التوصيـة ITU-R  P.1144-12

(2023/08)

السلسلة P: انتشار الموجات الراديوية

دليل تطبيق أساليب الانتشار للجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية



**السلسلة SA**

**التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية**

**تمهيـد**

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 القرار 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 <https://www.itu.int/publ/R-REC/en>) |
| **السلسلة** | **العنـوان** |
| **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 |
| **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، 2024

© ITU 2024

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).

التوصيـة ITU-R P.1144-12

دليل تطبيق أساليب الانتشار للجنة الدراسات 3
للاتصالات الراديوية

(2023-2021-2019-2017/12-2017/06-2015-2012-2009-2007-2001-2001-1999-1995)

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 أساسية

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

مسرَد

|  |  |
| --- | --- |
| **الرمز** | **الوصف** |
| n | عدد نقاط (عُقد) التربيع الغوسي |
|  | أوزان التربيع الغوسي |
|  | نقاط التربيعي الغوسي |

أما الرموز الأخرى غير الواردة في الجدول أعلاه فهي رموز وسيطة بطبيعتها ولا تعريف لها.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

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

توصـي

**1** بأنه ينبغي النظر في 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** بأنه ينبغي النظر في 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 - 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 خسارة الإرسال الأساسية.

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 m 100 إلى m 200، 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.

الجـدول 1

الأساليب التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية للتنبؤ بالانتشار بالموجات الراديوية

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| الطريقة | العنوان | التطبيق | النمط | بيانات الخرج | التردد | المسافة | النسبة المئويةمن الوقت | النسبة المئويةمن المواقع | ارتفاع المطراف | بيانات الدخل |
| التوصية ITU-R P.368 | منحنيات انتشار الموجة الأرضية للترددات ما بين kHz 10 وMHz 30 | جميع الخدمات | من نقطة-إلى-نقطة | شدة المجال | من kHz 10 إلى MHz 30 | من 1 إلى km 10 000 | غير مطبقة | غير مطبقة | مطراف على الأرض | الترددتوصيلية الأرض |
| التوصية ITU-R P.452 | إجراء التنبؤ لتقدير التداخل بين المحطات على سطح الأرض عند ترددات تفوق GHz 0,1 تقريباً | خدمات تستعمل محطات على سطح الأرض؛ التداخل | من نقطة-إلى-نقطة | خسارة الإرسال الأساسية | من MHz 100 إلى GHz 50 | 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 المسيرالترددالنسبة المئوية من الوقت ارتفاع هوائي الإرسال ارتفاع هوائي الاستقبال خط العرض وخط الطول للمرسل خط العرض وخط الطول للمستقبل بيانات الأرصاد الجويةالاستقطاب |
| 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 الإرسال الأساسية | من MHz 100 إلى GHz 30 | غير محددة لكنها تصل إلى الأفق الراديوي وإلى ما ورائه km 0 في التطبيقات الخاصة بالطيران، ومسافة الدائرة العظمى لا تعني أن طول المسير يساوي km 0 | من 1 إلى 99 | غير مطبقة | ارتفاعات المطراف: m 20 000‑1,5 | المسافةارتفاع المرسلالترددارتفاع المستقبلالنسبة المئوية من الوقتالاستقطاب |

الجـدول 1 ( تابع)

| الطريقة | العنوان | التطبيق | النمط | بيانات الخرج | التردد | المسافة | النسبة المئويةمن الوقت | النسبة المئويةمن 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 الانتشارتحسن في التنوع (ظروف الجو الصافي)(2)XPDانقطاعخصائص الخطأ | من MHz 150 إلى GHz 100 تقريباً | وصولاً إلى km 200 في حال خط البصر | كل النسب المئوية الزمنية في ظروف الجو الصافي؛ من 1 إلى 0,001 في وجود الهواطل والشهر الأسوأ بالنسبة للتوهين | غير مطبقة | ارتفاع كافٍ لضمان خلوص المسير المحدد في التوصية | المسافةارتفاع المرسلالترددارتفاع المستقبلالنسبة المئوية من الوقتبيانات عن إعاقة المسيربيانات عن المناخمعلومات عن التضاريس |
| التوصية ITU-R P.533 | طريقة التنبؤ بأداء الدارات العاملة بالموجات الديكامترية (HF) | إذاعةخدمة ثابتةخدمة متنقلة | من نقطة-إلى-نقطة | MUF (أقصى تردد مستعمل) أساسيشدة مجال الموجة الأيونوسفيريةالقدرة المتيسرة عند المستقبلنسبة الإشارة إلى الضوضاءLUF (أدنى تردد مستعمل)موثوقية الدارة | من 2 إلى MHz 30 | من 0 إلى km 40 000 | كل النسب المئوية | غير مطبقة | غير مطبق | خط العرض وخط الطول للمرسل خط العرض وخط الطول للمستقبل عدد الكلف الشمسيةالشهرالوقت (أو الأوقات) في النهارالتردداتقدرة المرسل نمط هوائي المرسل نمط هوائي المستقبل |
| التوصية ITU-R P.534 | طريقة حساب شدة مجال الطبقة E المتفرقة | خدمة ثابتةخدمة متنقلةإذاعة | من نقطة-إلى-نقطةعبر الطبقة E المتفرقة | شدة المجال | من 30 إلى MHz 100 | من 0 إلى km 4 000 | من 0,1 إلى 50 | غير مطبقة | غير مطبق | المسافةالتردد |
| 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 الإرسال الأساسية | MHz 30 < | من 100 إلى km 1 000 | 0,001 إلى 99,999 | غير مطبقة | حدود غير معرفة داخل الطبقة السطحية للغلاف الجوي (لا تناسب تطبيقات الطيران) | الترددكسب هوائي المرسل كسب هوائي المستقبل هندسة المسير |

الجـدول 1 ( تابع)

| الطريقة | العنوان | التطبيق | النمط | بيانات الخرج | التردد | المسافة | النسبة المئويةمن الوقت | النسبة المئويةمن 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 الانتشاركسب التنوع وفك الاقتران (2)XPD (في وجود الهواطل) | من 1 إلى GHz 55 | 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 (2)XPD | غير مطبقة | لا توجد حدود | بيانات الأرصاد الجويةالترددزاوية الارتفاعارتفاع المحطة الأرضيةالفصل والزاوية بين مواقع المحطات الأرضية (في حالة كسب التنوع)قطر الهوائي والكفاءة (في حالة التلألؤ)زاوية الاستقطاب (في حالة ((2)XPD |
| 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 GHz 0,1 إلى GHz 100 | أي ارتفاع مداري عملي | 0,001 إلى 50 | غير مطبقة | لا توجد حدود | الترددزاوية ارتفاع المحطة الأرضيةفصل المسار الزاويطول المسيرالتوهين الغازيكسب التلألؤالتوهين الأقصى المسموح به في الإشارة المطلوبة |
| التوصية ITU-R P.620 | معطيات الانتشار المطلوبة لتقدير مسافات التنسيق في مدى الترددات من MHz 100 إلى GHz 105 | تنسيق الترددات للمحطة الأرضية | مسافة التنسيق | المسافة التي تتحقق منها الخسارة المطلوبة على المسير | من MHz 100 إلى GHz 105 | حتى km 1 200 | من 0,001 إلى 50 | غير مطبقة | حدود غير معرفة داخل الطبقة السطحية للغلاف الجوي (لا تناسب تطبيقات الطيران) | خسارة الإرسال الدنيا الأساسيةالترددالنسبة المئوية من الوقتزاوية 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 GHz 50 | 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 |

الجـدول 1 ( تابع)

| الطريقة | العنوان | التطبيق | النمط | بيانات الخرج | التردد | المسافة | النسبة المئويةمن الوقت | النسبة المئويةمن المواقع | ارتفاع المطراف | بيانات الدخل |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| التوصية ITU-R P.679 | بيانات الانتشار المطلوبة لتصميم الأنظمة الإذاعية الساتلية | إذاعة ساتلية | من نقطة-إلى-منطقة | فائض خسارة الإرسال الأساسيةتأثير البيئة المحلية | من 0,5 إلى GHz 5,1 | أي ارتفاع مداري عملي | غير مطبقة | حدود غير معرفة | حدود غير معرفة | الترددزاوية الارتفاعالكسب الأقصى للهوائي في اتجاه التسديد |
| 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 البحرمدة الخبوالتداخل (من ساتل مجاور) | من 0,8 إلى GHz 8 | أي ارتفاع مداري عملي | حتى %0,001 عبر توزيع Rice-Nakagamiحد مقداره %0,01 من أجل التداخل(1) | غير مطبقة | لا توجد حدود | الترددزاوية الارتفاعالكسب الأقصى للهوائي في اتجاه التسديد |
| التوصية ITU-R P.681 | بيانات الانتشار المطلوبة لتصميم أنظمة الاتصالات البرية المتنقلة أرض-فضاء | خدمة متنقلة بريةساتلية | من نقطة-إلى-نقطة | خبو على المسيرمدة الخبومدة غياب الخبو | من 0,8 إلى GHz 20 | أي ارتفاع مداري عملي | غير مطبقةالنسبة المئوية للمسافة المجتازة: 1 إلى (1)%80 | غير مطبقة | لا توجد حدود | الترددزاوية الارتفاعالنسبة المئوية للمسافة المجتازةالنسبة التقريبية للحجب البصري |
| التوصية ITU-R P.682 | معطيات الانتشار المطلوبة لتصميم أنظمة الاتصالاتالمتنقلة للطيران أرض-فضاء | خدمة متنقلة للطيران ساتلية | من نقطة-إلى-نقطة | خبو على سطح البحرانتشار عبر مسيرات متعددة انطلاقاً من الأرض والطائرة أثناء الهبوط | من 1 إلى GHz 2 (خبو على سطح البحر)من 1 إلى GHz 3 (انتشار عبر مسارات متعددة انطلاقاً من الأرض) | أي ارتفاع مداري عملي | حتى %0,001 عبر توزيع (1)Rice-Nakagami | غير مطبقة | لا توجد حدود للخبو على سطح البحرحتى km 1 للانعكاس الأرضي أثناء الهبوط | الترددزاوية الارتفاعالاستقطابالكسب الأقصى للهوائي في اتجاه التسديدارتفاع الهوائي |
| التوصية ITU-R P.684 | التنبؤ بشدة المجال عند الترددات تحت kHz 150 تقريباً | خدمة ثابتة خدمة متنقلة | من نقطة-إلى-نقطةمن نقطة-إلى-منطقة | شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية | من 30 إلى kHz 150 | من 0 إلى km 16 000 | 50 | غير مطبقة | غير مطبق | خط العرض وخط الطول للمرسل خط العرض وخط الطول للمستقبل المسافةقدرة المرسل الترددثوابت أرضيةالموسمعدد الكلف الشمسيةالساعة من اليوم |

الجـدول 1 ( تابع)

| الطريقة | العنوان | التطبيق | النمط | بيانات الخرج | التردد | المسافة | النسبة المئويةمن الوقت | النسبة المئويةمن المواقع | ارتفاع المطراف | بيانات الدخل |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| التوصية ITU-R P.843 | الاتصالات التي تستعمل الانتشار بالرشقات الشهابية | خدمة ثابتةخدمة متنقلةإذاعة | من نقطة-إلى-نقطة عبر رشقات شهابية | القدرة المستقبلةمعدل الرشقات | من 30 إلى MHz 100 | من 100 إلى km 1 000 | من 0 إلى 5 | غير مطبقة | غير مطبق | الترددالمسافةقدرة المرسل كسب الهوائي |
| التوصية ITU-R P.1147 | التنبؤ بشدة مجال الموجة الأيونوسفيرية عند ترددات بين 150 وkHz 1 700 تقريباً | إذاعة | من نقطة-إلى-منطقة | شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية | من 0,15 إلى MHz 1,7 | من 50 إلى km 12 000 | 1، 10، 50 | غير مطبقة | غير مطبق | خط العرض وخط الطول للمرسل خط العرض وخط الطول للمستقبل المسافةعدد الكلف الشمسيةقدرة المرسل التردد |
| التوصية ITU-R P.1238 | بيانات الانتشار وطرائق التنبُّؤ لتخطيط أنظمة الاتصالات الراديوية العاملةداخل المباني وشبكات المنطقة المحلية الراديوية العاملةفي مدى الترددات بين MHz 300 وGHz 100 | خدمة متنقلةشبكة محلية راديوية | أساليب الانتشار داخل المباني | خسارة الإرسال الأساسيةامتداد التأخير | من MHz 300 إلى GHz 450 | داخل المباني | غير مطبقة | غير مطبقة | الثابت: حوالي m 2 إلى m 3المتنقل: حوالي m 0,5 إلى m 3 | الترددالمسافةعوامل 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 GHz 60 | نفاذ راديوي عريض النطاق | من نقطة-إلى-منطقة | تغطيةانخفاض التغطية المؤقت بسبب المطر | من 3 إلى GHz 60 | من 0 إلى km 5 | من 0,001 إلى 1 (لحساب انخفاض التغطية بسبب المطر) | حتى 100 | لا توجد أي حدود؛ 0 إلى m 300 (حالة نمطية) | الترددأبعاد الخليةارتفاع المطاريفالمعلمات الإحصائية المتعلقة بارتفاع المباني |

الجـدول 1 ( تابع)

| الطريقة | العنوان | التطبيق | النمط | بيانات الخرج | التردد | المسافة | النسبة المئويةمن الوقت | النسبة المئويةمن 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 MHz 300 وGHz 100 | متنقلة | أساليب الانتشار على مسيرات قصيرة المسافة | خسارة الإرسال الأساسيةامتداد التأخر | من MHz 300 إلى GHz 100 | > km 1 | غير مطبقة | غير مطبقة | الثابت: حوالي 4 إلى m 50 المتنقل: حوالي 0,5 إلى m 3 | الترددالمسافةأبعاد الشوارعارتفاعات الهياكل |
| التوصية ITU-R P.1546 | طريقة التنبؤ من نقطة-إلى-منطقة لخدمات الأرضفي مدى الترددات بين 30 MHz و4 000 MHz | خدمات الأرض | من نقطة-إلى-منطقة | شدة المجال | من 30 إلى MHz 4 000 | من 1 إلى km 1 000 | من 1 إلى 50 | من 1 إلى 99 | *المرسل/الثابت*: الارتفاع الفعلي من أقل من m 0 إلى m 3 000 *المستقبل/المتنقل*:≤ m 1 | ارتفاع التضاريس وتغطية الأرض (اختياري)صنف المسيرالمسافةارتفاع هوائي الإرسالالترددالنسبة المئوية من الوقتارتفاع هوائي الاستقبالزاوية خلوص التضاريس الأرضيةالنسبة المئوية للمواقعتدرج الانكسارية |
| التوصية ITU-R P.1622 | طرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم الأنظمة أرض-فضاء العاملة بين THz 20 وTHz 375 | وصلات بصرية ساتلية | من نقطة-إلى-نقطة | خسارة بسبب الامتصاصخسارة بسبب الانتثارضوضاء الخلفيةاتساع التلألؤزاوية الوصولنقل الحزمةتمديد الحزمة | من 20 إلى THz 375 | وصلات بصريةأرض-فضاء للمجال البعيد | غير مطبقة | غير مطبقة | لا توجد أي حدود | طول الموجةارتفاع المطرافزاوية الارتفاعمعلمة بنية الاضطرابات |

الجـدول 1 ( تابع)

| الطريقة | العنوان | التطبيق | النمط | بيانات الخرج | التردد | المسافة | النسبة المئويةمن الوقت | النسبة المئويةمن 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 | من  10إلى GHz 50 | أي ارتفاع مداري عملي | غير مطبقة | غير مطبقة | لا توجد حدود | الترددزاوية الارتفاععتبة التوهينعرض نطاق المرشاح |
| التوصية ITU-R P.1812 | طريقة تنبؤ بانتشار خاصة بمسير لخدمات الأرض من نقطة-إلى-منطقة في المدى الترددي من MHz 30 إلى MHz 6 000 | خدمات الأرض | من نقطة-إلى-منطقة | شدة المجال | MHz 6 000‑30 | 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 للمسيرالترددالنسبة المئوية من الوقتارتفاع هوائي المرسلارتفاع هوائي المستقبلخطا طول وعرض المرسلخطا طول وعرض المستقبلبيانات أرصاد جويةالاستقطاب |
| التوصية ITU-R P.1814 | طرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم الوصلات البصرية للأرض في الفضاء الحر | وصلات بصرية للأرض | من نقطة-إلى-نقطة | الخسارة بين الامتصاصالخسارة بين الانتثارضوضاء الخلفيةاتساع التلألؤتمديد الحزمة | من 20 إلى THz 375 | لا توجد حدود | غير مطبقة | غير مطبقة | لا توجد حدود | طول الموجةالرؤية (في الضباب)طول المسيرمعلمة 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 GHz 40 للمسيرات الأرضيةومن 4 إلى GHz 55 للمسيرات أرض‑فضاء | بين 2 وkm 60 للمسيرات الأرضية ساتل في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض | غير مطبقة | غير مطبقة  | لا توجد حدود | بيانات أرصاد جوية الترددزاوية الارتفاعارتفاع المحطة الأرضيةالمباعدة والزاوية بين مواقع المحطات الأرضية (للكسب المتنوع)قطر الهوائي وكفاءته (بالنسبة للتلألؤ) |

الجـدول 1 ( *تتمّة*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **الطريقة** | **العنوان** | **التطبيق** | **النمط** | **بيانات الخرج** | **التردد** | **المسافة** | **النسبة المئويةمن الوقت** | **النسبة المئويةمن المواقع** | **ارتفاع المطراف** | **بيانات الدخل** |
| التوصية ITU-R P.2001 | نموذج انتشار أرضي واسع المدى للأغراض العامةفي مدى الترددات من 30 MHz إلى 50 GHz | خدمات الأرض | من نقطة-إلى-نقطة | خسارة الإرسال الأساسية | من 30 إلى GHz 50 | من 3 إلى km 1 000 | من 0,001 إلى 99,999 | غير مطبّقة | "8 000 > متر فوق متوسط مستوى سطح البحر (m.s.1) ولكن بالقرب من سطح الأرض، داخل التروبوسفير" | بيانات وصف المسيرالترددالنسبة المئوية من الوقتارتفاع هوائي الإرسال وكسبهواتجاه السمت الخاص بهارتفاع هوائي الاستقبال وكسبه واتجاه السمت الخاص بهخط الطول والعرض للمرسلخطا الطول والعرض للمستقبل الاستقطاب |
| التوصية ITU-R P.2041 | التنبؤ بتوهين المسير على الوصلات بين منصة محمولة جواًوالفضاء وبين منصة محمولة جواً وسطح الأرض | محمول جواً | من نقطة-إلى-نقطة | المجموع الكلي للتوهين | من 1 إلى GHz 55 | أي ارتفاع | من 0,001 إلى 50 | غير مطبّقة | بين سطح الأرض والفضاء | بيانات أرصاد جوية الترددزاوية الارتفاعالتيسرارتفاع المنصة المحمولة جواًقطر الهوائي وكفاءته (بالنسبة للتلألؤ) |
| (1) النسبة المئوية من الانقطاع؛ من أجل تيسر الخدمة، تطرح القيمة من 100.(2) XPD: تمييز الاستقطاب المتقاطع. |

الجـدول 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 Δ*N* السنويمتوسط *N*0السنوي | °1,5 × °1,5 | ثنائي الخطية | غير مطبق | غير مطبق | يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.(2) |
| P.453 | التوزيعات الاحتمالية السنوية والشهرية لفترة الرطبة للانكسارية عند السطح (Nwet) | °0,75 × °0,75 | ثنائي الخطية | لوغاريتمي | غير مطبق | يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.(2) |
| • 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 m < −100 وحدات N/km | °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 |
| P.530 | *LogK* لوغاريتم *K*%، العامل المناخي الجغرافي لمتوسط الشهر الأسوأ | °0,25 × °0,25 | ثنائي الخطية | غير معرّف | خطي | انظر التوصية الخاصة بتطبيق واستخدام مجموعات البيانات هذه |
| *dN*75 تنبؤ تجريبي بنسبة %0,1 بزيادة انكسارية متوسط الشهر الأسوأ على ارتفاع أخفض 75 m من الغلاف الجوي | °0,25 × °0,25 | ثنائي الخطية | غير معرّف | خطي | انظر التوصية الخاصة بتطبيق واستخدام مجموعات البيانات هذه |
| P.534 | تجاوز القيمة foE لنسب مئوية سنوية من الوقت | °1,5 × °1,5 | ثنائي الخطية | خطي | غير مطبق | انظر التوصية الخاصة بتطبيق واستخدام مجموعات البيانات هذه |
| P.617 | متوسط Δ*N* السنويمتوسط *N*0السنوي | °1,5 × °1,5 | ثنائي الخطية | 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) |

الجـدول 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.834 | • مُعامِلات طول مسير التجاوز على طول المسيرات أرض-فضاء• دالتي التقابل للمكونين الهيدروستاتي والرطب | °1,5 × °1,5°5 × °5 | ثنائي الخطيةغير مطلوب | غير معرّف | غير مطبق | يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.(2) |
| 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) |
| الارتفاع الطوبوغرافي (a.m.s.l.) (km) | °0,5 × °0,5 | ثنائي التكعيب | غير مطبق | غير مطبق | يحال إلى التوصية |
| P.837 | متوسط مجموع التساقطات المطرية الشهرية (mm) معدل الهطول R0.01 (mm/h) | °0,25 × °0,25°0,125 × °0,125 | ثنائي الخطيةثنائي الخطية | غير مطبقغير مطبق | غير مطبقغير مطبق | يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.(2) |
| 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 والشهرية (المتوسط والانحراف المعياري وCCDF) للمحتوى المتكامل للماء السائل في السحاب تقريب المحتوى المتكامل السنوي للماء السائل في السحاب بتوزع لوغاريتمي طبيعي | °0,25 × °0,25 | ثنائي الخطية | لوغاريتمي | خطي | يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.(2) |

الجـدول 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.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.) (m) | °0,08333 × °0,08333 | ثنائي التكعيب | غير مطبق | غير مطبق | تتضمن هذه التوصية تعاريف خطوط الطول والعرض والارتفاع في توصيات السلسلة P. ويحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.(2) |
|  نموذج الجاذبية الأرضية 2008(EGM2008) (m) | °0,08333 × °0,08333 | ثنائي التكعيب | غير مطبق | غير مطبق | يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.(2) |
|  P.1812 | متوسط Δ*N* السنويمتوسط *N*0السنوي | °1,5 × °1,5 | ثنائي الخطية | غير مطبق | غير مطبق | يحال إلى ملف المعلومات المصاحب بشأن أسماء الملفات المطبقة.(2) |
| P.1853 | وسطي ضغط السطح السنويوسطي كثافة بخار الماء السنوي | °0,75 × °0,75 | ثنائي الخطية | غير مطبق | غير مطبق | WV\_Annual.txtP\_Annual.txt |
| 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 وP.534 | التردد الحرج للانتشار المتفرق للطبقة *E* (*F*0 *E*s) | °1,5 × °1,5 | ثنائي الخطية | خطي | خطي | FoEs50.txtFoEs10.txtFoEs01.txtFoEs0.1.txt |
| P.2145 | الإحصاءات السنوية والشهرية (المتوسط والانحراف المعياري وCCDF) ‏لضغط السطح‎‏الإحصاءات السنوية والشهرية (المتوسط والانحراف المعياري وCCDF) لحرارة السطح‎‏الإحصاءات السنوية والشهرية (المتوسط والانحراف المعياري وCCDF) لكثافة بخار الماء على السطح ‏الإحصاءات السنوية والشهرية (المتوسط والانحراف المعياري وCCDF) ‏للمحتوى المتكامل لبخار الماء‎‏تقريب المحتوى المتكامل السنوي لبخار الماء بتوزيع ‎Weibull | °0,25 × °0,25 | ثنائي الخطية | لوغاريتمي | خطي | يحال إلى التوصية |

الجـدول 2 ( *تتمة*)

| توصيات قطاع الاتصالات الراديوية | الوصف | استبانة الشبكة | الاستكمال الداخلي المكاني اللازم(انظر الملحق (1 | استكمال داخلي من حيث الاحتمال | استكمال داخلي للمتغير | تعليقات |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P.2148 | الإحصاءات السنوية لسرعة الرياح على ارتفاع 10 أمتار فوق سطح الأرض | °0,25 × °0,25 | ثنائي الخطية | لوغاريتمي | خطي | يحال إلى التوصية |
|  (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.

الشـكل 1



الملحق 1

# 1أ استكمال داخلي ثنائي الخطية على شبكة شبه منحرفة

*البيان*: قيم *X* عند النقاط الأربع المحيطة بالشكل: و و و؛ أي  و و و.

*المسألة*: تحديد قيمة ، في نقطة فاصلة ، باستعمال الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية.

الشـكل 2



*الحل*: تعريف المتغيرين المساعدين و:

وحساب:

# 1ب استكمال داخلي ثنائي الخطية على شبكة مربعة

الشـكل 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 و*C* 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 و*c* عدداً كسرياً للأعمدة بين *C* و*C*+ 1 باستعمال الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية.

*الحل*: حساب:

 *I*(*r,c*)  *I*(*R*,*C*)[(*R*1–*r*)(*C*1–*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*)]

# 2 استكمال داخلي ثنائي التكعيب

الشـكل 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**C* 1), *I*(*R*3,*C* 2), *I*(*R*3,*C*3)*.*

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

*المسألة*: حساب *I*(*r,c*)، حيث تعد *r* عدداً كسرياً للخطوط بين *R*+ 1 و*R*+ 2 و*c* 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:



حيث:



و

*a*  –0,5

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

# 3 التكامل التربيعي الغوسي

يعطي التكامل التربيعي الغوسي قيمة تقريبية دقيقة لتكاملية محددة إذا كان التكامل *f(x)* علىتقريبٍ جيدٍ بحدودية من الدرجة 2*n*‑1 أو أقل خلال فترة التكامل. وينبغي أن تُحدّد قيمة *n* استناداً إلى الدقة التقريبية المطلوبة.

## 1.3 تكاملية فردية

يمكن أن تكون التكاملية الفردية علىتقريبٍ جيدٍ بالتكامل التربيعي الغوسي، مع ملاحظة ما يلي:

حيث:

## 2.3 تكاملية مضاعفة

يمكن أن تكون التكاملية المضاعفة علىتقريبٍ جيدٍ بالتكامل التربيعي الغوسي، مع ملاحظة ما يلي:

حيث:

## 3.3 خوارزمية حساب نقاط (عُقد) التربيع الغوسي وأوزان التربيع الغوسي

تحسب هذه الخوارزمية النقاط (العُقد)، ، والأوزان، ، من أجل *i*=1,2....,*n*، حيث *n* هو عدد نقاط (عُقد) التربيع الغوسي، والمتحول eps هو دقة نظام الفاصلة العائمة للآلة[[1]](#footnote-1). أما في الآلات التي تدعم حساب النقطة العائمة لدى معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE)، فإن المتحول eps يساوي نحو 2,2204e-16 من أجل الدقة المضاعفة. وتدوِّر دالة ، x إلى أقرب عدد صحيح يقل عن *x* أو يساويه.

الخطوة 1: يُحسب

تُكرَر الخطوات 2 إلى 13 من أجل إلى

الخطوة 2: يُحسب

الخطوة 3: يُحسب و

تُكرَر الخطوتان 4 و5 من أجل إلى

الخطوة 4: يُحسب و

الخطوة 5: يُحسب

الخطوة 6: يُحسب

الخطوة 7: يُحسب

الخطوة 8: يُحسب

الخطوة 9: في حال يُنتقَل إلى الخطوة 3، وإلا يُنتقَل إلى الخطوة 10

الخطوة 10: يُحسب

الخطوة 11: يُحسب

الخطوة 12: يُحسب

الخطوة 13: يُحسب

تُكرَر الخطوة 14 من أجل .......

الخطوة 14: يُحسب و

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. يرد مثال على قيم نقاط التربيع الغوسي $X\_{i}$ وأوزان التربيع الغوسي $W\_{i}$ في منتج إضافي على الموقع الإلكتروني للجنة الدراسات 3 بقطاع الاتصالات الراديوية معني بالمنتجات الرقمية. [↑](#footnote-ref-1)