الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.1144-8

(2017/06)

دليل تطبيق أساليب الانتشار للجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية

السلسلة P

انتشار الموجات الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد 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	العنوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	**انتشار الموجات الراديوية**
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2018

© ITU 2018
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.1144-8

دليل تطبيق أساليب الانتشار للجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية

(2017-2015-2012-2009-2007-2001-1999-1995)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية دليلاً لتوصيات لجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية التي تتضمن أساليب التنبؤ بالانتشار. كما أنها تسدي المشورة للمستعملين بشأن الأساليب الأكثر ملاءمة لتطبيقات معينة إلى جانب الحدود ومعلومات الدخل والخرج اللازمة لكل من هذه الأساليب.

مصطلحات رئيسية

انتشار الموجات الراديوية، أساليب التنبؤ، منتجات رقمية، الاستكمال الداخلي المكاني، نظام مراجع الارتفاع

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن ثمة حاجة لمساعدة مستعملي توصيات السلسلة P لقطاع الاتصالات الراديوية (التي تعدها لجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية)،

توصي

1 بأن تستعمل المعلومات المتضمنة في الجدول 1 كإرشادات لتطبيق مختلف أساليب الانتشار المتضمنة في توصيات السلسلة P لقطاع الاتصالات الراديوية (التي تعدها لجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية)؛

2 بأن تستعمل المعلومات المتضمنة في الجدول 2 والملحق 1 كإرشادات لاستعمال مختلف الخرائط الرقمية للمعلمات الجيوفيزيائية اللازمة لتطبيق أساليب التنبؤ بالانتشار المذكورة في الفقرة 1 أعلاه من *"توصي"*.

الملاحظة 1 – ترافق كلاً من توصيات قطاع الاتصالات الراديوية في الجدول 1، أعمدة خاصة بالمعلومات تدل على:

التطبيق: الخدمة (الخدمات) أو التطبيق الذي تكرس له التوصية.

النمط: الحالة التي تنطبق عليها التوصية، مثل الانتشار من نقطة–إلى–نقطة، أو من نقطة–إلى–منطقة، أو في خط البصر، إلخ.

بيانات الخرج: قيمة معلمة الخرج التي تنتجها طريقة التوصية مثل الخسارة على المسير.

التردد: مدى التردد الذي يطبق من أجله التوصية.

المسافة: مدى المسافة الذي يطبق من أجله التوصية.

النسبة المئوية من الوقت: القيم أو مدى قيم النسب المئوية من الوقت التي تطبق فيها التوصية؛ والنسبة المئوية من الوقت هي النسبة المئوية التي يتم أثناءها تجاوز الإشارة المتوقعة في خلال سنة متوسطة.

النسبة المئوية من المواقع: مدى النسب المئوية من المواقع التي تطبق فيها التوصية، وتقابل النسبة المئوية من المواقع النسبة المئوية من المواقع التي يتم فيها تجاوز الإشارة المتوقعة داخل مربع بضلع من 100 m إلى 200 m، على سبيل المثال.

ارتفاع المطراف: مدى ارتفاع هوائي المطراف الذي تطبق من أجله التوصية.

بيانات الدخل: قائمة من المعلمات تستعملها طريقة التوصية؛ وترتب القائمة وفقاً لأهمية المعلمة، ويمكن، في بعض الحالات، أن تستعمل قيم افتراضية.

يبين الجدول 1 أن المعلومات متوفرة بالفعل في التوصيات نفسها، غير أن الجدول يتيح للمستعملين مسحاً سريعاً لقدرات التوصيات (وحدودها) دون الاضطرار إلى البحث عنها في النص.

الجدول 1

الأساليب التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية للتنبؤ بالانتشار بالموجات الراديوية

الطريقة	العنوان	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	بيانات الدخل
التوصية ITU-R P.368	منحنيات انتشار الموجة الأرضية للترددات ما بين 10 kHz و30 MHz	جميع الخدمات	من نقطة-إلى-نقطة	شدة المجال	من 10 kHz إلى 30 MHz	من 1 إلى 10 000 km	غير مطبقة	غير مطبقة	مطراف على الأرض	التردد توصيلية الأرض
التوصية ITU-R P.452	إجراء التنبؤ لتقدير التداخل بين المحطات على سطح الأرض عند ترددات تفوق 0,1 GHz تقريباً	خدمات تستعمل محطات على سطح الأرض؛ التداخل	من نقطة-إلى-نقطة	خسارة على المسير	من 100 MHz إلى 50 GHz	غير محددة لكنها تصل إلى الأفق الراديوي وإلى ما ورائه	من 0,001 إلى 50 السنة المتوسطة والشهر الأسوأ	غير مطبقة	حدود غير معرفة داخل الطبقة السطحية للغلاف الجوي (لا تناسب تطبيقات الطيران)	البيانات المتعلقة بمواصفات المسير التردد النسبة المئوية من الوقت ارتفاع هوائي الإرسال ارتفاع هوائي الاستقبال خط العرض وخط الطول للمرسل خط العرض وخط الطول للمستقبل بيانات الأرصاد الجوية الاستقطاب
التوصية ITU-R P.528	منحنيات الانتشار للخدمات المتنقلة للطيران وخدمات الملاحة الراديوية العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF) والموجات السنتيمترية (SHF)	خدمة متنقلة للطيران	من نقطة-إلى-منطقة	خسارة على المسير	من 125 MHz إلى 15,5 GHz	من 0 إلى 1 800 km (في التطبيقات الخاصة بالطيران، لا تعني مسافة أفقية مقدارها 0 km أن طول المسير يساوي 0 km)	من 1 إلى 95	غير مطبقة	H1: 1,5 m إلى 20 km H2:1 إلى 20 km	المسافة ارتفاع المرسل التردد ارتفاع المستقبل النسبة المئوية من الوقت

الجدول 1 (*تابع*)

الطريقة	العنوان	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	بيانات الدخل
التوصية ITU-R P.530	بيانات الانتشار وطرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم أنظمة راديوية للأرض في خط البصر	وصلات ثابتة في خط البصر	من نقطة–إلى–نقطة في خط البصر	خسارة على المسير تحسن في التنوع (ظروف الجو الصافي) XPD[2] انقطاع خصائص الخطأ	من 150 MHz إلى 1 00 GHz تقريباً	وصولاً إلى 200 km في حال خط البصر	كل النسب المئوية الزمنية في ظروف الجو الصافي؛ من 1 إلى 0,001 في وجود الهواطل[1] والشهر الأسوأ بالنسبة للتوهين	غير مطبقة	ارتفاع كافٍ لضمان خلوص المسير المحدد في التوصية	المسافة ارتفاع المرسل التردد ارتفاع المستقبل النسبة المئوية من الوقت بيانات عن إعاقة المسير بيانات عن المناخ معلومات عن التضاريس
التوصية ITU-R P.533	طريقة التنبؤ بأداء الدارات العاملة بالموجات الديكامترية (HF)	إذاعة خدمة ثابتة خدمة متنقلة	من نقطة–إلى–نقطة	MUF (أقصى تردد مستعمل) أساسي شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية القدرة المتيسرة عند المستقبل نسبة الإشارة إلى الضوضاء LUF (أدنى تردد مستعمل) موثوقية الدارة	من 2 إلى 30 MHz	من 0 إلى 40 000 km	كل النسب المئوية	غير مطبقة	غير مطبق	خط العرض وخط الطول للمرسل خط العرض وخط الطول للمستقبل عدد الكلف الشمسية الشهر الوقت (أو الأوقات) في النهار الترددات قدرة المرسل نمط هوائي المرسل نمط هوائي المستقبل
التوصية ITU-R P.534	طريقة حساب شدة مجال الطبقة E المتفرقة	خدمة ثابتة خدمة متنقلة إذاعة	من نقطة–إلى–نقطة عبر الطبقة E المتفرقة	شدة المجال	من 30 إلى 100 MHz	من 0 إلى 4 000 km	من 0,1 إلى 50	غير مطبقة	غير مطبق	المسافة التردد
التوصية ITU-R P.617	تقنيات التنبؤ بالانتشار والمعطيات المطلوبة من أجل تصميم أنظمة المرحل الراديوي العابرة للأفق	وصلات ثابتة عبر الأفق	من نقطة–إلى–نقطة	خسارة على المسير	> 30 MHz	من 100 إلى 1 000 km	20، 50، 90، 99، 99,9	غير مطبقة	حدود غير معرفة داخل الطبقة السطحية للغلاف الجوي (لا تناسب تطبيقات الطيران)	التردد كسب هوائي المرسل كسب هوائي المستقبل هندسة المسير

الجدول 1 (*تابع*)

الطريقة	العنوان	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	بيانات الدخل
التوصية ITU-R P.618	بيانات الانتشار وطرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم أنظمة الاتصالات أرض–فضاء	ساتلي	من نقطة–إلى–نقطة	خسارة على المسير كسب التنوع وفك الاقتران XPD[2] (في وجود الهواطل)	من 1 إلى 55 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	0,001 إلى 5 (في حالة التوهين بالمطر؛ 0,001 إلى 50 في حالة التوهين الكامل؛ 0,001 إلى 1 في حالة التمييز XPD[2]	غير مطبقة	لا توجد حدود	بيانات الأرصاد الجوية التردد زاوية الارتفاع ارتفاع المحطة الأرضية الفصل والزاوية بين مواقع المحطات الأرضية (في حالة كسب التنوع) قطر الهوائي والكفاءة (في حالة التلألؤ) زاوية الاستقطاب (في حالة XPD[2])
التوصية ITU-R P.619	بيانات الانتشار المطلوبة لتقدير التداخل بين محطات في الفضاء ومحطات على سطح الأرض	ساتلي	من نقطة–إلى–نقطة	خسارة إرسال أساسية لتداخل وحيد المصدر خسارة إرسال أساسية في الجو الصافي لتداخل متعدد المصادر	من 0,1 GHz إلى 100 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	0,001 إلى 50	غير مطبقة	لا توجد حدود	التردد زاوية ارتفاع المحطة الأرضية فصل المسار الزاوي طول المسير التوهين الغازي كسب التلألؤ التوهين الأقصى المسموح به في الإشارة المطلوبة
التوصية ITU-R P.620	معطيات الانتشار المطلوبة لتقدير مسافات التنسيق في مدى الترددات من 100 MHz إلى 105 GHz	تنسيق الترددات للمحطة الأرضية	مسافة التنسيق	المسافة التي تتحقق منها الخسارة المطلوبة على المسير	من 100 MHz إلى 105 GHz	حتى 1 200 km	من 0,001 إلى 50	غير مطبقة	حدود غير معرفة داخل الطبقة السطحية للغلاف الجوي (لا تناسب تطبيقات الطيران)	خسارة الإرسال الدنيا الأساسية التردد النسبة المئوية من الوقت زاوية ارتفاع المحطة الأرضية
التوصية ITU-R P.678	وصف خصائص التغير لظاهرة الانتشار وتقدير المخاطر المرتبطة بهامش الانتشار	ساتلي نماذج معدل الأمطار	من نقطة–إلى–نقطة	تغير ظواهر الانتشار	من 12 إلى 50 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	من 0,01 إلى 2 من أجل معدل هطول الأمطار والتوهين الناجم عن المطر على طول مسير الميل	غير مطبقة	لا توجد حدود	احتمال التجاوز
التوصية ITU-R P.679	بيانات الانتشار المطلوبة لتصميم الأنظمة الإذاعية الساتلية	إذاعة ساتلية	من نقطة–إلى–منطقة	خسارة المسير تأثير البيئة المحلية	من 0,5 إلى 5,1 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	غير مطبقة	حدود غير معرفة	لا توجد حدود	احتمال التجاوز

الجدول 1 (*تابع*)

الطريقة	العنوان	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	بيانات الدخل
التوصية ITU-R P.680	بيانات الانتشار الضرورية لتصميم أنظمة الاتصالات المتنقلة البحرية أرض–فضاء	خدمة متنقلة بحرية ساتلية	من نقطة–إلى–نقطة	خبو على سطح البحر مدة الخبو التداخل (من ساتل مجاور)	من 0,8 إلى 8 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	حتى 0,001% عبر توزيع Rice-Nakagami حد مقداره 0,01% من أجل التداخل[1]	غير مطبقة	لا توجد حدود	التردد زاوية الارتفاع الكسب الأقصى للهوائي في اتجاه التسديد
التوصية ITU-R P.681	بيانات الانتشار المطلوبة لتصميم أنظمة الاتصالات البرية المتنقلة أرض–فضاء	خدمة متنقلة برية ساتلية	من نقطة–إلى–نقطة	خبو على المسير مدة الخبو مدة غياب الخبو	من 0,8 إلى 20 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	غير مطبقة النسبة المئوية للمسافة المجتازة: 1 إلى 80%[1]	غير مطبقة	لا توجد حدود	التردد زاوية الارتفاع النسبة المئوية للمسافة المجتازة النسبة التقريبية للحجب البصري
التوصية ITU-R P.682	معطيات الانتشار المطلوبة لتصميم أنظمة الاتصالات المتنقلة للطيران أرض–فضاء	خدمة متنقلة للطيران ساتلية	من نقطة–إلى–نقطة	خبو على سطح البحر انتشار عبر مسيرات متعددة انطلاقاً من الأرض والطائرة أثناء الهبوط	من 1 إلى 2 GHz (خبو على سطح البحر) من 1 إلى 3 GHz (انتشار عبر مسارات متعددة انطلاقاً من الأرض)	أي ارتفاع مداري عملي	حتى 0,001% عبر توزيع Rice-Nakagami[1]	غير مطبقة	لا توجد حدود للخبو على سطح البحر حتى 1 km للانعكاس الأرضي أثناء الهبوط	التردد زاوية الارتفاع الاستقطاب الكسب الأقصى للهوائي في اتجاه التسديد ارتفاع الهوائي
التوصية ITU-R P.684	التنبؤ بشدة المجال عند الترددات تحت 150 kHz تقريباً	خدمة ثابتة خدمة متنقلة	من نقطة–إلى–نقطة من نقطة–إلى–منطقة	شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية	من 30 إلى 150 kHz	من 0 إلى 16 000 km	50	غير مطبقة	غير مطبق	خط العرض وخط الطول للمرسل خط العرض وخط الطول للمستقبل المسافة قدرة المرسل التردد ثوابت أرضية الموسم عدد الكلف الشمسية الساعة من اليوم
التوصية ITU-R P.843	الاتصالات التي تستعمل الانتشار بالرشقات الشهابية	خدمة ثابتة خدمة متنقلة إذاعة	من نقطة–إلى–نقطة عبر رشقات شهابية	القدرة المستقبلة معدل الرشقات	من 30 إلى 100 MHz	من 100 إلى 1 000 km	من 0 إلى 5	غير مطبقة	غير مطبق	التردد المسافة قدرة المرسل كسب الهوائي

الجدول 1 *(تابع)*

الطريقة	العنوان	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	بيانات الدخل
التوصية ITU-R P.1147	التنبؤ بشدة مجال الموجة الأيونوسفيرية عند ترددات بين 150 و700 1 kHz تقريباً	إذاعة	من نقطة–إلى–منطقة	شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية	من 0,15 إلى 1,7 MHz	من 50 إلى 000 12 km	1، 10، 50	غير مطبقة	غير مطبق	خط العرض وخط الطول للمرسل خط العرض وخط الطول للمستقبل المسافة عدد الكلف الشمسية قدرة المرسل التردد
التوصية ITU-R P.1238	بيانات الانتشار وطرائق التنبُّؤ لتخطيط أنظمة الاتصالات الراديوية العاملة داخل المباني وشبكات المنطقة المحلية الراديوية العاملة في مدى الترددات بين 300 MHz و100 GHz	خدمة متنقلة شبكة محلية راديوية	أساليب الانتشار داخل المباني	خسارة على المسير امتداد التأخير	من 300 MHz إلى 100 GHz	داخل المباني	غير مطبقة	غير مطبقة	الثابت: حوالي 2 m إلى 3 m المتنقل: حوالي 0,5 m إلى 3 m	التردد المسافة عوامل تتعلق بالأسقف والحوائط
التوصية ITU-R P.1410	معطيات الانتشار وطرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم أنظمة النفاذ الراديوية عريضة النطاق للأرض العاملة في نطاق التردد من 3 إلى 60 GHz	نفاذ راديوي عريض النطاق	من نقطة–إلى–منطقة	تغطية انخفاض التغطية المؤقت بسبب المطر	من 3 إلى 60 GHz	من 0 إلى 5 km	من 0,001 إلى 1 (لحساب انخفاض التغطية بسبب المطر)	حتى 100	لا توجد أي حدود؛ 0 إلى 300 m (حالة نمطية)	التردد أبعاد الخلية ارتفاع المطاريف المعلمات الإحصائية المتعلقة بارتفاع المباني

الجدول 1 (*تابع*)

الطريقة	العنوان	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	بيانات الدخل
التوصية ITU-R P.1411	بيانات الانتشار وطرائق التنبؤ لتخطيط أنظمة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى المعدة للعمل خارج المباني والشبكات المحلية الراديوية في مدى الترددات المتراوحة بين 300 MHz و100 GHz	متنقلة	أساليب الانتشار على مسيرات قصيرة المسافة	خسارة الانتشار امتداد التأخر	من 300 MHz إلى 100 GHz	< 1 km	غير مطبقة	غير مطبقة	الثابت: حوالي 4 إلى 50 m المتنقل: حوالي 0,5 إلى 3 m	التردد المسافة أبعاد الشوارع ارتفاعات الهياكل
التوصية ITU-R P.1546	طريقة التنبؤ من نقطة-إلى-منطقة لخدمات الأرض في مدى الترددات بين 30 MHz و3 000 MHz	خدمات الأرض	من نقطة-إلى-منطقة	شدة المجال	من30 إلى 3 000 MHz	من 1 إلى 1 000 km	من 1 إلى 50	من 1 إلى 99	*المرسل/الثابت*: الارتفاع الفعلي من أقل من 0 m إلى 3 000 m *المستقبل/المتنقل*: ≤ 1 m	ارتفاع التضاريس وتغطية الأرض (اختياري) صنف المسير المسافة ارتفاع هوائي الإرسال التردد النسبة المئوية من الوقت ارتفاع هوائي الاستقبال زاوية خلوص التضاريس الأرضية النسبة المئوية للمواقع تدرج الانكسارية
التوصية ITU-R P.1622	طرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم الأنظمة أرض-فضاء العاملة بين 20 THz و375 THz	وصلات بصرية ساتلية	من نقطة-إلى-نقطة	خسارة بسبب الامتصاص خسارة بسبب الانتثار ضوضاء الخلفية اتساع التلألؤ زاوية الوصول نقل الحزمة تمديد الحزمة	من20 إلى 375 THz	وصلات بصرية أرض-فضاء للمجال البعيد	غير مطبقة	غير مطبقة	لا توجد أي حدود	طول الموجة ارتفاع المطراف زاوية الارتفاع معلمة بنية الاضطرابات

الجدول 1 (*تابع*)

الطريقة	العنوان	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	بيانات الدخل
التوصية ITU-R P.1623	طريقة التنبؤ بديناميات الخبو على المسيرات أرض–فضاء	ساتلية	من نقطة–إلى–نقطة	مدة الخبو ميل الخبو	من10 إلى 50 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	غير مطبقة	غير مطبقة	لا توجد أي حدود	التردد زاوية الارتفاع عتبة التوهين عرض نطاق المرشاح
التوصية ITU-R P.1812	طريقة تنبؤ بانتشار خاصة بمسير لخدمات الأرض من نقطة–إلى–منطقة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF)	خدمات الأرض	من نقطة–إلى–منطقة	شدة المجال	من 30 MHz إلى 3 000 MHz	غير محددة ولكنها تصل إلى الأفق الراديوي وتتجاوزه	من 1 إلى 50	من 1 إلى 99	لا توجد قيم محددة داخل الطبقة السطحية للغلاف الجوي (لا تناسب تطبيقات الطيران)	بيانات المظهر الجانبي للمسير التردد النسبة المئوية من الوقت ارتفاع هوائي المرسل ارتفاع هوائي المستقبل خطا طول وعرض المرسل خطا طول وعرض المستقبل بيانات أرصاد جوية الاستقطاب
التوصية ITU-R P.1814	طرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم الوصلات البصرية للأرض في الفضاء الحر	وصلات بصرية للأرض	من نقطة إلى نقطة	الخسارة بين الامتصاص الخسارة بين الانتشار ضوضاء الخلفية اتساع التلألؤ تمديد الحزمة	من 20 إلى 375 THz	لا توجد حدود	غير مطبقة	غير مطبقة	لا توجد حدود	طول الموجة الرؤية (في الضباب) طول المسير معلمة بنية الاضطرابات
التوصية ITU-R P.1853	تركيب السلاسل الزمنية للتوهين التروبوسفيري	خدمة ساتلية للأرض	من نقطة–إلى–نقطة	توهين المطر لمسيرات الأرض إجمالي التوهين والتلألؤ التروبوسفيري للمسيرات أرض–فضاء	من 4 إلى 40 GHz للمسيرات الأرضية ومن 4 إلى 55 GHz للمسيرات أرض–فضاء	بين 2 و60 km للمسيرات الأرضية ساتل في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض	غير مطبقة	غير مطبقة	لا توجد حدود	بيانات أرصاد جوية التردد زاوية الارتفاع ارتفاع المحطة الأرضية المباعدة والزاوية بين مواقع المحطات الأرضية (للكسب المتنوع) قطر الهوائي وكفاءته (بالنسبة للتلألؤ)

الجدول 1 (*تتمّة*)

الطريقة	العنوان	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	بيانات الدخل
التوصية ITU-R P.2001	نموذج انتشار أرضي واسع المدى للأغراض العامة في مدى الترددات من 30 MHz إلى 50 GHz	خدمات الأرض	من نقطة إلى نقطة	خسارة المسير	من 30 إلى 50 GHz	من 3 إلى 1 000 km	من 0,001 إلى 99,999	غير مطبّقة	<8000 متر فوق متوسط مستوى سطح البحر (m.s.l) ولكن بالقرب من سطح الأرض، داخل التروبوسفير	بيانات وصف المسير التردد النسبة المئوية من الوقت ارتفاع هوائي الإرسال وكسبه واتجاه السمت الخاص به ارتفاع هوائي الاستقبال وكسبه واتجاه السمت الخاص به خط الطول والعرض للمرسل خطا الطول والعرض للمستقبل الاستقطاب
التوصية ITU-R P.2041	التنبؤ بتوهين المسير على الوصلات بين منصة محمولة جواً والفضاء وبين منصة محمولة جواً وسطح الأرض	محمول جواً	من نقطة إلى نقطة	خسارة المسير	من 1 إلى 55 GHz	أي ارتفاع	من 0,001 إلى 50	غير مطبّقة	بين سطح الأرض والفضاء	بيانات أرصاد جوية التردد زاوية الارتفاع التيسر ارتفاع المنصة المحمولة جواً قطر الهوائي وكفاءته (بالنسبة للتلألؤ)

(1) النسبة المئوية من الانقطاع؛ من أجل تيسر الخدمة، تطرح القيمة من 100.

(2) XPD: تمييز الاستقطاب المتقاطع.

الجدول 2

المنتجات الرقمية لقطاع الاتصالات الراديوية من أجل أساليب التنبؤ بانتشار الموجات الراديوية

توصيات قطاع الاتصالات الراديوية	الوصف	استبانة الشبكة	الاستكمال الداخلي المكاني اللازم (انظر الملحق 1)	استكمال داخلي من حيث الاحتمال	استكمال داخلي للمتغير	تعليقات
P.452	متوسط ΔN السنوي متوسط N_0 السنوي	°1,5 × °1,5	ثنائي الخطية	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة[2]
P.453	القيمة المتوسطة للفترة الرطبة للانكسارية (Nwet)	°1,5 × °1,5	ثنائي الخطية	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى الصفحة الإلكترونية لبرمجيات الانتشار الأيونوسفيري والتربوسفيري والضوضاء الراديوية
	• تدرج الانكسارية في أخفض 65 m من الغلاف الجوي (وحدات km/N) • تدرج الانكسارية في أخفض 1 km من الغلاف الجوي (وحدات km/N) • النسبة المئوية من الزمن التي يكون تدرج الانكسارية أثناءها في أدنى 100− > 100 m وحدات km/N	°0,75 × °0,75	ثنائي الخطية	غير معرّف	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
	بيانات مجرى السطح	°1,5 × °1,5	ثنائي الخطية	غير معرّف	غير مطبق	يحال إلى الصفحة الإلكترونية لبرمجيات الانتشار الأيونوسفيري والتربوسفيري والضوضاء الراديوية
	بيانات المجرى المرفوع	°1,5 × °1,5	ثنائي الخطية	غير معرّف	غير مطبق	يحال إلى الصفحة الإلكترونية لبرمجيات الانتشار الأيونوسفيري والتربوسفيري والضوضاء الراديوية
	خرائط رقمية من أجل ΔN وN_0	°1,5 × °1,5	ثنائي الخطية	غير معرّف	غير مطبق	يحال إلى الصفحة الإلكترونية لبرمجيات الانتشار الأيونوسفيري والتربوسفيري والضوضاء الراديوية
P.617	مناطق مناخ الانتشار التروبوسفيري	°0,5 × °0,5	غير مطلوب	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
P.678	خريطة للمعدلات المناخية	°0,5 × °0,5	ثنائي الخطية	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
P.834	• مُعامِلات طول مسير التجاوز على طول المسيرات أرض–فضاء • دالتي التقابل للمكونين الهيدروستاتي والرطب	°1,5 × °1,5 °5 × °5	ثنائي الخطية غير مطلوب	غير معرّف	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]

الجدول 2 (*تابع*)

توصيات قطاع الاتصالات الراديوية	الوصف	استبانة الشبكة	الاستكمال الداخلي المكاني اللازم (انظر الملحق 1)	استكمال داخلي من حيث الاحتمال	استكمال داخلي للمتغير	تعليقات
P.835	البيانات التجريبية للخصائص الجوية الرأسية (الملحق 2)	353 موقعاً	غير مطلوب	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى الصفحة الإلكترونية لبرمجيات الانتشار الأيونوسفيري والتروبوسفيري والضوضاء الراديوية
	بيانات التنبؤ بالطقس للخصائص الجوية الرأسية (الملحق 3)	°1,5 × °1,5	غير محدد	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى الصفحة الإلكترونية لبرمجيات الانتشار الأيونوسفيري والتروبوسفيري والضوضاء الراديوية
P.836	احتمال تجاوز بخار الماء العمودي (IWVC) (%)	°1,125 × °1,125	ثنائي الخطية[1]	لوغاريتمي	خطي	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
	احتمال تجاوز كثافة بخار الماء عند سطح الأرض (Rho) (%)	°1,125 × °1,125	ثنائي الخطية[1]	لوغاريتمي	خطي	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
	ارتفاع مستوى بخار الماء	°1,125 × °1,125	ثنائي الخطية[1]	لوغاريتمي	خطي	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
P.837	متوسط مجموع التساقطات المطرية الشهرية (mm)	°0,25 × °0,25	ثنائي الخطية	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
	معدل الهطول $R_{0.01}$ (mm/h)	°0,125 × °0,125	ثنائي الخطية	غير مطبق	غير مطبق	
	تحويل إحصاءات معدل الأمطار بأزمنة تكامل مختلفة (الملحق 2)	غير مطبّقة	غير مطلوبة	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
P.839	متوسط الارتفاع (km) السنوي لخط تساوي درجة الحرارة (صفر درجة)	°1,5 × °1,5	ثنائي الخطية	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
P.840	الإحصاءات السنوية للمحتوى العمودي للماء السائل المخفض في السحاب الإحصاءات الشهرية للمحتوى العمودي للماء السائل المخفض في السحاب تقريب محتوى الماء السائل المخفض في السحاب بتوزع لوغاريتمي طبيعي	°1,125 × °1,125	ثنائي الخطية	لوغاريتمي	خطي	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
P.1510	متوسط درجة الحرارة الشهرية والسنوية على سطح الأرض	°0,75 × °0,75	ثنائي الخطية	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
P.1511	الارتفاع الطوبوغرافي (.a.m.s.l) (km)	°0,5 × °0,5	ثنائي التكعيب	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]

الجدول 2 *(تتمة)*

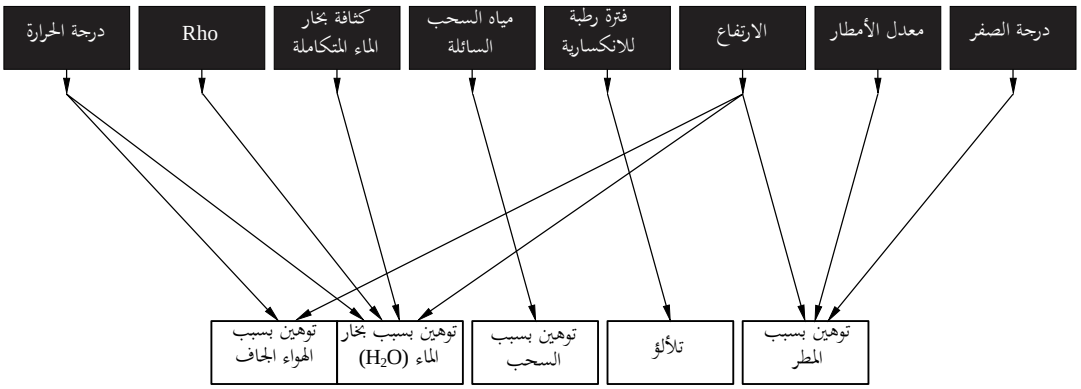
توصيات القطاع ITU-R	الوصف	استبانة الشبكة	الاستكمال الداخلي المكاني اللازم (انظر الملحق 1)	استكمال داخلي من حيث الاحتمال	استكمال داخلي للمتغير	أسماء الملفات
P.1812	متوسط ΔN السنوي متوسط N_0 السنوي	°1,5 × °1,5	ثنائي الخطية	غير مطبق	غير مطبق	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة[2]
P.2001	الانكسارية والتدرج عند مستوى سطح الأرض في الكيلومتر الأدنى من الغلاف الجوي	متعددة	ثنائي الخطية	غير مطبق	خطي	يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.[2]
P.2001 و P.534	التردد الحرج للانتشار المتفرق للطبقة E ($F_0 E_s$)	°1,5 × °1,5	ثنائي الخطية	خطي	خطي	FoEs50.txt FoEs10.txt FoEs01.txt FoEs0.1.txt

[1] تجرى معايرة المتغيرات عند النقاط الشبكية المحيطة بالارتفاع المطلوب قبل الاستكمال الداخلي المكاني وفقاً لإجراء المعايرة المبين في التوصية.

[2] يرد ملف المعلومات (readme) ضمن الملف (المكونات) المضغوط على الصفحة الإلكترونية المصاحبة للتوصية.

يبين الشكل 1 العلاقة بين الخرائط الجغرافية (الخانات السوداء) وتأثير الانتشار (الخانات البيضاء) لتيسير الاطلاع.

الشكل 1



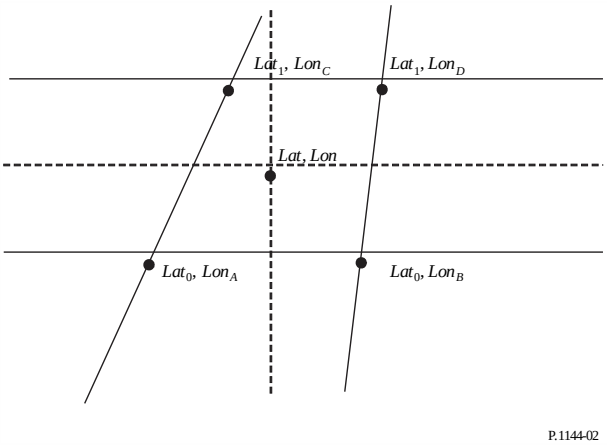
الملحق 1

1أ استكمال داخلي ثنائي الخطية على شبكة شبه منحرفة

البيان: قيم X عند النقاط الأربع المحيطة بالشكل: (Lat_1, Lon_C) و(Lat_1, Lon_D) و(Lat_0, Lon_A) و(Lat_0, Lon_B)؛ أي $X(Lat_1, Lon_C)$ و$X(Lat_1, Lon_D)$ و$X(Lat_0, Lon_A)$ و$X(Lat_0, Lon_B)$.

المسألة: تحديد قيمة $X(Lat, Lon)$، في نقطة فاصلة (Lat, Lon)، باستعمال الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية.

الشكل 2



الحل: تعريف المتغيرين المساعدين t وs:

$$t = \frac{Lat - Lat_0}{Lat_1 - Lat_0}$$

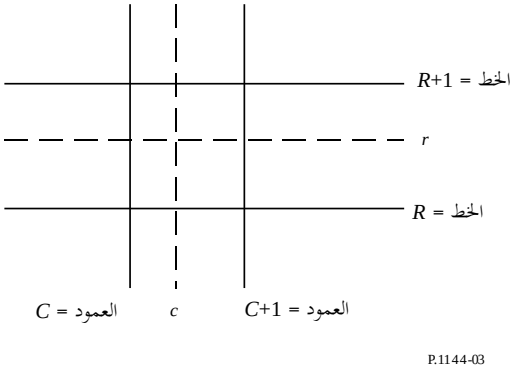
$$s = \frac{Lon - Lon_A + t\,(Lon_A - Lon_C)}{Lon_B - Lon_A + t\,(Lon_A - Lon_C + Lon_D - Lon_B)}$$

وحساب:

$$\begin{aligned} X(Lat, Lon) = {} & (1-s)\,(1-t)\,X(Lat_0, Lon_A) \\ & +(1-s)\,t\,X(Lat_1, Lon_C) \\ & +s\,(1-t)\,X(Lat_0, Lon_B) \\ & +t\,s\,X(Lat_1, Lon_B) \end{aligned}$$

1ب استكمال داخلي ثنائي الخطية على شبكة مربعة

الشكل 3



البيان: قيم I في النقاط الأربع المحيطة بالشكل: $I(R,C)$ و$I(R,C+1)$ و$I(R+1,C)$ و$I(R+1,C+1)$ حيث R و$R+1$ وC و$C+1$ هي أعداد صحيحة ترقم الصفوف والأعمدة.

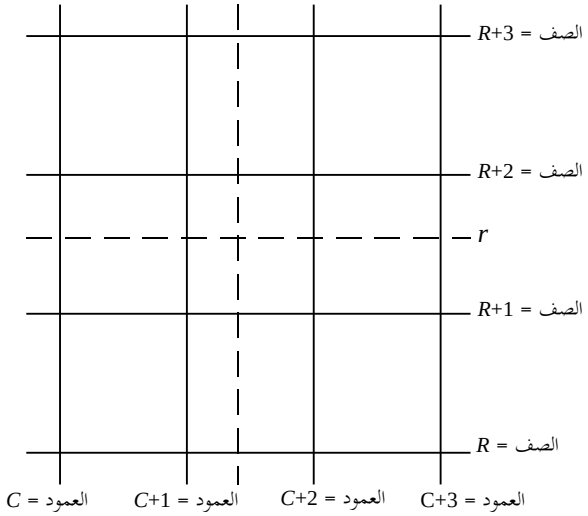
المسألة: تحديد $I(r,c)$، حيث تعد r عدداً كسرياً للخطوط بين R و$R+1$ وc عدداً كسرياً للأعمدة بين C و $C+1$ باستعمال الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية.

الحل: حساب

$$\begin{aligned} I(R,C)\,[(R+1-r)(C+1-c)] = {} & I(r,c) \\ & + I(R+1,C)\,[(r-R)(C+1-c)] \\ & + I(R,C+1)\,[(R+1-r)(c-C)] \\ & + I(R+1,C+1)\,[(r-R)(c-C)] \end{aligned}$$

2 استكمال داخلي ثنائي التكعيب

الشكل 4



P.1144-0 4

البيان: قيم I في نقاط الشبكة الست عشرة المحيطة:

$$I(R,C),\ I(R,C+1),\ I(R,C+2),\ I(R,C+3),$$
$$I(R+1,C),\ I(R+1,C+1),\ I(R+1,C+2),\ I(R+1,C+3),$$
$$I(R+2,C),\ I(R+2,C+1),\ I(R+2,C+2),\ I(R+2,C+3),$$
$$I(R+3,C),\ I(R+3,C+1),\ I(R+3,C+2),\ I(R+3,C+3).$$

حيث R و$R+1$ ، إلخ...؛ وC و$C+1$ إلخ... هي أعداد صحيحة.

المسألة: حساب $I(r,c)$، حيث تعد r عدداً كسرياً للخطوط بين $R+1$ و$R+2$ وc عدداً كسرياً للأعمدة بين $C+1$ و$C+2$ باستعمال الاستكمال الداخلي ثنائي التكعيب.

الحل:

الخطوة 1: حساب القيمة المستكملة عند كل عدد كسري في العمود c المرغوب بالنسبة إلى كل صف x، حيث $x = \{r, r+1, r+2, r+3\}$، كالتالي:

$$RI(X,c) = \sum_{j=C}^{C+3} I(X,j)\, K(c-j)$$

حيث:

$$K(\delta) = \begin{cases} (a+2)|\delta|^3 - (a+3)|\delta|^2 + 1 & \text{for} \quad 0 \le |\delta| \le 1 \\ a|\delta|^3 - 5a|\delta|^2 + 8a|\delta| - 4a & \text{for} \quad 1 \le |\delta| \le 2 \\ 0 & \text{for} \quad 2 \le |\delta| \end{cases}$$

و

$$a = -0{,}5$$

الخطوة 2: حساب $I(r,c)$ باستعمال الاستكمال الداخلي للاستكمالات أحادية الأبعاد، $RI(R,c)$ و$RI(R+1,c)$ و$RI(R+2,c)$ و$RI(R+3,c)$ بنفس الطريقة المستعملة في استكمالات الصفوف.

3 الإحداثيات الجغرافية والارتفاع

ما لم يُنص على خلاف ذلك، فإن خطوط الطول والعرض في سلسلة التوصيات P لقطاع الاتصالات الراديوية هي خطوط جيوديسية وليست مقيسة بالنسبة إلى مركز الأرض؛ أي تؤخذ خطوط الطول والعرض بالنسبة إلى المجسم الإهليلجي WGS-84 (أي أن خطوط الطول والعرض تقدَّم عادة بأنظمة الملاحة الساتلية العالمية مثل GPS).

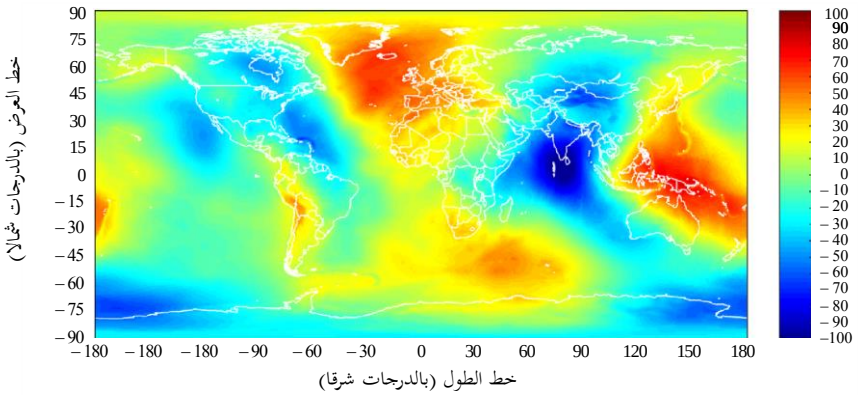
وما لم يُنص على خلاف ذلك، فإن الارتفاع في سلسلة التوصيات P لقطاع الاتصالات الراديوية هو الارتفاع فوق متوسط مستوى سطح البحر وليس الارتفاع بالنسبة إلى المجسم الإهليلجي WGS-84. ويمكن أن يقرَّب الارتفاع فوق متوسط مستوى سطح البحر h_{amsl} (m) من الارتفاع بالنسبة إلى المجسم الإهليلجي WGS-84، h_{WGS-84} (m)، على النحو التالي:

$$h_{amsl} = h_{WGS84} - h_{EGM2008} \qquad \text{(m)}$$

حيث يعرَّف الارتفاع $h_{EGM2008}$ (m) كالتموج في نسخة عام 2008 من نموذج الجاذبية الأرضية لدى الوكالة الوطنية للاستخبارات الجغرافية المكانية (NGA) بالولايات المتحدة. ويمكن الحصول على قيم EGM2008 في مواقع محددة من تطبيقات مختلفة. وعلى النحو المبين في الشكل 5، يبلغ فرق أسوأ الحالات بين الارتفاع بالنسبة إلى المجسم الإهليلجي WGS-84 والارتفاع فوق متوسط مستوى سطح البحر ~ 100 m. وينبغي للمستخدمين الانتباه إلى أن مصادر مختلفة للارتفاع (مثل أجهزة استقبال GPS، أو برنامج المعلومات الجغرافية أو نظام المعلومات الجغرافية، وما إلى ذلك) يمكن أن تستخدم مراجع مختلفة للارتفاع.

الشكل 5

EGM2008 (m)



P.1144-0 5