسط السنوي والاعتدال الربيعي

IV: الشتاء

P.0534-19

الشكل 20

قيم foEs مساواة أو متجاوزة خلال النسب المتوية من الوقت المشار إليها



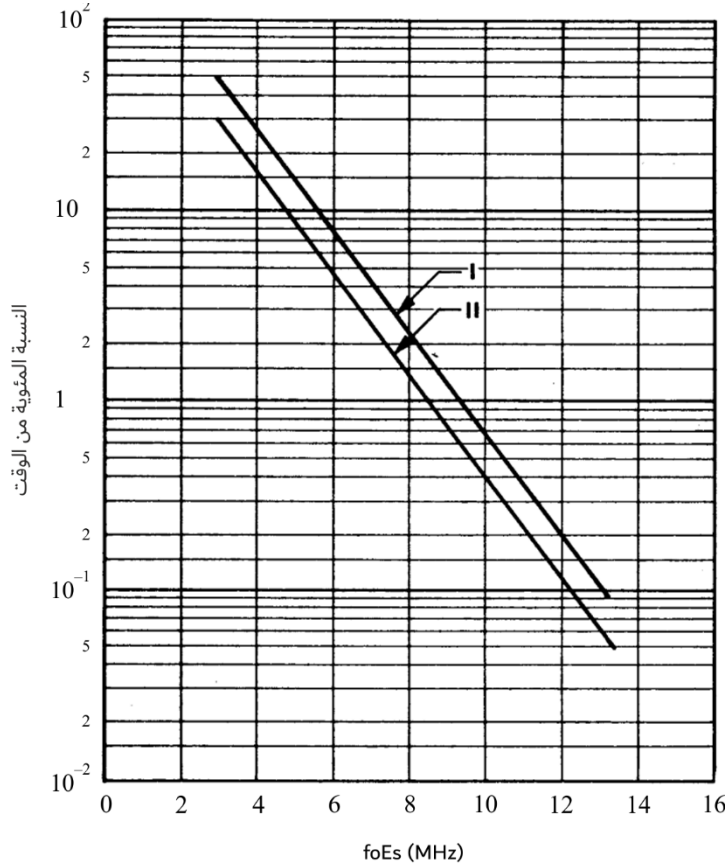
الإقليم G: أمريكا الاستوائية (خط عرض الميل $\pm 6^\circ$)
 I: المتوسط السنوي (من الساعة 0600 إلى 1800)
 II: المتوسط السنوي

P.0534-20

ملاحظة بشأن الشكل 20: تكون الاختلافات بين الفصول أصغر من متوسط الخطأ السنوي.

الشكل 21

قيم foEs مساواة أو متجاوزة خلال النسب المئوية من الوقت المشار إليها



الإقليم G: أمريكا شبه الاستوائية (خط عرض الميل بين $6\pm$ و $20\pm$)
 ا: المتوسط السنوي (من الساعة 0600 إلى 1800)
 اا: المتوسط السنوي

P.0534-21

ملاحظة بشأن الشكل 21: تكون الاختلافات بين الفصول أصغر من متوسط الخطأ السنوي.

3.4 الخرائط العالمية التي تبين تجاوز القيمة foEs لنسب مئوية سنوية من الوقت

تيسيراً للتنبؤات القائمة على الحاسوب، تم وضع خرائط بالتردد الحرج للطبقة E المتفرقة foEs (MHz) الذي لا يتم تجاوزه لنسب مئوية سنوية من الوقت 50% و 10% و 1% و 0,1%. واستندت هذه الخرائط إلى مجموعة من البيانات العالمية تشمل قياسات طويلة الأمد من عدد 101 محطة مسبار أيونوسفيري. وهذه الخرائط متاحة بنسق إلكتروني على الموقع الإلكتروني للجنة الدراسات 3 بقطاع الاتصالات الراديوية. ويعرض الشكل 22 مثلاً للنسبة 50%.

يمثل التردد الحرج للطبقة E المتفرقة foEs (MHz) الذي لا يتم تجاوزه لنسب مئوية سنوية من الوقت 50% و 10% و 1% و 0,1%، جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية ومتاحاً كخرائط رقمية في الملف المضغوط الإضافي [R-REC-P.534-6-202109-I!!ZIP-E.zip](#). وتستند هذه الخرائط إلى مجموعة من البيانات العالمية تشمل قياسات طويلة الأمد من عدد 101 محطة مسبار أيونوسفيري. وتتراوح شبكة خط العرض من 90 درجة شمالاً إلى 90 درجة جنوباً بخطوات تبلغ كل منها 1,5 درجة، وتتراوح شبكة خط الطول من 0 درجة شرقاً إلى 360 درجة شرقاً تبلغ كل منها 1,5 درجة.

5 تنبؤات الطبقة E المتفرقة (Es) استناداً إلى خرائط إحصائية سنوية

تعطي هذه الطريقة خسارة إرسال أساسية للطبقة Es يتم تجاوزها لنسب مئوية تساوي 0,1% و 1% و 10% و 50% من أي سنة متوسطة. وهي مصممة في الأساس للتنفيذ الحاسوبي المطلوب فيه تغير منتظم للخسارة المتنبأ بها مع الموقع، وذلك للتنبؤ بشكل أساسي بالتداخل على مسيرات طويلة بالنسبة لخطوط العرض المنخفضة والمتوسطة. ولا ينبغي اعتبار هذه الطريقة موثوقة بالنسبة لخطوط العرض الهندسية المنخفضة والعالية.

ويتضمن الحساب حجب المطراف الذي يتغير طبقاً لزاوية الانطلاق. لذا تجرى الحسابات بالنسبة لجميع أطوال المسيرات في حالتي القفرة الواحدة والقفرتين. وتدمج هاتان النتيجتان في نهاية العملية.

وعندما لا تتوفر معلومات عن زاوية ارتفاع خط أفق المطراف ومسافته، تستعمل قيم تقديرية. وإذا كانت الأراضي في المنطقة المعنية منبسطة أو تتضمن مساحات واسعة من المياه، يمكن للانعكاسات السطحية أن تؤثر في الانتشار الأيونوسفيري بخفض قيم الخسارة. والطريقة التالية لا تحاول تقييم هذا الأثر.

1.5 اشتقاق القيمة foEs

نسب مئوية معينة من الوقت $p\%$ ، اضبط قيمتي النسبة المئوية من الوقت بالنسبة للاستعمال الداخلي والاستكمال الخارجي، p_1 و p_2 ، حسب الجدول 1.

الجدول 1

شروط تحديد p_1 و p_2

p_2	p_1	الوقت $p\%$
1%	0,1%	$p < 1\%$
10%	1%	$1\% \leq p \leq 10\%$
50%	10%	$10\% < p$

بالنسبة لموقع معين، يتم الحصول على القيمتين f_{oEs1} و f_{oEs2} من الخرائط التي يتم فيها تجاوز القيمة f_{oEs} المتجاوزة للنسبتين $p_1\%$ و $p_2\%$ من الوقت، على التوالي. يتم حساب القيمة f_{oEs} المتجاوزة للنسبة $p\%$ من الوقت باستعمال:

$$(7) \quad f_{oEs} = f_{oEs1} + (f_{oEs2} - f_{oEs1}) \cdot \log(p / p_1) / \log(p_2 / p_1) \quad (\text{MHz})$$

2.5 زوايا ارتفاع الأفق

يمكن حدوث توهين إضافي بسبب العوائق الأرضية الناتجة عن التضاريس عند أي من المطرافين.

بالنسبة لكل مطراف، تُحدد نقطة أرضية عبر مسير الدائرة العظمى من المطراف تجاه المطراف الآخر والتي تكون زاوية الارتفاع فيها هي الأكبر فوق خط الأفق المحلي كما تُرى من المطراف. ويتحصل على زاوية ارتفاع أي نقطة أرضية كالتالي:

$$(8) \quad \varepsilon_p = \arctan \left(\frac{h_p - h_a}{1000d_p} - \frac{d_p}{2R_0} \right) \quad (\text{radians})$$

حيث:

d_p : المسافة إلى النقطة الأرضية، km؛

h_p : ارتفاع النقطة الأرضية فوق مستوى سطح البحر، m؛

h_a : ارتفاع هوائي المطراف فوق مستوى سطح البحر، m.

يجري هذا الحساب مرتين، مرة لكل مطراف للحصول على ما يلي:

$\varepsilon_{ha,b}$: زاوية الارتفاع من خط الأفق عند المطرافين الأول والثاني، بوحدات القياس الدائري؛

$d_{ha,b}$: المسافة إلى خط الأفق عند المطرافين الأول والثاني، km.

3.5 حساب الانتشار على قفزة واحدة

تم الحصول على القيمة f_{oEs} ، بالحساب بواسطة المعادلة (7) لنقطة عند منتصف المسير للحصول على الخسارة الأيونوسفيرية لقفزة واحدة، Γ_1 ، باستعمال المعادلة (3).

يحسب طول المسير المائل:

$$(9) \quad (km) \quad l_1 = 2 \left\{ R_0^2 + (R_0 + h)^2 - 2R_0(R_0 + h)\cos(d/(2R_0)) \right\}^{0.5}$$

ويمكن الآن حساب خسارة الفضاء الحر للمسافة المائلة:

$$(10) \quad (dB) \quad L_{bfs1} = 32.4 + 20\log(l_1 \cdot f)$$

وتحسب زاوية انطلاق الشعاع فوق خط الأفق المحلي عند المطرافين بالنسبة للقفزة الواحدة كالتالي:

$$(11) \quad (radians) \quad \varepsilon_{r1} = 0.5\pi - \arctan \left\{ \frac{R_0 \sin(\alpha_1)}{h + R_0[1 - \cos(\alpha_1)]} \right\} - \alpha_1$$

حيث:

$$(أ11) \quad (radians) \quad \alpha_1 = d/(2R_0)$$

وتحسب زاويتا الانعراج للمطرافين بالمعادلة:

$$(12) \quad (radians) \quad \delta_{1a,b} = \varepsilon_{ha,b} - \varepsilon_{r1}$$

ويحسب معاملا الانعراج المقابلين كالتالي:

$$(أ13) \quad v_{1a,b} = 3.651 \sqrt{f d_{ha,b} [1 - \cos(\delta_{1a,b})] / \cos(\varepsilon_{ha,b})} \quad \text{if } \delta_{1a,b} \geq 0$$

$$(ب13) \quad = -3.651 \sqrt{f d_{ha,b} [1 - \cos(\delta_{1a,b})] / \cos(\varepsilon_{ha,b})} \quad \text{otherwise}$$

وتحسب خسارة الانعراج بوحدات dB عند المطرافين كالتالي:

$$(أ14) \quad L_{p1a,b} = 6.9 + 20\log \left[\sqrt{(v_{1a,b} - 0.1)^2 + 1} + v_{1a,b} - 0.1 \right] \quad \text{if } v_{1a,b} > -0.78$$

$$(ب14) \quad \text{otherwise} = 0.0$$

وبالتالي، تحسب خسارة الإرسال الأساسية بقفزة واحدة للطبقة dB كالتالي:

$$(15) \quad (dB) \quad L_{bEs1} = L_{bfs1} + \Gamma_1 + L_{p1a} + L_{p1b}$$

4.5 حساب الانتشار على قفزين

يتم الحصول على القيمة f_{oEs} ، على أساس القيمة بين القيمتين المحسوبتين بالمعادلة (7) عند ربع وثلاثة أرباع المسير لإعادة حساب Γ_1 باستعمال المعادلة (3) ومن ثم الحصول على الخسارة الأيونوسفيرية بالنسبة لقفزين، Γ_2 ، باستخدام المعادلة (4).
يحسب طول المسير المائل كالتالي:

$$(16) \quad (\text{km}) \quad l_2 = 4 \left\{ R_0^2 + (R_0 + h)^2 - 2R_0(R_0 + h) \cos(d/(4R_0)) \right\}^{0.5}$$

وبالتالي، يمكن حساب خسارة الفضاء الحر للمسافة المائلة كالتالي:

$$(17) \quad (\text{dB}) \quad L_{bfs2} = 32.4 + 20 \log(l_2 \cdot f)$$

ويتم الحصول على زاوية انطلاق الشعاع فوق خط الأفق المحلي عند كل من المطرافين بالنسبة لقفزين بالمعادلة:

$$(18) \quad (\text{radians}) \quad \varepsilon_{r2} = 0.5\pi - \arctan \left\{ \frac{R_0 \sin(\alpha_1)}{h + R_0 [1 - \cos(\alpha_1)]} \right\} - \alpha_2$$

حيث:

$$(18) \quad (\text{radians}) \quad \alpha_2 = d/(4R_0)$$

وتحسب زاويتا الانعراج، بالقياس الدائري، للمطرفين كالتالي:

$$(19) \quad (\text{radians}) \quad \delta_{2a,b} = \varepsilon_{p2a,b} - \varepsilon_{r2}$$

ويحسب معاملا الانعراج المقابلين كالتالي:

$$(20) \quad v_{2a,b} = 3.651 \sqrt{f d_{ha,b} [1 - \cos(\delta_{2a,b})] / \cos(\varepsilon_{ha,b})} \quad \text{if } \delta_{2a,b} \geq 0$$

$$(20) \quad = -3.651 \sqrt{f d_{ha,b} [1 - \cos(\delta_{2a,b})] / \cos(\varepsilon_{ha,b})} \quad \text{otherwise}$$

وتحسب قيمتا خسارة الانعراج، بوحدات dB، عند كل من المطرافين كالتالي:

$$(21) \quad L_{p2a,b} = 6.9 + 20 \log \left[\sqrt{(v_{2a,b} - 0.1)^2 + 1} + v_{2a,b} - 0.1 \right] \quad \text{if } v_{2a,b} > -0.78$$

$$(21) \quad = 0,0 \quad \text{otherwise}$$

وبالتالي، تحسب خسارة الإرسال الأساسية بالنسبة لقفزين للطبقة E بالمعادلة:

$$(22) \quad (\text{dB}) \quad L_{bEs2} = L_{bfs2} + \Gamma_2 + L_{p2a} + L_{p2b}$$

5.5 خسارة الإرسال الأساسية

والآن، يتم الحصول على الخسارة الأساسية في الإرسال للطبقة E، L_b (dB) كالتالي:

$$(أ23) \quad L_{bEs1} < L_{bEs2} - 20 \quad L_{bEs} = L_{bEs1}$$

$$(ب23) \quad L_{bEs2} < L_{bEs1} - 20 \quad = L_{bEs2}$$

$$(ج23) \quad = -10 \cdot \log(10^{-0.1 \cdot L_{bEs1}} + 10^{-0.1 \cdot L_{bEs2}}) \quad \text{otherwise}$$
