

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R RS.1858
(2010/01)

تحديد خصائص التداخل الكلي من مصادر بث
متعددة من صنع الإنسان على عمليات جهاز
الاستشعار (المنفعل) في خدمة استكشاف
الأرض الساتلية وتقييم هذا التداخل

السلسلة RS

أنظمة الاستشعار عن بُعد

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 الكهترتقنية 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>)

العنوان	السلسلة
البث الساتلي	BO
التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية	BR
الخدمة الإذاعية (الصوتية)	BS
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)	BT
الخدمة الثابتة	F
الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوي	RA
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 RS.1858

تحديد خصائص التداخل الكلي من مصادر بث متعددة من صنع الإنسان
على عمليات جهاز الاستشعار (المنفعل) في خدمة استكشاف
الأرض الساتلية وتقييم هذا التداخل

(المسألة 243/7 ITU-R)

(2010)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية معلومات بشأن تحديد خصائص التداخل الكلي من مصادر بث متعددة من صنع الإنسان على عمليات جهاز الاستشعار المنفعل. فُتعدُّ أولاً مختلف مصادر التداخل. ثم تُحدَّد العزوم الإحصائية للتداخل الكلي. وتناقش أخيراً نتائج المحاكاة الدينامية التي تثبت صحة منهجية التجميع.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن أجهزة الاستشعار المنفصلة تُستعمل في استشعار الأرض وغلافها الجوي عن بعد بواسطة سواتل استكشاف الأرض وسواتل الأرصاد الجوية في نطاقات ترددية معينة موزعة على خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة)؛
- ب) أن منتجات عمليات جهاز الاستشعار المنفعل لا بد منها للأغراض التشغيلية والعلمية في مجال الأرصاد الجوية وعلم المناخ وغيرها من التخصصات العلمية، وتُستعمل فيها على نطاق واسع؛
- ج) أن أجهزة الاستشعار المنفصلة العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) تتحسس لأي بث يقع ضمن النطاق الترددي الموزع لها؛
- د) أن أي بث من صنع الإنسان في النطاقات الترددية الموزعة إلى خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) قد يؤدي إلى تدهور أداء أجهزة الاستشعار المنفصلة، ومن ثم، فقد يؤثر على مقاصد عملياتها؛
- هـ) أن أجهزة الاستشعار المنفصلة قد لا تكون قادرة على التمييز بين البث الطبيعي والبث من صنع الإنسان، وأن قدرة البث من صنع الإنسان قد يتعذر تحديدها في منتجات جهاز الاستشعار المنفعل؛
- و) أن الضرورة تستدعي تحديد خصائص مصادر تدهور أجهزة الاستشعار المنفعل؛
- ز) أن الضرورة تستدعي وضع منهجيات مناسبة لتقييم الأثر الكلي للتداخل في عمليات جهاز الاستشعار المنفعل،

وإذ تشير إلى

- أ) أن توصيات قطاع الاتصالات الراديوية RS.515 و RS.1028 و RS.1029 تقدم الخصائص التشغيلية العامة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة)، ومعايير الأداء والحماية؛
- ب) أن توصية قطاع الاتصالات الراديوية SM.1633 تنظر في أثر البث من صنع الإنسان الناتج عن خدمات فاعلة معينة في نطاقات ترددية محددة مجاورة لنطاقات ترددية في المدى من 1,4 إلى 60 GHz أو قريبة منها، على خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة)؛

(ج) أن توصية قطاع الاتصالات الراديوية SM.1542 توفر بعض المعلومات عن التقنيات التي يمكن لأجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) أن تستخدمها للتخفيف من آثار البث غير المرغوب فيه،

توصي

1 باستعمال المنهجية الواردة في الملحق 1 لتقييم التداخل الكلي الذي تسببه مصادر بث متعددة من صنع الإنسان على أجهزة الاستشعار المنفصل.

الملحق 1

تحديد خصائص التداخل الكلي من مصادر بث متعددة من صنع الإنسان على عمليات جهاز الاستشعار (المنفصل) في خدمة استكشاف الأرض الساتلية وتقييم هذا التداخل

1 مقدمة

إن جهاز استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) هو في جوهره مقياس راديوي مصمم لقياس البث الطبيعي في المدى الترددي الذي يسترعي الاهتمام. وتكون أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) عرضة لقدرة البث من أجهزة الإرسال الأرضية، بما في ذلك أجهزة الإرسال الواحدة عالية الطاقة، ومن مجمل البث الصادر عن أجهزة إرسال منخفضة القدرة والمنشورة بكثافة. فقد تضيف أجهزة الإرسال المحمولة جواً على نحو غير مباشر إلى الطاقة التي يستقبلها جهاز الاستشعار عبر الانعكاسات عن الأرض إلى هوائي جهاز الاستشعار، أو على نحو مباشر عبر الحزمة الرئيسية للهوائي وفصوصه الجانبية. وللبث من صنع الإنسان خصائص متنوعة تميزه عن الانبعاثات الطبيعية للموجات الصغيرة. ورغم وجود هذه الخصائص في فرادى المصادر بدرجات متفاوتة، فإن إجمالي العدد الكبير للمصادر قد لا يمتلك الخصائص التي تسمح بتمييز هذه المصادر عن انبعاثات الكواكب الطبيعية.

وتشمل المعلومات المطلوبة لتحديد خصائص التداخل على أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) ما يلي:

- المدى الترددي لتشغيل جهاز استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة)؛
- القدرة الواردة نحو جهاز الاستشعار من جميع مصادر البث من صنع الإنسان؛
- قابلية عمل جهاز استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) لاستقبال القدرة الموجودة للبث من صنع الإنسان؛
- الانتثار من سطح الأرض ومن مكونات الغلاف الجوي ومن الأجرام الأخرى، وامتصاص الغلاف الجوي وفاقده للفضاء.
- وتمييزاً لتدهور عمليات جهاز استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) من جميع مصادر البث من صنع الإنسان، لا بد مما يلي:
- تأسيس مرجع لقياس تدهور عمليات جهاز استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة)؛

- تشخيص مصادر البث من صنع الإنسان وفقاً لتصنيفها وخصائص البث؛
- تقييم مصادر تصنيف البث من صنع الإنسان من حيث أهمية تأثيرها على تشغيل أجهزة استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة)؛
- تقييم التدهور الناجم عن كل فئة كبيرة من البث، وتأثيرها الكلي على عمليات جهاز الاستشعار المنفصل.

2 تحديد خصائص مصادر التداخل

ومن الخصائص الهامة لمصادر البث من صنع الإنسان فيما يتعلق بتدهور بيانات جهاز استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة)، مبلغ وتقلب القدرة التي تبث بها تلك المصادر إلى نطاق تمرير جهاز الاستشعار. ويمكن تشخيص تدهور تشغيل جهاز استشعار خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) جراء الإشارات من صنع الإنسان نسبةً إلى قابلية استقبال جهاز الاستشعار لخصائص قدرة البث الموجودة. وتعتمد قابلية الاستقبال هذه على المعلمات التشغيلية لجهاز الاستشعار نسبةً إلى الخصائص المحددة لقدرة البث من صنع الإنسان. أما قدرة البث المسموح بها في جهاز الاستشعار الواردة في التوصية ITU-R RS.1029 فيمكن استعمالها كمرجع لتقييم التداخل.

وتتميز فرادى المصادر أولاً من حيث تصنيفاتها الخدمية وثانياً بأنماط البث. وفيما يتعلق بتصنيفات الخدمة، فإن مصادر قدرة كل البث من صنع الإنسان تنقسم فرعياً إلى مجموعات محددة بوضوح:

- خدمات الاتصالات الراديوية والاستدلال الراديوي؛
- مصادر أخرى.

ويرد تعداد خدمات الاتصالات الراديوية والاستدلال الراديوي في المادة 1 من لوائح الراديو. ولتسهيل التحليل، تجمّع خدمات الاتصالات الراديوية في إطار العنوانين التاليين:

- 1 الخدمات للأرض؛
- 2 الخدمات الفضائية.

في حين تجمّع المصادر الأخرى للبث من صنع الإنسان في إطار العنوانين الثلاثة التالية:

- 1 أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى¹ (SRDs)؛
- 2 معدات التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية² (ISM)؛
- 3 أجهزة أو منشآت كهربائية³.

وفيما يتعلق بأنماط البث، تُنظّم خدمات الاتصالات الراديوية والمصادر الأخرى على النحو المحدد في لوائح الراديو:

- 1 القدرة الناجمة عن البث في عرض النطاق الترددي اللازم⁴؛
- 2 القدرة الناجمة عن البث من الميدان الواقع خارج النطاق الترددي⁵؛
- 3 القدرة الناجمة عن البث من الميدان الترددي الهامشي⁵.

¹ توصية قطاع الاتصالات الراديوية SM.1538-2.

² الرقم 15.1 من لوائح الراديو.

³ الرقم 12.15 من لوائح الراديو.

⁴ الرقم 152.1 من لوائح الراديو.

⁵ كما يرد تعريفها في توصية قطاع الاتصالات الراديوية SM.1541-1.

وينبغي النظر في تشغيل جهاز الاستشعار في نطاق ترددي محض منفعل، وفي تشغيله في نطاق ترددي منفعل-فاعل مختلط، وفي تطبيق تقنيات التخفيف أو ظروف أخرى ذات صلة بتقييم أثر البث من صنع الإنسان على تشغيل جهاز الاستشعار. والنطاقات الترددية محض المنفصلة هي تلك المدرجة في الرقم 340.5 من لوائح الراديو، علماً بأن بعضها يسمح بتبليغات محددة عن خدمة فاعلة على النحو المنصوص عليه في الحاشية. ولذلك، يجب توخي الحرص لعكس بدقة الشروط السائدة لجهاز استشعار معين.

3 منهجية لتجميع التداخل

تسري المبادئ العامة التالية في دراسات قطاع الاتصالات الراديوية بشأن خدمات الاتصالات الراديوية المتعددة التي تؤثر على خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة):

- ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار جميع أحكام لوائح الراديو وتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة:
- أ) ينبغي النظر في جميع معايير التداخل ذات الصلة، لا سيما الفروق بين البث ضمن النطاق الترددي والبث غير المرغوب فيه لخدمات الاتصالات الراديوية المتضررة؛
- ب) ينبغي النظر في التأثير النسبي لكل من خدمات الاتصالات الراديوية في خدمات الاتصالات الراديوية المنفصلة الأخرى المتضررة، على أساس كل نطاق ترددي على حدة؛
- وفيما يتعلق بالنطاقات الترددية المنفصلة المدرجة في الرقم 340.5 من لوائح الراديو، ينص الحكم على أن "كل البث ممنوع".

وتحدد معايير التداخل الواردة في التوصية ITU-R RS.1029 عتبة التداخل والنسبة المئوية من المساحة أو الوقت التي ينبغي ألا تُتعدى العتبة فيها. وتدعى هذه النسبة المئوية معيار توافر البيانات. وعموماً تتمثل الخطوة الأولى في تقييم التداخل بحساب التداخل الكلي ضمن رقعة هوائي جهاز الاستشعار التي يُعتقد أن أكبر قدر من التداخل يحصل فيها. ويتم ذلك عادة عن طريق بإجراء حساب ثابت لأسوأ حالة. فإذا أفرزت نتائج هذا الحساب مستوى من التداخل يتجاوز القيمة المسموحة تجرى عمليات محاكاة دينامية للوقوف على ما إذا كان التداخل الكلي ملتزماً بمعيار توافر البيانات على أساس عالمي أو إقليمي. بيد أن الاهتمام لا ينحصر في الإحصاءات العالمية أو الإقليمية، بل يشمل أيضاً إحصاءات التداخل من أسوأ حالة في رقعة الهوائي. فمثلاً، قد تعمل أجهزة البث في تلك الرقعة بشكل متقطع، أو قد تتغير اتجاهات تسديد هوائياتها. ولذلك، سيكون لقدرة التداخل من رقعة الحالة الأسوأ نفس توزيع الاحتمالات تماماً كتوزيع احتمالات التداخل على أساس عالمي أو إقليمي جراء التغيير الجغرافي في نشر جهاز البث. والفرق الرئيسي هو أن تحليل التداخل على أساس عالمي يجري باستعمال المحاكاة الدينامية، فيما يمكن تحليل التداخل من رقعة الحالة الأسوأ باستعمال طرائق مونت كارلو نظراً للصعوبة المحتملة في جمع بيانات كافية خلال فترة معقولة من الوقت باستعمال المحاكاة الدينامية.

وتجرى عادة عمليات المحاكاة هذه سواء أكانت دينامية أم بطريقة مونت كارلو عندما تنحصر الخدمة المسببة للتداخل في نمط واحد. والسؤال المطروح هو كيفية التصرف عند تعدد الخدمات المسببة للتداخل، لأن إدماج جميع الخدمات المسببة للتداخل في محاكاة واحدة قد لا يكون عملياً دائماً.

وأحد السبل المتاحة للمضي قدماً يفترض أن التداخل الإجمالي المتغير مع الوقت من أية خدمة اتصالات راديوية يتألف من مكونات طويلة الأجل وقصيرة الأجل. فلا ترتبط عموماً أحداث التداخل قصيرة الأجل من خدمات مختلفة، ولا تحدث في نفس الوقت. ومن ثم، فإن التداخل قصير الأجل لا يتجمع من حيث القدرة، بل من حيث الزمن. ومن جهة أخرى، فإن التداخل طويل الأجل لا يتجمع من حيث الزمن، بل من حيث القدرة. والمشكلة في هذا النهج هو عدم وجود معيار تداخل طويل الأجل للاستشعار المنفعل، ولا سبيل إذن للبت فيما إذا كان المكون طويل الأجل لمجموع التداخل مبالغاً فيه. وعلاوة على ذلك، كما سيتضح لاحقاً، فإن أي سيناريو تداخل معين يظهر مكونات قصيرة الأجل وطويلة الأجل، مما يعني أن التداخل يتجمع من حيث القدرة والزمن على السواء.

وثمة سبيل آخر للمضي قدماً لا يتطلب التمييز بين التداخل قصير الأجل والطويل الأجل، ويستخدم طريقة العزم الإحصائية وهي موضوع بقية هذا الملحق. وللتعامل مع مستوى التداخل الكلي ضمن النطاق الترددي لجهاز الاستشعار، يمكننا البدء بوصف إحصائي للتداخل من كل خدمة. ويتمثل الهدف النهائي في تحديد مستوى التداخل الكلي الذي يتجاوز خلال نسبة مئوية صغيرة من الوقت.

ولترمز الصيغتان μ_k و σ_k^2 إلى القيمة المتوسطة (W) والمغايرة (W^2) لمستوى التداخل في جهاز الاستشعار المنفصل من الخدمة ذات الترتيب k . ففي محاكاة دينامية أو محاكاة مونت كارلو تدل الصيغة μ_k على مجموع مستويات التداخل، المأخوذة من عدد كبير من عينات قدرة التداخل في مدخل جهاز الاستشعار المنفصل، مقسوماً على عدد عينات الخدمة ذات الترتيب k . بينما تدل الصيغة σ_k^2 على مجموع مربعات انحرافات عينات التداخل لقدرة التداخل في دخل جهاز الاستشعار المنفصل من μ_k مقسوماً على عدد العينات. ولا داع لمعرفة توزيع احتمالات التداخل من كل خدمة على حدة.

وعلى افتراض أن مساهمات التداخل من مختلف الخدمات الفاعلة مستقلة عن بعضها الآخر، يمكن كتابة عزوم التوزيع الإجمالي على النحو التالي:

$$(1) \quad \mu = \sum_{k=1}^K \mu_k \quad \text{and} \quad \sigma^2 = \sum_{k=1}^K \sigma_k^2$$

حيث K هو عدد الخدمات المسببة للتداخل. ويصح ذلك بصرف النظر عن توزيع احتمالات التداخل من كل خدمة على حدة. وفي الواقع، إذا كانت الخدمات المسببة للتداخل مستقلة من الناحية الإحصائية، فإن متوسطات ومغايرات مستويات التداخل هي مجرد كميات مضافة موجودة بالمعنى الإحصائي. أما العزوم نفسها فليست في دائرة الاهتمام في المحصلة النهائية. وما يلزم في نهاية المطاف هو المستوى الإجمالي P الذي يتجاوز في نسبة مئوية صغيرة من الوقت، من قبيل 0,1% أو 0,01%. والمستوى المتجاوز في نسبة مئوية صغيرة من الوقت هو المستوى المتوسط مضافاً إليه عدداً معيناً من الانحرافات المعيارية عن المتوسط.

ولذلك يمكن كتابة P بشكل $\mu + c\sigma$ ، حيث c هو ثابت يحدّد باستعمال جميع المعلومات الإحصائية المستخرجة من المحاكاة الدينامية لكل خدمة. وفي الخدمة ذات الترتيب k ، تحدّد عزوم التداخل وتوزيعه التراكمي، ويُحسب:

$$(2) \quad c_k = \frac{P_k - \mu_k}{\sigma_k}$$

حيث P_k هو مستوى التداخل من الخدمة ذات الترتيب k المتجاوز في نسبة مئوية صغيرة من الوقت. ويُحسب c_k بهذه الطريقة لكل خدمة. ويُعتبر المتوسط الموزون لكل c_k على حدة تقديراً معقولاً للثابت c في التوزيع الإجمالي:

$$(3) \quad c = \frac{\sum_k P_k c_k}{\sum_k P_k}$$

ولذلك، فإن الخدمة المهيمنة من حيث التسبب بالتداخل، المعروفة على أنها الخدمة ذات أكبر قيمة لمستوى التداخل P_k ، لها الوزن الأرحح في تحديد c . ويمكن عندئذ أن تُستعمل قيمة c من المعادلة (3) لتقدير مستوى التداخل المتجاوز في نسبة مئوية صغيرة من الوقت.

وعند إدراج الخدمات المسببة للتداخل من خارج النطاق الترددي في المحصلة الإجمالية، فمن الأنسب أن يركز الهامش المحسوب على مستويات التداخل في نفس القناة، وأن يُنظر في الكبت الموجود فعلاً خارج النطاق الترددي كجزء من أي إجراءات تخفيفية يمكن أن تقدمها هذه الخدمات.

ولإنجاح هذه المنهجية عملياً يتعين تعديل برامج المحاكاة الدينامية أو المحاكاة بطريقة مونت كارلو بحيث لا يقتصر حسابها على التوزيعات التراكمية للتداخل، بل يتعداه إلى العزوم الموصوفة أعلاه؛ وإلا قد يصبح حساب العزوم شاقاً. وبطبيعة الحال، إذا ما أجريت عمليات المحاكاة التي تشمل بالفعل جميع الخدمات التي يحتمل تسببها بالتداخل، أمكن تحديد مستوى التداخل الإجمالي المتجاوز في نسبة مئوية صغيرة من الوقت مباشرة من دون حساب العزوم الإحصائية. ويصح ذلك بغض النظر عما إذا كانت الخدمات المسببة للتداخل مستقلة عن بعضها بعضاً أم لا.

4 مثال يفترض إحصاءات مركبة طبيعية

يتمثل الوضع الأبسط في افتراض اقتراب توزيع احتمالات مستوى التداخل الإجمالي الناجم عن جميع الخدمات من التوزيع الطبيعي مع ازدياد عدد الخدمات المسببة للتداخل. فإذا افترض أن الحال كذلك، يكون P هو المستوى الإجمالي الذي لا يتجاوز أكثر من واحد في المائة من الوقت. وبمراجعة جداول تكامل توزيع الاحتمالات الطبيعي، نحصل على $P = \mu + 2,33\sigma$. وبدلاً من ذلك، إذا كانت النسبة المطلوبة لتوفر البيانات هي 0,1% أو 0,01%، فبمراجعة جداول تكامل توزيع الاحتمالات الطبيعي، تبلغ قيمة c 3,09 أو 3,72 على التوالي.

ولنفترض أن خدمة منفعة لها معيار تداخل بمقدار -160 dB (MHz 100/W) (أو 10^{-16} (MHz 100/W)) بنسبة مطلوبة لتوفر البيانات قدرها 0,1%. وهناك خدمتان مسببتان للتداخل بدايةً، وقد حددت عمليات المحاكاة الدينامية أن المتوسطات والانحرافات المعيارية لهاتين الخدمتين (المفترضتين في نفس القناة مع جهاز الاستشعار) تبلغ $\mu_1 = \sigma_1 = 10^{-17}$ (MHz 100/W) و $\mu_2 = \sigma_2 = 2 \times 10^{-17}$ (MHz 100/W) على الترتيب. ومن المعادلة (1) نرى أن العزمين الإجماليين هما $\mu = 3 \times 10^{-17}$ (MHz 100/W) و $\sigma = 2,24 \times 10^{-17}$ (MHz 100/W). وعلى افتراض أن إحصاءات التداخل الإجمالي طبيعية، وأن المستوى الإجمالي لم يتجاوز بأكثر من 0,1% من الوقت، فإن:

$$(4) \quad P = \mu + 3.09\sigma = 9.91 \times 10^{-17} \text{ W/100 MHz}$$

وهو أقل قليلاً من معيار التداخل المفترض لجهاز الاستشعار. لنفترض الآن دخول خدمة ثالثة على الخط، وأن المحاكاة الدينامية حددت أن المتوسط والانحراف المعياري لمستوى تداخلها عند جهاز الاستشعار يبلغان $\mu_3 = \sigma_3 = 3 \times 10^{-17}$ (MHz 100/W) وعلى افتراض أن إحصاءات التداخل الإجمالي طبيعية، وأن المستوى الإجمالي الجديد الذي لم يتجاوز بأكثر من 0,1% من الوقت يبلغ $1,76 \times 10^{-16}$ (MHz 100/W) بعدئذ، بما يتجاوز معيار التداخل المفترض لجهاز الاستشعار بمقدار 2,5 dB.

وينبغي التأكيد على أن هذا المثال يفترض إحصاءات طبيعية، تبسيطاً للأمر، وليس هذا بالافتراض الصحيح عادةً.

5 نتائج المحاكاة الدينامية

أجريت محاكاة ديناميكية لمنهجية التجميع. وحُسب التداخل الإجمالي على النطاق الترددي 400-14271 MHz لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) جراء البث غير المرغوب فيه من الخدمة الثابتة وخدمة تحديد المواقع الراديوي ومن التشغيلات الفضائية لمحطات الإرسال. وجرى النظر في ثلاثة سيناريوهات تتراوح بين حالة تهيمن فيها خدمة واحدة من ثلاث خدمات مسببة للتداخل، وحالة يكون فيها التداخل الناجم عن كل خدمة اتصالات راديوية قابلاً للمقارنة مع غيره إحصائياً. وأنتجت عمليات المحاكاة الدينامية قاعدة بيانات لمستويات التداخل على 52 000 خطوة زمنية. وفي كل خطوة زمنية، حُدد التداخل الناتج عن كل خدمة وإجمالي التداخل الناتج عن الخدمات الثلاث كافة والخدمة المسببة لأعلى مستوى من التداخل والنسبة المئوية لمستوى التداخل الإجمالي الذي تمثله الخدمة المهيمنة المسببة للتداخل.

وكان أحد الأهداف تحديد ما إذا كان التداخل من خدمات الاتصالات الراديوية يُجمَع على أساس القدرة أو على أساس النسبة المئوية من الوقت. وبدراسة نتائج المحاكاة الدينامية على أساس كل خطوة زمنية على حدة تبين وجود خطوات زمنية

أثناء المحاكاة لم يحضر فيها إلا خدمة واحدة مهيمنة مسببة للتداخل على خدمة الاتصالات الراديوية، وهو الأمر المعهود في الحالات التي يتجمع فيها التداخل من مصادر مختلفة على أساس النسبة المئوية من الوقت أو المساحة. من ناحية أخرى، كانت هناك خطوات زمنية أخرى في نفس السيناريو حيث كان إجمالي التداخل ناتجاً بوضوح عن التجميع المتزامن لقدرة التداخل من خدمات اتصالات راديوية مختلفة على أساس القدرة. إذن، تظهر عمليات المحاكاة أن التداخل في أي سيناريو معين لا يُجمع على أساس القدرة المحض أو على أساس الوقت المحض. لأن تجميع التداخل من حيث القدرة عادة ما يرتبط بالتداخل طويل الأجل، أما تجميع التداخل من حيث الوقت فيرتبط بالتداخل قصير الأجل. ومفاد ذلك أن التمييز القائم في كثير من الأحيان بين التداخل طويل الأجل والتداخل قصير الأجل لا يفيد كثيراً في تحديد التداخل الإجمالي في معظم السيناريوهات. وهذا سبب وجيه لاقتراح طريقة العزوم الإحصائية كوسيلة لتحديد التداخل الكلي من خدمات متعددة.

ولكل سيناريو، حُسب متوسط التداخل الكلي ومغايرته من متوسطات ومغايرات بيانات المحاكاة لكل من خدمات الاتصالات الراديوية. واتضح أن متوسط التداخل الكلي ومغايرته تساويا مع مجموع متوسطات ومغايرات كل خدمة على حدة التي أُخذت من بيانات المحاكاة، وعلى نحو يتفق مع المعادلة (1). وبالإضافة إلى ذلك، أظهرت عمليات المحاكاة أن افتراض الإحصاءات الطبيعية ليس صحيحاً عادةً. وتبين حصول اتفاق جيد في السيناريوهات الثلاثة جميعها للمحاكاة عند استعمال المعادلة (3) لحساب c . لذلك تبدو طريقة العزوم الإحصائية معقولة لتحديد مستويات التداخل الكلي، حتى لو كان توزيع احتمالات المستوى الكلي مجهولاً.