

الاتحاد الدولي للاتصالات

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.1144-5  
(2009/10)

دليل تطبيق طرائق الانتشار للجنة الدراسات 3  
للاتصالات الراديوية

السلسلة P  
انتشار الموجات الراديوية

## 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 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 في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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
<b>انتشار الموجات الراديوية</b>	
علم الفلك الراديوي	RA
الخدمة الثابتة الساتلية	S
أنظمة الاستشعار عن بعد	RS
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، 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).

## التوصية ITU-R P.1144-5

## دليل تطبيق طرائق الانتشار للجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية

(1995-2001-2001-2007-2009)

### مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية دليلاً لتوصيات لجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية يحتوي على طرائق التنبؤ بالانتشار. كما أنها تسدي المشورة للمستعملين بشأن الطرائق الأكثر ملاءمة لتطبيقات معينة إلى جانب الحدود ومعلومات الدخل والخرج اللازمة لكل طريقة من هذه الطرائق.

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 طرائق 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 للمعلومات الجيوفيزيائية اللازمة لتطبيق طرائق التنبؤ بالانتشار المذكورة في الفقرة 1 أعلاه من "توصي".

الملاحظة 1 - توافق كلاً من توصيات قطاع الاتصالات الراديوية في الجدول 1، أعمدة خاصة بالمعلومات تدل على: التطبيق: الخدمة (الخدمات) أو التطبيق الذي تكرر 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 يطبق من أجله التوصية.

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

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

الطرائق التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية للتنبؤ بالانتشار بالموجات الراديوية

الطريقة	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	معطيات الدخل
التوصية ITU-R P.368	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	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 وراءه	من 0,001 إلى 50 السنة المتوسطة والشهر الأسوأ	غير مطبقة	حدود غير معرفة	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
التوصية ITU-R P.528	خدمة متنقلة للطيران	من نقطة-إلى-منطقة	خسارة على المسير	من 125 MHz إلى 15 GHz	من 0 إلى 1800 km (في التطبيقات الخاصة بالطيران، لا تعني مسافة أفقية مقدارها 0 km أن طول المسير يساوي 0 Km)	5، 50، 95	غير مطبقة	H1: 15 m إلى km 20 H2: 1 إلى 20 km	المسافة ارتفاع المرسل التردد ارتفاع المستقبل النسبة المئوية من الوقت
التوصية ITU-R P.530	وصلات ثابتة في خط البصر	من نقطة-إلى-نقطة في خط البصر	خسارة على المسير تحسن في التنوع (ظروف الجو الصافي) XPD انقطاع خصائص الخطأ	من 150 MHz إلى 40 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 المواط (1)	غير مطبقة	ارتفاع كافٍ لضمان خلوص المسير المحدد في التوصية	المسافة ارتفاع المرسل التردد ارتفاع المستقبل النسبة المئوية من الوقت بيانات عن إعاقه المسير بيانات عن المناخ معلومات عن التضاريس
التوصية ITU-R P.533	إذاعة خدمة ثابتة خدمة متنقلة	من نقطة-إلى-نقطة	MUF 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

الجدول 1 (تابع)

الطريقة	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	معطيات الدخل
التوصية ITU-R P.534	خدمة ثابتة خدمة متنقلة إذاعة	من نقطة-إلى-نقطة عبر الطبقة E المتفرقة	شدة المجال	من 30 إلى MHz 100	من 0 إلى 4 000 km	من 0 إلى 50	غير مطبقة	غير مطبق	المسافة التردد
التوصية ITU-R P.617	وصلات ثابتة عبر الأفق	من نقطة-إلى-نقطة	خسارة على المسير	MHz 30 <	من 100 إلى 1 000 km	20، 50، 90، 99، 99,9	غير مطبقة	حدود غير معرفة	التردد كسب هوائي المرسل كسب هوائي المستقبل هندسة المسير
التوصية ITU-R P.618	ساتلي	من نقطة-إلى-نقطة	خسارة على المسير كسب التنوع وفك الاقتران XPD (في وجود المواطنين)	من 1 إلى 55 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	0,001 إلى 5 (في حالة التوهين؛ 1-0,001 في حالة التمييز XPD)	غير مطبقة	لا توجد حدود	بيانات الأرصاد الجوية التردد زاوية الارتفاع ارتفاع المحطة الأرضية الفصل والزوايا بين مواقع المحطات الأرضية (في حالة كسب التنوع) قطر الهوائي والكفاءة (في حالة التألق) زاوية الاستقطاب (في حالة XPD)
التوصية ITU-R P.620	تنسيق الترددات للمحطة الأرضية	مسافة التنسيق	المسافة التي تتحقق منها الخسارة المطلوبة على المسير	من 100 MHz إلى GHz 105	حتى 1 200 km	من 0,001 إلى 50	غير مطبقة	حدود غير معرفة	خسارة الإرسال الدنيا الأساسية التردد النسبة المئوية من الوقت زاوية ارتفاع المحطة الأرضية
التوصية ITU-R P.679	إذاعة ساتلية	من نقطة-إلى-نقطة	خسارة المسير تأثير البيئة المحلية	من 0,5 إلى GHz 5,1	أي ارتفاع مداري عملي	غير مطبقة	حدود غير معرفة	حدود غير معرفة	التردد زاوية الارتفاع خصائص البيئة المحلية
التوصية ITU-R P.680	خدمة متنقلة بحرية ساتلية	من نقطة-إلى-نقطة	خيو 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 <sup>(1)</sup>	غير مطبقة	لا توجد حدود	التردد زاوية الارتفاع الكسب الأقصى للهوائي في اتجاه التسليد
التوصية ITU-R P.681	خدمة متنقلة برية ساتلية	من نقطة-إلى-نقطة	خيو على المسير مدة الخبو مدة غياب الخبو	من 0,8 إلى 20 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	غير مطبقة النسبة المئوية للمسافة المتنازعة: 1 إلى 80% (1)	غير مطبقة	لا توجد حدود	التردد زاوية الارتفاع النسبة المئوية للمسافة المتنازعة النسبة التقريبية للحجب البصري

الجدول 1 (تابع)

الطريقة	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	معطيات الدخل
التوصية ITU-R P.682	خدمة متنقلة للطيران ساتلية	من نقطة-إلى-نقطة	حبو على سطح البحر انتشار عبر مسيرات متعددة انطلاقاً من الأرض والطائرة أثناء الهبوط	من 1 إلى 2 GHz (حبو 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 <sup>(1)</sup>	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	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	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
التوصية ITU-R P.1147	الإذاعة	من نقطة-إلى-منطقة	شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية	من 0,15 إلى 1,7 MHz	من 50 إلى 12 000 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	خدمة متنقلة شبكة محلية راديوية	طرائق الانتشار داخل المباني	حساسة على المسير امتداد التأخير	من 900 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 والجدران
التوصية ITU-R P.1410	نفاذ راديوي عريض النطاق	من نقطة-إلى-منطقة	تغطية انخفاض التغطية الموقت 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 المعالم الإحصائية المتعلقة بارتفاع المباني

## الجدول 1 (تتمة)

الطريقة	التطبيق	النمط	بيانات الخرج	التردد	المسافة	النسبة المئوية من الوقت	النسبة المئوية من المواقع	ارتفاع المطراف	معطيات الدخل
التوصية ITU-R P.1411	متنقلة	طرائق الانتشار على مسيرات قصيرة المسافة	حساسة 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	خدمات الأرض	من نقطة-إلى-منطقة	شدة المجال	من 30 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: m 1 ≤	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	وصلات بصرية ساتلية	من نقطة-إلى-نقطة	حساسة بسبب الامتصاص حساسة بسبب الانتثار ضوضاء الخلفية اتساع التلألؤ زاوية الوصول نقل الحزمة تمديد الحزمة	من 20 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
التوصية ITU-R P.1623	ساتلية	من نقطة-إلى-نقطة	مدة الخبو ميل الخبو	من 10 إلى 50 GHz	أي ارتفاع مداري عملي	غير مطبقة	غير مطبقة	لا توجد أي حدود	التردد زاوية الارتفاع عتبة التوهين عرض نطاق المرشح
التوصية ITU-R P.1812	خدمات الأرض	من نقطة-إلى-منطقة	شدة المجال	30-3 000 MHz	غير محددة ولكنها تصل إلى الأفق الراديوي وتتجاوز	من 1 إلى 50	من 1 إلى 99	لا توجد حدود	بيانات المظهر الجانبي للمسير التردد النسبة المئوية من الوقت ارتفاع هوائي المرسل ارتفاع هوائي المستقبل خط طول وعرض المرسل خط طول وعرض المستقبل بيانات أرساد جوية
التوصية ITU-R P.1814	وصلات بصرية للأرض	من نقطة إلى نقطة	الحساسة بين الامتصاص الحساسة بين الانتثار 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

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

الجدول 2

الخرائط الرقمية للمعلومات الجيوفيزيائية لقطاع الاتصالات الراديوية

أسماء الملفات	استكمال داخلي للمتغير	استكمال داخلي من حيث الاحتمال	الاستكمال الداخلي الفضائي اللازم (انظر الملحق 1)	استبانة الشبكة	الوصف	توصيات القطاع ITU-R
ESA0HEIGHT.TXT	غير منطبق	غير منطبق	ثنائي الخطية	$1,5 \times 1,5$ °	متوسط الارتفاع السنوي لخط تساوي درجة الحرارة (km) (صفر درجة)	P.839
ESARAIN_XXX_v5.TXT; xxx = PR6, BETA, MT	غير منطبق	غير منطبق	ثنائي الخطية	$1,125 \times 1,125$ °	احتمال تجاوز معدل تساقط الأمطار (%) (معدل الأمطار)	P.837
TOPO0DOT5.TXT	غير منطبق	غير منطبق	ثنائي التكعيب	$0,5 \times 0,5$ °	ارتفاع طوبوغرافي (فوق متوسط مستوى البحر) (km) (ارتفاع)	P.1511
ESAWVC_XX_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99	خطي	لوغاريتمي	ثنائي الخطية <sup>(1)</sup>	$1,125 \times 1,125$ °	احتمال تجاوز بخار الماء العمودي (%) (IWVC)	P.836
SURF_WV_XX_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99	خطي	لوغاريتمي	ثنائي الخطية <sup>(1)</sup>	$1,125 \times 1,125$ °	احتمال تجاوز كثافة بخار الماء عند سطح الأرض (%) (Rho)	P.836
VSCH_XX_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99	خطي	لوغاريتمي	ثنائي الخطية	$1,125 \times 1,125$ °	ارتفاع عمود بخار الماء	P.836
ESATEMP.TXT	غير منطبق	غير منطبق	ثنائي الخطية	$1,5 \times 1,5$ °	متوسط درجة الحرارة السنوية على السطح (درجة الحرارة)	P.1510
ESANWET.TXT	غير منطبق	غير منطبق	ثنائي الخطية	$1,5 \times 1,5$ °	القيمة المتوسطة للفترة الرطبة للانكسارية (Nwet)	P.453
ESAWREDP_XX_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99	خطي	لوغاريتمي	ثنائي الخطية	$1,125 \times 1,125$ °	احتمال تجاوز مياه السحب السائلة العمودية (%) (CLW)	P.840
WRED_LOGNORMAL_MEAN_v4.TXT, WRED_LOGNORMAL_STDEV_v4.TXT, and WRED_LOGNORMAL_PCLW_v4.TXT	غير منطبق	غير منطبق	ثنائي الخطية	$1,125 \times 1,125$ °	توزيع إحصائي لإجمالي المحتوى المائي للسائل في السحاب	P.840

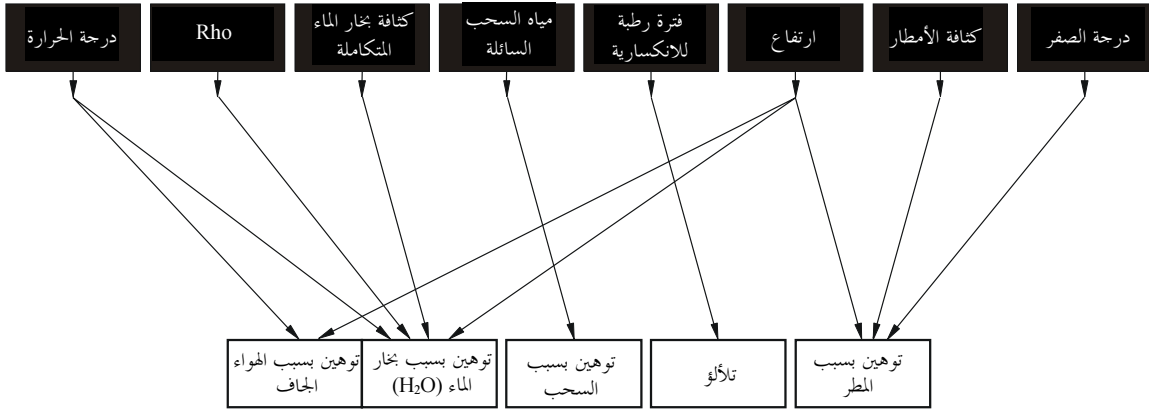
IWVC: كثافة بخار الماء المتكاملة.

<sup>(1)</sup> تجرى معايرة المتغيرات عند النقاط الشبكية المحيطة بالارتفاع المطلوب قبل الاستكمال الداخلي المكاني لكل إجراء معايرة في التوصية المطبقة.



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

الشكل 1

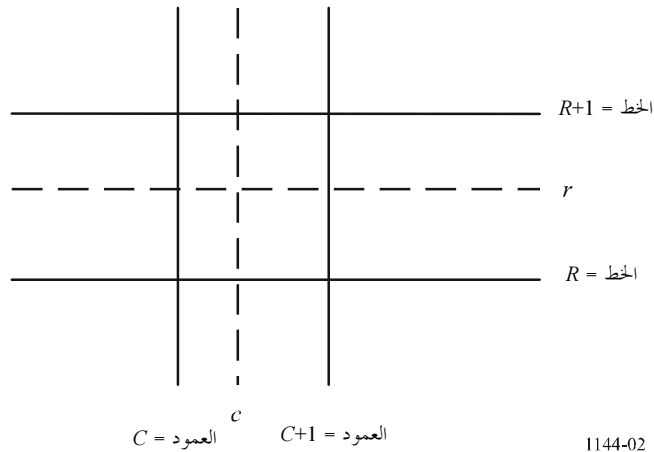


1144-01

## الملحق 1

## 1 استكمال داخلي ثنائي الخطية

الشكل 2



1144-02

البيان: قيم النقاط الأربع المحيطة بالشكل:  $I(R,C)$ ,  $I(R,C+1)$ ,  $I(R+1,C)$ , and  $I(R+1,C+1)$ .

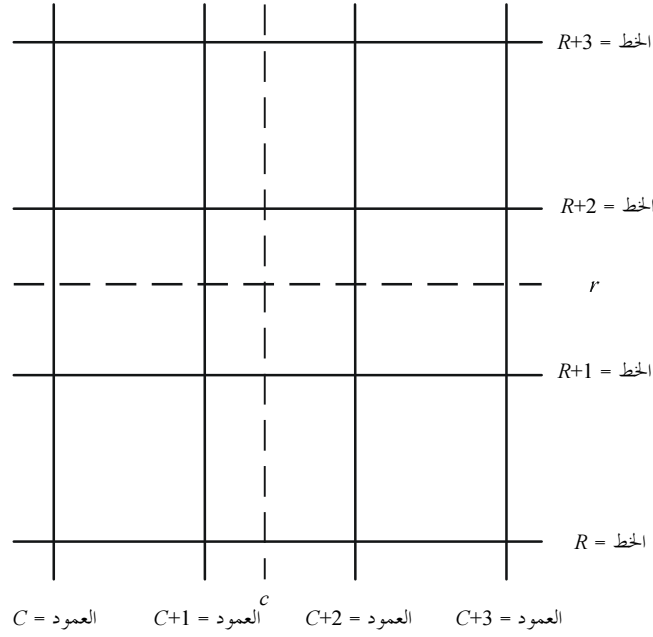
المشكلة: تحديد  $I(r,c)$ ، حيث تعد  $r$  عدداً كسرياً خطياً و  $c$  عدداً كسرياً عمودياً باستعمال الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية.

الحل: حساب

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

2 استكمال داخلي ثنائي التكعيب

الشكل 3



1144-03

البيان: قيم النقاط الست عشرة المحيطة بالشكل

$$\begin{aligned}
 &I(R,C), I(R,C+1), I(R,C+2), I(R,C+3), \\
 &I(R+1,C), I(R+1,C+1), I(R+1,C+2), I(R+1,C+3), \\
 &I(R+2,C), I(R+2,C+1), I(R+2,C+2), I(R+2,C+3), \\
 &I(R+3,C), I(R+3,C+1), I(R+3,C+2), I(R+3,C+3).
 \end{aligned}$$

المشكلة: حساب  $I(r,c)$ ، حيث تعد  $r$  عدداً كسرياً خطياً و  $c$  عدداً كسرياً عمودياً باستعمال الاستكمال الداخلي ثنائي التكعيب.  
الحل:

الخطوة 1: حساب القيمة المستكملة عند كل عدد كسري في العمود  $c$  المرغوب بالنسبة إلى كل خط  $x$ ، 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:

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

و

$$a = -0,5$$

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