الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R P.311-13
(2009/10)

حيازة المعطيات في الدراسات المتعلقة بانتشار الموجات في منطقة التروبوسفير وتقديمها وتحليلها

السلسلة P
انتشار الموجات الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات

تمهيـــد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2010

© ITU 2010

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

التوصيـــة ITU-R P.311-13

حيازة المعطيات في الدراسات المتعلقة بانتشار الموجات في منطقة التروبوسفير وتقديمها وتحليلها

(2009-2005-2003-2001-1999-1997-1994-1992-1990-1982-1978-1974-1970-1959-1956-1953)

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) ضرورة وجود نماذج للتنبؤ بالانتشار ذات صلاحية إجمالية من أجل تصميم أنظمة اتصالات؛

ب) أن المعطيات المتعلقة بالانتشار وبالأرصاد الجوية الراديوية لها أهمية أساسية في وضع نماذج التنبؤ هذه واختبارها؛

ج) أنه لتسهيل مقارنة المعطيات والنتائج يجذ حيازة معطيات الانتشار والأرصاد الجوية الراديوية وتقديمها بشكل متسق،

توصي

1 بأن تتفق المعطيات المتعلقة بالانتشار في منطقة التروبوسفير المقدمة إلى لجنة دراسات الاتصالات الراديوية 3 والمبادئ والأنساق الواردة في الملحق 1.

الملحق 1

بنوك المعطيات التي تدعم تقييم أساليب التنبؤ

1 المقدمة

2 المسؤوليات والتحيينات

3 معايير القبول

4 معايير الاختبار لمقارنة أساليب التنبؤ

1.4 اعتبارات عامة

2.4 متغيرات الاختبار لأغراض مقارنة التنبؤات بالتوهين الناجم عن المطر

3.4 طريقة الاختبار لأغراض مقارنة التنبؤات بمدد الخبو

4.4 طريقة الاختبار لأغراض مقارنة التنبؤات بمنحنيات الخبو

5 قائمة بنوك معطيات لجنة دراسات الاتصالات 3 المتعلقة بالانتشار في منطقة التروبوسفير

1.5 الجزء I: المعطيات المتعلقة بمسيرات للأرض على خط البصر

2.5 الجزء II: المعطيات المتعلقة بالمسيرات أرض – فضاء

3.5 الجزء III: المعطيات المتعلقة بمسيرات للأرض عبر الأفق وبالانتثار بالمطر

4.5 الجزء IV: المعطيات المتعلقة بالأرصاد الجوية الراديوية

5.5 الجزء V: المعطيات المتعلقة بالخدمة المتنقلة البرية للأرض

6.5 الجزء VI: المعطيات المتعلقة بالإذاعة للأرض

7.5 الجزء VII: المعطيات المتعلقة بالخدمات المتنقلة الساتلية

8.5 الجزء VIII: المعطيات المتعلقة بالنباتات وبالمباني

1 المقدمة

من المتطلبات الأساسية لتوفير أساليب موثوقة للتنبؤ بتأثيرات الانتشار الراديوي إنشاء بنوك معطيات وافية بالغرض. ويجب على هذه البنوك:

- أن تحتوي على كل المعطيات المتاحة ذات النوعية المناسبة،
- أن تكون مقبولة على نطاق واسع كمصدر للمعلومات التي يعتمد عليها إجراء الاختبارات،
- أن تكون سهلة المنال.

ولا تحتوي بنوك المعطيات من حيث المبدأ سوى على المعطيات التي تستخدم للأغراض التالية:

- اختبار أساليب التنبؤ التي توصي بها لجنة دراسات الاتصالات 3 (ويمكن قطعاً أن تستخدم لاختبار أساليب أخرى)؛
- ابتكار خرائط الأرصاد الجوية الراديوية المتعلقة بالتنبؤ بتأثيرات الانتشار الراديوي وتحيينها.

في الحالات الخاصة في دراسات الانتشار في منطقة التروبوسفير التي لم تعتمد فيها لجنة دراسات الاتصالات 3 أي أسلوب للتنبؤ تعرض معطيات الجداول في ملحق التوصية المعنية لإرشاد القارئ إلى أفضل المعطيات المقيسة المتاحة.

وتخص بنوك المعطيات الحالية التالي:

- تقييم أساليب التنبؤ بالانتشار للأرض على خط البصر؛
- تقييم أساليب التنبؤ للانتشار أرض–فضاء؛
- تقييم أساليب التنبؤ بالتداخل أو الاعتمادية على مسيرات عبر الأفق؛
- معطيات الأرصاد الجوية الراديوية،؛
- تقييم أساليب التنبؤ للخدمات المتنقلة البرية للأرض؛
- تقييم أساليب التنبؤ لخدمات الإذاعة للأرض؛
- تقييم أساليب التنبؤ للخدمات المتنقلة الساتلية؛
- المعطيات المتعلقة بالنباتات والمباني.

يرجى من الإدارات تقديم المعطيات الخاصة بها إلى لجنة دراسات الاتصالات 3 و/أو إلى أفرقة العمل المختصة (WP) وفقاً للمتطلبات الواردة في هذا الملحق. وتقدم الفقرة 2 الخطوط العريضة للجوانب الإدارية الخاصة ببنوك المعطيات وكذلك الإجراءات المتبعة لإدخال معطيات جديدة بهدف ضمّها إلى بنوك المعطيات. ويعطي الجزء 3 المعايير التي يجب أن تستوفيها المعطيات كي تقبل. وتقدم الفقرة 4 وصفاً لمعايير الاختبار المستخدمة. وتعطي الفقرة 5 قوائم بجميع جداول بنوك المعطيات.

إن الاستمارات الخالية الخاصة بالمعطيات والتي تبين بالتفصيل طبيعة ونسق المعطيات المطلوبة/المتاحة متوفرة على صفحات الشبكة عالمية النطاق (web) المخصصة للجنة دراسات الاتصالات 3. كذلك تتوفر بنوك المعطيات بالكامل على هيئة برامج

معالجة جداول في نفس الموقع على الشبكة web. ويمكن عند الطلب الحصول على نسخة مطبوعة أو على أقراص لاستمارات تقديم المعطيات كما يمكن الحصول على نسخ لبنك المعلومات بالكامل على أقراص من مكتب الاتصالات الراديوية (BR).

إن الجدول III-1a "معطيات القياس النقطي في الجو الصافي" متوفر حالياً كقاعدة معطيات منفصلة. ويتضمن الجدول حالياً قرابة 100 000 قياس سجلوا على 1 326 مسيراً. وقد دامت القياسات بين 10 دقائق وساعة. وقاعدة المعطيات متوفرة لدى مكتب الاتصالات الراديوية (BR) على أقراص مرنة 3,5 (ملفات dBASEIII نسق DOS). ويوجد على القرص برنامج يسمح للمستعمل بقراءة المعطيات وطباعتها وتحريرها.

2 المسؤوليات والتحيينات

تقع مسؤولية بنوك المعطيات على عاتق لجنة دراسات الاتصالات 3 مع الاستفادة بالكامل من المزايا التي توفرها أنشطة أفرقة العمل من معلومات تقنية وإدارية وكذلك من خدمات مكتب الاتصالات الراديوية للطباعة والنشر. أما مسؤولية دقة وصلاحية المعطيات فهي تقع على الكتاب الواردة أسماؤهم في المراجع و/أو على الإدارات التي قدمت المعطيات. ولتسهيل عملية تحويل المعطيات إلى معطيات حاسوب ولضمان نوعية بنوك المعلومات يتعين أن يقوم فريق العمل (WP) المعني بمراجعة المعطيات وفقاً لمجموعة المعايير الموضحة في الفقرة 3. وقد تقبل المعطيات التي لا تستوفي الشروط بعد نظر الإدارة المعنية في معلومات و/أو توضيحات مناسبة إضافية وتسليمها.

سيكون من الضروري متابعة إجراءات الصيانة التقنية وإنشاء بنوك معلومات بشكل دائم. ويقترح عرض كل جدول من جداول بنك المعطيات على فريق عمل للنظر فيه وأن تقوم أفرقة العمل المختصة بتعيين شخص مسؤول عن تنسيق التحيين لكل جدول من الجداول المكلفة بها.

3 معايير القبول

سينظر في صلاحية المعطيات المقدمة لإدراجها في بنك المعطيات وفقاً للمعايير التالية:

- مطابقة المعلومات المقدمة للأنساق الموضحة في الاستمارة الخالية. ويتعين أن تطابق وحدات القياس بشكل خاص تلك الواردة في صفحات وصف الجداول. وهي تعتمد على النظام العالمي للوحدات (نظام SI) ما عدا استثناءات قليلة. للاطلاع على تعاريف المصطلحات راجع التوصية ITU-R P.310. ويوصى باستخدام نسخ من الجداول الواردة في الاستمارة لتقديم المعطيات وبإدخال المعلومات الإضافية الهامة في الخانة "ملاحظات".
- في حالة الجداول التي تتطلب إحصائيات تراكمية لكل من ظاهرة الانتشار والهواطل تكون هناك حاجة لمعطيات متواقتة. هذا يعني ضرورة القيام بإحصائيات كل من الظاهرتين خلال نفس فترة الرصد. إذا كان التوصل إلى هذه المعطيات قد تم بحذف معطيات من قياسات المجموعة الأخرى لنفس الفترة الزمنية يجب أن يدون ذلك في "الملاحظات".
- تكون فترة الرصد ضرب صحيح الأعداد للأشهر الاثني عشر في حالة الإحصائيات التراكمية السنوية وطويلة الأجل وتكون نسبة زمن تيسر التجهيزات 90% على الأقل من إجمالي الفترة المرصودة.
- ضرورة اشتقاق الإحصائيات التراكمية للشهر الأسوأ (راجع التوصية ITU-R P.581) من جميع الإحصائيات الشهرية للأشهر الاثني عشر من السنة المعنية. ويتعين أن يكون زمن تيسر التجهيزات 75% من كل شهر على الأقل.
- دقة الاستكمال الداخلي: قد تكون هناك حاجة للاستكمال الداخلي عند تحويل الإحصائيات التراكمية المقيسة إلى النسق المطلوب (لعدة نسب مئوية محددة). لتحقيق ذلك يجب اختيار عدد كبير بالقدر الكافي من السويات المرجعية بحيث تكون نسبة الاحتمالات لسويات مرجعية متتابعة أكبر من 0,8 وأقل من 1,25. لا تقدم القيم التي تم التوصل إليها بالاستكمال الخارجي.

- في حالة معطيات النطاق العريض للأرض يجب أن يكون المدى الديناميكي للمستقبل 18 dB على الأقل لتوفير حد أدنى من نسبة الذروة إلى الضوضاء قدره 15 dB في الأقل.
- في حالة إحصاءات معدلات هطول المطر يستحسن استعمال وقت متكامل مقداره 1 دقيقة لتوفير الاتساق مع طرائق التنبؤ التي تتبعها لجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية.

سيطبق مراجعو المعطيات المقدمة هذه المعايير. في بعض الحالات الخاصة يمكن إبداء بعض المرونة في تطبيق هذه المعايير (مثلاً في حالة ظاهرة المسيرات المتعددة حيث تبين إحصائيات الخبو أن ذيل التوزيع يكون خطياً عندما يخط في رسم بياني لوغاريتمي خطي بحيث يقلل من مشكلة الاستكمال الداخلي). كذلك يكون من المناسب تطبيق معايير قبول أقل صرامة عندما تقدم المعطيات من منطقة بالكاد ممثلة في جدول المعطيات. سيميز المسؤول عن تنسيق الجدول المعطيات التي تقبل على الرغم من عدم استيفائها معايير القبول (نظراً للأسباب الواردة أعلاه) بوسمها بعلم خاص ويمكن شطب هذه المعطيات من بنك المعطيات بعد إدخال عدد كافٍ من المعطيات التي تستوفي شروط القبول.

4 معايير الاختبار لمقارنة أساليب التنبؤ

1.4 اعتبارات عامة

لا بد من تعريف مجموعة من المعايير الموضوعية لتمكين تقييم نوعية أسلوب التنبؤ. بصفة عامة يجب أن تكون المعطيات المستخدمة في المقارنة مناسبة لأغراض التطبيق (راجع معايير قبول المعطيات في الفقرة 3). بينما تتضمن قاعدة المعطيات عامة قوائم جميع المعطيات المناسبة لنمط واحد من الاختبارات على الأقل، قد تكون بعض المعطيات غير مناسبة لبعض الأنماط من التنبؤات ويتعين حينئذ استبعادها من مثل هذه الاختبارات. (مثال: بعض المعطيات الواردة في الجدول 1-III غير مناسبة لاختبار الاعتمادية عبر الأفق – لذا فهي مميزة بعلامة في خانة العلم). من المهم أيضاً استبعاد أي معطيات تابعة (حيث تمثل المعطيات المدخلة مجموعة فرعية لمعطيات أخرى مدخلة). غير أنه من الممكن اعتبار المعطيات، التي يحصل عليها من قياسات أجريت في نفس المحطة خلال نفس الفترة عند زوايا ارتفاع أو استقطابات مختلفة، معطيات مستقلة عن بعضها البعض.

كما أنه في معظم الحالات تستخدم مدة القياس (المعبر عنها بالسنوات) كعامل للموازنة. (رجاء ملاحظة أن المدة تعرف على أنها العدد الفعلي للأيام التي تقابل مجموعة كاملة من المعطيات الصالحة والذي يكون عادة أقل من الوقت من تاريخ البداية إلى تاريخ النهاية؛ الفارق هو "مدة عدم التيسر" من التجربة.)
المتطلبات العامة المتعلقة بالنماذج هي (بترتيب تناقص الأهمية).

1.1.4 أفضل أداء من منظور متغير الاختبار

يجب الاتفاق على متغير الاختبار (أي أدنى متوسط للفارق بين القيمة التي تم التنبؤ بها والقيمة المقيسة أو أدنى انحراف معياري للفارق) داخل فريق العمل المسؤول (WP). يجب ملاحظة الحاجة إلى إجراء الاختبارات على مجموعة المعطيات المطبقة بالكامل وعلى مجموعات المعطيات الفرعية المتفق عليها.

2.1.4 "الأساس المادي" للأسلوب المختار

إن معظم أساليب التنبؤ بالانتشار المستخدمة شبه تجريبية بطبيعتها إما لأن تفاصيل العملية المادية تكون غير معروفة بالتحديد أو لأن توفير عدد معلمات الإدخال غير ممكن. كلما عرضت المبادئ المادية الكامنة في نموذج بشكل أفضل كلما زادت فرص تطبيق النموذج في المجالات التي لم تكتشف بعد (ترددات جديدة، مناطق مناخية جديدة، إلخ). إن تطبيق أسلوب تجريبي بحت مشتق من ملائمة المنحنيات مع المعطيات المقيسة يكون غير مناسب عادة خارج مجال القياسات لذا يجب تفاديه.

3.1.4 "البساطة"

إن هذا المعيار الذي قد يبدو متناقضاً مع مطلب "الأساس المادي" يجب أن يطبق فقط من أجل الحفاظ على عدد معلمات الدخل عند أدنى حد وكي يضمن أن وصف اللوغاريتمية يصلح للتطبيق في برنامج حاسوب تطبيقاً واضحاً لا يترك مجالاً للبس. قد تصلح المخططات البيانية كعروض مبسطة لأساليب تنبؤ مفيدة جداً ولكن لا يمكن أن تقبل كأسلوب بحد ذاته.

2.4 متغير الاختبار لمقارنة التنبؤات بالتوهين بالمطر

توضح احتمالات التوهين عامة لعدد من مسيرات الإرسال عند مجموعة محددة من سويات الاحتمال. ويتعين جدولة معطيات مقارنة أساليب التنبؤ عند سويات احتمال ثابتة مثلاً 0,001 و0,01 و0,1% من السنة. تحسب نسبة التوهين المتنبأ به إلى التوهين المقيس لكل مسير. وتستعمل اللوغاريتمية الطبيعية للنسبة كمتغير اختبار. ولتعويض تأثيرات مساهمة مصادر توهين أخرى غير المطر وتأثيرات عدم الدقة في القياس التي تؤثر بصورة رئيسية في قيم التوهين الأدنى تضرب اللوغاريتمية في عامل تدريج لقيم التوهين المقيسة التي تقل عن 10 dB. وعامل التدريج هذا هو دالة قدرة التوهين المقيس. ويتبع متغير الاختبار المعدل التوزيع العادي عن قرب. وتحسب انحرافات متغير الاختبار (المعدل) المتوسطة والمعيارية لتستعمل في الإحصائيات لمقارنة أساليب التنبؤ.

1.2.4 الإجراء

– لكل نسبة مئوية من الوقت ولكل وصلة راديوية تحسب نسبة التوهين المتنبأ به A_p (dB) إلى التوهين المقيس Am (dB):

$$S_i = A_{p,i} / A_{m,i} \quad (1)$$

حيث S_i هي النسبة المحسوبة للوصلة الراديوية رقم i.

– يحسب متغير الاختبار:

$$V_i = \ln S_i \, (A_{m,i} / 10)^{0.2} \quad \text{for } A_{m,i} < 10 \text{ dB} \quad (2)$$

$$= \ln S_i \quad \text{for } A_{m,i} \geq 10 \text{ dB}$$

– يكرر الإجراء لكل نسبة مئوية من الوقت.

– يحسب متوسط μ_V والانحراف المعياري σ_V والقيمة الفعالة (r.m.s) ρ_V لقيم V_i لكل نسبة مئوية من الوقت:

$$\rho_V = \left(\mu_V^2 + \sigma_V^2 \right)^{0.5} \quad (3)$$

الملاحظة 1 – (وظيفة الموازنة). إذا كانت بعض التوزيعات المقيسة تعتمد على معطيات عدة سنوات (n سنة) يحسب المتوسط μ_V والانحراف المعياري σ_V والقيمة الفعالة (r.m.s) ρ_V لقيم n V_i (مثلاً إذا حسب المتوسط السنوي لثلاث سنوات رصد تؤخذ نفس قيمة V_i ثلاث مرات لكل نسبة مئوية من الزمن).

الملاحظة 2 – (تقدير على مدى العشرات من سويات الاحتمالات). لتقدير أسلوب تنبؤ على مدى العشرات من سويات الاحتمالات (مثلاً من 0,001 إلى 0,1% من الوقت) تحسب قيم متغير الاختبار V_i لكل نسبة مئوية من الوقت (القيم المفضلة هي 0,001 و0,002 و0,003 و0,005 و0,01 و0,02 و0,03 و0,05 و0,1) يؤخذ عامل موازنة في الاعتبار ويحسب المتوسط $\bar{\mu}_V$ والانحراف المعياري $\bar{\sigma}_V$ والقيمة الفعالة (r.m.s) $\bar{\rho}_V$ لكل قيم V_i على مدى عشرات سويات الاحتمالات المطلوبة.

عند مقارنة أساليب التنبؤ يكون أفضل أسلوب ذلك الذي ينتج أقل قيمة للمعلمات الإحصائية. وتجدر الملاحظة أن المعلمات اللوغاريتمية يمكن أن تحول فيما بعد إلى معلمات ذات نسبة مئوية متساوية. ويؤدي الانحراف المعياري على سبيل المثال إلى انحرافات متساوية في النسب المئوية العليا والدنيا:

$$D_{u,1} = \left[\exp\left(\pm \sigma_V\right)^{-1}\right] \times 100$$

وهي قياسات لانتشار القيم المتنبأ بها بالنسبة إلى القيم التي تم قياسها بعد تقييسها لتوهين قدره 10 dB.

وهذا الإجراء أداة ليس فقط لتقدير نوعية أداء مختلف أساليب التنبؤ بل لتقديم توجيهات لتحسينه أيضاً. وقد تؤدي كذلك متابعة المخططات البيانية لتمديد قيم A_p وA_m إلى معلومات مفيدة عن المزايا النسبية لكل من المعطيات الاختبارية وأساليب التنبؤ.

بالإضافة إلى ذلك قد توفر هذه المعلمات الإحصائية بعض المعلومات عن التمديد المتوقع في قيم التوهين الفعلية حول قيمة متنبأ بها. ولتحقيق ذلك يمكن استخدام إجراء التدريج الوارد أعلاه في الاتجاه العكسي أي يمكن تدرج الانحراف المعياري المقيس لسوية توهين قدرها 10 dB إلى الانحراف المعياري المتوقع عند سوية توهين أخرى متنبأ بها A_p (dB) باستخدام العامل $(10/A_p)^{0,2}$.

يجب ملاحظة أن أقصى حد لدقة أي أسلوب تنبؤ هو الدقة التي يمكن أن توصف بها الظروف المناخية للمطر لموقع ما عن طريق التوزيع التراكمي لشدة سقوط المطر في نقطة ما.

3.4 طريقة الاختبار لأغراض مقارنة التنبؤات بمدد الخبو

1.3.4 مبدأ الطريقة

هناك دالّتا توزيع تراكمي مختلفتان لوصف مدة الخبو هما:

1 $P(d > D|a > A)$ احتمال حدوث خبو لمدة d أطول من المدة D عندما يكون التوهين a أكبر من القيمة A (dB).

2 $F(d > D|a > A)$ احتمال التجاوز التراكمي أو الوقت الكلي (بين 0 و1) للخبو الناجم عن حالات الخبو التي تكون فيها المدة d أطول من D وعندما يكون التوهين a أكبر من A (dB).

وتوضع المعطيات المتعلقة بمقارنة طرائق التنبؤ بمدد الخبو في جدول يضم مدة الخبو D الثابتة (6 s أو 180 s أو 3 600 s مثلاً) وعتبة التوهين A الثابتة (3 dB أو 10 dB أو 25 dB مثلاً). وتحسب نسبة هذا الوقت المقيس إلى الوقت المتنبأ به لكل وصلة راديوية. ويتحدد لوغاريتم هذه النسبة باعتباره متغير الاختبار. ويحسب بعدئذ متوسط الانحراف والانحراف المعياري لمتغير الاختبار للحصول على مدى الإحصائيات المتعلقة بمقارنة طرائق التنبؤ.

2.3.4 الإجراء

الخطوة 1a: يحسب متغير الاختبار لأغراض طرائق التنبؤ باحتمال حدوث الخبو P باعتباره اللوغاريتم الطبيعي لنسبة احتمال التنبؤ $P_p(d > D|a > A)$ إلى الاحتمال المقيس $P_m(d > D|a > A)$ وذلك لكل عتبة توهين A وكل مدة خبو D محددتين في الجدولين I-8b وII-3b على التوالي ولكل وصلة راديوية:

$$\varepsilon_{P,i}(D, A) = \ln\left(\frac{P_p(D|A)}{P_m(D|A)}\right) \quad (4)$$

حيث:

$\varepsilon_{p,i}$: متغير الاختبار المقيس للوصلة الراديوية رقم i.

الخطوة 1b: بالنسبة إلى طرائق التنبؤ بالنسبة المئوية لوقت الخبو F تطرح كل من القيمة المتنبأ بها للوقت ($Fp(d > D|a > A$) والقيمة المقيسة للوقت ($F_m(d > D|a > A$) من 1. ويحسب متغير الاختبار بأنه اللوغاريتم الطبيعي لنسبة هذين الفرقين لكل عتبة توهين A وكل مدة خبو D معرفين في الجدولين I-8c وII-3c

$$\varepsilon_{N,i}(D,A) = \ln\left(\frac{1-F_p(D|A)}{1-F_m(D|A)}\right) \quad (5)$$

حيث:

$\varepsilon_{N,i}$: هو متغير الاختبار المحسوب للوصلة الراديوية رقم i.

الخطوة 2: يحسب متوسط الانحراف والانحراف المعياري وقيمة جذر متوسط التربيع (r.m.s) للخطأ ε_p أو الخطأ ε_N لمجمل التجارب ولكل منحني خبو ولكل عتبة توهين ترد في الجدولين I-8 وII-3.

أما إذا كانت التوزيعات معطيات مقيسة على سنوات متعددة (n سنة) فتحسب عندئذ قيم الانحراف المتوسط والانحراف المعياري وr.m.s للقيم n $\varepsilon_{P,i}$ أو $\varepsilon_{N,i}$ (أي إذا قدر المتوسط السنوي لثلاث سنوات من الرصد فإن نفس القيمة $\varepsilon_{P,i}$ أو $\varepsilon_{N,i}$ تعتبر ثلاث مرات لكل نسبة مئوية للوقت.

وعند مقارنة طرائق التنبؤ تكون أفضل طريقة هي تلك التي تعطي أصغر قيمة للمعلمات الإحصائية.

4.4 طريقة الاختبار لمقارنة التنبؤات لمنحني الخبو

1.4.4 مبدأ الطريقة

إن توزيع التنبؤات لمنحني الخبو المستعمل في طريقة الاختبار هذه هو التوزيع التراكمي لمنحني الخبو الذي يتم تجاوزه عند عتبة توهين معينة. ويتوقف ذلك على سوية التوهين $A(t)$ وطول الفاصل الزمني Δt وتردد القطع البالغ 3 dB في مرشاح التمرير المنخفض الذي يستخدم لإزالة التلألؤ التروبوسفيري والتغيرات السريعة التي تطرأ على توهين الإشارة من جراء المطر.

وتتم جدولة معطيات مقارنة طرائق التنبؤ بمنحني الخبو بالنسبة إلى كل من النسبة المئوية الثابتة للوقت P (من 0,001% إلى 50%) وعتبة التوهين الثابتة A (أي 3 dB أو 10 dB أو 25 dB). وتحسب نسبة منحني الخبو المتنبأ به إلى منحني الخبو المقيس في كل وصلة راديوية ويتحدد لوغاريتم هذه النسبة على أنه متغير الاختبار. ثم يتم حساب متوسط الانحراف والانحراف المعياري لمتغير الاختبار من أجل توفير الإحصائيات لمقارنة طرائق التنبؤ.

2.4.4 الإجراء

الخطوة 1: يُحسب متغير الاختبار لكل عتبة توهين A وكل قيمة منحني خبو ζ يرد تحديدها في الجدول II-8b، من احتمال التجاوز المتنبأ به ($P_p(\zeta|A)$) واحتمال التجاوز المقيس ($P_m(\zeta|A)$) بالنسبة إلى كل وصلة راديوية على النحو التالي:

$$\varepsilon_i(\zeta,A) = 2\cdot\frac{P_p(\zeta|A)-P_m(\zeta|A)}{P_p(\zeta|A)+P_m(\zeta|A)} \quad (6)$$

حيث:

ε_i: هو متغير الاختبار المحسوب للوصلة الراديوية رقم i.

الخطوة 2: تحسب قيم متوسط الانحراف والانحراف المعياري وجذر متوسط التربيع (r.m.s) للخطأ ε لمجمل التجارب ولكل منحني خبو وكل عتبة توهين ترد في الجدول II-8b.

وإذا كانت بعض التوزيعات هي معطيات مقيسة على عدة سنوات (n سنة) تحسب عندئذ قيم الانحراف المتوسط والانحراف المعياري وجذر متوسط التربيع للقيم $n\,\varepsilon_i$ (أي إذا قدر المتوسط السنوي لثلاث سنوات من الرصد فإن نفس القيمة ε_i تستعمل ثلاث مرات لكل منحني خبو وتوهين).

وعند مقارنة طرائق التنبؤ تكون أفضل طريقة هي التي تعطي أصغر قيمة للمعلمات الإحصائية.

5 قائمة بنوك معطيات لجنة دراسات الاتصالات الراديوية 3 المتعلقة بالانتشار في منطقة التروبوسفير

1.5 الجزء I: المعطيات المتعلقة بالمسيرات للأرض على خط البصر

الجدول I-1: إحصائيات التوهين بالمطر على خط البصر

الجدول I-2: متوسط الخبو والتعزيز بسبب تعدد المسيرات في النطاقات الضيقة للشهر الأسوأ على خط البصر

الجدول I-3: معطيات التنوع على خط البصر

الجدول I-4: إحصائيات التمييز XPD والتوهين CPA في الجو الصافي على خط البصر

الجدول I-5: إحصائيات التمييز XPD والتوهين CPA العائدين إلى الهواطل على خط البصر

الجدول I-6: خصائص قنوات الانتشار على مسيرات متعددة وأوقات الانقطاع للشهر الأسوأ على خط البصر

الجدول I-7: الخبو والتعزيز بسبب تعدد المسيرات بقفزات متعددة للشهر الأسوأ على خط البصر

الجدول I-8: عدد حالات الخبو على خط البصر وإحصائيات مدة الخبو على خط البصر

الجدول I-9: إحصائيات التوهين السنوي عند أطوال الموجات البصرية على خط البصر

الجدول I-10: إحصائيات التوهين في الشهر الأسوأ عند أطول الموجات البصرية على خط البصر

الجدول I-11: إحصائيات سنوية لاختلاف التردد للموجة المليمترية والوصلات البصرية على خط البصر

الجدول I-12: إحصائيات الشهر الأسوأ لاختلاف التردد للموجة المليمترية والوصلات البصرية على خط البصر

الجدول I-13: إحصائيات اختلاف الوقت على خط البصر

الجدول I-14: إحصائيات التوهين المشترك والتفاضلي الناجم عن المطر على خط البصر

2.5 الجزء II:المعطيات المتعلقة بالمسيرات أرض – فضاء

الجدول II-1: الإحصائيات السنوية للتوهين بالمطر ولمعدلات سقوط المطر على المسيرات المائلة

الجدول II-2: إحصائيات التوهين بالمطر للشهر الأسوأ على المسيرات المائلة

الجدول II-3: إحصائيات مدة الخبو على المسيرات المائلة

الجدول II-4: إحصائيات تنوع الموقع على المسيرات المائلة

الجدول II-5a: الإحصائيات السنوية للتمييز XPD على المسيرات المائلة

الجدول II-5b: الإحصائيات السنوية للتمييز XPD المشروطة بالتوهين CPA على المسيرات المائلة

الجدول II-6: إحصائيات تلألؤ الاتساع على المسيرات المائلة

الجدول II-7: الانحرافات المعيارية في التلألؤ على المسيرات المائلة

الجدول II-8: إحصائيات منحنيات الخبو على المسيرات المائلة

الجدول II-9: إحصائيات اختلاف الوقت على المسيرات المائلة
الجدول II-10: إحصائيات قياس التردد الآني على المسيرات المائلة

3.5 الجزء III: المعطيات المتعلقة بالمسيرات للأرض عبر الأفق وبالانتشار بالمطر

الجدول III-1: إحصائيات الخسارة الأساسية في الإرسال عبر الأفق في الجو الصافي
الجدول III-1a: معطيات القياس النقطي في الجو الصافي. (يمثل هذا الجدول بنك معطيات منفصلاً (راجع الفقرة 1).)
الجدول III-2: الانتشار بالمطر على المسيرات للأرض
الجدول III-3: توزيع احتمالات مستوى الإشارة المشتركة

4.5 الجزء IV: المعطيات المتعلقة بالأرصاد الجوية الراديوية

الجدول IV-1: إحصائيات شدة المطر
الجدول IV-2: عامل تحويل وقت تكامل المطر
الجدول IV-3: الإحصائيات السنوية لدرجة حرارة الضوضاء السماوية
الجدول IV-4: إحصائيات متوسط الانكسارية النوعية لسطح الأرض
الجدول IV-5: إحصائيات تتعلق بمدة الهواطل
الجدول IV-6: إحصائيات تتعلق بمجاري التبخر
الجدول IV-7: إحصائيات تتعلق بالسحب
الجدول IV-8: إحصائيات عن ارتباط الأمكنة بكثافة المطر
الجدول IV-9: إجمالي المحتوى العمودي لبخار الماء
الجدول IV-10: إجمالي المحتوى العمودي للماء السائل في السحب

5.5 الجزء V: المعطيات المتعلقة بالخدمة المتنقلة البرية للأرض

الجدول V-1: إحصائيات النطاقات العريضة للخدمات المتنقلة البرية للأرض
الجدول V-2: إحصائيات النطاقات الضيقة للخدمات المتنقلة البرية للأرض

6.5 الجزء VI: المعطيات المتعلقة بالخدمة للأرض

الجدول VI-1: المعطيات المتعلقة بالخدمة للأرض من نقطة إلى منطقة

7.5 الجزء VII: المعطيات المتعلقة بالخدمات المتنقلة الساتلية

الجدول VII-1: إحصائيات النطاقات العريضة لوصلات الخدمة المتنقلة الساتلية
الجدول VII-2: إحصائيات النطاقات الضيقة لوصلات الخدمة المتنقلة الساتلية البحرية
الجدول VII-3: إحصائيات النطاقات الضيقة لوصلات الخدمة المتنقلة الساتلية البرية
الجدول VII-4: إحصائيات النطاقات الضيقة لوصلات الخدمات المتنقلة الساتلية للطيران
الجدول VII-5: إحصائيات الناطقات الضيقة لحالات الخبو في الإذاعة الساتلية ومددها

8.5 الجزء VIII: المعطيات المتعلقة بالنباتات والمباني

الجدول VIII-1: التوهين بسبب النباتات

الجدول VIII-2: الخسارة الناجمة عن اختراق المباني

الجدول VIII-3: خصائص الخسارة في المعدات

9.5 الجزء IX: الضوضاء

الجدول IX-1: الضوضاء الراديوية البيضاء الغوسية