

التوصية ITU-R S.1503-4

(2023/09)

السلسلة S: الخدمة الثابتة الساتلية

وصف وظيفي لاستعماله في تطوير أدوات برمجية من أجل تحديد مدى توافق أنظمة أو شبكات الخدمة الثابتة الساتلية في مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض مع الحدود المنصوص عليها في المادة 22 من لوائح الراديو

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 المدى 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 القرار 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 <https://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
أنظمة الاستشعار عن بُعد	RS
الخدمة الثابتة الساتلية	S
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، 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).

التوصية ITU-R S.1503-4

وصف وظيفي لاستعماله في تطوير أدوات برمجية من أجل تحديد مدى توافق أنظمة أو شبكات الخدمة الثابتة الساتلية في مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض مع الحدود المنصوص عليها في المادة 22 من لوائح الراديو

(2023-2018-2013-2005-2000)

مجال التطبيق

تحتوي هذه التوصية على وصف وظيفي لبرمجية حاسوبية لكي يستخدمها مكتب الاتصالات الراديوية في الاتحاد لدى النظر في التبليغات عن أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) العاملة في مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) من أجل التحقق من امتثالها لحدود الصلاحية المنصوص عليها في لوائح الراديو.

الكلمات الأساسية

كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd)، غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO)، منهجية

المختصرات/المصطلحات

- الزاوية ألفا (α):
أدنى زاوية بين الخط الواصل بالساتل غير المستقر بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) والخطوط الواصلة بقوس المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) حسبما يُريان عند المحطة الأرضية المتواصلة مع المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض.
- قناع القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.):
القناع المستخدم لتحديد إرسالات المحطة الأرضية non-GSO في حساب الكثافة (صاعدة) أو إرسالات الساتل non-GSO في حساب الكثافة (بين السواتل).
- كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd):
وفق التعريف الوارد في الرقم 1.5C.22 من لوائح الراديو (RR)، حيث ينبغي أخذ ثلاث حالات في الاعتبار:
- epfd (هابطة): إرسالات من النظام الساتلي non-GSO إلى محطة أرضية لساتل GSO؛
- epfd (صاعدة): إرسالات من المحطة الأرضية لساتل non-GSO إلى ساتل GSO؛
- epfd (بين السواتل): إرسالات بين السواتل من النظام الساتلي non-GSO إلى النظام الساتلي GSO.
- قناع كثافة تدفق القدرة (pfd):
القناع المستخدم لتحديد إرسالات الساتل non-GSO في حساب الكثافة (هابطة).
- هندسية الحالة الأسوأ (WCG):
موقع المحطة الأرضية GSO والساتل GSO الذي يشير التحليل إلى أنه قد يتسبب في أعلى قيم لكثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) الوحيدة المصدر في حالة مدخلات محددة.

التوصيات والتقارير ذات الصلة

التوصية ITU-R BO.1443 - مخططات مرجعية لهوائيات المحطات الأرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية من أجل استخدامها لتقييم التداخل من خلال سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض non-GSO في نطاقات التردد المذكورة في التذييل 30 من لوائح الراديو

التوصية ITU-R S.672 - مخطط الإشعاع المطلوب استعماله كهدف تصميمي لهوائيات السواتل في الخدمة الثابتة الساتلية التي تستعمل السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض

التوصية ITU-R S.1428 - مخططات الإشعاع المرجعية للمحطات الأرضية في الخدمة الثابتة الساتلية لاستعمالها في تقييم التداخل من سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) في نطاقات التردد بين 10,7 GHz و 30 GHz

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2000 اعتمد في المادة 22 من لوائح الراديو (RR) حدوداً للضوضاء الوحيدة المصدر تنطبق على أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) في أجزاء معينة من نطاق التردد 30-10,7 GHz من أجل حماية الشبكات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) التي تعمل في النطاقات ذاتها من تداخل غير مقبول؛

ب) أن نطاقات التردد هذه تستعمل حالياً أو يخطط لاستعمالها على نطاق واسع في أنظمة المدارات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض (الأنظمة GSO)؛

ج) أن المكتب يقوم، في سياق الفحص الذي يجريه بموجب الرقمين 35.9 و 31.11، بفحص أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض للتأكد من التزامها بحدود كثافة تدفق القدرة المكافئة الوحيدة المصدر، الواردة في الجداول 1A-22 و 1B-22 و 1C-22 و 1D-22 و 1E-22 و 2-22 و 3-22 في المادة 22 من لوائح الراديو؛

د) أن مكتب الاتصالات الراديوية يتطلب، من أجل إجراء الفحص التنظيمي للأنظمة المشار إليها في الفقرة ج) من "إذ تضع في اعتبارها"، أدوات برمجية تتيح حساب سويات القدرة الناتجة عن هذه الأنظمة على أساس الخصائص التي يتسم بها كل نظام من الأنظمة الثابتة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تقدم إلى المكتب لأغراض التنسيق أو التبليغ، حسب الحالة؛

هـ) أن لكل من الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) المستقرة بالنسبة إلى الأرض والخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) المستقرة بالنسبة إلى الأرض خصائص تنفرد بها، وأن من المطلوب تقييم التداخل لمجموعات متعددة من خصائص الهوائي وسويات التداخل والاحتمالات؛

و) أن مصممي الشبكات الساتلية (للخدمة الثابتة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض، والخدمة الثابتة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض والخدمة الإذاعية الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض) يحتاجون إلى معرفة الأساس الذي تقوم عليه عمليات الفحص التي يقوم بها المكتب؛

ز) أن المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية عام 2019 قد اعتمد منهجية لتقييم أثر التداخل الوارد من أنظمة غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض إلى شبكات مستقرة بالنسبة إلى الأرض في مدى الترددات 37,5-51,4 GHz تستخدم إحصاءات كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) كأحد مُدخلاتها؛

ح) أن أدوات البرمجيات المطلوبة ربما تم تطويرها فعلاً أو هي في طور التطوير ويمكن تقديمها إلى مكتب الاتصالات الراديوية،

توصي

بأنه ينبغي استخدام الوصف الوظيفي المبين في الملحق 1 من أجل تطوير أدوات برمجية لحساب سويات القدرة الناتجة عن الأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في الخدمة الثابتة الساتلية ومدى توافق هذه السويات مع الحدود المنصوص عليها في الجداول 1A-22 و 1B-22 و 1C-22 و 1D-22 و 1E-22 و 2-22 و 3-22 في المادة 22 من لوائح الراديو.

ملاحظة – اتفق قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد على أن يواصل العمل من أجل إجراء مراجعة أخرى لهذه التوصية وأعد مشروع خطة عمل (بشأن هذه التوصية) ووثيقة عمل.

الملحق 1

وصف وظيفي للبرمجية التي يستخدمها مكتب الاتصالات الراديوية
في التحقق من توافق أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية غير المستقرة
بالنسبة إلى الأرض مع حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة

جدول المحتويات

الصفحة

الملحق 1 - وصف وظيفي للبرمجية التي يستخدمها مكتب الاتصالات الراديوية في التحقق من توافق أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض مع حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة.....	3
الجزء A - القيود والافتراضات الأساسية.....	5
A1 اعتبارات عامة.....	5
A2 الافتراضات الأساسية.....	7
A3 منهجية النمذجة.....	9
الجزء B - معلمات الدخل.....	10
B1 مقدمة.....	10
B2 المعلمات التي يوفرها مكتب الاتصالات الراديوية للبرمجية.....	10
B3 مدخلات النظام non-GSO في البرمجية.....	11
B4 أفقعة pfd/e.i.r.p.....	14
B5 إثبات صحة معلمات الدخل.....	15
المرفق بالجزء B.....	17
الجزء C - حساب أفقعة كثافة تدفق القدرة (pfd)/القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.).....	25
C1 تعريف.....	25

25	..... حساب أفتعة pfd الساتلية.	C2
34	..... حساب أفتعة e.i.r.p.	C3
36	..... نسق أفتعة pfd و e.i.r.p.	C4
46	..... الجزء D - برمجية لفحص التبليغات عن الشبكات non-GSO.	
46	..... مقدمة.	D1
47	..... تحديد التشغيلات المطلوب تنفيذها.	D2
50	..... هندسية الحالة الأسوأ.	D3
83	..... حساب مقدار وعدد الزيادات الزمنية.	D4
97	..... وصف حساب الكثافة epfd.	D5
117	..... الهندسية والخوارزميات.	D6
140	..... بنية النتائج ونسقتها.	D7
142	..... الجزء E - اختبار موثوقية نواتج البرمجية.	
142	..... تقييم دقة الحسابات للبرمجية المرشحة.	E1
143	..... تقييم إحصاءات كثافة تدفق القدرة المكافئة (↓/↑) epfd التي يقوم بحسابها مكتب الاتصالات الراديوية.	E2
143	..... التحقق من أفتعة pfd.	E3
143	..... إعادة اختبار برمجية مكتب الاتصالات الراديوية بعد أي تعديلات أو تحسينات.	E4
143	..... الجزء F - برمجية تنفيذ هذه التوصية.	
143	..... نظام التشغيل.	F1
143	..... الواجهات مع البرمجيات وقواعد البيانات القائمة.	F2
144	..... دليل المستعمل.	F3

الجزء A

القيود والافتراضات الأساسية

A1 اعتبارات عامة

1.A1 الغرض

الغرض من خوارزمية البرمجية الواردة في هذا الملحق هو تطبيقها من قبل مكتب الاتصالات الراديوية في إجراء فحص للتبليغات عن أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) للتأكد من توافقها مع الحدود المنصوص عليها في الجداول 1A-22 و 1B-22 و 1C-22 و 1D-22 و 1E-22 و 2-22 و 3-22 في المادة 22 من لوائح الراديو.

ومن الممكن أن تتيح الخوارزمية كذلك في أحوال معينة معرفة ما إذا كان التنسيق مطلوباً بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية non-GSO والمحطات الأرضية الكبيرة بمقتضى المادتين 7A.9 و 7B.9 باستعمال المعايير الواردة في التذييل 5 من لوائح الراديو.

وتستخدم هذه الخوارزمية معلمات النظام non-GSO لاشتقاق إحصاءات كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd). ويمكن استخدام إحصاءات الكثافة epfd هذه كمدخل في سائر منهجيات تقييم أثر التداخل الوارد من أنظمة non-GSO إلى شبكة (شبكات) GSO في النطاقات غير المقيدة بحدود للكثافة epfd في المادة 22 من لوائح الراديو.

وقد أعدت الخوارزمية المعروضة في هذه التوصية استناداً إلى سائل مرجعي GSO في مدار استوائي بزاوية ميل صفر. ويجرى التحليل اللازم لتبين مدى توافق نظام ساتلي non-GSO مع حدود الكثافة epfd المنصوص عليها في المادة 22 من لوائح الراديو بحساب مستويات هذه الكثافة عند السائل المرجعي GSO أو عند محطة أرضية مسددة صوبه. ويمكن أن تكون مستويات الكثافة epfd المستقبلية في شبكة ساتلية GSO تعمل بزاوية ميل غير صفرية أعلى من تلك التي تنتبأ بها الخوارزمية، علماً بأن التحليلات المنصوص عليها بموجب أحكام الأرقام 5C.22 و 5D.22 و 5F.22 من لوائح الراديو تُجرى بافتراض زاوية ميل صفرية للسائل GSO. ومع ذلك، فإن الهدف من التحليل بمقتضى الرقمين 7A.9 و 7B.9 هو تبيين ضرورة التنسيق عن طريق المقارنة مقابل مستوى العتبة المذكور في التذييل 5 من لوائح الراديو، ولذلك وفي هذه الحالة ربما تمثل منهجيات أخرى، بما فيها تلك التي يُفترض فيها ميل السائل GSO بزاوية غير صفرية، بدائل مقبولة.

2.A1 المخطط الوظيفي للبرمجية

يرد المخطط الوظيفي للبرمجية في الشكل 1، وهو يضم المعلومات الأولية وحسابات للإدارة المبلغة ومكتب الاتصالات الراديوية. ويشمل الجزء المتعلق بالمعلومات كامل مجموعة العلامات المتصلة بالنظام non-GSO المبلغ عنه، ومجموعة من العلامات المرجعية للنظام GSO وكذلك حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة.

أما الجزء المتعلق بالحسابات فيهدف إلى عمل التقديرات المطلوبة لفحص توافق النظام non-GSO المبلغ عنه مع حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة. ويقوم هذا الجزء المتعلق بالحسابات على أساس مفهوم يتكون من قناع لكثافة تدفق القدرة (pfd) للوصلة الهابطة (انظر الملاحظة 1)، وقناع فعلي للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) للوصلة الصاعدة (انظر الملاحظة 2) وقناع قدرة مشعة مكافئة متناحية بين السوائل (انظر الملاحظة 3).

الملاحظة 1 - قناع كثافة تدفق القدرة (pfd) هو أقصى كثافة لتدفق القدرة ناتجة عن محطة فضائية non-GSO وهو معرف في الجزء C.

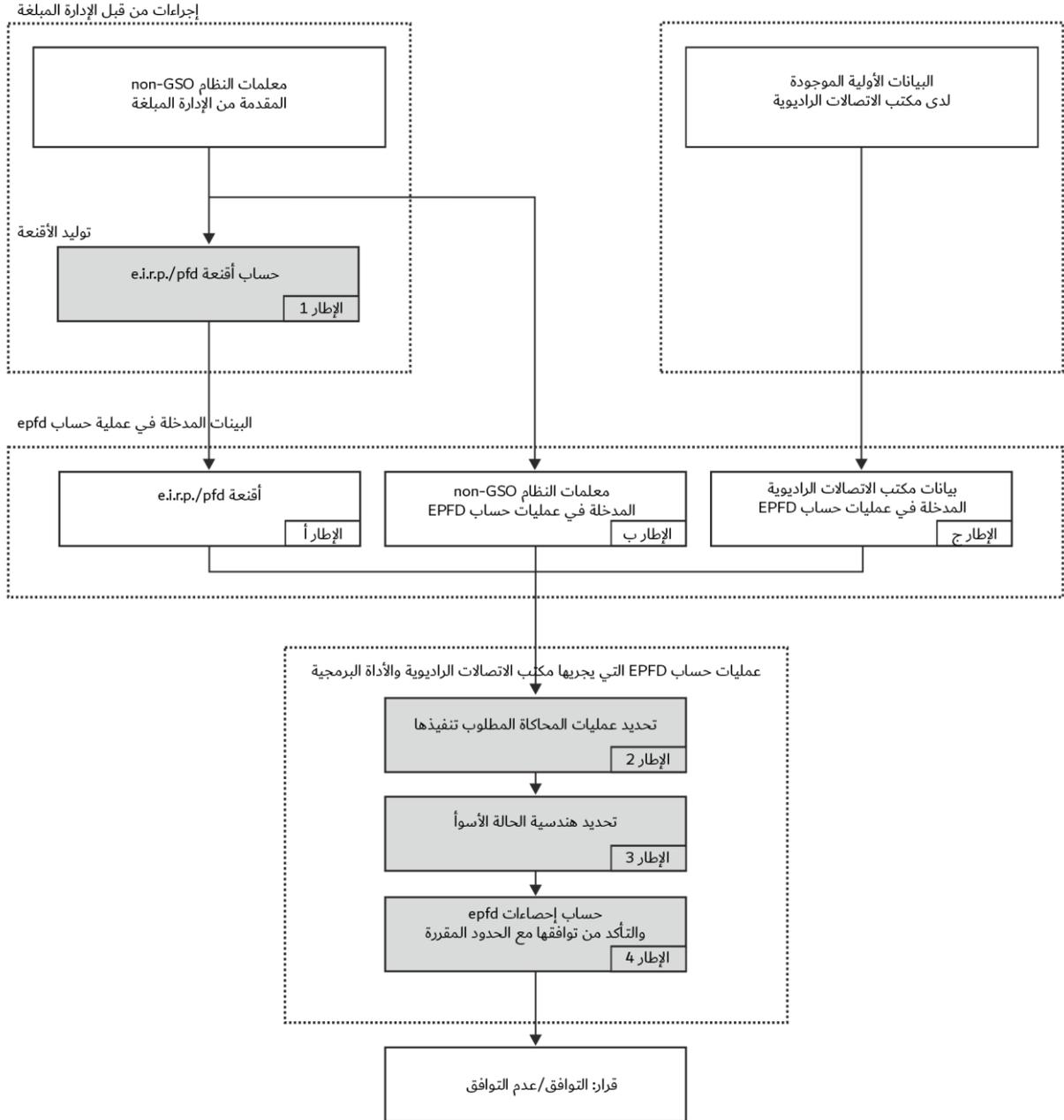
الملاحظة 2 - قناع القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) هو أقصى قدرة مشعة مكافئة متناحية تشعها محطة أرضية non-GSO، وهي تختلف باختلاف خط العرض والزاوية من محور التسديد للحزمة الرئيسية لهوائي الإرسال إلى نقطة في القوس GSO.

الملاحظة 3 - قناع القدرة المشعة المكافئة المتناحية بين السوائل هو أقصى قدرة مشعة مكافئة متناحية تشعها محطة فضائية non-GSO وهي تختلف باختلاف خط العرض والزاوية بين الخط نحو نقطة دون السائل ونقطة في القوس GSO.

وُحسب الأفتعة pfd/e.i.r.p. بمعرفة الإدارة المبلغة على النحو المبين في الإطار 1 ثم تقدم مع معلمات النظام non-GSO الأخرى المبينة في الإطارين "أ" و"ب". ويقدم مكتب الاتصالات الراديوية معلمات إضافية، خاصة حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة في الإطار "ج".

الشكل 1

مراحل التحقق من كثافة تدفق القدرة المكافئة - الخطوات المنطقية الأساسية



S.1503-01

3.A1 توزيع المسؤولية بين الإدارات ومكتب الاتصالات الراديوية بشأن استخدام البرمجية

يبدو من المناسب، نظراً للتعقيدات الكبيرة فيما يتعلق بالملاحم الخاصة لمختلف تشكيلات الأنظمة non-GSO في البرمجية، أن يقع على عاتق الإدارات المبلغة عن أنظمة non-GSO بعض العبء بأن تكون مسؤولة عن إجراء اختبارات حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd). ويتكون إجراء اختبار مدى الالتزام بحدود كثافة تدفق القدرة المكافئة من مرحلتين: المرحلة الأولى هي اشتقاق

القناع pfd/e.i.r.p الناتج عن محطات الشبكات non-GSO التي تسبب التداخل. ويؤخذ في حساب القناع جميع خصائص ترتيبات الأنظمة non-GSO (مثل تسديد الحزم وقدرات الإرسال الممكنة). وتكتمل المرحلة الأولى بتقديم القناع pfd/e.i.r.p إلى مكتب الاتصالات الراديوية.

أما المرحلة الثانية من الحسابات فتجرى في مكتب الاتصالات الراديوية، وتتكون من العمليات التالية:

- تحديد التشغيلات اللازمة لشبكة non-GSO أخذاً في الاعتبار الترددات التي أبلغ بها وأمداء التردد التي ترد لها حدود لكثافة تدفق القدرة المكافئة في المادة 22 من لوائح الراديو (الإطار 2).
- تحديد هندسية كثافة تدفق القدرة المكافئة القصوى للمحطة الفضائية في المدار GSO والمحطة الأرضية في تلك الشبكة (الإطار 3)، وذلك من أجل التحقق من إمكانية تقاسم نطاق التردد بين الشبكة non-GSO المبلغ عنها وأي شبكة GSO في الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الإذاعية الساتلية.
- التقدير الإحصائي لكثافة تدفق القدرة المكافئة (الإطار 4).
- اتخاذ قرار بشأن توافق التداخل مع حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة المناسبة.

وتقوم التقديرات على أساس معلمات النظام non-GSO (الإطاران "أ" و"ب") المقدمة من الإدارة المبلغة والبيانات الأولية (الإطار "ج") الموجودة لدى مكتب الاتصالات الراديوية.

ولأي إدارة أن تستعمل أي برمجية تستخدم الخوارزمية المبينة في هذا الملحق، مع بيانات الشبكات non-GSO من أجل تقدير إحصاءات التداخل الذي يؤثر على شبكاتها GSO والتحقق من توافقها مع حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة، وقد يساعد هذا في حل ما قد ينشأ من خلاف بين مكتب الاتصالات الراديوية والإدارات المعنية.

وفيما يلي تفاصيل عناصر مخطط البرمجية التي يرد وصفها أدناه:

- الجزء A - يبين القيود الأساسية والمتطلبات الرئيسية للبرمجية بشكل عام.
- الجزء B - يناقش معلمات الشبكات non-GSO والبيانات الأولية للإطارين "أ" و"ب".
- الجزء C - يبين التعاريف وخوارزمية التقدير للأقنعة pfd/e.i.r.p للمحطة الأرضية والمحطة الفضائية في الشبكات non-GSO، ويناقش خصائص هذه الأقنعة المستخدمة في المحاكاة (الإطار 1).
- الجزء D - يتناول هذا الجزء المتطلبات العامة في البرمجية المتعلقة بفحص تبليغات الشبكات non-GSO والخوارزميات المستخدمة في تقدير إحصاءات كثافة تدفق القدرة المكافئة ونسق عرض بيانات الخرج. ويغطي الجزء D المسألة المتعلقة بالإطارات 2 و3 و4.
- الجزءان E و F - يحدد هذان الجزءان المتطلبات المتعلقة بتقييم البرمجية المقدمة والتحقق من خرج البرمجية من حيث الصلاحية.

A2 الافتراضات الأساسية

1.A2 وحدات القياس

من أجل الوصول إلى نتائج محاكاة مناسبة وتلافي الأخطاء، يستخدم نظام موحد لوحدة القياس في الجدول 1 في وصف البرمجية. وترد في الجدول 1 قائمة بوحدات القياس للمعلومات المادية الأساسية.

الجدول 1

نظام وحدات القياس للمعاملات المادية المستعمل في وصف أداء البرمجية

المعلمة	الوحدة
المسافة	كيلومتر (km)
الزاوية	درجة
الزمن	ثانية (s)
سرعة الدوران الخطية	km/s
سرعة الدوران الزاوية	درجة/الثانية
التردد	MHz
عرض نطاق التردد	kHz
القدرة	dBW
الكثافة الطيفية للقدرة	dB(W/Hz)
كثافة تدفق القدرة (pfd)	dB(W/(m ² · BW _{ref}))
متوسط عدد المحطات الأرضية non-GSO، في نفس نطاق التردد، لكل منطقة ولكل وحدة	km ² /1
↓ epfd أو epfd _{is}	dB(W/BW _{ref})
كسب الهوائي	dBi
الموقع الجغرافي على سطح الأرض	درجات

2.A2 الثوابت

يستخدم الوصف الوظيفي للبرمجية التي يستعملها مكتب الاتصالات الراديوية للتحقق من تبليغات الشبكات non-GSO الثوابت المبينة في الجدول 2.

الجدول 2

الثوابت التي ينبغي استعمالها في البرمجية

المعلمة	الرمز	القيمة العددية	الوحدة
نصف قطر الأرض	R_e	6 378,145	km
نصف قطر المدار GSO	R_{geo}	42 164,2	km
ثابت الجاذبية	μ	$510 \times 3,986012$	km ³ /s ²
سرعة الضوء	c	$510 \times 2,99792458$	km/s
معدل الدوران الزاوي للأرض	ω_e	$3^{-10} \times 4,1780745823$	درجة/الثانية
فترة دوران الأرض	T_e	86 164,09054	s
عامل عدم انتظام كروية الأرض	J_2	0,001082636	-

3.A2 نموذج الأرض

قوة جاذبية الأرض هي العامل الرئيسي في تحديد حركة الساتل في المدار، وثمة عوامل أخرى منها:

- تغيرات المدار الناتجة عن فلتحة الأرض وعدم انتظام توزيع كتلتها؛
- الجاذبية الشمسية والقمرية؛
- متوسط السحب العائق للساتل؛
- ضغط الإشعاع الشمسي، وغير ذلك.

ويأخذ الوصف الوظيفي للبرمجية في هذا الملحق في الاعتبار الاضطرابات الناتجة فقط عن تفلطح الأرض نظراً لأن آثار عوامل الاضطراب الأخرى أقل بكثير. فتفلطح الأرض تنتج عنه اضطرابات بطيئة وعلى فترات دورية في خط الطول للعقدة الصاعدة ولزاوية حضيض المدار. ويأتي في القسم 3.D6 وصف للعبارات التي تأخذ في الاعتبار تأثير تفلطح الأرض.

وقد تكون المدارات التي تتبع بعض المسالك الأرضية المتكررة حساسة جداً لنموذج المدار المستعمل على وجه الدقة. ويمكن للإدارات أن تقدم إلى مكتب الاتصالات الراديوية حساباتها المستقلة لمتوسط سرعة زاوية المبادرة التي يمكن استخدامها في البرمجية بدلاً من القيم المحسوبة باستخدام المعادلة الواردة في القسم 3.D6.

4.A2 أنماط الكوكبات

أعدت الخوارزمية الواردة في هذه التوصية بحيث يمكن تطبيقها على الأنظمة الساتلية non-GSO المذكورة في الجدول 3 على الأقل. ويمكن أن تحتوي الكوكبات على كوكبات فرعية ذات معلمات مدارية وشكل مختلفين، ولكن يجب أن تكون جميع الكوكبات الفرعية داخل الكوكبة إما تكرارية أو غير تكرارية. فإذا كانت الكوكبة تكرارية، عندئذ يجب أن تكون فترة التكرار المحددة ملائمة لجميع السواتل non-GSO، بما في ذلك جميع الكوكبات الفرعية.

الجدول 3

تصنيف أنماط المدارات

النمط	شكل المدار	استوائي؟	متكرر؟
A	دائري	لا	نعم
B	دائري	لا	لا
C	دائري	نعم	لا ينطبق
D	إهليلجي ⁽¹⁾	لا	نعم
E	إهليلجي ⁽¹⁾	لا	لا

⁽¹⁾ على افتراض أن النظام الإهليلجي يحتوي على حضيض وأوج عند القيم القصوى في خط العرض، أي قوس نشطة عند أعلى أو أدنى خط عرض.

A3 منهجية النمذجة

ينطوي النهج الموصوف في هذا الملحق على محاكاة زمنية تُقَمَّ فيها مستويات التداخل لكل خطوة زمنية على حدة. ويحدد القسم D4 أسلوب حساب حجم الخطوات الزمنية ومجموع عدد الخطوات الزمنية التي ينبغي استخدامها. كما يحدد ذلك القسم نهج خطوات زمنية مزدوجة اختياريًا لتقليل عدد التشغيلات دون تغيير القرار الناتج.

الجزء B

معلومات الدخل

B1 مقدمة

1.B1 خلفية

- يجب تحديد معلومات معينة للشبكات non-GSO وغيرها من البيانات لإتمام مهمة البرمجية في أداء المهام المطلوبة:
- المهمة 1: توفير أفضة كثافة تدفق القدرة pfd للسواتل non-GSO (الوصلة الهابطة) وقناع القدرة المشعة المكافئة المتناحية للمحطات الأرضية المرسله إلى تلك السواتل (الوصلة الصاعدة) أو السواتل non-GSO (بين السواتل).
 - المهمة 2: استخدام القناع pfd/e.i.r.p. في حساب سويات pfd للوصلة الهابطة (epfd↓) وللوصلة الصاعدة (epfd↑) و/أو بين السواتل (توزيعات زمنية تراكمية لسويات epfd).
 - المهمة 3: تبين مدى اتساق سويات القناع pfd/e.i.r.p. مع معلومات الإرسال الأساسية للشبكة non-GSO، في حالة وجود خلاف فقط.

وتناقش الفقرة 3.A1 كلاً من دور إدارة الشبكة non-GSO ودور مكتب الاتصالات الراديوية.

وبما أن مكتب الاتصالات الراديوية يحتاج إلى معلومات تفصيلية دعماً للمهمة 2، فإن هذا القسم يركز على المعلومات اللازمة للوفاء بذلك المطلوب.

وينبغي أن تكون المعلومات المقدمة متسقة، فإذا أجرت الإدارة أي تعديل في شبكتها (أي إذا كانت هنالك تغييرات في الكوكبة) بما يغير pfd/e.i.r.p. عندئذ ينبغي تقديم قناع جديد إلى مكتب الاتصالات الراديوية.

2.B1 مجال التطبيق ونظرة عامة

يبين هذا القسم المدخلات اللازمة للبرمجية في أربعة أقسام رئيسية:

- يحدد القسم B2 المدخلات المقدمة من مكتب الاتصالات الراديوية؛
- يحدد القسم B3 المدخلات المقدمة من مشغل الشبكة non-GSO باستثناء أفضة pfd/e.i.r.p.؛
- يحدد القسم B4 أفضة pfd/e.i.r.p.
- ثم تُدرج في مرفق بالجزء B المعلومات مقابل جداول قاعدة بيانات محطات الاتصالات الراديوية الفضائية (SRS). ويلاحظ في الجداول التالية أن الأقواس المربعة المدرجة ضمن أسماء المتغيرات تشير إلى دليل لذلك المتغير لا إلى نص مؤقت.

B2 المعلومات التي يوفرها مكتب الاتصالات الراديوية للبرمجية

يقدم مكتب الاتصالات الراديوية نوعين من البيانات أولها نوع المحاكاة المطلوب تنفيذها:

واحدة من {المادة 22، 7A 9، 7B 9}	RunType
معرف هوية المطلوب فحصه (إما نظام non-GSO أو محطة أرضية كبيرة)	SystemID

أما النوع الثاني من البيانات فهو مستويات عتبة epfd المطلوب استخدامها بمثابة معايير التوافق/عدم التوافق. وتستخدم البرمجية هذه المعايير عندما تولد تشغيلات المحاكاة وتتألف من سلسلة من السجلات كما يلي:

واحدة من {Down, Up, IS}	epfdirection
واحدة من {FSS, BSS}	VictimService
بداية مدى التردد الذي تنطبق عليه عتبة epfd	StartFrequencyMHz
نهاية مدى التردد الذي تنطبق عليه عتبة epfd	EndFrequencyMHz
شفرة مرجعية لمخطط الهوائي الذي ينبغي استعماله في استدعاءات برمجية DLL الخاصة بمخطط كسب الهوائي المقدمة من الاتحاد	VictimAntennaType
حجم القطع المكافئ لمخطط الهوائي المتأثر الذي ينبغي استعماله في استدعاءات برمجية DLL الخاصة بمخطط كسب الهوائي المقدمة من الاتحاد	VictimAntennaDishSize
عرض الحزمة لمخطط الهوائي المتأثر الذي ينبغي استعماله في استدعاءات برمجية DLL الخاصة بمخطط كسب الهوائي المقدمة من الاتحاد	VictimAntennaBeamwidth
عرض النطاق المرجعي بوحدة Hz لمستوى epfd	RefBandwidthHz
عدد النقاط في قناع عتبة epfd	NumPoints
مستوى epfd بوحدة dBW/m ² /نطاق العرض المرجعي	epfdthreshold[N]
النسبة المئوية من الزمن المقترنة بالسجل epfdthreshold	epfdpercent[N]

B3 مدخلات النظام non-GSO في البرمجية

تنقسم هذه المدخلات إلى معلمات الكوكبة ومعلمات المدار لكل محطة فضائية ومجموعة أو أكثر من معلمات تشغيل النظام.

1.B3 معلمات الكوكبة non-GSO

عدد السواتل non-GSO	N_{sat}
أقل ارتفاع تشغيلي (km)	H_MIN
علم يبين أن تكرار الكوكبة يتبع آليات الحفاظ على المواقع للمحطات من أجل متابعة المسار	DoesRepeat
علم يبين أن حقل زاوية المبادرة في نموذج مدار الكوكبة يقدم من الإدارة	AdminSuppliedPrecession
مدى آليات الحفاظ على المواقع للمحطات (بالدرجات)	W_{delta}
معدل زاوية المبادرة المقدم من الإدارة (بالدرجات/الثانية)	ORBIT_PRECESS

2.B3 معلمات المحطة الفضائية non-GSO

لكل من السواتل non-GSO، تحدد المعلمات التالية موقع الكوكبة في بداية المحاكاة:

نصف المحور الكبير للمدار (km)	A[N]
الاختلاف المركزي	E[N]
ميل المدار (بالدرجات)	I[N]
خط الطول للعقدة الصاعدة للمدار (بالدرجات)	O[N]
زاوية الحضيض (بالدرجات)	W[N]
الزاوية الاختلافية الحقيقية (بالدرجات)	V[N]

3.B3 معلمات تشغيل النظام non-GSO

وهي تمثل مجموعة من المعلمات المطلوبة لتحديد عمليات النظام non-GSO. وقد تكون هناك مجموعات مختلفة من المعلمات في نطاقات تردد مختلفة، ولكن النظام non-GSO لا يستخدم سوى مجموعة واحدة فقط من معلمات التشغيل في أي نطاق تردد.

التردد الأدنى الذي تنطبق عليه هذه المجموعة من المعلمات	Freq_Min
التردد الأقصى الذي تنطبق عليه هذه المجموعة من المعلمات	Freq_Max
زاوية منطقة الاستبعاد (بالدرجات)، الزاوية الدنيا للقوس المستقرة بالنسبة إلى الأرض عند المحطة الأرضية non-GSO التي يمكن عندها للنظام non-GSO أن يقدم خدمة إلى هذا الموقع، والمعروفة في المحطة الأرضية (الزاوية α) بحسب خط العرض. ويتم اشتقاق MIN_EXCLUDE عند خط عرض محدد باستخدام الاستيفاء الخطي بين نقاط البيانات. قد يختلف هذا الحقل بين المستويات المدارية لنظام non-GSO عبر الحقل orb_id. فإذا كان الحقل orb_id يساوي صفراً، عندئذ تنطبق بيانات منطقة استبعاد البيانات على جميع المستويات المدارية	MIN_EXCLUDE[Latitude]
زاوية الارتفاع الدنيا للمحطة الأرضية non-GSO عندما تستقبل أو ترسل (بالدرجات) بحسب خط العرض والسمت. ويستخدم أقرب خط عرض لذلك المدرج في الجدول ثم يتم الاستيفاء الخطي في السمت	MIN_ELEV[Latitude][Azimuth]
الحد الأدنى لمدة التتبع الساتلي عند خط العرض (بالثواني): يستخدم أقرب خط عرض لذلك المدرج في الجدول	MIN_DURATION [Latitude]
أقصى عدد من السواتل non-GSO المتتبع في نفس التردد بحسب خط العرض: يستخدم أقرب خط عرض لذلك المدرج في الجدول	MAX_CO_FREQ[Latitude]
متوسط عدد المحطات الأرضية non-GSO النشطة في نفس الوقت ($/\text{km}^2$)	ES_DENSITY
متوسط المسافة بين مركز الخلية أو مركز بصمة الخزمة (km)	ES_DISTANCE
الحد الأدنى لمدى خطوط عرض المحطات الأرضية non-GSO (بالدرجات)	ES_LAT_MIN
الحد الأقصى لمدى خطوط عرض المحطات الأرضية non-GSO (بالدرجات)	ES_LAT_MAX
أدنى زاوية بالدرجات عند سطح الأرض بين الخطوط الواصلة إلى أي ساتلين non-GSO نشطين. وإن لم تتوفر، فيُفترض أن تكون قيمتها صفراً. ولا تنطبق إذا كانت قيمة MIN_DURATION[Latitude] غير صفرية	MIN_ANGLE_AT_ES
أدنى زاوية بالدرجات عند الساتل non-GSO بين الخطوط الواصلة إلى أي محطتين أرضيتين non-GSO نشطين. وإن لم تتوفر، فيُفترض أن تكون قيمتها صفراً	MIN_ANGLE_AT_SAT
أقصى عدد من المحطات الأرضية non-GSO المتتبعه بساتل non-GSO في التردد ذاته في حساب كثافة تدفق القدرة المكافئة (EPFD) (صاعدة). وإن لم تتوفر إحدى القيم، فيُفترض أن يكون أقصى عدد من المحطات الأرضية المتتبعه بساتل non-GSO في التردد ذاته مساوياً لعدد المحطات الأرضية المنشأة لتنفيذ تشغيل حساب \uparrow epfd	MAX_CO_FREQ_SAT

تزود هذه المعلمات في نسق XML مع رأسية كما يلي:

```
<non_gso_operating_parameters es_lat_max="+90" es_lat_min="-90" es_distance="200"
es_density="0.00001" c_name="orb_id" b_name="azimuth" a_name="latitude" high_freq_mhz="F2"
low_freq_mhz="F1" param_id="1" angle_at_es = "5" min_angle_at_sat = 5>
```

حيث:

الحقل	النمط أو المدى	الوحدة	مثال
ntc_id	عدد صحيح	-	12345678
sat_name	سلسلة	-	My satellite network
param_id	عدد صحيح	-	1
low_freq_mhz	دقة مزدوجة	MHz	10 000
high_freq_mhz	دقة مزدوجة	MHz	12 000

الحقل	النمط أو المدى	الوحدة	مثال
a_name	مدى {خط العرض} من -90 إلى +90 درجة	-	خط العرض
b_name	مدى {السمت} من 000 إلى 360 درجة	-	السمت
c_name	مدى {رقم التسلسل لمستوي المدار} من 01 إلى 9999 ينبغي استخدام 0 لبيان أن العلامات ستطبق على جميع المدارات	-	رقم تسلسل المستوي المداري (orb_id)
es_density	دقة مزدوجة	km ²	0,0001
es_distance	دقة مزدوجة	km	200
es_lat_min	دقة مزدوجة	درجة	90-
es_lat_max	دقة مزدوجة	درجة	90+
min_angle_at_sat	مدى دقة مزدوجة من 0 إلى +90 درجة	درجة	15
min_angle_at_es	مدى دقة مزدوجة من 0 إلى +90 درجة	درجة	5
max_co_freq	مدى عدد صحيح من 0 إلى 9999	-	2
max_co_freq_sat	عدد صحيح، مدى من 0 إلى 9999	-	2
min_duration	عدد صحيح، مدى من 0 إلى 99999	ثانية	400
elev_angle	دقة مزدوجة، مدى من 0 إلى +90 درجة	درجة	5

بعد الرأسية، يحتوي النسق XML على صفائف من MIN_EXCLUDE يمكن أن تختلف بحسب orb_id وخط العرض بينما لا تتغير قيم MIN_DURATION وMAX_CO_FREQ إلا بحسب خط العرض. ويمكن أن تختلف صيغة MIN_ELEV باختلاف خط العرض والسمت.

ويلاحظ أنه إذا كان نمط المحطة الأرضية non-GSO المعرف في قناع e.i.r.p. محددًا بدلاً من أن يكون نمطياً، عندئذ لا يستخدم الحقلان es_density و es_distance.

ويتم تخزين معلومات التشغيل non-GSO في نفس قاعدة البيانات بمثابة أفضة pfd و e.i.r.p.

ومن ثم يكون مثال ملف XML لمعلومات التشغيل non-GSO على النحو التالي:

```
<?xml version="1.0"?>
```

```
<satellite_system sat_name="MySatName" ntc_id="12345678">
```

```
<non_gso_operating_parameters es_lat_max="+90" es_lat_min="-90" es_distance="200"
es_density="0.00001" c_name="orb_id" b_name="azimuth" a_name="latitude" high_freq_mhz="F2"
low_freq_mhz="F1" param_id="1" min_angle_at_sat="0" min_angle_at_es=0>
```

```
<min_exclude c="1">
```

```
<exclusion_zone_angle a="-75">0</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="-45">3</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="-15">5</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="15">5</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="45">3</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="75">0</exclusion_zone_angle>
```

```
</min_exclude>
```

```
<min_exclude oc="2">
```

```
<exclusion_zone_angle a="-75">0</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="-45">4</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="-15">6</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="15">6</exclusion_zone_angle>
```

```
<exclusion_zone_angle a="45">6</exclusion_zone_angle>
```

```

<exclusion_zone_angle a="75">0</exclusion_zone_angle>
</min_exclude>
<max_co_freq a="0">2</max_co_freq>
<min_duration a="-50">400</min_duration>
<min_duration a="0">1000</min_duration>
<min_duration a="50">400</min_duration>
<min_elev a="-30">
  <elev_angle b="0">30</elev_angle>
  <elev_angle b="90">40</elev_angle>
  <elev_angle b="280">30</elev_angle>
  <elev_angle b="370">40</elev_angle>
</min_elev>
<min_elev a="0">
  <elev_angle b="0">20</elev_angle>
  <elev_angle b="90">30</elev_angle>
  <elev_angle b="280">20</elev_angle>
  <elev_angle b="370">30</elev_angle>
</min_elev>
<min_elev a="30">
  <elev_angle b="0">30</elev_angle>
  <elev_angle b="90">40</elev_angle>
  <elev_angle b="280">30</elev_angle>
  <elev_angle b="370">40</elev_angle>
</min_elev>
</non_gso_operating_parameters>
</satellite_system>

```

أقنعة pfd/e.i.r.p. B4

1.B4 قناع pfd للوصلة الهابطة non-GSO

الحد الأدنى لمدى التردد بوحدة MHz لهذا قناع pfd	FreqMin
الحد الأقصى لمدى التردد بوحدة MHz لهذا قناع pfd	FreqMax
ينبغي إعطاء مستوى القدرة في قناع pfd بوحدة kHz بالنسبة إلى نفس عرض النطاق المرجعي المستعمل لعتبات epfd في الجداول الواردة في المادة 22 ذات الصلة بأمداء التردد المشمولة. وفي حالة ورود عرضي نطاق مرجعيين في جداول المادة 22 (40 kHz و 1 MHz مثلاً) فينبغي استعمال أصغرها.	RefBW
واحدة من α أو $\{az,el\}$	MaskType
يحدد قناع كثافة تدفق القدرة بما يلي: - الساتل non-GSO - خط العرض لمسقط الساتل non-GSO على سطح الأرض - زاوية الفصل α بين هذه المحطة الفضائية non-GSO والقوس المستقرة بالنسبة إلى الأرض على النحو المعرف في الفقرة 4.4.D6 - الفرق ΔL في خط الطول بين مسقط الساتل non-GSO على سطح الأرض والنقطة على القوس GSO التي تقل عندها الزاوية α إلى الحد الأدنى على النحو المعرف في الفقرة 4.4.D6	الخيار 1 pfd_mask (الساتل، خط العرض، α ، ΔL)

الخيار 2 pfd_mask (الساتل، خط العرض، (E1، Az)	يحدد قناع كثافة تدفق القدرة بما يلي: - الساتل non-GSO - خط العرض لمسقط الساتل non-GSO على سطح الأرض - زاوية السميت، المعرفة في الفقرة 5.4.D6 - زاوية الارتفاع، المعرفة في الفقرة 5.4.D6
---	---

2.B4 قناع القدرة e.i.r.p. لوصلة صاعدة non-GSO

FreqMin	الحد الأدنى لمدى التردد بوحدة MHz لهذا قناع pfd
FreqMax	الحد الأقصى لمدى التردد بوحدة MHz لهذا قناع pfd
RefBW	ينبغي إعطاء مستوى القدرة في قناع e.i.r.p. بوحدة kHz بالنسبة إلى نفس عرض النطاق المرجعي المستعمل لعتبات epfd في الجداول الواردة في المادة 22 ذات الصلة بأمداء التردد المشمولة. وفي حالة ورود عرضي نطاق مرجعيين في جداول المادة 22 (40 kHz و 1 MHz على سبيل المثال) فينبغي استعمال أصغرهما.
ES_ID	مرجع المحطة الأرضية non-GSO أو 1- في حالة استعمال محطة أرضية عامة
MaskFormat	إما LatitudeAndAngleGSOArc (خط العرض والزاوية على القوس GSO) أو LatitudeAzimuthElevationDeltaLong (خط العرض وزوايا السميت الارتفاع وخط طول دلتا)
ES_e.i.r.p. [Lat] [θ]	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية non-GSO بدالة خط العرض والزاوية بين خط التسديد للمحطة الأرضية non-GSO والخط من المحطة الأرضية non-GSO إلى نقطة على القوس GSO.
ES_e.i.r.p.[Lat][Az][EI][DeltaLongitudeES]	القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية non-GSO بدالة خط عرض المحطة الأرضية non-GSO، والتسديد الحالي (زاوية السميت، زاوية الارتفاع)، والفرق في خط الطول بين المحطة الأرضية non-GSO والنقطة المحددة على القوس GSO.

3.B4 قناع القدرة e.i.r.p. بين السواتل

FreqMin	الحد الأدنى لمدى التردد بوحدة MHz لهذا قناع e.i.r.p.
FreqMax	الحد الأقصى لمدى التردد بوحدة MHz لهذا قناع e.i.r.p.
RefBW	ينبغي إعطاء مستوى القدرة في قناع e.i.r.p. بوحدة kHz بالنسبة إلى نفس عرض النطاق المرجعي المستعمل لعتبات epfd في الجداول الواردة في المادة 22 ذات الصلة بأمداء التردد المشمولة. وفي حالة ورود عرضي نطاق مرجعيين في جداول المادة 22 (40 kHz و 1 MHz على سبيل المثال) فينبغي استعمال أصغرهما.
SAT_e.i.r.p.[Lat] [θ]	القدرة e.i.r.p. للساتل non-GSO بدلالة خط العرض والزاوية المرئية من الساتل non-GSO بين مسقط الساتل non-GSO ونقطة على القوس GSO.

B5 إثبات صحة معلمات الدخل

يصف هذا القسم الحد الأدنى من إثبات صحة معلمات الدخل: يمكن إجراء فحوصات إضافية أيضاً.

1.B5 معلمات المحطات الفضائية non-GSO

تنطبق هذه المنهجية على أنماط الأنظمة non-GSO ذات الخصائص المدارية على النحو المحدد في الجدول 3. ولضمان الاتساق مع هذا الافتراض، يتعين إجراء الاختبارات التالية لكل ساتل non-GSO:

اختبار للمدار الدائري أو شبه الدائري:

```
If the  $e > 0$  and  $e < \text{MAX\_CIRCULAR\_E}$  then
{
  WarningMessage: setting orbit to be circular from eccentricity =  $e$ 
  Set  $e = 0$  and continue
}
```

اختبار نظام مدار إهليلجي شديد الانحناء (HEO) حيث $\omega = \pm\pi/2$:

```
If the eccentricity  $\geq \text{MAX\_CIRCULAR\_E}$  then
{
  Ensure  $w$  in range  $\{-\pi, +\pi\}$ 
  If  $(\text{abs}(\pi/2 - \text{abs}(w))) > \text{MAX\_HELO\_DELTAW}$ 
  {
    ErrorMessage: orbit apogee not at maximum latitude
    Exit
  }
}
```

ويفترض ما يلي:

$\text{MAX_CIRCULAR_E} = 0.01$

$\text{MAX_HELO_DELTAW} = 1e-5$ degrees

وفي الأنظمة التي تستخدم العديد من الكوكبات الفرعية، يجب التحقق من أن جميعها متكررة أو جميعها غير متكررة.

2.B5 أمداء معلمات تشغيل النظام non-GSO

يتعين تفحص معلمات تشغيل النظام non-GSO التالية::

$\text{MIN_EXCLUDE}[\text{Latitude}] \geq 0$

$\text{MIN_ELEV}[\text{Latitude}, \text{Azimuth}] \geq 0$

$\text{MIN_DURATION}[\text{Latitude}] \geq 1$ second

$\text{MAX_CO_FREQ}[\text{Latitude}] \geq 0$

$\text{ES_DENSITY} > 0$

$\text{ES_DISTANCE} \geq 0$ ($\text{ES_DISTANCE} = 0$ أي أنه لا يمكن توزيع سوى محطة أرضية واحدة داخل مسقط GSO المتأثر)

$+90^\circ > \text{ES_LAT_MIN} \geq -90^\circ$

$+90^\circ \geq \text{ES_LAT_MAX} > -90^\circ$

$\text{ES_LAT_MAX} > \text{ES_LAT_MIN}$

$\text{MIN_ANGLE_AT_ES} \geq 0$

$\text{MIN_ANGLE_AT_SAT} \geq 0$

$\text{MAX_CO_FREQ_SAT} \geq 0$

3.B5 الأقفعة وملفات XML لمعلومات تشغيل النظام

يتعين التحقق من معلومات تشغيل النظام non-GSO التالية:

- أن يكون هناك مجموعة واحدة من معلومات تشغيل النظام non-GSO لكل مدى تردد.
 - أن يكون هناك مجموعة من معلومات تشغيل النظام non-GSO لكل مدى تردد يتعين فحصه.
 - في حالة اختلاف MIN_EXCLUDE بحسب مستوى المدار، أن تكون هناك قيمة محددة لكل مستوى مداري.
- من الضروري أيضاً التحقق من أن أيّاً من أقنعة e.i.r.p. للمحطة الأرضية بالنسق LatitudeAndAngleGSOArc يتناقض روتينياً.

المرفق

بالجزء B

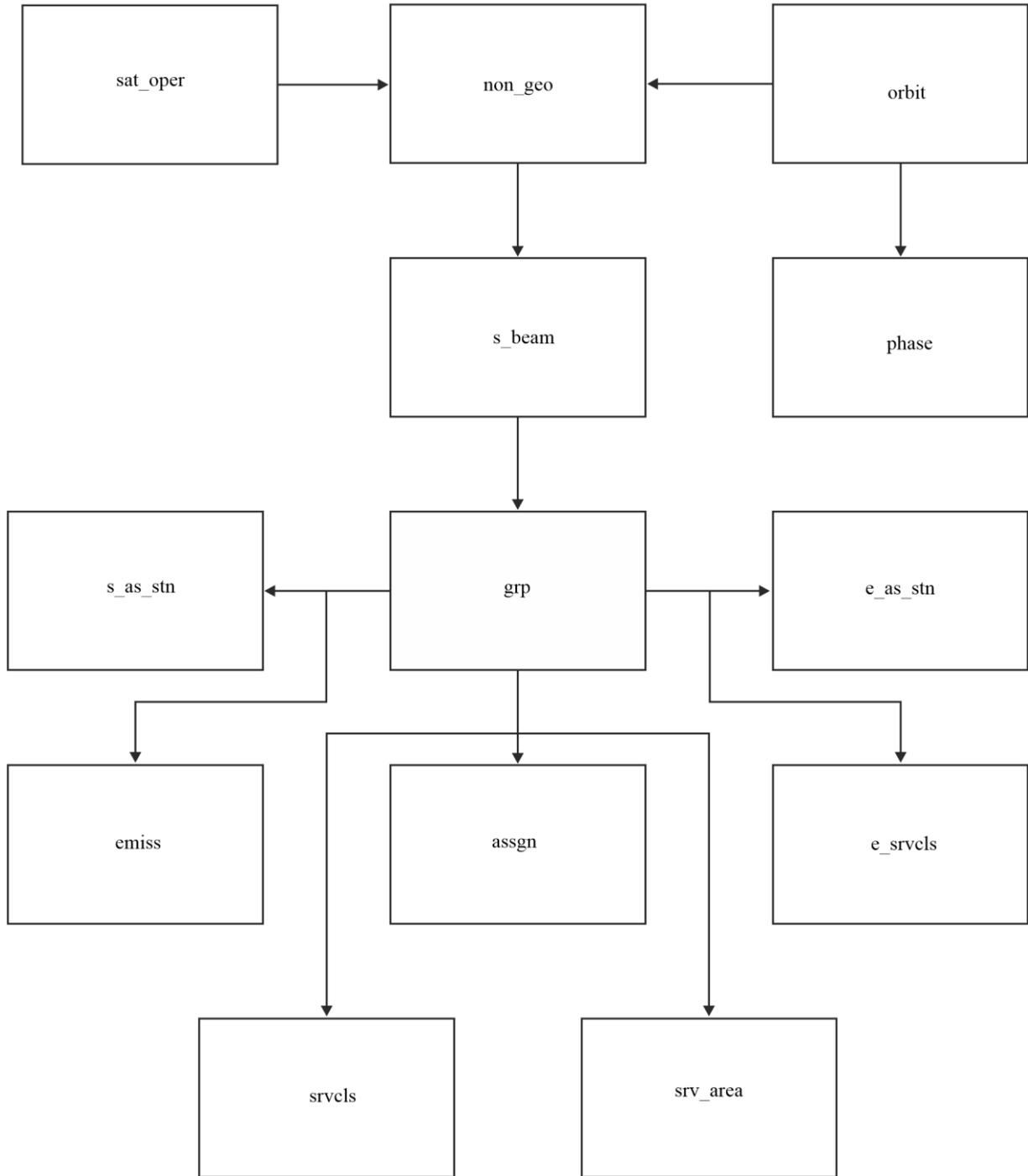
يفصّل هذا المرفق بالجزء B المعلومات التي تستعملها برمجية epcf من قاعدة بيانات محطات الاتصالات الراديوية الفضائية (SRS). وإذا توفرت المجموعة الكاملة لمعلومات تشغيل النظام، فينبغي أن تُشتق القيم من ذلك الملف XML، لا من جدول SRS ذي الصلة. ويتضمن الجدول 4 معلومات التذييل 4 من لوائح الراديو الخاصة بالأنظمة الساتلية non-GSO الراهنة والمدرجة في قاعدة بيانات نظام الشبكات الفضائية (SNS) في مكتب الاتصالات الراديوية. ويبين الشكل 2 العلاقة بين جداول قاعدة البيانات. ولا تظهر في الشكل 2 معلومات القناع ولا جداول الربط، ولكنها موصوفة في الجدول 4.

وصف النسق

الوصف	القيمة
تُستعمل لوصف بيانات رقمية نصية. مثال: X(9) تعبر عن حقل من 9 خانات يحتوي على بيانات نصية رقمية وتتكافأ XXX مع X(3).	X
تُستعمل لوصف خانات رقمية	9
تبين موضع فاصلة عشرية	'.'
تعبر عن إشارة (إشارة سابقة منفصلة) مثال: تعبر S999,99 عن حقل عددي بمدى من القيم يبدأ من -999,99 ويصل إلى +999,99 وأما 99 فتعبر عن حقل عددي بمدى من القيم يبدأ من 0 ويصل إلى 99	S

الشكل 2

مقتطف من علاقات كيانات قاعدة بيانات محطات الاتصالات الراديوية الفضائية



الجدول 4

بيانات محطات الاتصالات الراديوية الفضائية لتحليل كثافة تدفق القدرة المكافئة

بطاقة التبليغ

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح أساسي	معرف الهوية الوحيد للتبليغ	9(9)	عدد	ntc_id
value != Null	شفرة تبين إذا كان التبليغ متعلقاً بساتل GSO [G] أو ساتل non-GSO [N] أو محطة أرضية محددة [S] أو محطة أرضية نقطية [T]	X	نص	ntc_type
	تاريخ تسلم التبليغ	9(8)	تاريخ/وقت	d_rcv
تبحث البرمجية عن قيمة "C" أو "N"	شفرة تبين إذا كان تقديم التبليغ بمقتضى [N] RR1488 أو [C] RR1060 أو [D] RR1107 أو [A] 9,1 أو [C] 9,6 أو [D] 9,7A أو [D] 9,17 أو [N] 11,2 أو [N] 11,12 أو AP30/30A- المواد 2A و 4 و 5 [B] أو AP30B -المادتان 6 و 7 [P] أو AP30B -المادة 8 [N] أو Res49 [U]	X	نص	ntf_rsn
تبحث البرمجية عن قيمة "50" في فحص المادة 7A.9	حالة المعالجة الحالية للتبليغ	XX	نص	st_cur

Non-geo

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح أساسي	معرف الهوية الوحيد للتبليغ	9(9)	عدد	ntc_id
	اسم الساتل	X(20)	نص	sat_name
	Nco في حالة الوصلة الصاعدة	9	عدد	nbr_sat_td
	متوسط كثافة المحطة الأرضية non-GSO في حالة الوصلة الصاعدة	9(9)	عدد	density
	متوسط المسافة بين المحطة الأرضية non-GSO في نفس التردد في حالة الوصلة الصاعدة	9(9)	عدد	avg_dist
	ينبغي أن يكون "Y" في منطقة الاستبعاد القائمة على ألفا	X	نص	f_x_zone
	حجم منطقة الاستبعاد	9(9)	عدد	x_zone

orbit

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للتبليغ	9(9)	عدد	ntc_id
مفتاح أساسي	رقم التسلسل لمستوي المدار	99	عدد	orb_id

orbit (تابع)

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
value != Null && value > 0	عدد السواتل لكل مستوي مداري non-GSO	99	عدد	nbr_sat_pl
value != Null	زاوية الفصل، بالدرجات، بين العقدة الصاعدة والاعتدال الربيعي	999.99	عدد	right_asc
value != Null	زاوية الميل لمدار الساتل على مستوي خط الاستواء	999.9	عدد	inclin_ang
value != Null && value > 0	أبعد ارتفاع عن سطح الأرض أو عن جرم مرجعي آخر للساتل non-GSO - يعبر عنه بالكيلومتر المسافات < 99 999 km يعبر عنها في شكل حاصل ضرب قيمتي الحقلين "apog" و "apog_exp" (انظر أدناه) مثال: $10^5 \times 1,25 = 125\ 000$	9(5).99	عدد	apog
value != Null && value >= 0	الجزء الأسي للسمت معبراً عنه بأسّ الرقم 10 ليبيان الأسّ، يعطى صفر مقابل 10^0 و 1 مقابل 10^1 و 2 مقابل 10^2 وهلم جراً	99	عدد	apog_exp
value != Null && value > 0	أقرب ارتفاع عن سطح الأرض أو عن جرم مرجعي آخر للساتل non-GSO - يعبر عنه بالكيلومتر المسافات < 99 999 km يعبر عنها في شكل حاصل ضرب قيمتي الحقلين "perigee" و "perig_exp" (انظر أدناه) مثال: $10^5 \times 1,25 = 125\ 000$	9(5).99	عدد	perig
value != Null && value >= 0	الجزء الأسي للحضيض معبراً عنه بأسّ الرقم 10 ليبيان الأسّ، يعطى صفر مقابل 10^0 و 1 مقابل 10^1 و 2 مقابل 10^2 وهلم جراً	99	عدد	perig_exp
	زاوية الفصل (بالدرجات) بين العقدة الصاعدة وحضيض المدار الإهليلجي في حالة انطباق الرقم 11A.9 للوائح الراديو	999.9	عدد	perig_arg
value != Null && value > 0	أقل ارتفاع تشغيلي عن سطح الأرض أو عن جرم مرجعي آخر للساتل non-GSO - يعبر عنه بالكيلومتر المسافات < 99 km يعبر عنها في شكل حاصل ضرب قيمتي الحقلين "op_ht" و "op_ht_exp" (انظر أدناه) مثال: $10^2 \times 2,5 = 250$	99.99	عدد	op_ht

(تتمة) orbit

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
value != Null && value >= 0	الجزء الأسي للارتفاع التشغيلي، معبراً عنه بأس الرقم 10 لبیان الأس، يعطى صفر مقابل 10^0 و 1 مقابل 10^1 و 2 مقابل 10^2 وهلم جراً	99	عدد	op_ht_exp
value != Null && (value == 'Y' || 'N')	عَلَم يبين ما إذا كانت المحطة الفضائية تستخدم الحفاظ على الموقع [Y] أو لا تستخدمه [N] للحفاظ على مسار أرضي ثابت	X	نص	f_stn_keep
	جزء اليوم الدال على دورة كاملة للكوكبة (s)	999	عدد	rpt_prd_dd
	جزء الساعة الدال على دورة كاملة للكوكبة (s)	99	عدد	rpt_prd_hh
	جزء الدقيقة الدال على دورة كاملة للكوكبة (s)	99	عدد	rpt_prd_mm
	جزء الثانية الدال على دورة كاملة للكوكبة (s)	99	عدد	rpt_prd_ss
value != Null && (value == 'Y' || 'N')	عَلَم يبين ما إذا كان ينبغي [Y] أو لا ينبغي [N] نمذجة المحطة الفضائية بمعدل مبادرة معين للعقدة الصاعدة للمدار بدلاً من استعمال المصطلح J2	X	نص	f_precess
If f_precess == 'Y' then value != Null && value >= 0	معدل المبادرة بالدرجات مقاساً أثناء النهار في عكس اتجاه دوران عقارب الساعة في مستوي خط الاستواء، للمحطة الفضائية التي تكون نمذجتها بمعدل مبادرة معين للعقدة الصاعدة في المدار بدلاً من استعمال المصطلح J2	999.99	عدد	precession
value != Null && value >= 0	خط الطول للعقدة الصاعدة للمستوي المداري z مقاساً في عكس اتجاه دوران عقارب الساعة في مستوي خط الاستواء من خط طول غرينتش إلى النقطة التي يعبر عندها المدار الساتلي من الجنوب إلى الشمال مستوي خط الاستواء ($0^\circ = z < 360^\circ$)	999.99	عدد	long_asc
If f_stn_keep == 'Y' then value != Null && value >= 0	التفاوت المسموح به في خط الطول بالنسبة لخط طول العقدة الصاعدة	99.9	عدد	keep_rnge

Phase

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للتبليغ	9(9)	عدد	ntc_id
مفتاح خارجي	رقم التسلسل لمستوي المدار	99	عدد	orb_id
value != Null && value > = 0	رقم التسلسل للساتل في مستوي المدار	99	عدد	orb_sat_id
value != Null && value > = 0	زاوية الطور الأصلية للساتل في مستوي المدار في حالة انطباق الرقم 11A.9 للوائح الراديو	999.9	عدد	phase_ang

Grp

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للتبليغ	9(9)	عدد	ntc_id
مفتاح أساسي	معرف الهوية الوحيد للزمرة	9(9)	عدد	grp_id
value != Null && (value == 'E' || 'R')	شفرة تبين ما إذا كانت الحزمة مرسلة [E] أو مستقبلية [R]	X	نص	emi_rcp
	تعيين حزمة هوائي الساتل	X(8)	نص	beam_name
value != Null && value > = 0	أدنى زاوية ارتفاع يمكن عندها لأي محطة أرضية مصاحبة الإرسال إلى ساتل non-GSO أو أدنى زاوية ارتفاع تقوم عندها محطة الفلك الراديو بإجراء ملاحظات عن طريق طبق وحيد أو بقياس التداخل ذي خط أساسي طويل جداً (VLBI)	S9(3).99	عدد	elev_min
value != Null && value > 0	أدنى تردد (MHz) (التردد المخصص - نصف عرض النطاق) (لجميع الترددات في هذه الزمرة)	9(6).9(6)	عدد	freq_min
value != Null && value > 0	أقصى تردد (MHz) (التردد المخصص + نصف عرض النطاق) (لجميع الترددات في هذه الزمرة)	9(6).9(6)	عدد	freq_max
	تاريخ تلقي قائمة تخصيصات التردد الخاصة بالزمرة	9(8)	تاريخ/وقت	d_rcv
لا يجري عليه تحقق إلا لعمليات فحص 7B.9/7A.9	درجة حرارة الضوضاء لنظام الإرسال	9(6)	عدد	noise_t

srv_cls

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للزمرة	9(9)	عدد	grp_id
value != Null && value > = 0	رقم التسلسل	9(4)	عدد	seq_no
	صنف المحطة	XX	نص	stn_cls

sat_oper

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للزمرة	9(9)	عدد	ntc_id
$-90 \leq \text{lat_fr} < \text{lat_to}$	بداية مدى خط العرض	9(9)	عدد	lat_fr
$\text{lat_fr} < \text{lat_to} \leq 90$	نهاية مدى خط العرض	9(9)	عدد	lat_to
> 0	Nco في الاتجاه الهابط الذي ينبغي استخدامه فيما يخص خطوط العرض في المدى lat_fr to lat_to	9	عدد	nbr_op_sat

mask_info

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للزمرة	9(9)	عدد	ntc_id
مفتاح خارجي	رقم التسلسل	9(4)	عدد	mask_id
$\text{value} \neq \text{Null} \ \&\& \ (\text{value} == \text{'E'} \ || \ \text{'S'} \ || \ \text{'P'})$	شفرة تبين ما إذا كان نوع القناع هو القدرة المشعة المكافئة المتاحة (e.i.r.p) للمحطة الأرضية، 'E'، لأغراض e.i.r.p للمحطة الفضائية أو 'S' للمحطة الفضائية أو 'P' لكثافة تدفق القدرة (pfd)	X	نص	f_mask
$\text{value} \neq \text{Null} \ \&\& \ (\text{value} == \text{'A'} \ || \ \text{'Z'} \ || \ \text{'O'} \ || \ \text{'D'})$	شفرة تصف نسق القناع حيث 'A' = ألفا و 'Z' = السميت/الارتفاع و 'O' = الانحراف عن المحور و 'D' = السميت والارتفاع وخط طول دلتا	X	نص	f_mask_type

e_as_stn

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للزمرة	9(9)	عدد	grp_id
$\text{value} \neq \text{Null} \ \&\& \ \text{value} \geq 0$	رقم التسلسل	9(4)	عدد	seq_no
	اسم محطة الإرسال أو محطة الاستقبال	X(20)	نص	stn_name
$\text{value} \neq \text{Null} \ \&\& \ (\text{value} == \text{'S'} \ || \ \text{'T'})$	شفرة تبين ما إذا كانت المحطة الأرضية نوعية 'S' أو نمطية 'T'	X	نص	stn_type
$\text{value} \neq \text{Null} \ \&\& \ \text{value} > 0$	عرض زاوية فص الإشعاع الرئيسي، معبراً عنه بالدرجات مع رقمين عشريين	999.99	عدد	bmwidth

mask_lnk1

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للزمرة	9(9)	عدد	grp_id
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للقناع	9(9)	عدد	mask_id
مفتاح خارجي	رقم التسلسل لمستوي المدار	99	عدد	orb_id
$\text{value} \neq \text{Null} \ \&\& \ \text{value} \geq 0$	رقم التسلسل للساتل في مستوي المدار	99	عدد	sat_orb_id

mask_ink2

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للزمرة	9(9)	عدد	grp_id
مفتاح خارجي	رقم التسلسل للمحطة الأرضية المصاحبة	9(4)	عدد	seq_e_as
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للقناع	9(4)	عدد	mask_id

mask_ink3

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للتبليغ	9(9)	عدد	ntc_id
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد لمعلومات تشغيل النظام	9(4)	عدد	param-id

الجدول المستخدمة لحسابات المادة 7B.9/7A.9

e_stn

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للتبليغ	9(9)	عدد	ntc_id
value != Null	اسم المحطة الأرضية	X(20)	نص	stn_name
value != Null	اسم المحطة الفضائية المصاحبة	X(20)	نص	sat_name
value != Null	خط العرض بالدرجات مع أربعة أرقام عشرية	S9(2).9(4)	عدد	lat_dec
value != Null	خط الطول بالدرجات مع أربعة أرقام عشرية	S9(2).9(4)	عدد	long_dec
value != Null	خط الطول الاسمي للمحطة الفضائية المصاحبة، ويعطى '-' للغرب و '+' للشرق	S999.99	عدد	long_nom

e_ant

التحقق	الوصف	النسق	نوع البيانات	بند البيانات
مفتاح خارجي	معرف الهوية الوحيد للتبليغ	9(9)	عدد	ntc_id
value != Null	شفرة تبين ما إذا كانت الحزمة مرسله [E] أو مستقبله [R]	X	نص	emi_rcp
	عرض حزمة هوائي المحطة الأرضية	999.99	عدد	bmwidth
	الكسب المتناحي الأقصى لهوائي المحطة الأرضية	S99.9	عدد	gain

الجزء C

حساب أفتعة كثافة تدفق القدرة (pfd)/القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.)

C1 تعريف

الغرض من حساب أفتعة pfd/e.i.r.p. هو تحديد غلاف القدرة التي تشعها المحطات الفضائية non-GSO والمحطات الأرضية non-GSO بحيث تشمل نتائج الحسابات ما يحدث من إشعاع بغض النظر عما يستخدم من تخصيصات للموارد واستراتيجيات للتحويل في مختلف مراحل حياة النظام non-GSO.

وهذه الأفتعة هي قيود تنظيمية من حيث إن النظام non-GSO في الخدمة الثابتة الساتلية ينبغي ألا يتجاوز هذه القيم في أي وقت والتي يمكن اشتقاقها باستخدام المنهجية الواردة أدناه. وهي تمثل مغلفاً للطاقة التي ينتجها نظام من شأنه أن يجد من السرعة التي يمكن أن تتغير بها الكثافة pfd أو القدرة e.i.r.p. بين نقاط البيانات وإلى أي حد يمكن أن تنخفض قيم النقاط المتطرفة في الصفائف. ويلاحظ أن من الممكن لنظام ما ألا يبيت عند خطوط عرض معينة: في هذه الحالة ينبغي استخدام قيمة فارغة بمقدار -1 000 dBW.

C2 حساب أفتعة pfd الساتلية

1.C2 وصف عام

يتحدد القناع pfd بحكم أقصى كثافة لتدفق القدرة تنتج عن أي محطة فضائية في نظام non-GSO يسبب التداخل، من منظور أي نقطة على سطح الأرض. ويوصى بحساب قناع رباعي الأبعاد في برمجية التحقق التي يستعملها مكتب الاتصالات الراديوية، وهو معرف بأحد الخيارين التاليين:

الخيار 1: كدالة لما يلي:

- الساتل non-GSO؛
- خط العرض عند نقطة مسقط الساتل non-GSO؛
- زاوية الفصل α بين هذه المحطة الفضائية non-GSO والقوس GSO، كما ترى من أي نقطة على سطح الأرض، على النحو المعرف في الفقرة 4.4.D6.
- الفرق ΔL في خط الطول بين مسقط الساتل non-GSO على سطح الأرض والنقطة على المدار GSO التي تصبح عندها الزاوية α أقل ما تكون، على النحو المعرف في الفقرة 4.4.D6.

الخيار 2: كدالة لما يلي:

- الساتل non-GSO؛
- خط العرض عند نقطة مسقط الساتل non-GSO؛
- زاوية السميت لساتل non-GSO، المعرفة في الفقرة 5.4.D6؛
- زاوية الارتفاع لساتل non-GSO، المعرفة في الفقرة 5.4.D6.

وأياً كانت المعلومات المستخدمة لحساب القناع، ينبغي تحويل القناع الناتج عن العملية إلى أي من الخيارات المعروضة أعلاه من حيث النسق. ونظراً لأن المحطة الفضائية non-GSO يمكن أن ينتج عنها عدد أقصى معلوم من الحزم في نفس الوقت، فينبغي أن يؤخذ ذلك في الاعتبار حتى يكون تصميم النظام موافقاً لهذا الواقع ولا يكون ذلك بمثابة قيد ثقيل على الأنظمة non-GSO.

وفي حساب القناع تطبق تقنيات تخفيف الضوضاء المستخدمة في الأنظمة non-GSO، مثل تقنيات تفادي القوس GSO. وفي هذه التقنية (تفادي القوس GSO) يتم التعرف على منطقة غير عاملة على سطح الأرض تقع في مجال الرؤية بالنسبة للمحطة الأرضية non-GSO، ويتحرك موقع هذه المنطقة غير العاملة على الأرض بتغير خط العرض الذي يقع عليه مسقط الساتل non-GSO. وللحصول على نموذج أدق للنظام non-GSO يعتبر خط العرض الذي يقع عليه مسقط الساتل non-GSO معلمة من معلمات حساب قناع كثافة تدفق القدرة.

2.C2 وصف تقنيات التخفيف

ينبغي إعطاء وصف دقيق في هذا القسم لتقنية التخفيف المنفذة في إطار النظام non-GSO لكي يتم إدماجها تماماً في نموذج حساب \downarrow epfd.

وبالنسبة لاستعمال منطقة غير عاملة حول القوس GSO، هنالك أسلوبان مختلفان على الأقل لنمذجة نظام non-GSO بناءً على معمارية خلوية:

- مراقبة المنطقة غير العاملة من نطاق خلوية: تنطفي حزمة المحطة الفضائية non-GSO إذا نقصت زاوية الفصل بين هذه المحطة الفضائية non-GSO والقوس GSO عند أي نقطة في الخلية non-GSO عن α_0 (زاوية تجنّب القوس GSO).
- مراقبة المنطقة غير العاملة من مركز الخلية: تنطفي حزمة المحطة الفضائية non-GSO عندما تكون هذه المحطة الفضائية مرئية من مركز الخلية على مسافة أقل من α_0 من القوس GSO.

وقد تستعمل تقنيات تخفيف أخرى في أنظمة non-GSO ليست المذكورة هنا. وينبغي أن تقوم إدارة النظام non-GSO بتقديم المعلومات عن هذه التقنيات من أجل وصف قناع pfd والتحقق منه.

3.C2 الكثافة pfd

1.3.C2 حساب الكثافة pfd

كثافة تدفق القدرة المشعة من محطة فضائية non-GSO في أي نقطة على سطح الأرض هي مجموع كثافة تدفق القدرة الناتجة عن جميع الحزم المضيفة في نفس نطاق التردد.

وبعض الأنظمة non-GSO لديها هوائيات تتبّع موجهة نحو خلايا ثابتة على سطح الأرض لتتحرك مع حركة المحطة الفضائية. ومع ذلك، ولما كان حساب القناع pfd يتصل بالموقع non-GSO، فلا بد من وضع افتراضات معينة في حساب القناع pfd، ولكن الافتراض السطحي بأن الخلايا تتحرك مع حركة المحطة الفضائية يمكن أن يؤدي إلى توزيع جغرافي خاطئ لسويات pfd.

ولما كانت الأنظمة non-GSO تستخدم تقنيات التخفيف فلن يحتاج الأمر إلى اتساق بين حزمة رئيسية وأخرى. ولذا فإن تأثيرات إزالة الاستقطاب تعني أن الاستقطاب الموحد والاستقطاب المتقاطع يجب أخذهما كليهما في الاعتبار باعتبارهما من مصادر التداخل.

ويأخذ تنفيذ قناع كثافة تدفق القدرة في الاعتبار كلاً من الاستقطاب الموحد والاستقطاب المتقاطع من السواتل non-GSO في المحطات الأرضية GSO للأنماط المشابهة من الاستقطاب (دائري إلى دائري أو خطي إلى خطي)، ولكنه لا يشمل الفصل بين الأنظمة ذات الأنماط المختلفة من الاستقطاب (دائري إلى خطي) بشكل مباشر. وتشير إحدى الدراسات إلى أن متوسط مجموع قدرة التداخل على جميع النسب المحورية الإهليلجية وعلى جميع توجيهات الاستقطاب الإهليلجي لا ينتج عنه سوى زيادة صافية بسيطة في قدرة التداخل التي يتلقاها هوائي الخدمة الإذاعية الساتلية تبلغ 0,048 dB. ويحتمل جداً أن تكون حدود أي مساهمة متقاطعة الاستقطاب هي من -30 dB إلى +3 dB.

وبناء عليه:

$$pfd = 10 \log \left(\sum_i^{N_{co}} 10^{pfd_{co_i}/10} + \sum_j^{N_{cross}} 10^{pfd_{cross_j}/10} \right)$$

حيث:

- pdf : كثافة تدفق القدرة التي تشعها محطة فضائية non-GSO ($\text{dB(W/m}^2\text{)}$) في عرض النطاق المرجعي؛
- i : دليل الحزم المضاءة في الاستقطاب المذكور؛
- N_{co} : أقصى عدد للحزم التي يمكن إضاءتها في نفس الوقت في الاستقطاب المذكور؛
- pdf_{co_i} : الناتجة في النقطة المعنية على سطح الأرض عن حزمة واحدة في الاستقطاب المعني ($\text{dB(W/m}^2\text{)}$) في عرض النطاق المرجعي؛
- j : دليل الحزم الصادرة عن الاستقطاب المعاكس للاستقطاب موضع النظر؛
- N_{cross} : أقصى عدد من الحزم التي يمكن إضاءتها في نفس الوقت في الاستقطاب المعاكس للاستقطاب موضع النظر؛
- pdf_{cross_j} : الناتجة في النقطة المعنية على سطح الأرض عن حزمة واحدة في الاستقطاب المعاكس للاستقطاب موضع النظر ($\text{dB(W/m}^2\text{)}$) في عرض النطاق المرجعي.

و

$$pdf_{co_i} = P_i + G_i - 10\log_{10}(4 \pi d^2)$$

حيث:

- P_i : أقصى قدرة مرسل من الحزمة i في عرض النطاق المرجعي ($\text{dB(W/BW}_{ref}\text{)}$)؛
- BW_{ref} : عرض النطاق المرجعي (kHz)؛
- G_i : الكسب الذي تولده الحزمة i في الاستقطاب موضع النظر في النقطة المذكورة على سطح الأرض (dBi)؛
- d : المسافة بين المحطة الفضائية non-GSO والنقطة المذكورة على سطح الأرض (وإذا كان كسب هوائي الساتل non-GSO متساوي التدفق، تكون d هي ارتفاع المحطة الفضائية non-GSO) (بالأمتار).

و

$$pdf_{cross_j} = P_j + G_{cross_j} - 10\log_{10}(4 \pi d^2)$$

حيث:

- G_{cross_j} : كسب تقاطع الاستقطاب الناتج عن الحزمة j المضاءة في الاستقطاب المعاكس للاستقطاب موضع النظر عند النقطة المذكورة على سطح الأرض (dBi).

ويتوقع أن تكون المعلومات المستخدمة في حساب القناع pfd/e.i.r.p. مناظرة لأداء الساتل non-GSO على مدى عمره المتوقع. وينبغي أن تكون سويات الكثافة pfd مغلفاً يشمل كل توليفات الحركة والحزمة الممكنة وتكون قيمة pfd القصوى في الاتجاه المعين ممكنة طوال عمر النظام. وينبغي للأنظمة الساتلية non-GSO التي تستعمل هوائيات تكيفية يمكن فيها تعديل حجم الحزمة والفصوص الجانبية أن تأخذ التوليفة التي من شأنها أن تسفر عن أعلى كثافة pfd متوقعة خلال العمر المتوقع في كل اتجاه عند حساب قناع pfd. ومن ثم تكون كثافة تدفق القدرة لكل الزوايا التي يعمل فيها الساتل أعلى كثافة pfd يمكن توليدها، عندما تكون هناك مثلاً نقطة ساخنة للحركة في ذلك الاتجاه. ويتسق هذا النهج مع الخوارزمية الواردة في الجزء D لحساب epfd الذي يأخذ في الحسبان قيود إعادة استعمال التردد ضمن النظام non-GSO.

2.3.C2 كسب هوائي الساتل عند النقطة قيد النظر على سطح الأرض

الهدف من هذا الفرع هو تحديد الكسب في اتجاه النقطة M على سطح الأرض حين يكون هوائي الساتل موجهاً نحو خلية i . ويمكن تحديد إحداثية الهوائي بأربع معلمات من نظام الإحداثيات:

ϕ : إحداثية كروية

$$v = \sin \theta \sin \varphi, u = \sin \theta \cos \varphi : v$$

$$B = \theta \sin \varphi, A = \theta \cos \varphi : B$$

$$\tan (Az) = \tan \theta \cos \varphi, \sin (El) = \sin \theta \sin \varphi : (Az, El)$$

ويمكن تقديم بيانات كسب الهوائي بعدد من الأنساق ونظم الإحداثيات. وبما أن المدخل الرئيسي في حساب كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) هو قناع كثافة تدفق القدرة (pfd)، لا مخطط كسب الهوائي المستخدم لاشتقاق قناع pfd، فقد يختلف نسق مخطط كسب الهوائي هذا ونظام إحداثياته عن الأنساق ونظم الإحداثيات المستخدمة في مواضع أخرى من هذه الوثيقة. وعلى وجه الخصوص، من المهم الإشارة إلى أن المعادلات أعلاه المتعلقة بالتحويل بين زاويتي (φ, θ) و (El, Az) تختلف عن تلك المشمولة بالفقرة 1.3.1.3D والمستخدم في خوارزمية هندسية أسوأ حالة.

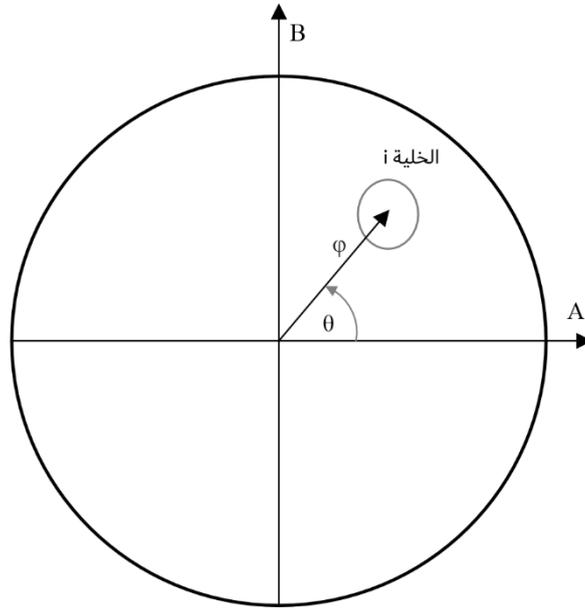
وعلى سبيل المثال، تجري الحسابات التالية في مرجع الهوائي (B, A) .

وينبغي تكييف الاعتيان لمخطط هوائي الساتل non-GSO حتى لا تؤدي عملية الاستكمال الداخلي إلى سويات كسب تختلف اختلافاً كبيراً عن القيم الحقيقية.

ويعرض الشكل 3 الهندسية في مستوي الهوائي (B, A) ، بينما يعرض الشكل 4 الهندسية بين زاويتي (φ, θ) و (El, Az) باستخدام التعريفات أعلاه.

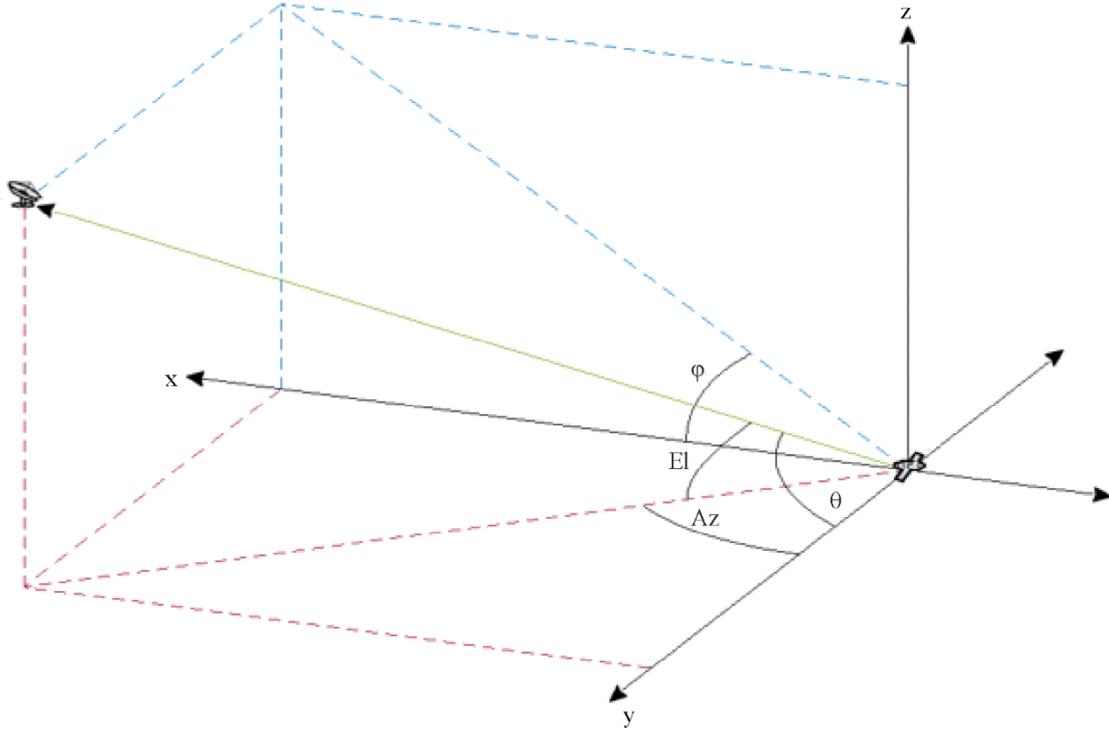
الشكل 3

مستوي الهوائي (B, A)



الشكل 4

هندسية الزاويتين (θ, φ) و (Ei, Az) ، مبيّنة باستخدام إطار مرجعي عند مركز الساتل



S.1503-04

وإحداثيات النقطة M على سطح الأرض هي (a, b) في مستوي الهوائي (B, A) ، أي ما يقابل (θ_M, φ_M) في المرجع القطبي.

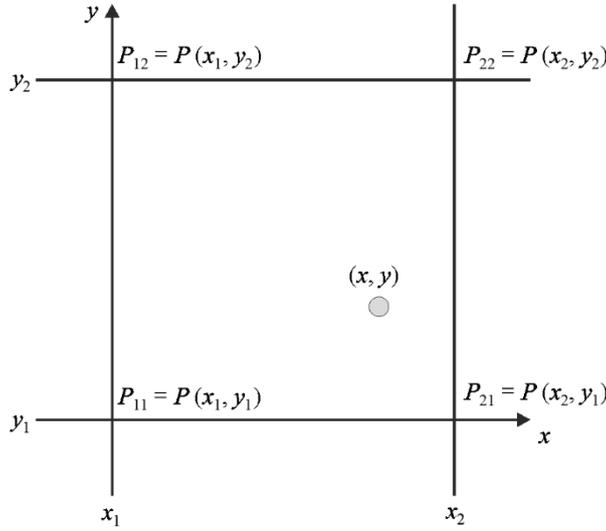
وإحداثيات النقطة C التي هي مركز الخلية i ، هي (A_c, B_c) في مستوي الهوائي (B, A) و (θ_c, φ_c) في المرجع الكروي.

وبالنسبة لمخططات كسب هوائيات السواتل الموصوفة وظيفياً (أي بمعادلات) يمكن حساب الكسب إلى النقطة M من الإحداثيات $C(A_c, B_c)$ و $M(a, b)$ مباشرة. أما المخططات الأخرى فتتد بيانات كسب هوائيات السواتل في شبكة من النقاط (B, A) ومن الممكن أن تقع النقطة $M(a, b)$ بين أربع نقاط في الشبكة (B, A) .

وبالتالي يكون من الضروري بشكل عام إجراء استكمال داخلي بين نقاط البيانات. لننظر في شبكة من القيم P لمدى من قيم $x = \{x_1, x_2, \dots\}$ وقيم $y = \{y_1, y_2, \dots\}$ على النحو المبين في الشكل 5.

الشكل 5

الاستكمال الداخلي بين نقاط البيانات



S.1503-05

فيمكن اشتقاق قيمة المعلمة P عند النقطة (y, x) بتحديد القيم المقيدة وبالتالي يكون:

$$\lambda_x = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\lambda_y = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

ومن ثم يمكن التوصل إلى P بالاستكمال الداخلي باستعمال:

$$P = (1 - \lambda_x)(1 - \lambda_y)P_{11} + \lambda_x(1 - \lambda_y)P_{21} + (1 - \lambda_x)\lambda_y P_{12} + \lambda_x\lambda_y P_{22}$$

وينبغي تكييف الاعتيان لمخطط هوائي الساتل non-GSO حتى لا تؤدي عملية الاستكمال الداخلي إلى تقريبات كبيرة.

وينبغي استخدام نفس المعيار عند اعتيان القناع pfd.

4.C2 المنهجية

تعريف قناع كثافة تدفق القدرة هو أقصى تدفق للقدرة تولده محطة فضائية في النظام non-GSO الذي يصدر منه التداخل، وهو دالة للمعلومات المعرفة في الخيار 1 أو الخيار 2. وحساب قناع كثافة تدفق القدرة يتم تحديد مسقط خلايا الساتل non-GSO وفقاً لتسديد الحزمة الذي يستخدمه النظام non-GSO. وبالنسبة للسواتل ذات الهوائيات القابلة للتوجيه يمكن أن يكون تسديد الساتل صوب نفس المنطقة من الأرض طوال مساره في السماء.

وهذه الخلايا ثابتة بالنسبة إلى سطح الأرض. وبالنسبة للسواتل التي لها زوايا لتسديد الهوائي ثابتة بالنسبة إلى الساتل، يظل مخطط الخلايا ثابتاً بالنسبة إلى الساتل ولكنه متحرك بالنسبة إلى الأرض.

1.4.C2 الخيار 1

يصف الخيار 1 قناع كثافة تدفق القدرة pfd كدالة لزاوية الفصل α على سبيل المثال.

يعرّف القناع pfd باعتباره دالة لزاوية الفصل α بين هذه المحطة الفضائية non-GSO والقوس GSO كما ترى من أي نقطة على سطح الأرض، والفرق ΔL في خط الطول بين مسقط الساتل non-GSO على سطح الأرض والساتل GSO.

فالزاوية α هي أصغر زاوية مركزها المراقب تقاس من هذه المحطة الأرضية بالذات، محصورة بين المحطة الفضائية non-GSO التي تسبب التداخل وأي نقطة في القوس المرئية GSO.

والهدف من القناع هو تحديد أقصى سوية ممكنة لكثافة تدفق القدرة تشعها المحطة الفضائية non-GSO كدالة لزاوية الفصل بين المحطة الفضائية non-GSO والقوس GSO في أي نقطة على الأرض لكل فاصل من ΔL .

وتتوقف القيمة pfd عند كل نقطة من نقاط مسقط الساتل non-GSO على ما يلي:

- تشكيل الحزم النقطية التي يشعها الساتل؛
- أقصى عدد للحزم في نفس التردد يمكن إشعاعها في وقت واحد؛
- أقصى عدد للحزم في نفس التردد ونفس الاستقطاب يمكن إشعاعها في وقت واحد؛
- أقصى قدرة متاحة عند مكرر الساتل.

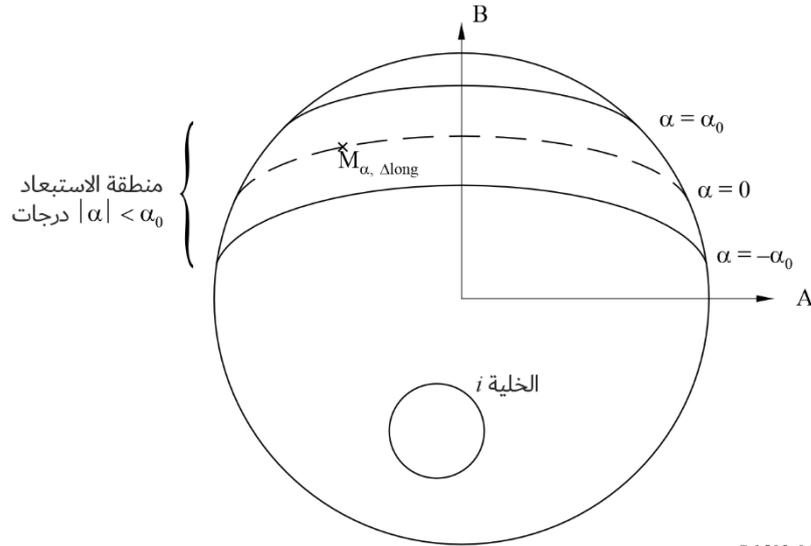
وتشرح الخطوات التالية المنهجية المقترحة لحساب القناع pfd:

الخطوة 1: بكون N_{total} أقصى عدد للخلايا التي يمكن مشاهدتها باستخدام أقل زاوية ارتفاع للخدمة في أي وقت معين في مجال رؤية المحطة الفضائية non-GSO.

الخطوة 2: يمكن في مجال رؤية المحطة الفضائية non-GSO رسم خطوط α ، أي النقاط على سطح الأرض التي تتساوى فيها قيمة α (انظر الشكلين 6 و 7).

الشكل 6

مجال رؤية محطة فضائية non-GSO (الخيار 1)



الخطوة 3: على طول الخط α ، تحدد الفواصل ΔL : أي فروق خطوط الطول بين مسقط الساتل non-GSO على الأرض والمسقط على القوس GSO عند أدنى قيمة α .

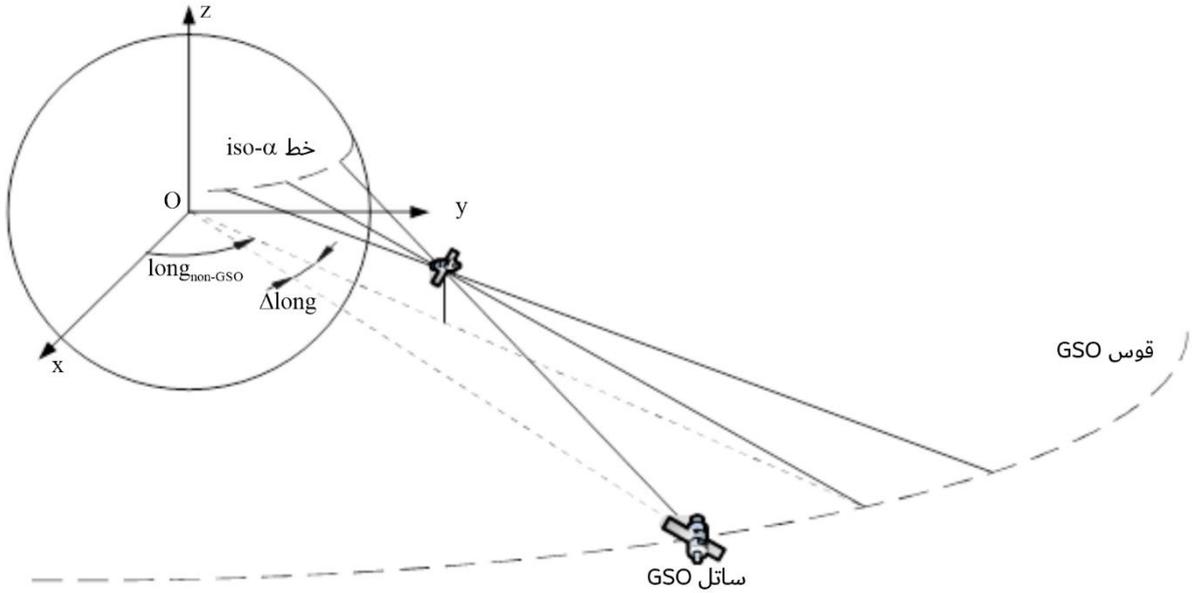
الخطوة 4: لكل مسافة ΔL ، يمكن تحديد الخط α لمجموعة نقاط $M_{\alpha,k}$ ، حيث $k=1, 2, \dots, n$. ولحساب أقصى pfd مقابلة لقيمة معينة من قيم α ، من الضروري حساب أقصى pfd عند كل نقطة من النقاط $M_{\alpha,k}$ حيث $k=1, 2, \dots, n$. وتتحدد أقصى pfd لأي نقطة من النقاط $M_{\alpha,k}$ بأن نحاول أولاً معرفة كثافة تدفق القدرة التي تنتج عن كل خلية i باتجاه $M_{\alpha,k}$ مع مراعاة أن مخطط

الفص الجانبي يتوقف على زاوية الميل التدريجي للحزمة، ثم تجمع قيم أقصى مساهمات pfd باتجاه $M_{\alpha,k}$ ، علماً بأن عدد المساهمات محدود بحكم الحدود المادية للمحطة الفضائية:

- من بين مجموع الخلايا N_{total} التي يمكن مشاهدتها في منطقة تغطية المحطة الفضائية مع أدنى زاوية ارتفاع للاتصالات، لا يمكن إضاءة سوى N_{co} في نفس نطاق التردد في أحد اتجاهي الاستقطاب و N_{cross} في الاتجاه الآخر. وهذه إحدى خصائص حدود نظام الهوائي على المحطة الفضائية non-GSO. ولحساب القناع في أحد الاستقطابين ينبغي تحديد الخلايا التي يمكن إضاءتها في الاستقطاب المعني، ومراعاة سوية الاستقطاب المتقاطع للخلايا الأخرى.
- من مجموع الخلايا N_{co} و N_{cross} هذه لا يمكن إضاءة سوى عدد معين في وقت واحد. وهذه إحدى خصائص نظام المكرر للمحطة الفضائية non-GSO.
- إذا اقتضى الأمر، ينبغي أيضاً توضيح حدود مخطط إعادة استعمال التردد ومخطط إعادة استعمال الاستقطاب.
- إذا اقتضى الأمر، قد تختلف القدرة الموزعة لخلية ما، مع أخذ زاوية الارتفاع الخاصة بتلك الخلية في الاعتبار، على سبيل المثال.

الشكل 7

مشهد ثلاثي الأبعاد لخط $iso-\alpha$



S.1503-07

الخطوة 5: يتعين أيضاً في حساب القناع pfd أن تؤخذ في الاعتبار على وجه الدقة تقنيات التخفيف المطبقة في النظام non-GSO. وفيما يتعلق باستخدام منطقة غير عاملة حول القوس GSO هنالك ثلاثة أساليب مختلفة لنمذجة نظام non-GSO تقوم على أساس معمارية الخلية:

- مراقبة منطقة غير عاملة من الخلية بكاملها: تطفأ الحزمة عندما يمكن من نقطة على الأرض مشاهدة الساتل non-GSO في مدى α_0 من القوس GSO. وفي هذه الحالة تطفأ أي حزمة تضيء خلية يعبرها الخط $iso-\alpha$ وتقابل قيمتها $|\alpha| \leq \alpha_0$ ؛
- مراقبة منطقة غير عاملة من مركز الخلية: تطفأ الحزمة عندما يمكن من مركز الخلية مشاهدة ساتل non-GSO في مدى α_0 من القوس GSO. وفي هذه الحالة تطفأ أي حزمة تضيء خلية يكون مركزها داخل المنطقة غير العاملة التي يحددها خط $iso-\alpha_0$ ؛

الخطوة 6: أقصى قيمة pfd المقابلة لقيمة معينة α في فاصل ΔL هي:

$$\text{pfd}(\alpha, \Delta L) = \max_{k=1, 2, \dots, n}(\text{pfd}(M_{\alpha, k}))$$

الخطوة 7: يتوقف موقع الخط $\text{iso-}\alpha$ ، ومن ثم أقصى قيمة pfd على طول هذا الخط، على خط العرض لمسقط الساتل non-GSO. لذلك لا بد من الحصول على سلسلة من أفنعة pfd يقابل كل منها عن خط عرض معين لمسقط الساتل.

الخطوة 8: قد يحتاج الأمر إلى سلسلة من أفنعة pfd (قناع لكل ساتل non-GSO).

2.4.C2 الخيار 2

يعرّف القناع pfd في شكل مصفوفة من درجات السمات والارتفاع لكل خط عرض لمسقط الساتل non-GSO، كما هو مبين في الشكل 8.

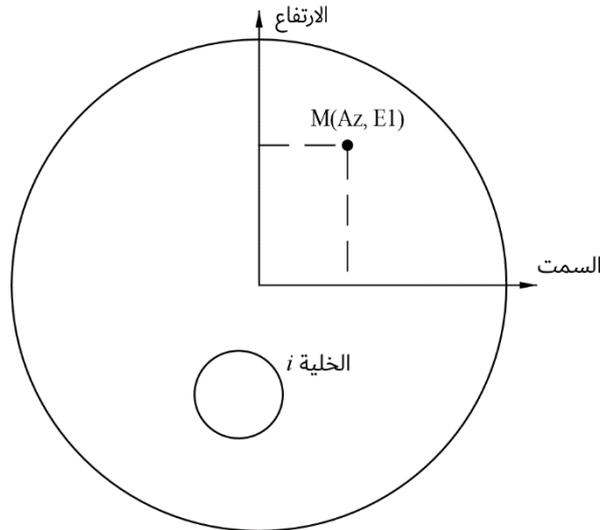
الهدف من القناع هو تحديد أقصى سوية ممكنة لكثافة تدفق القدرة التي تضيئها المحطة الأرضية non-GSO في هذه المصفوفة من ارتفاعات السمات.

وتتوقف قيمة pfd، في كل نقطة من مسقط الساتل non-GSO، على ما يلي:

- تشكيل الحزم النقطية التي يشعها الساتل؛
- أكبر عدد ممكن من الحزم في نفس التردد يمكن إشعاعها في وقت واحد؛
- أكبر عدد ممكن من الحزم في نفس التردد ونفس الاستقطاب يمكن إشعاعها في وقت واحد؛
- أقصى قدرة متاحة عند مكرر الساتل.

الشكل 8

مجال رؤية محطة فضائية non-GSO (الخيار 2)



S.1503-08

تشرح الخطوات التالية المنهجية المقترحة لحساب القناع pfd:

الخطوة 1: تكون N_{total} أقصى عدد للخلايا التي يمكن مشاهدتها باستخدام أقل زاوية ارتفاع للخدمة في أي وقت معين في مجال رؤية المحطة الفضائية non-GSO.

الخطوة 2: تحدد أقصى pfd لكل نقطة $M(Az, El)$ ، ويتم تحديد أقصى pfd عند نقطة معينة $M_{\alpha,k}$ بأن نحسب أولاً كثافة تدفق القدرة التي تسهم بها كل خلية في $M(Az, El)$ مع مراعاة أن مخططات الفص الجانبي تتوقف على زاوية الميل التدريجي للحزمة، ثم تجمع قيم أقصى مساهمات pfd في $M_{\alpha,k}$ ، علماً بأن عدد المساهمات محدود بحكم الحدود المادية للمحطة الفضائية:

- من بين مجموع الخلايا N_{total} التي يمكن مشاهدتها في منطقة تغطية المحطة الفضائية مع أدنى زاوية ارتفاع للاتصالات، لا يمكن إضاءة سوى N_{co} من الخلايا في نفس عرض نطاق التردد في أحد اتجاهي الاستقطاب، و N_{cross} من الخلايا في الاتجاه الآخر. وهذه إحدى خصائص حدود نظام الهوائي على المحطة الفضائية non-GSO. ولحساب القناع في أحد الاستقطابين ينبغي تحديد الخلايا التي يمكن إضاءتها في الاستقطاب المعني، ومراعاة سوية الاستقطاب المتقاطع للخلايا الأخرى.
- من مجموع N_{co} و N_{cross} من الخلايا، لا يمكن إضاءة سوى عدد معين في وقت واحد، وهذه إحدى خصائص نظام المكرر للمحطة الفضائية non-GSO.
- إذا اقتضى الأمر، ينبغي أيضاً توضيح حدود مخطط إعادة استعمال التردد ومخطط إعادة استعمال الاستقطاب.
- إذا اقتضى الأمر، قد تختلف القدرة الموزعة لخلية ما، مع أخذ زاوية الارتفاع الخاصة بتلك الخلية في الاعتبار، على سبيل المثال.

الخطوة 3: ينبغي أيضاً في حساب القناع pfd أن تؤخذ في الاعتبار على وجه الدقة تقنيات التخفيف المطبقة في النظام non-GSO. وفيما يتعلق باستخدام منطقة غير عاملة حول القوس GSO، هنالك ثلاثة أساليب مختلفة لنمذجة النظام non-GSO تقوم على أساس معمارية الخلية:

- مراقبة منطقة غير عاملة من الخلية بكاملها: تطفأ الحزمة عندما يمكن من نقطة على الأرض مشاهدة الساتل non-GSO في مدى α_0 من القوس GSO. وفي هذه الحالة تطفأ أي حزمة تضيء خلية يعبرها الخط α وتقابل قيمتها $|\alpha| \leq \alpha_0$ ؛
- مراقبة منطقة غير عاملة من مركز الخلية: تطفأ الحزمة عندما يمكن من مركز الخلية مشاهدة ساتل non-GSO في مدى α_0 من القوس GSO. وفي هذه الحالة تطفأ أي حزمة تضيء خلية يكون مركزها داخل المنطقة غير العاملة التي يحددها الخطان α_0 ؛

الخطوة 4: قد يحتاج الأمر إلى مجموعة من أقنعة pfd كدالة لخط عرض مسقط الساتل على الأرض.

الخطوة 5: قد يحتاج الأمر إلى مجموعة من أقنعة pfd (قناع لكل ساتل non-GSO).

C3 حساب أقنعة e.i.r.p.

1.C3 حساب أقنعة e.i.r.p. للمحطات الأرضية

1.1.C3 وصف عام

يتحدد قناع e.i.r.p. للمحطة الأرضية بمجموعة من جداول القيم القصوى e.i.r.p. بدالة خط العرض وإحدى ما يلي:

- (1) زاوية الانحراف عن المحور للمحطة الأرضية باتجاه القوس GSO. وقد يكون هنالك جداول e.i.r.p. مختلفة من هذا القبيل تنطبق على مختلف خطوط العرض.
- (2) سمت وارتفاع الساتل non-GSO المصوّبة نحوه المحطة الأرضية حالياً والفرق في خط العرض بين المحطة الأرضية والنقطة المرجعية على القوس GSO. وقد تختلف جداول e.i.r.p. هذه المنطبقة عند مختلف خطوط العرض.

وتقع المحطة الأرضية non-GSO في خلية non-GSO يقوم بخدمتها أقصى عدد ممكن من المحطات الفضائية non-GSO. وتستخدم أيضاً كثافة المحطات الأرضية non-GSO التي يمكنها العمل في نفس التردد في وقت واحد كأحد المدخلات في الحساب.

2.1.C3 وصف تقنيات التخفيف

ينبغي وصف تقنية التخفيف التي تنفذ في النظام non-GSO على وجه الدقة في هذا القسم للتمكن من نمذجتها بشكل كامل في حساب $epfd_{\uparrow}$ (انظر الفقرة 2.C2).

3.1.C3 مخطط هوائي المحطة الأرضية

يحتاج الأمر إلى تعريف المخطط المستخدم لهوائي المحطة الأرضية كي يمكن حساب قناع e.i.r.p. للمحطة الأرضية.

4.1.C3 المنهجية

الخطوة 1:

يمكن أن يعرف مخطط كسب هوائي المحطة الأرضية بدالة زاوية الانحراف عن المحور عند المحطة الأرضية non-GSO بين خط التسديد نحو المحطة الفضائية non-GSO ونقطة على القوس GSO، ويمكن حساب قناع e.i.r.p الخاص به على النحو التالي: قناع e.i.r.p. للمحطة الأرضية عند خط عرض محدد هو أقصى قدرة e.i.r.p. تشعها المحطة الأرضية في عرض النطاق المرجعي بدالة زاوية الانحراف عن المحور، حسب المعادلة التالية:

$$ES_{e.i.r.p.}(Lat, \theta) = G(Lat, \theta) + P(Lat)$$

حيث:

$ES_{e.i.r.p.}(Lat, \theta)$: القدرة المشعة المتناحية المكافئة في عرض النطاق المرجعي ($dB(W/BW_{ref})$)

Lat : خط عرض المحطة الأرضية بالنسبة إلى قناع e.i.r.p. ذلك

θ : الزاوية المحورية عند المحطة الأرضية non-GSO بين خط التسديد نحو المحطة الفضائية non-GSO ونقطة

على النظام GSO (أي المحطة الفضائية GSO) (بالدرجات)

$G(Lat, \theta)$: كسب الهوائي الاتجاهي للمحطة الأرضية (dBi) عند خط العرض المحدد

$P(Lat)$: أقصى قدرة يتلقاها الهوائي في عرض النطاق المرجعي ($dB(W/BW_{ref})$) عند خط العرض المحدد

BW_{ref} : عرض النطاق المرجعي (kHz).

وكبديل لذلك، يمكن إيراد مخطط الهوائي بنسق $ES_{e.i.r.p.}(Lat, az, el, \Delta LongES)$ ويمكن حساب قناع e.i.r.p الخاص به على النحو التالي:

يتحدد قناع e.i.r.p. للمحطة الأرضية عند خط عرض محدد بأقصى قدرة e.i.r.p. تشعها المحطة الأرضية في عرض النطاق المرجعي بدالة زويا السميت والارتفاع وخط طول دلتا، وتمثل بالمعادلة التالية:

$$ES_{e.i.r.p.}(Lat, az, el, \Delta LongES) = G(Lat, az, el, \Delta Long) + P(Lat)$$

حيث:

$ES_{e.i.r.p.}(Lat, az, el, \Delta LongES)$: القدرة المشعة المكافئة المتناحية في عرض النطاق المرجعي ($dB(W/BW_{ref})$)

Lat : خط عرض المحطة الأرضية بالنسبة إلى قناع e.i.r.p.

az : مكوّن السميت لاتجاه تسديد الهوائي (بالدرجات)

el : مكوّن الارتفاع لاتجاه تسديد الهوائي (بالدرجات)

$\Delta LongES$: الفرق في خط الطول بين المحطة الأرضية non-GSO والنقطة المرجعية على القوس GSO (بالدرجات)
 $G(Lat, az, el, \Delta Long)$: كسب الهوائي الاتجاهي للمحطة الأرضية (dBi) عند خط عرض محدد
 $P(Lat)$: أقصى قدرة واصله إلى الهوائي، في عرض النطاق المرجعي $(dB(W/BW_{ref}))$ عند خط عرض محدد
 BW_{ref} : عرض النطاق المرجعي (kHz).

الخطوة 2: بافتراض أن الخلايا non-GSO موزعة بانتظام على سطح الأرض، توزع المحطات الأرضية non-GSO التي ترسل في نفس التردد في نفس الوقت بشكل منتظم عبر الخلية. لذلك يمكن العثور على مصدر التداخل في مركز الخلية للقيام بعملية المحاكاة. ويكرر هذا الإجراء لكل خطوط العرض التي يمتثل اختلاف ES_e.i.r.p. عندها.

2.C3 حساب أقنعة e.i.r.p. للمحطات الفضائية

يتحدد قناع e.i.r.p. للمحطة الفضائية بأنه أقصى قيمة e.i.r.p. تشعها محطة فضائية non-GSO كدالة للزاوية المرئية من المحطة الفضائية non-GSO بين الخط نحو مسقط المحطة الفضائية المعنية non-GSO ونقطة على القوس GSO.
 ويتحدد قناع e.i.r.p. للمحطة الفضائية بأنه أقصى قيمة e.i.r.p. تشعها المحطة الفضائية في عرض النطاق المرجعي كدالة لهذه الزاوية، وتعطى في المعادلة:

$$NON - GSO_{SS_e.i.r.p.}(\theta) = G(\theta) + P$$

حيث:

$NGSO_{SS_e.i.r.p.}$: القدرة المشعة المتناحية المكافئة في عرض النطاق المرجعي $(dB(W/BW_{ref}))$
 θ : الزاوية المرئية من المحطة الفضائية non-GSO بين الخط نحو مسقط المحطة الفضائية المعنية non-GSO ونقطة على القوس GSO (بالدرجات)
 $G(\theta)$: مخطط كسب هوائي المحطة الفضائية (dBi) الذي يقابل مجموع الحزم
 P : أقصى قدرة في عرض النطاق المرجعي $(dB(W/BW_{ref}))$
 BW_{ref} : عرض النطاق المرجعي (kHz).

C4 نسق أقنعة pfd و e.i.r.p.

1.C4 البنية العامة للأقنعة

أقنعة pfd و e.i.r.p. هي مدخلات رئيسية في التوصية ITU-R S.1503، على النحو التالي:

- بالنسبة إلى تشغيلات epfd (هابطة)، قناع/أقنعة pfd، التي تحتوي على جداول $pfd(\alpha, \Delta long)$ أو pfd (السمت، الارتفاع) إلى جانب خط العرض الذي يصلح كل جدول له.
- بالنسبة إلى تشغيلات epfd (صاعدة)، قناع/أقنعة e.i.r.p. للمحطة الأرضية non-GSO، حيث يحتوي كل منها على جداول $e.i.r.p.(\theta)$ أو $e.i.r.p.(az, el, \Delta long)$ إلى جانب خط العرض الذي يصلح كل جدول له.
- بالنسبة إلى تشغيلات epfd (بين السواتل)، أقنعة e.i.r.p. للسواتل non-GSO، حيث يحتوي كل منها على جداول $e.i.r.p.(\theta)$ إلى جانب خط العرض الذي يصلح كل جدول له.

وتحسب البرمجية خلال المحاكاة المعلومات ذات الصلة، مثل خط العرض وزاوية الانحراف عن المحور أو الزاوية α ، ثم يستعمل القناع لحساب قيمة pfd أو e.i.r.p. باتباع النهج التالي:

- 1 يتم البحث في الصيغة {Latitude, Table} ويتم اختيار الجدول المقابل لأقرب خط عرض للقيمة المحسوبة في المحاكاة.
- 2 باستخدام الجدول المختار، يتم حساب pfd أو e.i.r.p. بالاستكمال الداخلي بتطبيق ما يلي:
- أ) pfd: تحسب باستخدام الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية إما في $(\alpha \text{ or } X, \Delta \text{long})$ أو pfd (السمت، الارتفاع)؛
- ب) $e.i.r.p.(\theta)$: تحسب بالاستكمال الداخلي الخطي في (θ) e.i.r.p.؛
- ج) $e.i.r.p.(az, el, \Delta \text{long})$: باستخدام المنهجية المبينة في الفقرة 7.2.D5.

ويكون كل جدول مستقل، أي يمكنه عند خطوط عرض مختلفة استعمال مصفوفة استبانة ومدى مختلفين. ولا يتعين أن يغطي القناع كامل المدى، حيث يُفترض خارج القيم المعطاة استعمال آخر قيمة صالحة.

ومع ذلك، ينبغي ملاحظة أنه لمناطق خطوط العرض و{الارتفاع، α ، Δlong } التي لا تنتج فيها pfd فعلية من المستحسن، من أجل تجنب استعمال أقرب جدول خط عرض يحتوي على قيم تشغيلية للكثافة pfd، تحديد قيم pfd بالغة الانخفاض لهذه الأمداء لمحاكاة سيناريو انقطاع البث.

ولا يفترض في جدول أقنعة pfd التناظر من حيث {الارتفاع، α ، Δlong } وينبغي إعطاؤه للمدى الكامل من أقصى القيم الموجبة إلى أقصى القيم السالبة. وفي حالة خروج {الارتفاع، α ، Δlong ، زاوية الانحراف عن المحور} المحسوبة في المحاكاة عن الأمداء المعطاة في أقنعة pfd أو e.i.r.p. ينبغي استعمال آخر قيمة صالحة.

وهنالك لأقنعة e.i.r.p. للمحطات الأرضية خيار لتحديد الموقع بواسطة (خط العرض، خط الطول) بدلاً من الكثافة عبر إشارة إلى محطة أرضية محددة في قاعدة بيانات محطات الاتصالات الراديوية الفضائية (SRS). ويلاحظ أنه لا يسمح المزج بين الأنماط، بل يجب تعريف جميع المحطات الأرضية non-GSO إما عبر محطة أرضية محددة أو عبر حقل الكثافة.

ويكون لكل قناع معلومات رأسية تعطي:

- معرف هوية التبليغ
- اسم الساتل
- معرف هوية القناع
- أدنى تردد يكون القناع عنده صالحاً بوحدة MHz
- أعلى تردد يكون القناع عنده صالحاً بوحدة MHz
- عرض النطاق المرجعي للقناع بوحدة kHz
- نمط القناع
- معلمات القناع.

وعرض النطاق المرجعي للقناع مطلوب لأن هناك أكثر من عرض نطاق واحد في عتبات epfd في المادة 22 من لوائح الراديو. ويتحدد مقياس القناع على افتراض أن pfd أو e.i.r.p. لها كثافة قدرة طيفية ثابتة، بحيث تكون pfd أو e.i.r.p. التي يتعين استخدامها في الحسابات كما يلي:

$$pfd_Calc = pfd_Mask + 10\log_{10}[\text{Threshold_Bandwidth} / \text{refbw_khz}]$$

إذا لم يكن هناك أي refbw_khz في القناع عندئذ يفترض أن تكون $\text{ref_bw_khz} = 40$.

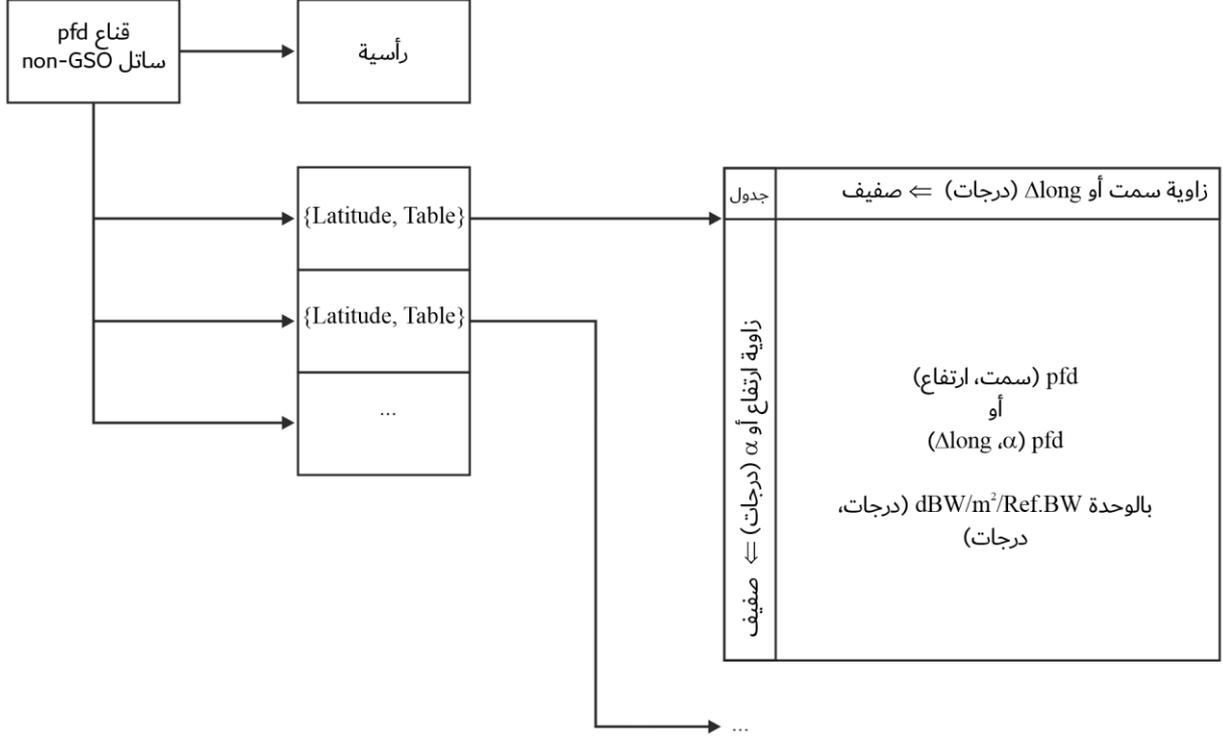
$$e.i.r.p._Calc = e.i.r.p._Mask + 10\log_{10}[\text{Threshold_Bandwidth} / \text{refbw_khz}]$$

ويمكن أن تختلف سويات pfd و e.i.r.p. بحسب خط العرض: وينبغي إعطاء قيمة واحدة لخط العرض على الأقل (بالتغيب، 0 درجة). وينبغي أن يحتوي كل ملف XML على قناع واحد (pfd أو e.i.r.p.).

وتظهر علاقات الأتقعة في الأشكال من 9 إلى 12.

الشكل 9

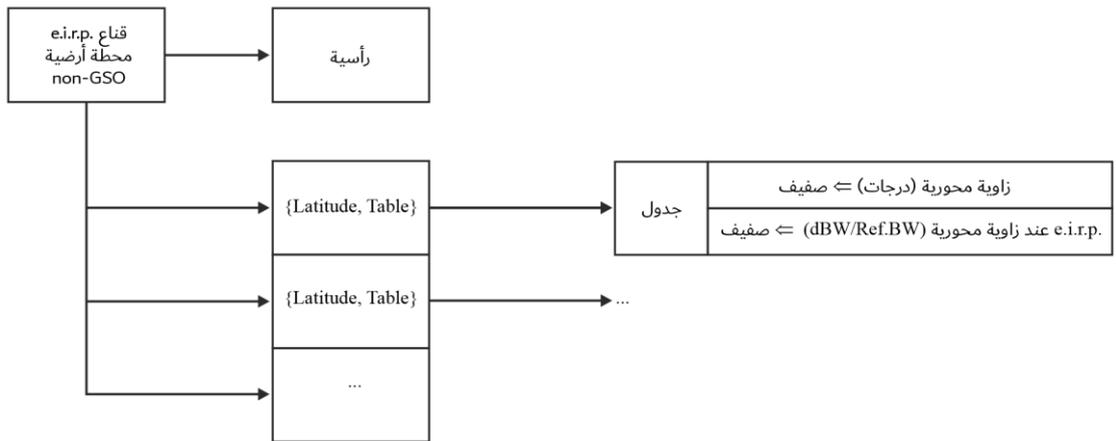
بنية بيانات أتقعة pfd من أجل epfd (هابطة)



S.1503-09

الشكل 10

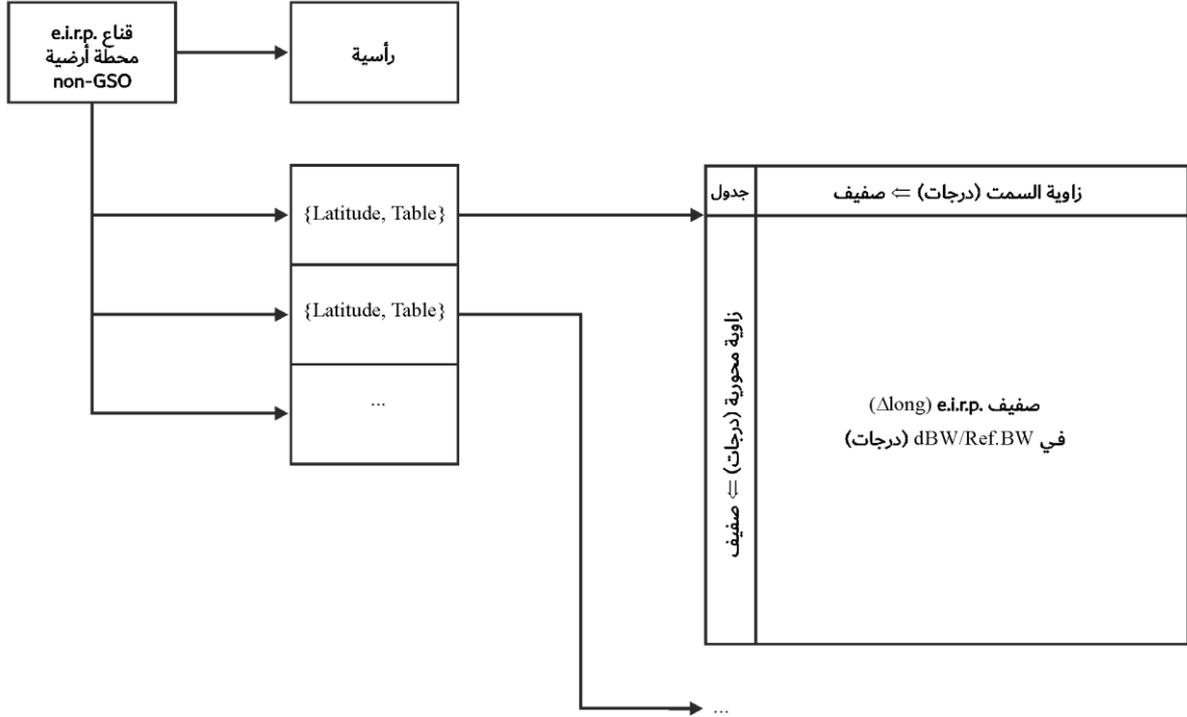
بنية بيانات أتقعة e.i.r.p. القائمة على زاوية الانحراف عن المحور من أجل epfd (صاعدة)



S.1503-10

الشكل 11

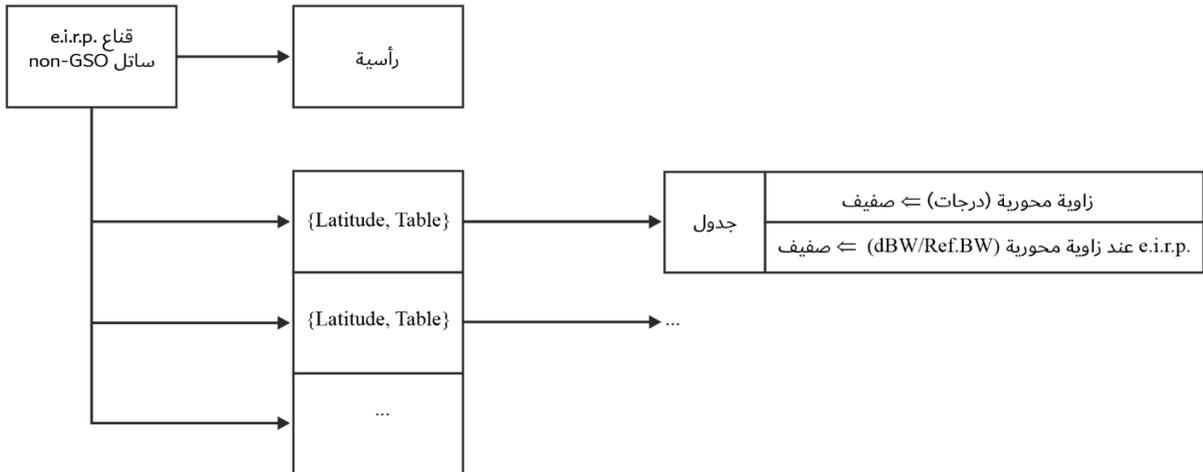
بنية بيانات أقبعة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p) القائمة على السمات-الارتفاع في حالة كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) (صاعدة)



S.1503-11

الشكل 12

بنية بيانات أقبعة e.i.r.p. من أجل epfd (بين السواتل)



S.1503-12

ويجب تقديم أقبعة pfd إلى مكتب الاتصالات الراديوية في الاتحاد بنسق XML لأنه:

- مقروء للآلة والانسان على السواء
- يسمح بفحص كل من النسق والنمط
- معيار دولي لتبادل البيانات.

ونسق XML عبارة عن نص مجرد يحتوي على فدرات فتح وإقفال، كما في

```
<satellite_system>
</satellite_system>
```

ومن ثم يضم كل قسم حقولاً ذات صلة بتلك القدرة. وينبغي أن تعطى جميع الزوايا بالدرجات. وعلى أعلى مستوى، يُعرّف النظام الساتلي عبر معرف هوية التبليغ والاسم باستعمال:

```
<satellite_system ntc_id="NNNNNNN" sat_name="NAME">
[Header]
[Tables]
</satellite_system>
```

ويوجد ضمن هذه البنية الرأسية يتبعها كل من الجداول.

ويرد وصف تفصيلي لنسق كلٍ من الأقسام التالية.

2.C4 قناع pfd من أجل efpd (هابطة)

يكون نسق الرأسية لقناع pfd كما يلي:

```
<pfd_mask mask_id="N" low_freq_mhz="F1" high_freq_mhz="F2" refbw_khz = "BW"
type="Type" a_name="latitude" b_name="B" c_name="C">
```

حيث (انظر الجدول 5):

الجدول 5

نسق رأسية قناع pfd

مثال	الوحدة	النمط أو المدى	الحقل
3	–	عدد صحيح	mask_id
10 000	MHz	مزدوج الدقة	low_freq_mhz
12 000	MHz	مزدوج الدقة	high_freq_mhz
40	kHz	مزدوج الدقة	refbw_khz
alpha_deltaLongitude	–	{alpha_deltaLongitude, azimuth_elevation}	type
latitude	–	{latitude}	a_name
alpha	–	{alpha, azimuth}	b_name
deltaLongitude	–	{deltaLongitude, elevation}	c_name

ثم يكون لكلٍ من a و b و c صيغة من القيم، مثل:

```
<by_a a="N">
</by_a>
```

وترتبط القيم ضمن هيكل الفتح/الإقفال ذلك بالمعادلة $a = N$. وتستعمل بنية مشاهدة لقيم b.

وتعطي المجموعة في صميم المركز قيمة pfd الفعلية، مثل:

```
<pfd c="0">-140</pfd>
```

ولذلك يكون من أمثلة أقنعة pfd ما يلي:

```

<satellite_system ntc_id="12345678" sat_name="MySatName">
<pfd_mask mask_id="3" low_freq_mhz="10000" high_freq_mhz="40000" refbw_khz = "40"
type="alpha_deltaLongitude" a_name="latitude" b_name="alpha" c_name="deltaLongitude">
<by_a a="0">
  <by_b b="-180">
    <pfd c="-20">-150</pfd>
    <pfd c="0">-140</pfd>
    <pfd c="20">-150</pfd>
  </by_b>
  <by_b b="-8">
    <pfd c="-20">-165</pfd>
    <pfd c="0">-155</pfd>
    <pfd c="20">-165</pfd>
  </by_b>
  <by_b b="-4">
    <pfd c="-20">-170</pfd>
    <pfd c="0">-160</pfd>
    <pfd c="20">-170</pfd>
  </by_b>
  <by_b b="0">
    <pfd c="-20">-180</pfd>
    <pfd c="0">-170</pfd>
    <pfd c="20">-180</pfd>
  </by_b>
  <by_b b="4">
    <pfd c="-20">-170</pfd>
    <pfd c="0">-160</pfd>
    <pfd c="20">-170</pfd>
  </by_b>
  <by_b b="8">
    <pfd c="-20">-165</pfd>
    <pfd c="0">-155</pfd>
    <pfd c="20">-165</pfd>
  </by_b>
  <by_b b="180">
    <pfd c="-20">-150</pfd>
    <pfd c="0">-140</pfd>

```

```
<pdf c="20">-150</pdf>
</by_b>
</by_a>
</pdf_mask>
</satellite_system>
```

ويمكن استخدام النسق XML لتقديم استمارة مختزلة لتجنب تكرار البيانات، ولكن الجدول يستكمل بالاستيفاء أو بتكرار استخدام القيمة السابقة في الصيغة. وشكل قناع pfd المستخدم في خوارزمية حساب epfd في الجزء D هو عبارة عن مصفوفة عند كل خط عرض $pdf(x, y)$ حيث (x, y) هما المتغيران في القناع.

وعند كل خط عرض، سيكون هناك صيغة من قيم x و y :

$$x_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

$$y_i = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$$

ويمكن أن تختلف هذه الصفائف باختلاف خطوط العرض.

وعليه هنالك لكل قيمة (x_i, y_i) قيمة pfd مقترنة بها، ومن ثم هنالك عدد $n \times m$ pfd من القيم في الجدول، كما يبدو في الجدول المبسط 4×4 أدناه:

x_4	x_3	x_2	x_1	الصفيفة (x, y)
pdf(4,1)	pdf(3,1)	pdf(2,1)	pdf(1,1)	y_1
pdf(4,2)	pdf(3,2)	pdf(2,2)	pdf(1,2)	y_2
pdf(4,3)	pdf(3,3)	pdf(2,3)	pdf(1,3)	y_3
pdf(4,4)	pdf(3,4)	pdf(2,4)	pdf(1,4)	y_4

ويمكن أن تكون البيانات المقدمة مجموعة فرعية من القيم، مثل:

x_4	x_3	x_2	x_1	الصفيفة (x, y)
–	pdf(3,1)	pdf(2,1)	–	y_1
pdf(4,2)	–	–	pdf(1,2)	y_2
pdf(4,3)	–	–	pdf(1,3)	y_3
–	pdf(3,4)	pdf(2,4)	–	y_4

وفي هذه الحالة، يستكمل جدول الكثافة pfd بواسطة توليفة من الافتراضات. أولاً، إذا كانت هناك قيم على حافة الجدول غير محددة، يتم تمديد القناع باستخدام أقرب قيمة محددة وبافتراض استمرارها:

$$pdf(1,1) = pdf(2,1)$$

$$pdf(4,1) = pdf(3,1)$$

$$pdf(1,4) = pdf(2,4)$$

$$pdf(4,4) = pdf(3,4)$$

عندئذ إذا كانت هناك قيم مركزية في الجدول غير محددة، تستخدم طريقة الاستيفاء الخطي من القيم المحيطة كما يلي:

$$pdf(2,2) = \text{Interpolate}\{x_2, pdf(1,2), pdf(4,2), x_1, x_4\}$$

$$pdf(2,3) = \text{Interpolate}\{x_3, pdf(1,2), pdf(4,2), x_1, x_4\}$$

$$pdf(3,2) = \text{Interpolate}\{x_2, pdf(1,3), pdf(4,3), x_1, x_4\}$$

$$pdf(3,3) = \text{Interpolate}\{x_3, pdf(1,3), pdf(4,3), x_1, x_4\}$$

ويمكن إجراء هذا الاستكمال للقناع pfd عند إدخال القيم أو في نفس الوقت أثناء حساب الكثافة pfd لهندسية معينة.

3.C4 قناع e.i.r.p. من أجل e.pfd (صاعدة) تتخذ رأسية قناع e.i.r.p. (صاعدة) النسق التالي:

```
<eirp_mask_es mask_id="N" low_freq_mhz="F1" high_freq_mhz="F2" refbw_khz = "BW"
a_name="latitude" b_name = "offaxis angle" ES_ID = "-1">
```

حيث (انظر الجدول 6):

الجدول 6

نسق رأسية قناع e.i.r.p. للمحطة الأرضية non-GSO

الحقل	النمط أو المدى	الوحدة	مثال
mask_id	عدد صحيح	-	1
low_freq_mhz	مزدوج الدقة	MHz	10 000
high_freq_mhz	مزدوج الدقة	MHz	12 000
refbw_khz	مزدوج الدقة	kHz	40
format	حرف	-	"A" أو "T"
a_name	{خط العرض}	بالدرجات	latitude
b_name	زاوية الانحراف عن المحور	بالدرجات	angle
ES_ID	عدد صحيح	-	12345678 -1 if not specific ES
c_name	{زاوية السميت}	بالدرجات	45
d_name	{زاوية الارتفاع}	بالدرجات	15
e_name	{زاوية deltalongE}	بالدرجات	5

وإذا كان النسق = "T"، من ثم هنالك لكل خط عرض معني صفائف من قيم e.i.r.p. لزوايا محورية معينة، مثل:

```
<eirp b="0">30.0206</eirp>
```

وينبغي أن يكون تناقص القناع e.i.r.p. روتينياً.

وبناء عليه، يكون من أمثلة قناع e.i.r.p. (صاعدة) ما يلي:

```
<satellite_system ntc_id="12345678" sat_name="MySatName">
```

```
<eirp_mask_es mask_id="1" low_freq_mhz="10000" high_freq_mhz="40000" refbw_khz = "40"
format = "T" a_name = "latitude" b_name="offaxis angle", ES_ID=-1>
```

```
<by_a a="0">
```

```
<eirp b="0">30.0206</eirp>
```

```
<eirp b="1">20.0206</eirp>
```

```
<eirp b="2">12.49485</eirp>
```

```
<eirp b="3">8.092568</eirp>
```

```
<eirp b="4">4.9691</eirp>
```

```
<eirp b="5">2.54634976</eirp>
```

```
<eirp b="10">-4.9794</eirp>
```

```
<eirp b="15">-9.381681</eirp>
```

```

<eirp b="20">-12.50515</eirp>
<eirp b="30">-16.90743</eirp>
<eirp b="50">-18.9471149</eirp>
<eirp b="180">-18.9471149</eirp>
</by_a>
</eirp_mask_es>
</satellite_system>

```

وإذا كان النسق = "A"، فلكل خط عرض مجموعة من جداول القدرة e.i.r.p. لكل زاوية تسديد (ارتفاع، سمت) مشمولة، يقارن كل جدول منها بالفرق في خط الطول بين المحطة الأرضية والنقطة المرجعية على القوس GSO.

وفيما يلي مثال لقناع e.i.r.p. (صاعدة) تبعاً لذلك:

```

<satellite_system ntc_id="12345678" sat_name="MySatName">
<eirp_mask_es mask_id="1" low_freq_mhz="10000" high_freq_mhz="40000" refbw_khz = "40" format =
"A" a_name = "latitude" c_name="azimuth angle" d_name = "elevation angle" e_name = "DeltaLongES",
ES_ID=-1>
<by_a a="0">
<by_c c = "0">
<by_d d= "0">
<eirp e="0">30.0206</eirp>
<eirp e="1">20.0206</eirp>
<eirp e="2">12.49485</eirp>
<eirp e="3">8.092568</eirp>
<eirp e="4">4.9691</eirp>
<eirp e="5">2.54634976</eirp>
<eirp e="10">-4.9794</eirp>
<eirp e="15">-9.381681</eirp>
<eirp e="20">-12.50515</eirp>
<eirp e="30">-16.90743</eirp>
<eirp e="50">-18.9471149</eirp>
<eirp e="180">-18.9471149</eirp>
</by_d>

```

4.C4 قناع e.i.r.p. من أجل epfd (بين السواتل)

يتخذ نسق رأسية قناع e.i.r.p. (بين السواتل) الشكل التالي:

```

<eirp_mask_ss mask_id="N" low_freq_mhz="F1" high_freq_mhz="F2" refbw_khz = "BW"
a_name= "latitude" b_name="offaxis angle">

```

حيث (انظر الجدول 7):

الجدول 7

نسق رأسية قناع e.i.r.p. لساتل non-GSO

الحقل	النمط أو المدى	الوحدة	مثال
mask_id	عدد صحيح	–	1
low_freq_mhz	مزدوج الدقة	MHz	10 000
high_freq_mhz	مزدوج الدقة	MHz	12 000
refbw_khz	مزدوج الدقة	kHz	40
a_name	{latitude}	–	خط عرض
b_name	{angle}	–	زاوية

ومن ثم يكون لكل خط عرض ذي صلة صفائف من قيم e.i.r.p. لزاويا انحراف عن المحور معينة، مثل:

```
<eirp b="0">30.0206</eirp>
```

وينبغي أن يكون تناقص القناع e.i.r.p. روتينياً.

وعليه يكون من أمثلة قناع e.i.r.p. (بين السواتل) ما يلي:

```
<satellite_system ntc_id="12345678" sat_name="MySatName">
```

```
<eirp_mask_ss mask_id="2" low_freq_mhz="10000" high_freq_mhz="40000" refbw_khz = "40"
a_name = "latitude" b_name="offaxis angle">
```

```
<by_a a="0">
```

```
<eirp b="0">30.0206</eirp>
```

```
<eirp b="1">20.0206</eirp>
```

```
<eirp b="2">12.49485</eirp>
```

```
<eirp b="3">8.092568</eirp>
```

```
<eirp b="4">4.9691</eirp>
```

```
<eirp b="5">2.54634976</eirp>
```

```
<eirp b="10">-4.9794</eirp>
```

```
<eirp b="15">-9.381681</eirp>
```

```
<eirp b="20">-12.50515</eirp>
```

```
<eirp b="30">-16.90743</eirp>
```

```
<eirp b="50">-18.9471149</eirp>
```

```
<eirp b="180">-18.9471149</eirp>
```

```
</by_a>
```

```
</eirp_mask_ss>
```

```
</satellite_system>
```

الجزء D

برمجية لفحص التبليغات عن الشبكات non-GSO

D1 مقدمة

1.D1 مجال التطبيق

الغرض من هذا القسم هو تحديد جزء من وثيقة المتطلبات البرمجية (SRD) من أجل برنامج حاسوبي يستطيع أن يستعمله مكتب الاتصالات الراديوية في حساب ما إذا كان أي نظام non-GSO تتقدم به الإدارات يستوفي شرط حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) أم لا.

ويتعين أن تستكمل البرمجية ثلاث مهام أساسية على النحو المحدد في الشكل 1:

- (1) تحديد التشغيلات المطلوب تنفيذها؛
- (2) تحديد هندسية الحالة الأسوأ لكل تشغيلة؛
- (3) حساب إحصاءات epfd وفحص التوافق مع الحدود لكل تشغيلة.

2.D1 الخلفية

يفترض هذا القسم استخدام النهج التالية:

حساب $epfd_{\downarrow}$: كل سائل non-GSO له قناع pfd، وتستخدم pfd لكل سائل في حساب مجموع $epfd_{\downarrow}$ عند محطة أرضية في نظام GSO، وتتكرر هذه العملية على مدى سلسلة من الزيادات الزمنية حتى الحصول على توزيع $epfd_{\downarrow}$ ، ثم يقارن هذا التوزيع بالحدود المنصوص عليها في لوائح الراديو ويتخذ قرار بالقبول أو الرفض.

حساب $epfd_{\uparrow}$: الأرض مملوءة بتوزيع من المحطات الأرضية non-GSO. وكل محطة أرضية موجهة نحو سائل non-GSO باستخدام قواعد تسديد لتلك الكوكبة، وتبث إرسالها بقدرة مشعة متناحية مكافئة e.i.r.p. محددة. ويمكن حساب $epfd_{\uparrow}$ عند المدار GSO من قناع e.i.r.p. لكل محطة أرضية. وتتكرر هذه العملية على مدى سلسلة من الزيادات الزمنية حتى الحصول على توزيع $epfd_{\uparrow}$ ، ومن ثم يمكن مقارنة هذا التوزيع بالحدود المقررة واتخاذ قرار بالقبول أو الرفض.

حساب $epfd_{is}$: يمكن حساب $epfd_{is}$ عند المحطة الفضائية GSO من قناع e.i.r.p. لكل محطة فضائية. وتتكرر هذه العملية على مدى سلسلة من الزيادات الزمنية حتى الحصول على توزيع $epfd_{is}$ ، ومن ثم يمكن مقارنة هذا التوزيع بالحدود المقررة واتخاذ قرار بالقبول أو الرفض.

وتحتوي وثيقة المتطلبات البرمجية على خوارزميات تفصيلية يمكن لأي طرف أن يقوم بتنفيذها في برمجياته دون الإشارة إلى أي منهجية تطوير معينة.

3.D1 لمحة عامة

يتضمن هذا الجزء D الأقسام التالية:

- القسم D2: تحديد التشغيلات المطلوب تنفيذها
- القسم D3: تحديد هندسية الحالة الأسوأ لكل تشغيلة
- القسم D4: حساب حجم الزيادة الزمنية وعدد الزيادات الزمنية

القسم D5: حساب إحصاءات epfd وفحص التوافق مع الحدود

القسم 1.D5: وصف خوارزمية epfd↓

القسم 2.D5: وصف خوارزمية epfd↑

القسم 3.D5: وصف خوارزمية epfd_{is}

القسم D6: وصف الهندسية الأساسية والخوارزميات المستعملة في كلا النوعين من حسابات epfd بما في ذلك مخططات الكسب

القسم D7: تحديد تفاصيل أنساق المخرجات والعمليات المطلوبة للتوصل إلى قرار بالقبول أو الرفض.

يلاحظ أن استعمال الأقواس المربعة كجزء من اسم المعلمة يشير إلى موضع في مصفوفة وليس إلى نص مؤقت.

4.D1 الافتراضات والقيود العامة

ثمة قيد عام في توليد إحصاءات epfd وهو:

$$\text{dB } 0,1 = S_B \quad \text{حجم الفواصل}$$

وللتساق مع خوارزمية التقييم الموصوفة في الفقرة 3.1.D7 يجب تدوير قيم epfd لكل خطوة زمنية إلى أقرب رقم صحيح تنازلياً بحيث تكون الدقة القصوى هي dB 0,1.

وينبغي، حيثما أمكن، حساب زاويتي القوس المستقرة بالنسبة إلى الأرض α ، حسب الوصف الوارد في الفقرة 4.4.D6، باستخدام الطريقة التحليلية. وإذا لم تتمكن هذه الطريقة من التوصل إلى حل، عندئذ يمكن استخدام النهج التكراري بناءً على عدد من نقاط الاختبار، مع مبادعة محددة فيما بينها:

المبادعة بين نقاط الاختبار في المدار GSO: $1e-6$ راديان.

وينبغي تحديد مواقع نقاط الاختبار عند مضاعفات عدد صحيح بمقدار $1e-6$ راديان.

5.D1 قاعدة البيانات والواجهة

ينبغي أن يأخذ تحليل التحقق الأوتوماتي بيانات الدخل من قاعدة بيانات محطات الاتصالات الراديوية الفضائية (SRS) أو غيرها من قواعد البيانات، فضلاً عن موارد مكتب الاتصالات الراديوية مثل برمجيات DLL لتعريف حدود epfd وحساب كسوب الهوائيات. ويمكن أن يتطلب التحليل المخصص بعض المعلمات، مثل مواقع السواتل GSO والمحطات الأرضية، من جانب المستعمل.

D2 تحديد التشغيلات المطلوب تنفيذها

1.D2 التشغيلات بموجب المادة 22

من المهام الأساسية في أي من التشغيلات بموجب المادة 22 تحديد ما هي التشغيلات الواجب تنفيذها في تبليغ عن نظام non-GSO وحدود epfd المعينة في لوائح الراديو.

وفي أي اتجاه، وإذا لم تكن هناك أفنعة، سواء أكانت pfd أم e.i.r.p، ليس من الضروري إجراء أي تشغيلات.

ومن الضروري البحث في جداول SRS grp وجداول التردد من أجل:

- تحديد التاريخ المعني
- تحديد قائمة الترددات.

ومن الضروري أيضاً التحقق من الترددات في جدول تشغيل النظام: إذا كانت هناك مجموعات مختلفة من المعلمات عند ترددات مختلفة، عندئذ يتعين تنفيذ تشغيل لكل مجموعة فريدة من أقنعة pfd/e.i.r.p. وعناصر المدار وخصائص تشغيل النظام. وتستخدم لكل توليفة {date, freq_max, freq_min} الحدود LimitsAPI. فإذا أعيدت حدود مزدوجة، عندئذ يتعين فقط تشغيل حالة الحد الأدنى من التردد.

```

For all unique Satellite {freq_min, freq_max, date} in non-GSO notice
{
  From LimitsAPI request all FSS epfd(down) limits for {freq_min, freq_max,
date}
  For all unique epfd(down) limits returned

  {
    Set FrequencyRun = max( $f_{min}(\text{mask})$ ,  $f_{min}(\text{limits})$ ) + RefBW/2
    CreateRun:
      Direction = Down
      Service = FSS
      Frequency = FrequencyRun
      ES_DishSize = From Limits API
      ES_GainPattern = From Limits API
      epfd_Threshold = From Limits API
      Ref_BW = From Limits API
    }
  From LimitsAPI request all BSS epfd(down) limits for {freq_min, freq_max,
date}
  For all unique epfd(down) limits returned
  {

    Set FrequencyRun = max( $f_{min}(\text{mask})$ ,  $f_{min}(\text{limits})$ ) + RefBW/2
    CreateRun:
      Direction = Down
      Service = BSS
      Frequency = FrequencyRun
      ES_DishSize = From Limits API
      ES_GainPattern = From Limits API
      epfd_Threshold = From Limits API
      Ref_BW = From Limits API
    }
  }
}
For all unique ES {freq_min, freq_max} in non-GSO notice
{
  From LimitsAPI request all epfd(up) limits for {freq_min, freq_max, date}
  For all unique epfd(up) limits returned
  {
    Set FrequencyRun = max( $f_{min}(\text{mask})$ ,  $f_{min}(\text{limits})$ ) + RefBW/2
    CreateRun:
      Direction = Up
      Frequency = FrequencyRun
      Sat_Beamwidth = From Limits API
      Sat_GainPattern = From Limits API
      epfd_Threshold = From Limits API
    }
  }
}

```

```

    Ref_BW = From Limits API
  }
}
For all unique Satellite {freq_min, freq_max, date} in non-GSO notice
{
  From LimitsAPI request all epfd(is) limits for {freq_min, freq_max, date}
  For all unique epfd(is) limits returned
  {
    Set FrequencyRun = max( $f_{min}(\text{mask})$ ,  $f_{min}(\text{limits})$ ) + RefBW/2
    CreateRun:
      Direction = Intersatellite
      Frequency = FrequencyRun
      Sat_Beamwidth = From Limits API
      Sat_GainPattern = From Limits API
      epfd_Threshold = From Limits API
      Ref_BW = From Limits API
    }
  }
}

```

2.D2 الرقم 7A.9 من لوائح الراديو

بالنسبة للتشغيلات بموجب الرقم 7A.9 من لوائح الراديو (RR)، يضم التذييل 5 في لوائح الراديو تحديد المعايير والعتبة، وتكون التشغيلات على النحو التالي:

```

If the selected earth station meets the criteria in Appendix 5
{
  Get the frequency range of the selected ES( $f_{min}$ ,  $f_{max}$ )
  Get all non-GSO networks in the SRS that overlap that frequency range
  For each non-GSO network returned
  {
    Query Limits API with the selected ES( $f_{min}$ ,  $f_{max}$ )
    {
      Get RefBW from Appendix 5 Data
      Set FrequencyRun = max( $ES_{f_{min}}$ ,  $Mask_{f_{min}}$ ) + RefBW/2
      CreateRun:
        Direction = Down
        Frequency = FrequencyRun
        ES_DishSize = From ES filing
        ES_GainPattern = From ES filing
        epfd_Threshold = From Appendix 5
        Ref_BW = From Appendix 5
      }
    }
  }
}

```

3.D2 الرقم 7B.9 من لوائح الراديو

بالنسبة للتشغيلات بموجب الرقم 7B.9 من لوائح الراديو، يضم التذييل 5 في لوائح الراديو تحديد المعايير والعتبة، وتكون التشغيلات على النحو التالي:

```

Get ( $f_{min}$ ,  $f_{max}$ ) from non-GSO notice

```

```

{
  Get all ES in the SRS that overlap that frequency range
  For each ES returned
  {
    If the earth station meets the criteria in Appendix 5
    {
      Query Limits API with ES( $f_{min}$ ,  $f_{max}$ )
      Get RefBW from Appendix 5 Data
      Set FrequencyRun = max(ES_ $f_{min}$ , Mask_ $f_{min}$ ) + RefBW/2
      CreateRun:
        Direction = Down
        Frequency = FrequencyRun
        ES_DishSize = From ES filing
        ES_GainPattern = From ES filing
        epdf_Threshold = From Appendix 5
        Ref_BW = From Appendix 5
      }
    }
  }
}

```

D3 هندسية الحالة الأسوأ

تنطبق حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) في المادة 22 من لوائح الراديو على جميع المحطات الأرضية المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) وجميع زوايا الاتجاه نحو ذلك الجزء من القوس GSO والمرئي من تلك المحطة الأرضية. ومع ذلك، ليس من الممكن نمذجة كل هذه الهندسيات ضمن برمجية التحقق. وهندسية الحالة الأسوأ (WCG) هي موقع مرجعي لساتل GSO وإما محطة أرضية أو خط تسديد لحزمة ساتل GSO يستخدم عند فحص نظام non-GSO للتحقق من امتثاله لحدود epdf بموجب المادة 22 من لوائح الراديو. ويقتضى ضرورياً بالنسبة إلى مشغلي السواتل non-GSO الوفاء بحدود epdf بموجب المادة 22 من لوائح الراديو لجميع الهندسيات الأخرى، بما في ذلك اختبار شبكات GSO محددة كما ورد في الفقرة 3.A1.

ويتم اختيار الهندسية WCG بواسطة خوارزمية، وهي خوارزمية هندسية الحالة الأسوأ (WCGA) التي تقوم بفحص أقنعة pfd/ e.i.r.p. إلى جانب المعلومات المدارية الساتلية non-GSO لتحديد أعلى قيمة epdf لدخول وحيد. وعندما تكون هنالك هندسيات متعددة لها نفس أعلى قيمة epdf لدخول وحيد، عندئذ يتم اختيار الهندسية التي ينبغي أن يكون لها أعلى قيمة epdf لدخول وحيد لأكبر نسبة مئوية من الزمن، يتم تحديدها باعتبار السرعة الزاوية أو زاوية الارتفاع. وتشترط هذه الافتراضات أعلى مستويات من كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) الحرجة، وهي تلك الأيسر قابلية للقياس.

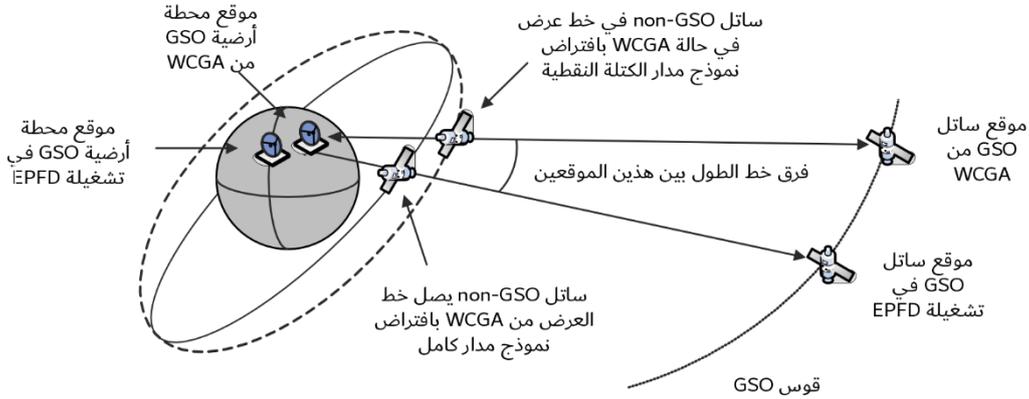
وتقوم الخوارزمية WCGA على تكرار مجموعة من المواقع، للساتل non-GSO عموماً. ويفترض أن تكون الهندسية متناظرة من حيث خط الطول، ويمكن تعيين موقع الساتل على خط العرض المطلوب على وجه الدقة باستخدام نموذج كتلة نقطية بسيط. ومع ذلك، يمكن أن يستخدم محرك حساب الكثافة epdf الموصوف في القسم D5 طائفة من نماذج المدار بخطوة زمنية محددة، ولذلك فإن خط الطول الذي يصل عنده الساتل إلى خط عرض معين يكون مختلفاً عن مثيله في الخوارزمية WCGA. ومن ثم يحتاج الأمر إلى مرحلة إضافية وهي حساب الفرق، بالنسبة إلى الساتل non-GSO الذي يسافر عن أعلى قيمة epdf في دخول وحيد، من حيث خط الطول بين:

- خط الطول للساتل non-GSO عندما يصل إلى خط العرض المحدد باستخدام نموذج الكتلة النقطية في خوارزمية WCGA، والتحويل إلى (خط العرض، خط الطول) باستخدام زمن ساكن $t = \text{زمن بدء المحاكاة}$ (أي الزمن النسبي = 0).
- خط الطول الذي يكون فيه الساتل non-GSO الأقرب إلى خط العرض المحدد باستخدام النموذج المداري الكامل والخطوة الزمنية الدقيقة المحسوبة للتشغيل المعينة، والتحويل إلى (خط العرض، خط الطول) باستخدام زمن المحاكاة ذي الصلة.

ويبين الشكل 13 أدناه هذا الاختلاف في خط الطول:

الشكل 13

ضبط خط الطول في هندسية الحالة الأسوأ WCG لمراعاة نموذج المدار وزمن المحاكاة



S.1503-13

ويستخدم بعد ذلك هذا الاختلاف في خط الطول لضبط موقع الساتل GSO والمحطة الأرضية المحسوين في الخوارزمية WCGA بحيث يتمكن الساتل non-GSO ذو القناع pfd الذي يتسبب في أعلى قيمة epfd من المرور عبر الهندسية التي تتسبب في قيمة epfd هذه في مداره الأول. وعند التكرار بالنسبة لخط العرض باستخدام الخطوة الزمنية، تستخدم الخطوة الزمنية التي تعطي أقرب خط عرض في حساب خط الطول.

ويلاحظ أن الخوارزمية الواردة في هذه التوصية غير مصممة لأن تأخذ في الاعتبار الأقاليم المحددة في قطاع الاتصالات الراديوية أو خطوط طول معينة حيث إن الغرض من حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة epfd بموجب المادة 22 من لوائح الراديو هو تطبيقها على جميع مواقع المحطات الأرضية GSO والأجزاء المرئية من القوس GSO.

ولا بد من الاحتراس عند مقارنة عدد النقاط العائمة لتحري أخطاء التقريب. ومن المقبول في الخوارزمية WCGA التدوير إلى أقرب 0.1 ديسيبل بدلاً من التدوير نحو القيمة الأعلى. ومصنوفة البحث مكونة من خطوات بمقدار 0.1° وتنتهي روتينات البحث الاثنينية عندما يكون الفرق في الزوايا أقل من 1e-5 راديان.

1.D3 هندسية الحالة الأسوأ epfd↓

1.1.D3 المدخلات

مدخلات الخوارزمية هي:

قناع pfd: قناع pfd المطلوب فحصه

$\alpha_0[\text{lat}]$: زاوية تجنب القوس GSO للساتل non-GSO بحسب خط العرض = MIN_EXCLUDE[Latitude]

h : أقل ارتفاع تشغيلي للساتل non-GSO

$\varepsilon_0[\text{lat}, \text{az}]$: أقل زاوية ارتفاع للساتل non-GSO بحسب خط العرض والسمت

$\{a, e, i\}$: معلمات مدار النظام non-GSO

ES: معلمات المحطة الأرضية، بما في ذلك مخطط الكسب.

2.1.D3 الخوارزمية

يصف هذا القسم خوارزمية تحديد هندسية الحالة الأسوأ (WCG) لاتجاه epfd (هابطة).

يلاحظ احتمال وجود أمداء مختلفة من التردد في أفتعة pfd: ويفترض تكرار هذه العملية لكل مدى تردد صالح. ولكل مدى تردد صالح يمكن أن يكون هناك أفتعة pfd مختلفة ومجموعات متعددة من $\{i, e, a\}$ أو معلمات تشغيل النظام (مثل زوايا التجنب في GSO التي تختلف باختلاف الساتل non-GSO): ينبغي تكرار العملية عبر كل من هذه المجموعات.

وتستند هندسية الحالة الأسوأ إلى البحث في الزاوية (θ, φ) كما هي مرئية من الساتل non-GSO، مع إيلاء عناية خاصة للمنطقة $(-\alpha_0, +\alpha_0)$ بما في ذلك $\alpha = 0$. ويكرر هذا البحث على عددٍ من خطوط عرض اختبارية للساتل non-GSO. وبالإضافة إلى ذلك، تجرى فحوص محددة لأعلى خطوط العرض التي تكون لها $\alpha = \{-\alpha_0, 0, +\alpha_0\}$ لضمان التوافق مع المنهجية الواردة في التوصية ITU-R S.1714.

وتقوم الخوارزمية، بالنسبة لكل نقطة اختبار قيد النظر، بحساب epfd وذلك باستعمال قناع pfd وكسب هوائي الاستقبال، ثم تقارن ذلك بالعتبة المقابلة لخط العرض ذي الصلة. ويُحسب الكسب باستخدام الزاوية α من أجل الزاوية المنحرفة عن المحور φ : بالنسبة لمخطط كسب هوائي المحطة الأرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية، الذي قد لا يكون متناظراً حول خط التسديد، ينبغي أن تكون الزاوية θ هي القيمة المحسوبة بافتراض أن نقاط المحطة الأرضية في الموقع عند النقطة تقابل الزاوية α . ويلاحظ أنه يمكن تنفيذ الخوارزمية بطريقة تقوم بحساب هندسية الحالة الأسوأ لأحجام هوائيات مكافئية متعددة باستخدام المتجهات.

ومن المرجح أن ينتج عن نقاط اختبار متعددة نفس الفرق بين مستوى epfd والعتبة. ولمعرفة النقطة التي ينبغي استعمالها بمثابة هندسية الحالة الأسوأ، تحسب السرعة الزاوية للساتل non-GSO كما يرى من المحطة الأرضية، وتكون الهندسية المختارة:

1 هي التي تعطي أعلى فرق بين مستوى epfd والعتبة تبعاً لدقة الإحصاءات الناتجة (dB 0,1).

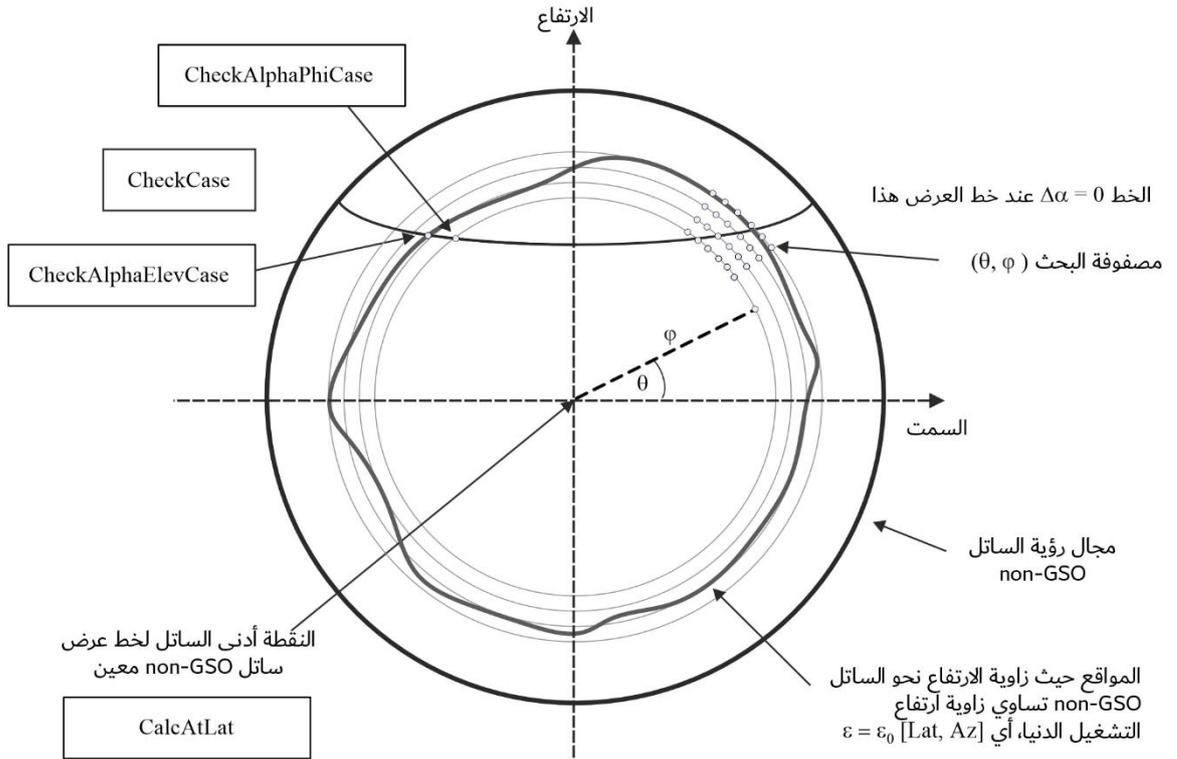
2 فإذا انطبقت النقطة 1 على هندسيات متعددة، تختار النقطة التي تنتج عنها هندسية تعطي أدنى سرعة زاوية للساتل كما يرى من المحطة الأرضية.

وتظهر خوارزمية البحث في الشكلين 14 و 15 حيث:

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0[lat]$$

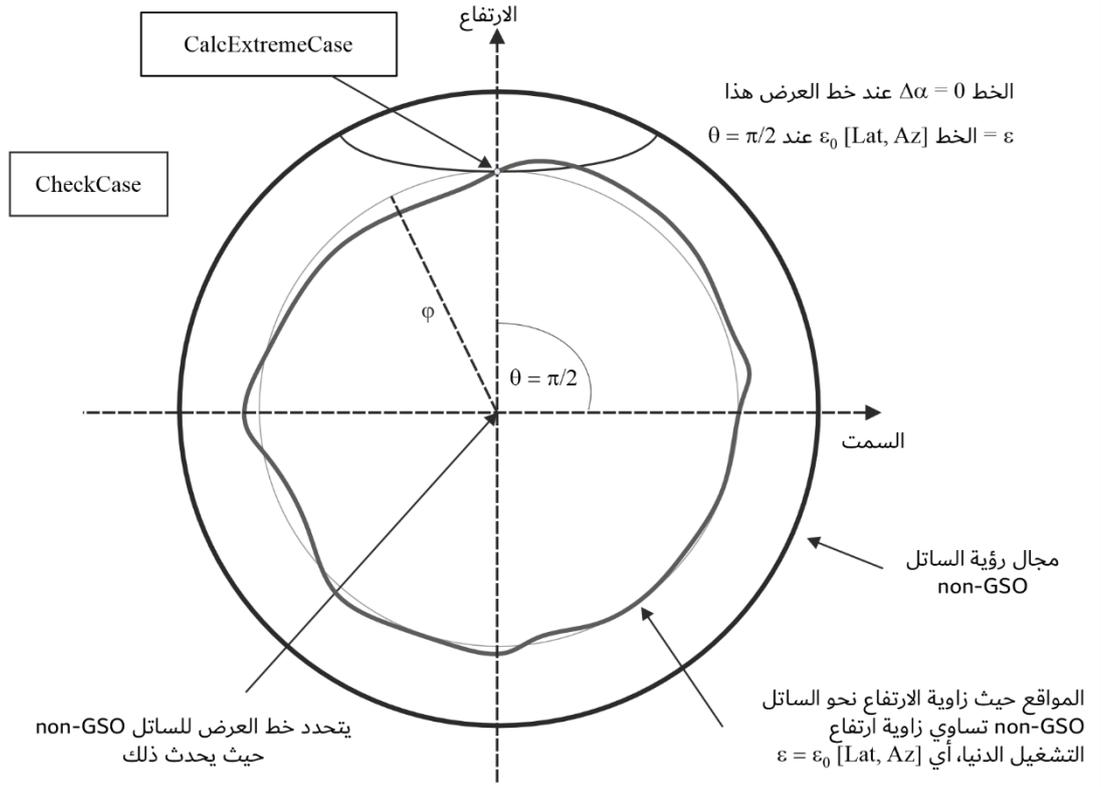
$$\Delta\varepsilon = \varepsilon - \varepsilon_0[lat, az]$$

الشكل 14

مصفوفة البحث (θ, φ) من أجل $WCGD_CalcAtLat$ 

الشكل 15

هندسية من أجل WCGD_CheckExtremeCase



S.1503-15

ويرد وصف الخوارزمية في شبه الشفرة الواردة أدناه لنمط المحطة الأرضية GSO المحدد:

WCGA_Down:

```

Set WorstEPFDBin = -9999
Set WorstAngularVelocity = +9999
Identify  $\epsilon_{0, \min}$  = minimum value over all values in the  $\epsilon_0[\text{lat}, \text{az}]$  table
For all satellites in the order listed in ITU DB
{
    Determine PFD mask to use for this satellite
    If this PFD mask and satellite orbit (a, e, i) combination has not been
checked so far then or this satellite uses a different  $\alpha_0[\text{lat}]$  then
        Call GetWCGA_Down(SystemParams)
    End if
}
Next satellite

```

Note that SystemParams = (PFD_Mask, $\alpha_0[\text{lat}]$, $\epsilon_0[\text{lat}, \text{az}]$, ES, OrbitParams, $\epsilon_{0, \min}$) as required

GetWCGA_Down (SystemParams):

```

StepSize = 0.1°
If (i = 0)
{

```

```

    WCGD_CalcAtLat(SystemParams, latitude = 0)
}
Else
{
    LatNumSteps = RoundUp(i / StepSize)
    For n = 0 to LatNumSteps inclusive
    {
        latitude = i * n / LatNumSteps
        WCGD_CalcAtLat(SystemParams, latitude)
        If (n > 0)
        {
            WCGD_CalcAtLat(SystemParams, -latitude)
        }
    }
    WCGD_CheckExtremeCase(SystemParams, 0,  $\theta = +\pi/2$ )
    WCGD_CheckExtremeCase(SystemParams, 0,  $\theta = -\pi/2$ )
    WCGD_CheckExtremeCase(SystemParams, +1,  $\theta = +\pi/2$ )
    WCGD_CheckExtremeCase(SystemParams, -1,  $\theta = -\pi/2$ )
    WCGD_CheckExtremeCase(SystemParams, +1,  $\theta = +\pi/2$ )
    WCGD_CheckExtremeCase(SystemParams, -1,  $\theta = -\pi/2$ )
}
}

WCGD_CalcAtLat(SystemParams, latitude):
    Locate non-GSO satellite at latitude
    Calculate height of non-GSO satellite from its radius, r
    If height of non-GSO satellite < minimum operating height then return
    Calculate  $\phi_0$  for elevation angle  $\epsilon_{0, \min}$  and radius r
    WCGD_CheckCase(SystemParams, latitude,  $\theta = 0$ ,  $\phi = 0$ )
    NumPhiSteps = RoundUp( $\phi_0$  / StepSize)
    PhiStepSize =  $\phi_0$  / NumPhiSteps
    For  $\phi = \text{PhiStepSize}$  to  $\phi_0$  inclusive in NumPhiSteps steps
    {
        ThetaMin =  $-\pi/2$ 
        ThetaMax =  $+3\pi/2$ 
        If the PFD mask is symmetric in DeltaLong or Azimuth and elevation table
        is also symmetric between east and west
        {
            ThetaMax =  $\pi/2$ 
        }
        NumThetaSteps = max(16, RoundUp( $2\pi\phi/\text{PhiStepSize}$ ))
        ThetaStepSize = (ThetaMax-ThetaMin)/NumThetaSteps
        For ThetaStep = 0 to NumThetaSteps inclusive
        {
             $\theta = \text{ThetaMin} + \text{ThetaStep} * \text{ThetaStepSize}$ 
            WCGD_CheckCase(SystemParams, latitude,  $\theta$ ,  $\phi$ )
        }
        WCGD_CheckAlphaPhiCase(SystemParams, latitude,  $\phi$ , 0, RHS)
        WCGD_CheckAlphaPhiCase(SystemParams, latitude,  $\phi$ , +1, RHS)
        WCGD_CheckAlphaPhiCase(SystemParams, latitude,  $\phi$ , -1, RHS)
        If the PFD masks is not symmetric then
        {

```

```

        WCGD_CheckAlphaPhiCase(SystemParams, latitude,  $\phi$ , 0, LHS)
        WCGD_CheckAlphaPhiCase(SystemParams, latitude,  $\phi$ , +1, LHS)
        WCGD_CheckAlphaPhiCase(SystemParams, latitude,  $\phi$ , -1, LHS)
    }
}
WCGD_CheckAlphaElevCase(SystemParams, latitude, 0, RHS)
WCGD_CheckAlphaElevCase(SystemParams, latitude, +1, RHS)
WCGD_CheckAlphaElevCase(SystemParams, latitude, -1, RHS)
If the PFD mask is not symmetric then
{
    WCGD_CheckAlphaElevCase(SystemParams, latitude, 0, LHS)
    WCGD_CheckAlphaElevCase(SystemParams, latitude, +1, LHS)
    WCGD_CheckAlphaElevCase(SystemParams, latitude, -1, LHS)
}

```

WCGD_CheckCase(SystemParams, latitude, θ , ϕ):

```

Convert ( $\theta, \phi$ ) to (az, el) in the satellite reference frame
Create line from non-GSO satellite N in direction (az, el)
Identify point P in which line intersects Earth
Calculate the latitude of P, latP
If Absolute(latP) > 81.2 degrees then exit this function
If latP < ES_LAT_MIN then exit this function
If latP > ES_LAT_MAX then exit this function
If number of non-GSO satellites that operate at this latitude is zero then
exit this function
Calculate the (azNGSO, elNGSO) of the non-GSO satellite as seen by the ES
Find the nearest latitude to latP in the  $\epsilon_0$ [latP, AzNGSO] table
At point P calculate ( $\alpha$ ,  $\Delta$ long) angles wrt point N
At point P calculate AngularVelocity using methodology below
Calculate PFD from mask, latitude & (az, el,  $\alpha$ ,  $\Delta$ long)
Calculate  $G(\alpha)$  and  $G(\alpha_0[\text{lat}_P])$ 
Calculate the elGSO of the point on the GSO arc associated with the calculated
 $\alpha$ 

```

ϵ_{GSO} = the appropriate minimum elevation angle in Table 8

```

If (( $\alpha \geq \alpha_0[\text{lat}_P]$  and  $\text{el}_{\text{NGSO}} \geq \epsilon_0[\text{lat}_P, \text{Az}_{\text{NGSO}}]$  and  $\text{el}_{\text{GSO}} \geq \epsilon_{\text{GSO}}$ 
or  $G(\alpha) > \min(G_{\text{max}} - 30 \text{ dB}, G(\alpha_0[\text{lat}_P]))$ ) ) then

```

```

{
    Calculate EPFDThreshold from latitude of point P on the Earth's surface
    Calculate EPFDMargin = PFD +  $G_{\text{rel}}(\alpha)$  - EPFDThreshold
    Calculate EPFDBin = EPFDMargin/BinSize
    If WorstEPFDBin < EPFDBin
    {
        WorstEPFDBin = EPFDBin
        Worst AngularVelocity = AngularVelocity
        Store this (N, P)
    }
    Else if (WorstEPFDBin = EPFDBin &&
        WorstAngularVelocity > AngularVelocity)
    {
        WorstAngularVelocity = AngularVelocity
        Store this (N, P)
    }
}

```

```

}
```

WCGD_CheckAlphaPhiCase(SystemParams, Latitude, ϕ , Sign, Side):

Set θ range according to side to check (left or right)

If bracket $\delta\alpha = 0$ then

```

{
```

Use binary search to iterate on θ until $\text{WCGD_GetDeltaAlpha}(\text{SystemParams}, \text{Sign}, \theta, \phi) = 0$

WCGD_CheckCase(SystemParams, latitude, θ , ϕ)

```

}
```

WCGD_CheckAlphaElevCase(SystemParams, Latitude, Sign, Side):

Set θ range according to side to check (left or right)

If bracket $\delta\alpha = 0$ then

```

{
```

Use binary search to iterate on θ until within $1e-5$ radians

```

{
```

For each θ_i

```

{
```

Call $\text{WCGD_CalcPhiFromThetaElev}(\text{SystemParams}, \theta_i)$ to determine

ϕ_i

Call $\text{WCGD_GetDeltaAlpha}(\text{SystemParams}, \text{Sign}, \theta_i, \phi_i)$ to

determine $\delta\alpha_i$

```

}
```

} selecting θ that brackets $\delta\alpha = 0$

WCGD_CheckCase(SystemParams, latitude, θ , ϕ)

```

}
```

WCGD_CalcPhiFromThetaElev(SystemParams, ThetaTest, PhiMax):

$\phi_0 = 0$

$\phi_1 = \text{PhiMax}$

Use binary search to iterate on ϕ until within $1e-5$ radians

```

{
```

For each ϕ_i

```

{
```

Call $\text{WCGD_CalcDeltaElev}(\text{SystemParams}, \text{ThetaTest}, \phi_i)$

```

}
```

} selecting ϕ that brackets $\delta\epsilon = 0$

Return ϕ

WCGD_GetDeltaAlpha(SystemParams, Sign, θ , ϕ):

Convert (θ, ϕ) to (az, el)

Create line in direction (az, el) from non-GSO satellite

Identify point P where line intersects Earth

Calculate latitude of P, lat_P

Determine exclusion zone size at this point, $\alpha_0[lat_P]$

At point P calculate α

$\text{deltaA} = \text{Sign} * \alpha_0[lat_P]$

Return $\alpha - \text{deltaA}$

WCGD_GetDeltaElev(SystemParams, θ, φ):

```
Convert ( $\theta, \varphi$ ) to ( $az, el$ )
Create line in direction ( $az, el$ ) from non-GSO satellite
Identify point P where line intersects Earth
Calculate latitude of P,  $lat_P$ 
Calculate ( $az_{NGSO}, el_{NGSO}$ ) of non-GSO satellite as seen by point P
At point P calculate  $\epsilon_0[lat, az]$ 
Return  $el_{NGSO} - \epsilon_0[lat, az]$ 
```

WCGD_CheckExtremeCase(SystemParams, $Sign_\alpha, \theta$):

```
Set latitude range according to sign (north or south hemisphere)
If bracket  $\delta\alpha = 0$  then
{
    Use binary search to iterate until latitude range less than  $1e-5$  radians
    {
        For each test latitude, Lat
        {
            Call WCGD_CalcDeltaAlphaFromLatElev(SystemParams, Lat, Sign,
             $\theta$ ) to determine  $\delta\alpha_i$  and corresponding  $\varphi_i$ 
        }
        } Selecting latitudes that bracket  $\delta\alpha = 0$ 
        WCGD_CheckCase(SystemParams, latitude,  $\theta, \varphi$ )
    }
```

WCGD_CalcDeltaAlphaFromLatElev(SystemParams, Latitude, Sign, θ):

```
Set satellite at Latitude
Get  $\varphi$  using WCGD_CalcPhiFromThetaElev SystemParams,  $\theta, \varphi_{Max}$ 
Calculate  $\delta\alpha$  from WCGD_CalcDeltaAlpha(SystemParams, Sign,  $\theta, \varphi$ )
Return  $\delta\alpha, \varphi$ 
```

وتستخدم الخوارزمية الهندسية الواردة في الأقسام التالية أدناه.

3.1.D3 الهندسية

1.3.1.D3 التحويل بين (السمت az ، الارتفاع el) وزاويتي (θ, φ)

يمكن استعمال المعادلتين التاليتين:

$$\cos(\varphi) = \cos(az) \cos(el)$$

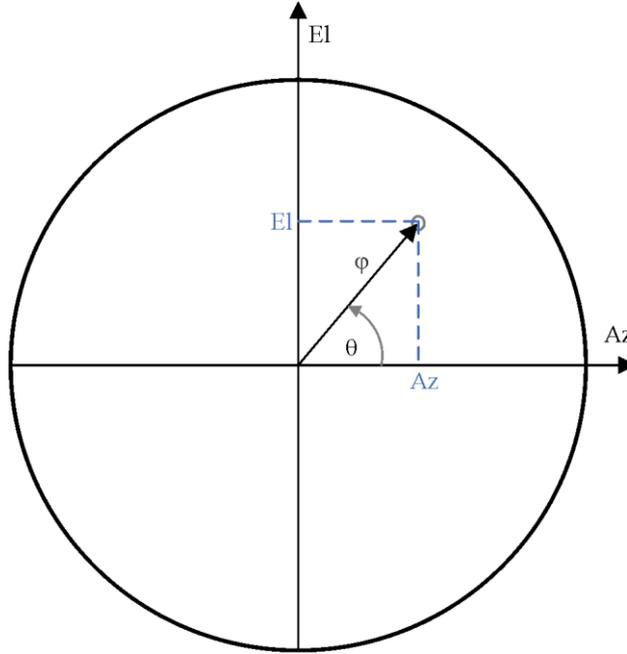
$$\sin(el) = \sin(\theta) \sin(\varphi)$$

يلاحظ أن من الضروري التحقق من علامة السمت az أو الزاوية φ للتأكد من حساب \arccos/\arcsin بشكل صحيح.

وتنبغي الإشارة أيضاً إلى أنه ينبغي استخدام المعادلتين أعلاه في تطبيق خوارزمية هندسية أسوأ حالة وأنها تختلفان عن معادلات تحويل زاويتي (θ, φ) إلى (Az, El)، المشمولة بالفقرة 2.3.C2.

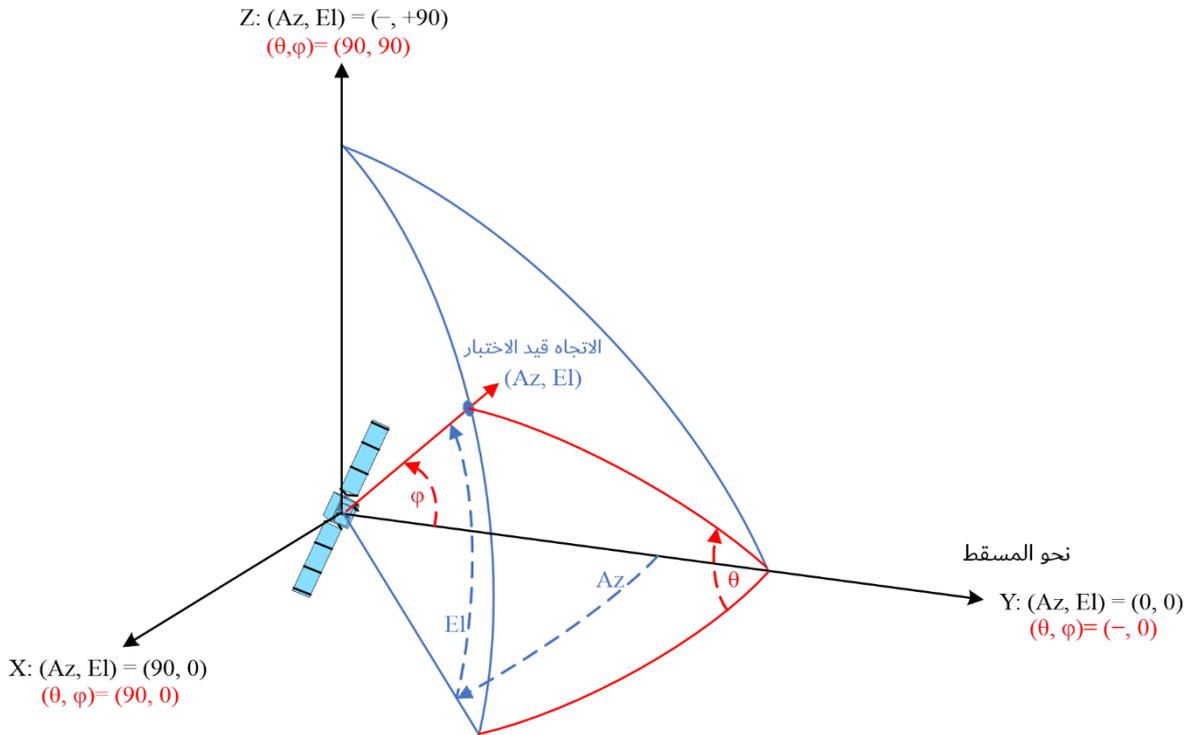
ويبين الشكلان 16 و 17 نظام إحداثيات زاويتي (θ, φ) وعلاقته بنظام إحداثيات (az, el).

الشكل 16

التحويل بين (السمت، الارتفاع) وزاويتي (θ, φ) من منظور الساتل

S.1503-16

الشكل 17

التحويل بين (السمت، الارتفاع) وزاويتي (θ, φ) من منظور ثلاثي الأبعاد

S.1503-17

وتقع زاوية φ بين الخطين التاليين:

- الخط الواصل من الساتل إلى مسقطه
 - الخط الواصل من الساتل إلى الاتجاه قيد الاختبار.
- وتُحيط زاوية θ بخط التسديد باتجاه عكس عقارب الساعة من الارتفاع = صفر مستوي.

2.3.1.D3 وضع الساتل عند خط العرض

الخطوات الأساسية في هذه الخوارزمية هي حساب متجهات الموقع والسرعة للساتل non-GSO والمحطة الأرضية. وبالنسبة للأنظمة المدارية الدائرية من الممكن استعمال خط الطول لاشتقاق زاوية الاختلاف الحقيقية، v ، باستخدام المعادلة:

$$\sin(\omega + v) = \frac{\sin lat}{\sin i}$$

وبالنسبة للأنظمة الإهليلجية، من الضروري استخدام البحث الاثنيني. وبافتراض أن النظام مصمم ليكون له زاوية حضيض $\pm\pi/2$ ، ينتقل الساتل من الحد الأدنى إلى الحد الأقصى من خط العرض عندما يتغير متوسط الاختلاف من قيم $[0, \pi]$. لذلك، يمكن أن يبدأ البحث الاثنيني بالعلاقة $M = (0, \pi)$ والتكرار انطلاقاً من ذلك.

ولاشتقاق متجهات الموقع والسرعة، يمكن استخدام المعادلات التالية:

في مستوي الساتل:

$$\underline{r}_{sat} = r_{sat}(\cos v \underline{P} + \sin v \underline{Q})$$

$$\underline{v}_{sat} = \sqrt{\frac{\mu}{p}}(-\sin v \underline{P} + (e + \cos v) \underline{Q})$$

حيث:

$\underline{P}, \underline{Q}$: متجهات وحدة في مستوي المدار أصلها مركز الأرض و \underline{P} على استقامة المحور الرئيسي للمدار، كما جاء في الفقرة 3.3.D6.

a, e, v : عناصر مدارية.

كذلك:

$$r_{sat} = \frac{p}{1+e \cos v}$$

$$p = a(1 - e^2)$$

ومن ثم يمكن تحويل متجهات الموقع والسرعة للساتل non-GSO من إطار PQW القائم على مستوى المدار إلى متجهات مركزها الأرض باستخدام مصفوفة الدوران المعيارية عبر العناصر المدارية (Ω, ω, i) . ومن أجل حساب هندسية الحالة الأسوأ، يمكن الافتراض بأن ليس من الضروري أن تؤخذ في الاعتبار آثار الرتبة الثانية التي تشمل العامل J_2 .

ويمكن أيضاً استعمال معادلة متجه السرعة لحساب خط عرض من زاوية الاختلاف الحقيقي، v ، ومن ثم تحديد موقع الساتل على خط العرض المطلوب عن طريق الحساب التكراري.

3.3.1.D3 حساب القيمة القصوى φ في منظور الساتل

بالنسبة إلى خط عرض محدد وبالتالي نصف قطر محدد للساتل، يمكن اشتقاق الزاوية القصوى عند الساتل من مسقط الساتل φ_0 استناداً زاوية الارتفاع ε باستخدام العلاقة:

$$\sin(\varphi_0) = \frac{R_e}{r_{sat}} \sin\left(\frac{\pi}{2} + \varepsilon\right)$$

4.3.1.D3 حساب السرعة الزاوية

تكون المدخلات كما يلي:

\underline{r}_{es}	متجه موقع المحطة الأرضية:
\underline{v}_{es}	متجه سرعة المحطة الأرضية:
\underline{r}_{sat}	متجه موقع الساتل non-GSO:
\underline{v}_{sat}	متجه سرعة الساتل non-GSO:

ويمكن من هذه المدخلات حساب السرعة الظاهرة والمتجه من المحطة الأرضية إلى الساتل:

$$\underline{r} = \underline{r}_{sat} - \underline{r}_{es}$$

$$\underline{v} = \underline{v}_{sat} - \underline{v}_{es}$$

كما يمكن بعدئذٍ حساب الزاوية بين هذين المتجهين:

$$\cos \psi = \frac{\underline{r} \cdot \underline{v}}{r v}$$

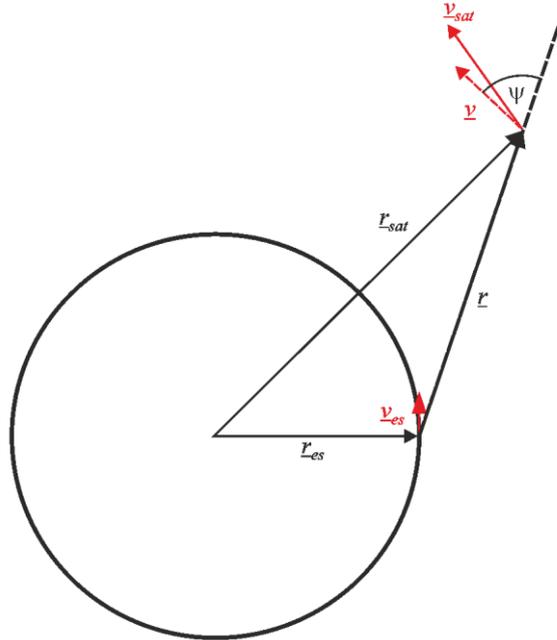
وتكون السرعة الزاوية الآتية عندئذ:

$$\theta = \frac{v}{r} \sin \psi$$

ويبين الشكل 18 العناصر المختلفة:

الشكل 18

متجهات لحساب السرعة الزاوية الظاهرة للساتل non-GSO



S.1503-18

يلاحظ أن انخفاض السرعة الزاوية يؤدي إلى ارتفاع احتمالات التداخل وبالتالي ينبغي، بالنسبة لقيمة efd محددة، استعمال هندسية الحالة الأسوأ التي تعطي أقل سرعة زاوية ظاهرة.

ويمكن اشتقاق متجه سرعة المحطة الأرضية من متجه موقعها (x, y, z) كما يلي:

$$\underline{v}_{es} = w_e \begin{pmatrix} -y \\ x \\ 0 \end{pmatrix}$$

حيث w_e هي السرعة الزاوية للأرض بالراديان في الثانية.

2.D3 هندسية الحالة الأسوأ \uparrow epfd

بما أن حدود كثافة تدفق القدرة المكافئة (epfd) المحددة في المادة 22 من لوائح الراديو هي 100% من الزمن فلا حاجة إلى النظر في احتمال وجود هندسيات معينة، بل مجرد القيمة القصوى epfd (صاعدة).

إذا كانت هناك كوكبات فرعية متعددة ذات عناصر مدارية بديلة أو كانت بعض السواتل تستخدم زوايا مختلفة لمناطق الاستبعاد، عندئذ ينبغي تكرار العملية لكل مجموعة في حد ذاتها.

1.2.D3 المدخلات

مدخلات الخوارزمية هي:

ES_e.i.r.p: قناع e.i.r.p. للمحطة الأرضية non-GSO المطلوب فحصه. وقد يختلف بحسب خط العرض، حيث يكون

لكل نطاق عرض نسق e.i.r.p، محدد في شكل جدول e.i.r.p. مقابل زاوية الانحراف عن المحور باتجاه قوس

GSO أو بحسب خط العرض والسمت والارتفاع، حيث لكل خط عرض/سمت/ارتفاع نسق e.i.r.p. محدد

في شكل جدول e.i.r.p. مقارنةً بالفرق في خط العرض بين المحطة الأرضية والساتل GSO.

θ_{dB} : فتحة نصف القدرة لحزمة الساتل GSO

$\epsilon_{0,GSO}$: أقل زاوية ارتفاع للنظام GSO

$\epsilon_0[lat, az]$: أقل زاوية ارتفاع في النظام non-GSO، التي قد يختلف بحسب خط العرض والسمت

$\alpha_0[lat]$: أقل زاوية استبعاد في النظام non-GSO، التي قد تختلف بحسب خط العرض والساتل non-GSO

$N_{co}[lat]$: عدد السواتل non-GSO التي يمكنها توفير خدمة في نفس التردد في موقع محدد على سطح الأرض،

والذي قد يختلف بحسب خط العرض

ES_DISTANCE, ES_DENSITY: متوسط المسافة على سطح الأرض بين الحزم في نفس التردد من النظام non-GSO

(بالكيلومترات) وكثافة المحطات الأرضية non-GSO في نفس التردد، أو:

ES(lat, long): خط الطول وخط العرض للمحطة الأرضية المعينة في النظام non-GSO

$\{a, i, e, \Omega, \omega, \nu\}$: معلمات مدار النظام non-GSO، بما في ذلك ما إذا كان المسار الأرضي للنظام يتكرر، وفي هذه الحالة

زمن التكرار.

2.2.D3 معلمات النظام GSO

يفترض أن يكون الحد الأدنى لزاوية ارتفاع التشغيل وعرض الحزمة في النظام GSO كما في الجدول 8.

الجدول 8

معلمات النظام GSO في هندسية الحالة الأسوأ (صاعدة)

نطاق التردد	$10 > f$ GHz	$17 > f \geq 10$ GHz	$17 \leq f$ GHz
عرض الحزمة (بالدرجات)	1,5	4	1,55
أقل زاوية ارتفاع (بالدرجات) ϵ_{EOC}	10	10	20

يبين الجدول 9 الزاوية التي مركزها الأرض التي تقابل الحد الأدنى لزاوية الارتفاع ومن ثم الزاوية القصوى في الساتل GSO باتجاه خط تسديد الحزمة φ_{BS} :

الجدول 9

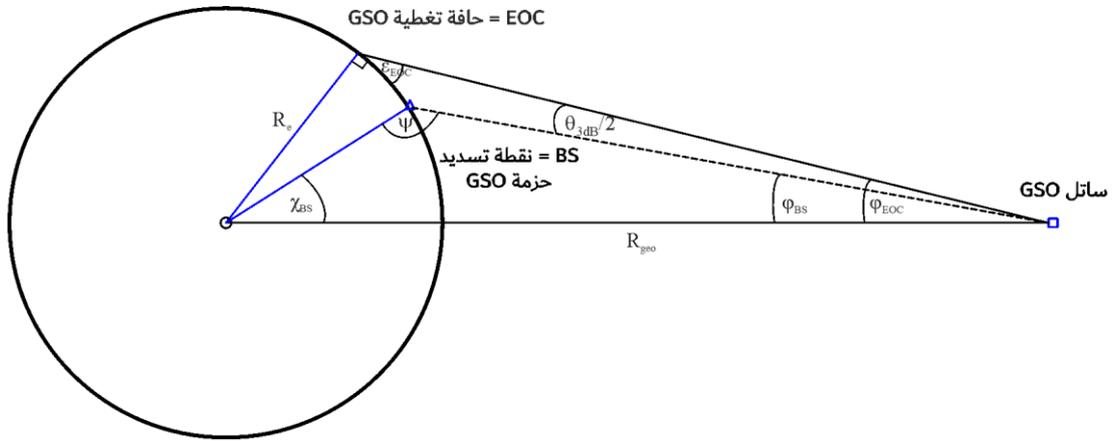
القيم الدنيا والقصوى المشتقة هندسية للحالة الأسوأ (صاعدة)

نطاق التردد	$10 > f$ GHz	$17 > f \geq 10$ GHz	$17 \leq f$ GHz
φ_{EOC} عند ساتل GSO (بالدرجات)	8,567	8,567	8,172
φ_{BS} عند ساتل GSO (بالدرجات)	7,817	6,567	7,397
χ زاوية رأسها مركز الأرض من أجل φ_{BS} (بالدرجات)	56,230	42,552	50,934

حسبت هذه القيم باستخدام الهندسية المبينة في الشكل 19 والمعادلات الواردة أدناه.

الشكل 19

زوايا تسديد GSO هندسية الخوارزمية WCGA (صاعدة)



S.1503-19

في هذه الحالة يمكن اشتقاق φ_{BS} كما يلي:

$$\sin \varphi_{EOC} = \frac{R_e}{R_{geo}} \sin \left(\frac{\pi}{2} + \varepsilon \right)$$

$$\varphi_{BS} = \varphi_{EOC} - \frac{\theta_{3dB}}{2}$$

ثم، بما أن $\psi > \pi/2$:

$$\sin(\pi - \psi) = \frac{R_{geo}}{R_e} \sin(\varphi_{BS})$$

وتبعاً لذلك:

$$\chi_{BS} = \pi - \varphi_{BS} - \psi$$

3.2.D3 الخوارزمية

خوارزمية هندسية الحالة الأسوأ (WCGA) في حالة epfd (صاعدة) كما يلي:

WCGA_UP:

```

Calculate  $\varphi_{BS}$  from  $\epsilon_{EOC}$ 
From  $\varphi_{BS}$  calculate  $\chi_{BS}$ 
If ES from density
    Call WCGA_UP_General
Else
    If non-GSO satellite repeats
        Call WCGA_UP_SpecificES_Repeating
    Else
        Call WCGA_UP_SpecificES_NonRepeating
    Endif
Endif

```

وتتناول الأقسام التالية بالوصف مختلف الحالات ووظائفها وهندسياتها.

1.3.2.D3 حساب الكثافة الكلية epfd

في الحالة العامة، يمكن حساب الكثافة الكلية epfd (صاعدة) باستخدام المعادلة:

$$epfd(up) = \sum_{i=1}^{i=N_{ES}} e.i.r.p.(lat) - L_S + G_{rel,rx} + 10\log_{10}(NUM_{ES}) + 10\log_{10}(N_{co,ES}(lat))$$

يلاحظ أن حاصل الجمع هو في شكل مطلق مع أن المعادلة واردة بوحدة dB مع الجمع وحيث:

$e.i.r.p.(lat)$: القدرة e.i.r.p. باتجاه الساتل GSO لخط العرض المحدد للمحطة الأرضية non-GSO إما بدالة خط العرض

وزاوية الانحراف عن المحور باتجاه قوس GSO أو بدالة خط العرض وخط التسديد (السمت، الارتفاع)

والفرق في خط الطول بين المحطة الأرضية non-GSO والساتل GSO

L_S : عامل الانتشار

$G_{rel,rx}$: الكسب النسبي في الساتل GSO باستخدام مخطط الكسب في التوصية ITU-R S.672

NUM_{ES} : عامل للأنظمة التي تستخدم الكثافة بدلاً من المحطة الأرضية المحددة (والتي تتعلق عادة بأسلوب النفاذ)

المشتقة من كثافة النظام non-GSO وحقوق المبادعة على النحو الوارد في الفقرة 5.2.D5

$$NUM_{ES} = ES_DISTANCE * ES_DISTANCE * ES_DENSITY$$

$N_{co,ES}(lat)$: الحد الأقصى لعدد المحطات الأرضية non-GSO في نفس التردد التي يمكنها أن تبث في موقع معين.

وحاصل الجمع يشمل عدد المحطات الأرضية N_{ES} non-GSO المنشورة ضمن السواتل GSO بمسقط عرض حزمة قدره 15 dB

باستخدام الخوارزمية الواردة في الفقرة 5.2.D5. ويتوقف ذلك على مسافة الفصل بين الحزم في نفس التردد، وهي معلمة يوفرها

النظام non-GSO.

وبالنسبة إلى حساب الهندسية WCG (صاعدة)، يفترض أن الكثافة epfd الكلية تهيمن عليها الكثافة epfd وحيدة الدخول عند خط

التسديد بالإضافة إلى عامل تجميع، ومن ثم يمكن تقدير ذلك باستخلاص العلامات non-GSO من حاصل الجمع كما في العلاقة:

$$epfd(up) \cong e.i.r.p.(lat) + 10\log_{10}(NUM_{ES}) + 10\log_{10}(N_{co,es}(lat)) + \sum_{i=1}^{i=N_{ES}} G_{rel,rx} - L_S$$

ويتوقف هذا الحد الأخير على الهندسية فقط (لا سيما الزاوية χ التي رأسها مركز الأرض) ومخطط الكسب في التوصية ITU-R S.672 ولكن ليس على أي من العلامات non-GSO، ومن ثم يمكن حسابه مسبقاً.

$$\left(\frac{D_{ES}}{100}\right)^2 F_{672}(x) = \sum_{i=1}^{i=N_{ES}} G_{rel,rx} - L_S$$

وتكون طريقة الحساب على أساس مسافة فصل مفترضة بين المحطات الأرضية non-GSO قدرها $ES_DISTANCE = D_{ES} = 100$ km باستخدام تقريب Pade التالي:

$$y = a + \frac{bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5}{1+gx+hx^2}$$

حيث:

الجدول 10

معلومات التقريب Pade باستخدام العامل F_{672}

المعلمة	عرض الحزمة = 4°	عرض الحزمة = 1,55° $x > 1,55^\circ$	عرض الحزمة = 1,5°
a	133,536851-	133,323814-	142,1952459-
b	0,001384021	0,017909858	0,001235207-
c	0,000637798	0,011981864-	0,00121213
d	6,9531E-07	0,002350044	4,77102E-05-
e	1,94494E-07-	4,61428E-05-	6,5926E-07
f	1,41944E-09	3,30E-07-	2,83069E-09-
g	0,033027982-	0,408584467-	0,033787173-
h	0,000434998	0,054553642	0,000306156

بالنسبة لحالة المحطة الأرضية المعينة، لا تكون القيمة D_{ES} محددة ولذلك يجب استخدام القيمة 100 بينما تحدد NUM_ES بقيمة 1 بحيث لا يسهم هذا الحد بشيء.

وعلى أساس العامل F_{672} ، يمكن تقدير الكثافة $epfd$ (صاعدة) هندسية معينة باستخدام العلاقة:

$$epdf(up) \cong eirp(lat) + 10\log_{10}(NUM_ES) + 10\log_{10}(N_{CoES}(lat)) + \left(\frac{D_{ES}}{100}\right)^2 F_{672}(x)$$

2.3.2.D3 أسوأ حالة تسديد

يعتمد حساب كثافة تدفق القدرة المكافئة ($epfd$) الوارد أعلاه على القدرة على حساب أقصى قدرة مشعة مكافئة متناحية (e.i.r.p.) باتجاه القوس GSO. وفضلاً عن قناع e.i.r.p.، يتوقف ذلك أيضاً على عدد من العوامل الإضافية، منها ما يلي:

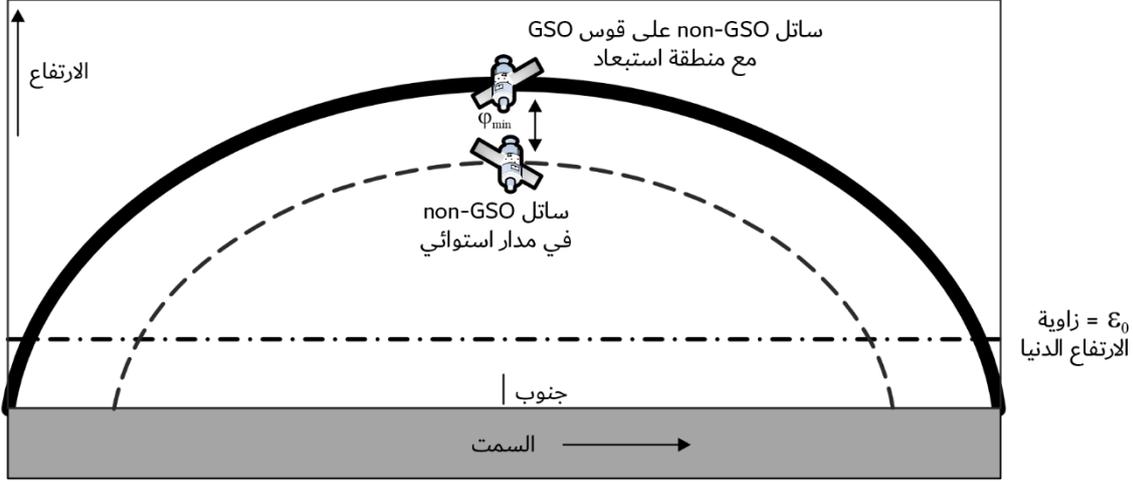
- خط العرض للمحطة الأرضية non-GSO
- زاوية (زوايا) الارتفاع الدنيا عند خط العرض $\varepsilon_0[az, lat]$
- حجم منطقة الاستبعاد $\alpha_0[lat]$
- معلومات مدار الكوكبة (أو الكوكبة الفرعية).

ويمكن ملاحظة تأثير بعض العوامل في الأمثلة الواردة أدناه بافتراض وجود المحطة الأرضية non-GSO في نصف الكرة الشمالي بحيث يشير مركز الشكل نحو الجنوب.

مدار استوائي، خط عرض منخفض

الشكل 20

مدار استوائي، خط عرض منخفض



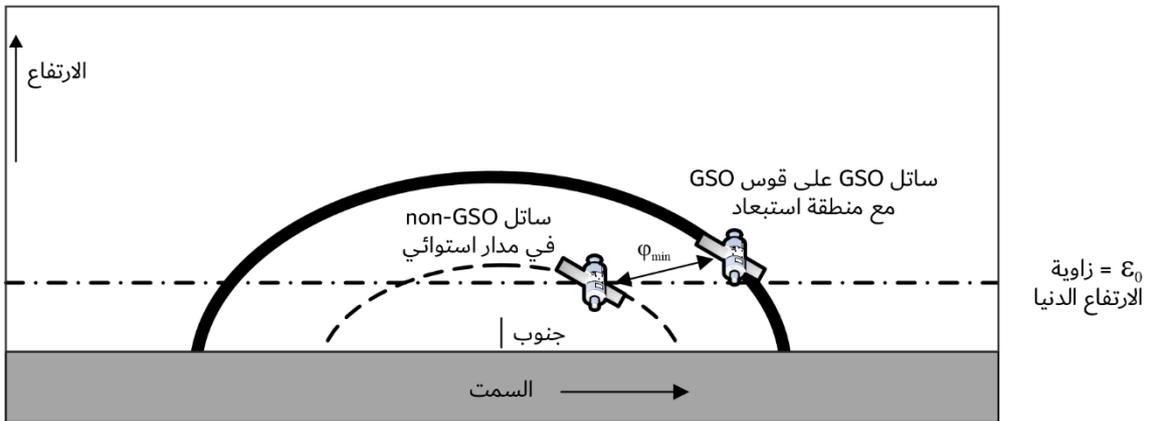
S.1503-20

وهنا لا يتقاطع المدارات non-GSO مطلقاً مع مدار الساتل GSO أو منطقة الاستبعاد، ومن ثم تكون φ_{min} هي الزاوية في المحطة الأرضية non-GSO بين المدار الاستوائي والقوس GSO في السمتم قيد النظر. ويلاحظ أن مداراً استوائياً بحتاً يتكرر ولذلك سيتم التعامل معه في حالة منفصلة ضمن الهندسية WCG. ومع ذلك فهو مدرج لبيان حالة الحافة وللتعمق في فهم الهندسية قيد النظر.

مدار استوائي، خط عرض مرتفع

الشكل 21

مدار استوائي، خط عرض مرتفع



S.1503-21

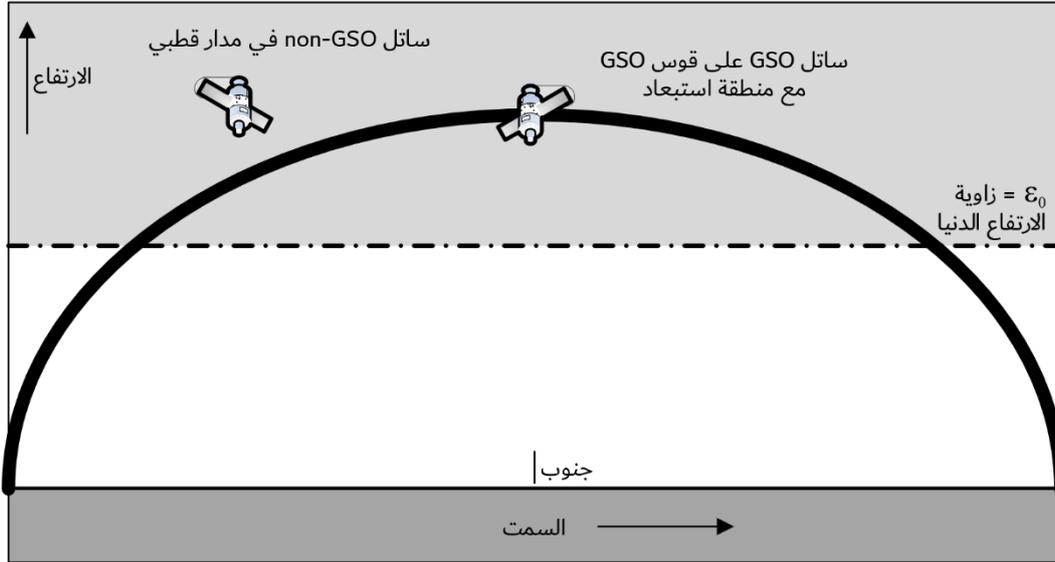
وهنا أيضاً، لا يتقاطع المدارات الساتلي non-GSO مطلقاً مع المدارات GSO أو منطقة الاستبعاد، ولكن بالنسبة لسمت الساتل GSO لن يكون الساتل non-GSO نشطاً نظراً لأنه أدنى من زاوية الارتفاع الدنيا. ومن ثم، فإن الزاوية φ_{min} تقع بين أقرب زاوية سمت

يكون فيها الساتل non-GSO فوق الأفق. غير أن هذه النقطة تُعتبر بمثابة النقطة المنطبقة على موقع آخر على الساتل GSO حيث أدنى زاوية منحرفة عن المحور أصغر، وبالتالي الكثافة e.i.r.p. أكبر. ولذلك إذا كان الساتل non-GSO أدنى من زاوية الارتفاع الدنيا لذلك السمت فلا حاجة للنظر فيه.

مدار قطبي، خط عرض منخفض

الشكل 22

مدار قطبي، خط عرض منخفض



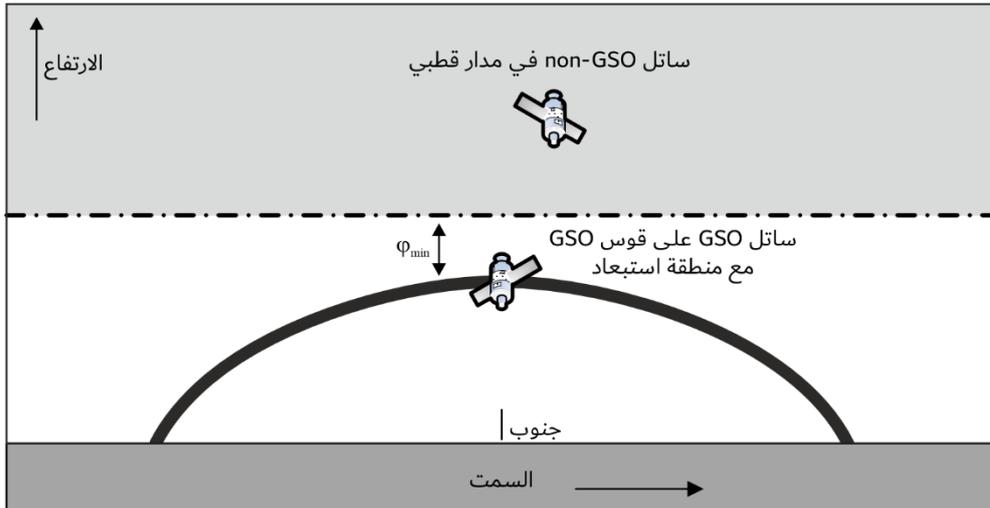
S.1503-22

في هذه الحالة، قد يكون موقع الساتل في المدار القطبي في أي زاوية تسديد (el , az) كما يرى من المحطة الأرضية non-GSO. عندئذ تكون الحالة المقيّدة هي حافة منطقة الاستبعاد، بحيث تكون $\phi_{min} = \alpha_0[lat]$.

مدار قطبي، خط عرض مرتفع

الشكل 23

مدار قطبي، خط عرض مرتفع



S.1503-23

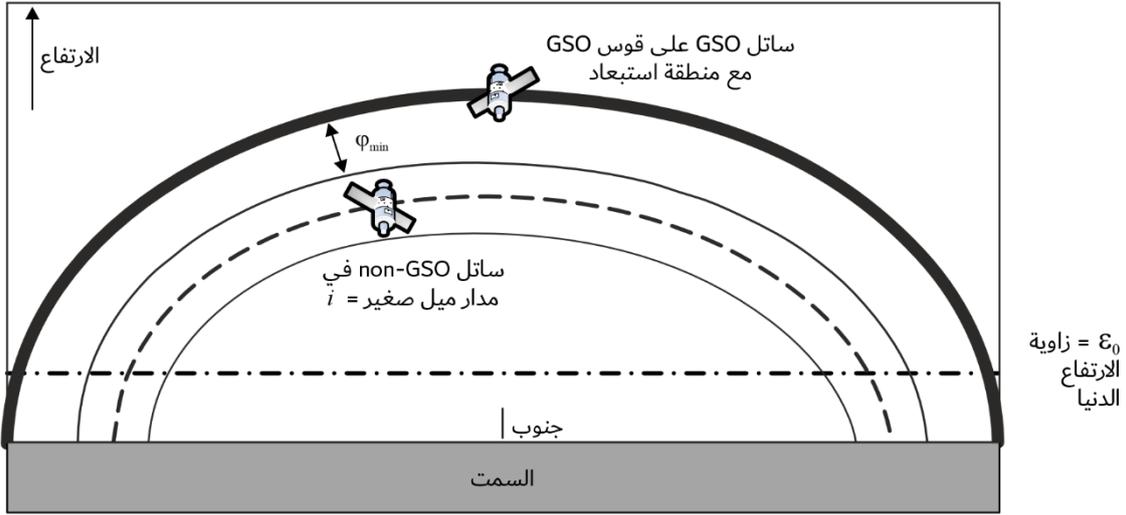
في هذه الحالة تكون القوس GSO دائماً أدنى من زاوية الارتفاع الدنيا، ومن ثم فإن أدنى زاوية منحرفة عن المحور φ_{min} هي الفرق بين زاوية الارتفاع الدنيا وزاوية ارتفاع القوس GSO في السمّت/خط العرض قيد النظر.

ويلاحظ أن هذه أيضاً حالة السيناريو السابق (مدار قطبي، خط عرض منخفض) لحالة الحافة القصوى حيث تكون للقوس GSO زاوية ارتفاع منخفضة كما ترى من المحطة الأرضية non-GSO.

ميل منخفض، لا هندسية في خط مستقيم

الشكل 24

ميل منخفض، لا هندسية في خط مستقيم



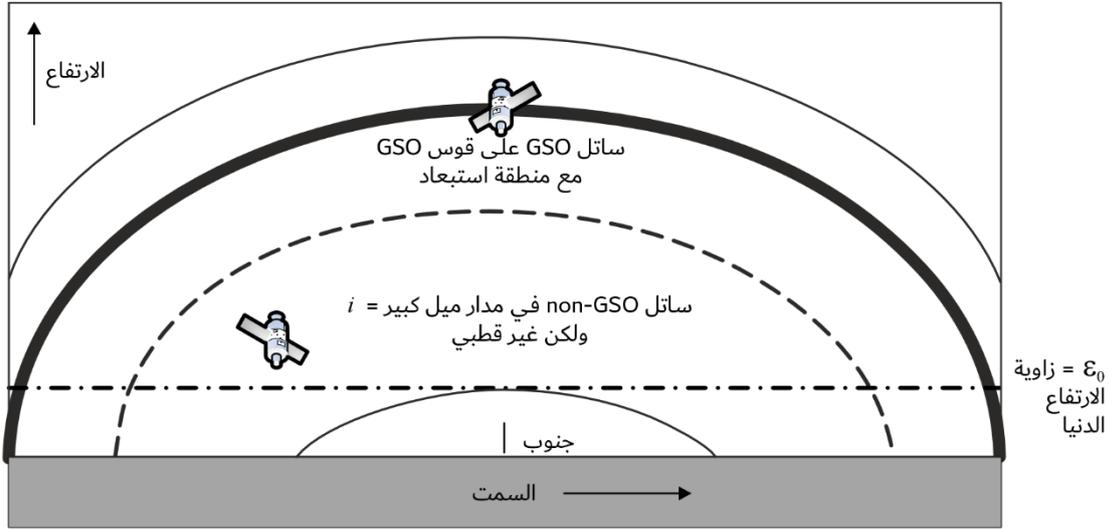
S.1503-24

هذا المثال مشابه للحالة الاستوائية من حيث إنه ليس هنالك من هندسية خط مستقيم، وبالتالي فإن الزاوية φ_{min} التي يتعين استخدامها هي الفاصل الزاوي بين حافة المنطقة المرئية والقوس GSO أو زاوية منطقة الاستبعاد $\alpha_0[lat]$ ، أيهما أكبر.

ميل منخفض، هندسية في خط مستقيم

الشكل 25

ميل منخفض، هندسية في خط مستقيم



S.1503-25

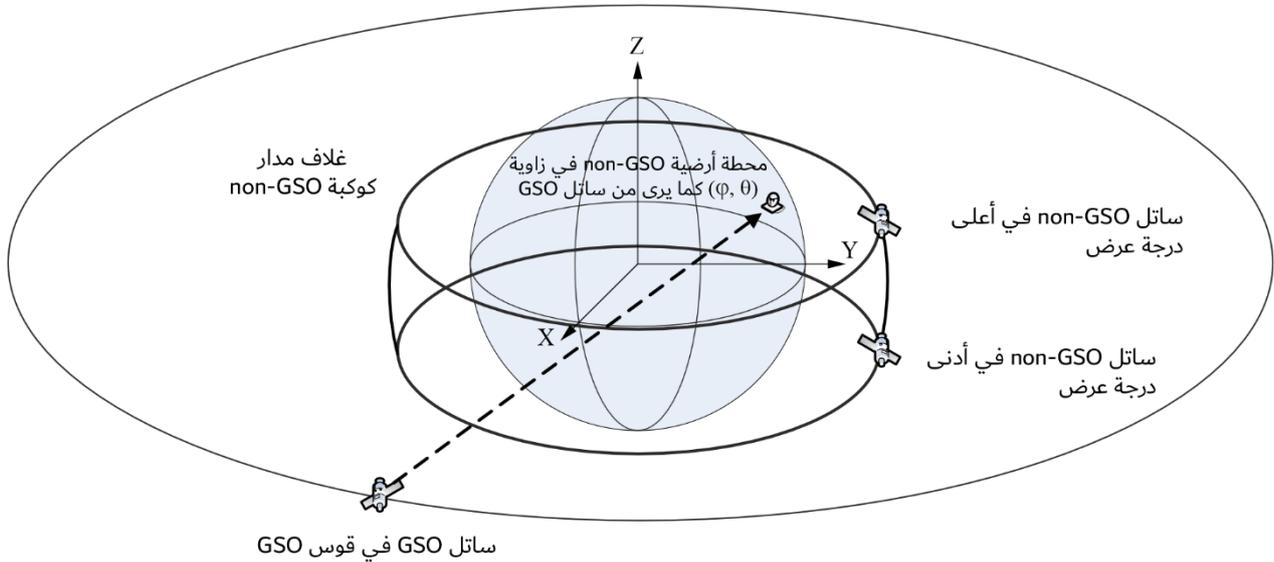
هذا هو امتداد للحالة السابقة مع زيادة الميل إلى أن تنتشر المنطقة المرئية على جانبي القوس GSO. عندئذ تكون أدنى زاوية منحرفة عن المحور هي مقدار منطقة الاستبعاد، بحيث تكون $\phi_{min} = \alpha_0[lat]$.

الحالة العامة

يوضح الشكل 26 هندسية الحالة العامة.

الشكل 26

حالة عامة، غلاف مداري



S.1503-26

تتكرر الطريقة العامة عبر مجال رؤية الساتل GSO وتحدد موقع المحطة الأرضية المصاحبة.

وفي حالة الأنظمة non-GSO غير متكررة المدارات، تتطابق النتيجة في جميع خطوط الطول الخاصة بالنظام GSO، ومن ثم يمكن استخدام خط طول GSO = صفر°.

أما فيما يخص الأنظمة non-GSO متكررة المدارات، فينبغي تنفيذ تشغيل أولية وحساب متوسط خط طول كل من السواتل non-GSO على مدة التكرار إلى جانب أرجحية وجود الساتل non-GSO على بُعد درجة واحدة من متوسط خط الطول. وينبغي وضع الساتل GSO عند متوسط خط طول الساتل non-GSO بأعلى أرجحية لوجوده على بُعد درجة واحدة من متوسط خط طول ذلك الساتل.

ثم يتحدد ما يلي:

- خط الطول للساتل GSO
- زاوية φ للمحطة الأرضية non-GSO (خط العرض، خط الطول)
- الحد الأقصى أو الحد الأدنى لخط العرض للساتل non-GSO
- نصف قطر الساتل non-GSO عندما يكون عند خط العرض الأقصى/الأدنى.

ومن ثم يمكن تكرار ذلك على خط الطول للساتل non-GSO مما يقلل من الزاوية إلى الساتل GSO كما يرى من المحطة الأرضية. وهذا هو عكس الزاوية α ومن ثم تسمى الزاوية β . ويمكن اشتقاق ذلك باستخدام التكرار أو الطريقة التحليلية كما هو موضح في الفقرة 4.4.4.D6. وسيكون هنالك موقعان، هما β_+ المرتبطة بالحد الأقصى لخط العرض و β_- المرتبطة بالحد الأدنى لخط العرض للنظام non-GSO.

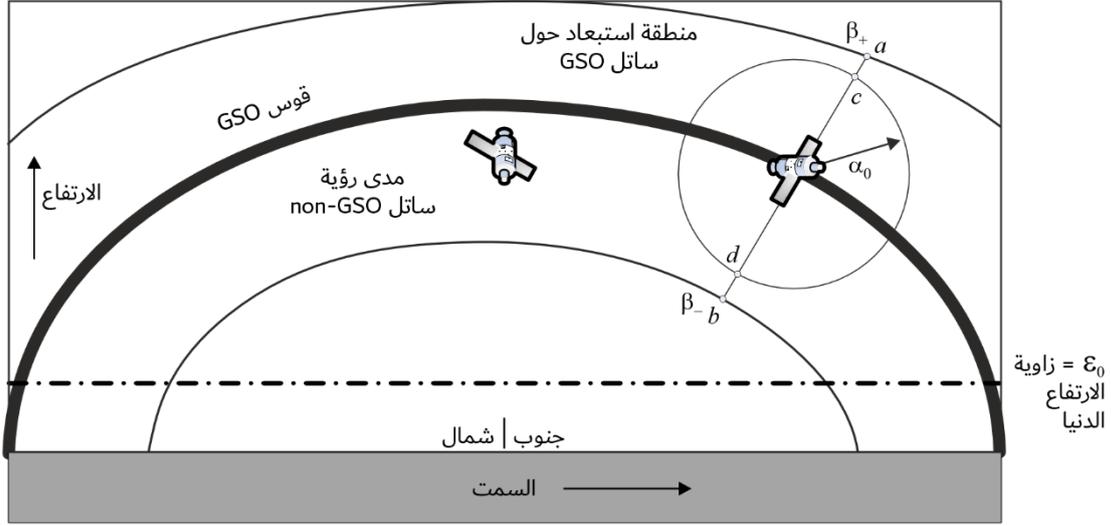
ومن الممكن أيضاً تحديد النقاط التي تكون في اتجاه β_+ و β_- مع الزاوية α_0 من الساتل GSO كما يبدو في الأشكال 27 و 28 و 29. ويفضي ذلك إلى النقاط $\{d, c, b, a\}$ التي يمكن التحقق منها لمعرفة ما إذا كانت صالحة، وأنها على وجه الخصوص:

- بعيدة على الأقل بمقدار α_0 عن الساتل GSO (القوس)
- موجودة ضمن المدى $[\beta_-, \beta_+]$ من الساتل non-GSO كما يرى من المحطة الأرضية
- فوق الحد الأدنى لزاوية الارتفاع non-GSO لخط العرض في المحطة الأرضية non-GSO وسمت نقطة الاختبار.

فإذا كانت صالحة، عندئذ يمكن اعتبارها كخيارات ممكنة لأدنى زاوية منحرفة عن المحور باتجاه الساتل GSO في المحطة الأرضية non-GSO عند التسديد نحو الساتل non-GSO.

الشكل 27

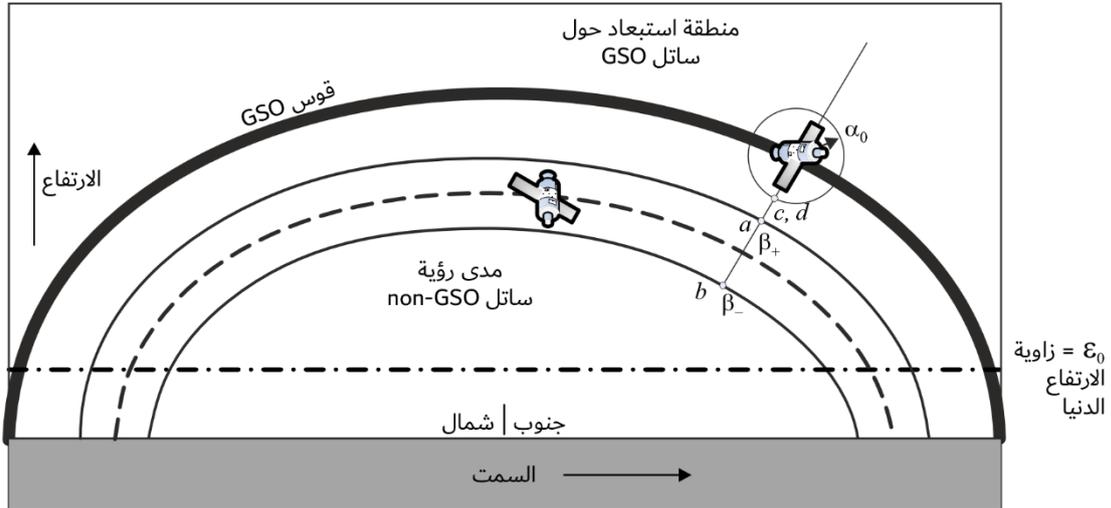
الحالة العامة هندسية أسوأ حالة (صاعدة) عندما تحتوي $[\beta-, \beta+]$ القوس GSO



S.1503-27

الشكل 28

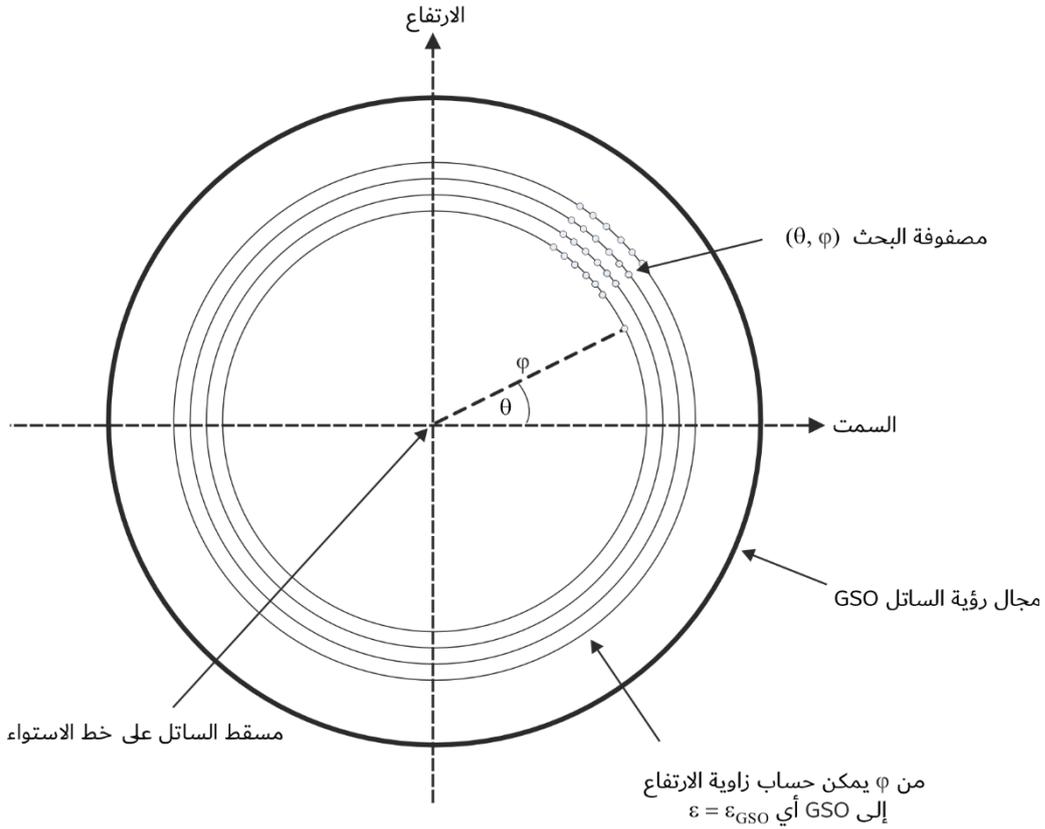
الحالة العامة هندسية أسوأ حالة (صاعدة) عندما لا تحتوي $[\beta-, \beta+]$ القوس GSO أو تتقاطع مع α الدنيا



S.1503-28

الشكل 31

البحث عن مجال رؤية الساتل GSO



S.1503-31

يتم البحث في مجال (θ, φ) كما هو موضح أدناه:

WCGA_UP_General:

```

CheckCaseUpGeneral(0, 0)
NumberOfPhiSteps = Integer(Degrees( $\varphi_0$ ) / 0.1)
For PhiStep = 1 to NumberOfPhiSteps inclusive
   $\varphi = \varphi_0 * \text{PhiStep} / \text{NumberOfPhiSteps}$ 
  ThetaStepSizeDegrees = 0.1 *  $\varphi_0 / \varphi$ 
  NumberOfThetaSteps = max(16, Integer(360 / ThetaStepSizeDegrees))
  For ThetaStep = 0 to NumberOfThetaSteps-1 inclusive
     $\theta = \text{radians}(\text{ThetaStepSizeDegrees} * \text{ThetaStep})$ 
    CheckCaseUpGeneral( $\theta, \varphi$ )
  Next ThetaStep
Next PhiStep

```

CheckCaseUpGeneral(θ, φ):

```

Convert ( $\theta, \varphi$ ) to (az, el) at a GSO satellite set at longitude = 0
Use (az, el) to create line from the GSO satellite

```

Calculate the intersection point of that line and the spherical Earth
 Calculate the (lat, long) of the non-GSO ES at the intersection point
 Check that the latitude is in the range of the non-GSO system i.e between
 ES_LAT_MIN and ES_LAT_MAX
 Check that the $N_{co}(lat) > 0$
 If the latitude is ok then
 If the non-GSO system uses a repeating orbit then
 {
 Call WCGA_UP_SpecificES_Repeating
 Return
 }
 For this (lat, long) calculate the geocentric angle χ
 For the GSO system's beamwidth, calculate the $F_{672}(\chi)$
 If the e.i.r.p. mask is defined by offaxis angle then
 {
 Call CalcMinOffaxisAngle to calculate ϕ for this location
 If find a minimum offaxis angle then calculate the epfd(up) using:

$$epfd(up) = e.i.r.p.(lat, \phi) + 10\log_{10}(NUM_ES) + 10\log_{10}(N_{co}(lat)) + \left(\frac{D_{ES}}{100}\right)^2 F_{672}(\chi)$$
 If this is the highest epfd(up) then store this value and (θ, ϕ)
 }
 Else the ES e.i.r.p. mask is defined by (az, el, DeltaLongES) then
 {

 Call CalcES_e.i.r.p.(Non-GSO ES lat, long) to calculate
 e.i.r.p.(lat) for this location
 Calculate the epfd(up) using:

$$epfd(up) = e.i.r.p.(lat) + 10\log_{10}(NUM_ES) + 10\log_{10}(N_{co}(lat)) + \left(\frac{D_{ES}}{100}\right)^2 F_{672}(\chi)$$
 If this is the highest epfd(up) then store this value and (θ, ϕ)

 Endif
 Endif

ويلاحظ أن طريقة حساب أقصى خط عرض للنظام non-GSO واردة في الفقرة 6.3.2.D3.

CalcES_e.i.r.p.(non-GSO ES lat, long)
 Calculate the DeltaLongES
 Create a vector r_{ES} of the non-GSO ES
 Set Maxe.i.r.p. = -9999
 Identify the ES_e.i.r.p. table for this non-GSO latitude
 Set StepSizeDeg = 0.5

```

Set NumAz = 1 + integer(360 degrees / StepSizeDeg)
Set NumEl = 1 + integer(90 degrees / StepSizeDeg)
For all az_i = 0 to NumAz not inclusive
  Az = -180 + az_i * 360 / NumAz
  For all el_i = 0 to NumEl inclusive
    El = 0 + el_i * 90 / NumEl
    Create a vector  $r_{azel}$  in direction (az, el)
    Select the appropriate es e.i.r.p. (az, el) array
    If the (az, el) direction is outside the exclusion zone and above
the minimum elevation for this azimuth and there could be a satellite in this
direction then
      {
        Calculate the ES_e.i.r.p.az,el towards the GSO for this (az, el,
DeltaLong)
        If ES_e.i.r.p.az,el is greater than ES_e.i.r.p. then use this value
instead
      }
    Next el_i
  Next az_i

```

ولتحديد مدى احتمال وجود سائل non-GSO في اتجاه (سمت az، ارتفاع el) محدد من محطة أرضية non-GSO في الموقع rES، يمكن استخدام الخوارزمية التالية، بافتراض أن المتجهين r_{ES} و r_{azel} يقعان في إحداثيات مركزها الأرض (x، y، z):
المداخلات:

r_{ES} = متجه موقع المحطة الأرضية non-GSO

r_{azel} = المتجه في اتجاه (az, el)

i = زاوية ميل المدار الساتلي non-GSO

a = المحور شبه الرئيسي للساتل non-GSO

e = الاختلاف المركزي للساتل non-GSO

فإذا كان الاختلاف المركزي للساتل non-GSO = صفر (أي مدار دائري):

يُحتمل وجود سائل في الاتجاه (az, el) إذا كان

$$-i \leq \text{Latitude}(a) \leq +i$$

وإلا إذا كان الاختلاف المركزي للساتل non-GSO < صفر (أي مدار إهليلجي):

يُحتمل وجود سائل في الاتجاه (az, el) إن تحقق الاحتمالان التاليان:

$$-i \leq \text{Latitude}(a(1+e)) \leq +i$$

$$-i \leq \text{Latitude}(a(1-e)) \leq +i$$

حيث الدالة CalcLatitude(d) هي:

يُنشأ خط من المحطة الأرضية non-GSO في الاتجاه (az, el) باستخدام المعلمة λ:

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_{ES} + \lambda \mathbf{r}_{azel}$$

ويمكن حساب قيمة λ التي يقع خطها على مسافة d من مركز الأرض بحل المعادلة التربيعية التالية:

$$r_{azel}^2 \lambda^2 + 2(r_{ES} \cdot r_{azel}) \lambda + r_{ES}^2 - d^2 = 0$$

وينبغي استخدام الجذر $\lambda < 0$ لحساب متجه الموقع r .

ومن ذلك يمكن حساب خط العرض باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{Latitude}(d) = \text{asin}(r \cdot z / r)$$

CalcMinOffaxisAngle(non-GSO ES lat, long)

Calculate the $(az_{GSO}, \epsilon_{GSO})$ of the GSO satellite as seen by the non-GSO ES
Determine the radius $R_{n,+}$ of the non-GSO satellite when its $lat = +i$
Determine the radius $R_{n,-}$ of the non-GSO satellite when its $lat = -i$
If $R_{n,+}$ or $R_{n,-}$ are below the minimum operating height then determine the latitude of the non-GSO satellite when at this height and use this instead
For each of $\{R_{n,+}, R_{n,-}\}$ and $\{lat_+, lat_-\}$, calculate the $\{\beta_+, \beta_-\}$ angles and associated non-GSO satellite positions identified as (a, b) in Figs 27-29
For each of the $\{\beta_+, \beta_-\}$ positions, use spherical geometry to derive points (c, d) which have angle at the ES of α_0 along the lines to point (a, b) respectively
For each of (a, b, c, d) points, calculate the (azimuth, elevation) as seen by the ES
Set the MinimumAngle to be +9999
For each of points (a, b, c, d):
 If point is within $\{\beta_+, \beta_-\}$ range and at least α_0 away from GSO satellite and above the $\epsilon_0(lat, azimuth)$ then
 {
 MinimumAngle = min(MinimumAngle, angle for this point)
 }
Next point
If $\{\beta_+, \beta_-\}$ bracket the GSO arc and the elevation of the GSO satellite is less than the minimum elevation angle for the GSO satellite azimuth then
{
 MinimumAngle = min(MinimumAngle, $\max(\alpha_0, \epsilon_0[Lat, Az_{GSO}] - \epsilon_{GSO})$)
}
Return MinimumAngle or if not found, an error code

WCGA_UP_SpecificES_Repeating 4.3.2.D3

إذا كانت ثمة مواقع محددة للمحطات الأرضية وكانت الشبكة الساتلية non-GSO تستعمل مدار مسار متكرر عندئذ يكون عدد الهندسيات الممكنة محدوداً جداً. وبالتالي من الممكن تحليق الساتل لفترة التكرار ثم حساب الزاوية α لكل محطة أرضية لكل ساتل non-GSO. فإن كانت $\alpha \geq \alpha_0$ ، أو كانت زاوية الارتفاع أقل من الحد الأدنى فلن تبت المحطة الأرضية، وإلا يمكن اشتقاق الكثافة epfd نحو ذلك الموقع.

ولن تكون جميع الهندسيات ممكنة. فمثلاً:

- لن ترى المحطة الأرضية non-GSO فوق $81,29^\circ$ شمالاً أو جنوباً القوس GSO ولذلك يمكن استبعادها.
- سيكون هناك اختلاف أقصى في خط الطول بين خط الطول للمحطة الأرضية non-GSO يتحدد بزاوية الارتفاع لحافة التغطية (EOC) للنظام GSO.
- لن تبت المحطة الأرضية non-GSO نحو الساتل non-GSO عندما تكون ضمن منطقة الاستبعاد المحددة بالعلاقة $\alpha < \alpha_0$.
- لن تبت المحطة الأرضية non-GSO نحو الساتل non-GSO عندما تكون زاوية ارتفاعها دون الحد الأدنى $\epsilon < \epsilon_0[lat, az]$.

- يكون الساتل non-GSO دون الحد الأدنى لارتفاع التشغيل h_{min} .
- عدد السواتل non-GSO التي يمكن أن ترى المحطة الأرضية عند خط العرض هذا هو الصفر.
- ومن ثم يتم التحقق من ذلك في الخوارزمية التالية:

WCGA_UP_SpecificES_Repeating

```

Calculate time step according to algorithm in § D4.3
For t = 0 to repeat time of constellation
  Update positions of non-GSO satellites for this time step
  For each non-GSO ES
    If the non-GSO ES lat is <+81.29° && >-81.29° && Nco[Lat] > 0 then
      For each non-GSO satellite
        If satellite is visible and above minimum operating height
          Calculate the elevation angle  $\epsilon$  and azimuth
          Calculate the exclusion zone angle  $\alpha$ 
          If ( $\epsilon \geq \epsilon_0[\text{lat}, \text{az}]$  and  $\alpha \geq \alpha_0[\text{lat}]$ ) then
            
$$EPFD(up) = EIRP(\alpha, \text{lat}) + 10\log_{10}(N_{co}(\text{lat}))$$

            If this is the worst epfd so far then store this
            geometry
          Endif
        Endif
      Endif
    Next satellite
  Endif
Next ES
Next time step

```

WCGA_UP_SpecificES_NonRepeating 5.3.2.D3

بالنسبة للحالة غير المتكررة، تقوم السواتل non-GSO بملاء غلاف المدار، ولكن بعض الهندسيات فقط من التي سينظر فيها في الحالة العامة ستكون ممكنة، ذلك لأن المحطة الأرضية non-GSO ستكون عند خطوط عرض معينة فقط. لذلك، يبحث هذا النهج عبر القوس GSO كما ترى من المحطة الأرضية non-GSO، ثم يتبع نهجاً مماثلاً للحالة العامة.

WCGA_UP_SpecificES_NonRepeating:

```

For each non-GSO ES
  If the non-GSO ES latitude is <+81.29° or >-81.29° then
    Calculate MaxDeltaLong = acos((Re/Rgeo)/cos(ES_lat))
    NumLongSteps = (integer)(degrees(MaxDeltaLong)/0.1°)
    For DeltaLongStep = -NumLongSteps to +NumLongSteps
      DeltaLong = MaxDeltaLong * DeltaLongStep / NumLongSteps
      GSO_Long = ES_Long + DeltaLong
      Calculate (az, el) of ES as seen by GSO satellite
      Convert (az, el) to ( $\theta$ ,  $\phi$ )
      Call CheckCaseUpGeneral( $\theta$ ,  $\phi$ )
    Next DeltaLongStep
  Endif

```

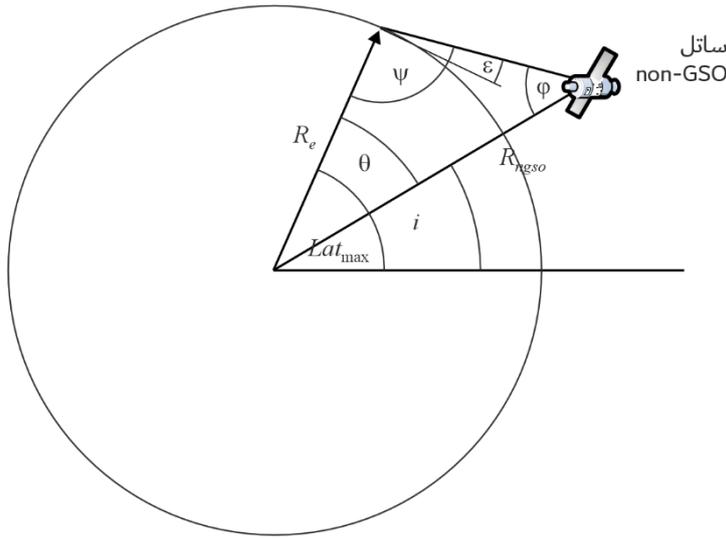
Next ES

6.3.2.D3 المدى في خط العرض

عند حساب الهندسية WCG (صاعدة) وكذلك الكثافة epfd (صاعدة)، من الضروري تحديد المكان الذي يمكن فيه وضع المحطة الأرضية. وبينما تتمتع معظم الأنظمة في النمطين A و B بتغطية عالمية، فإن الشبكات non-GSO من النمط C ستكون محدودة من حيث مدى خط العرض. وبالنسبة للأنظمة ذات الكوكبات الفرعية المتعددة، قد يتفاوت هذا المدى بين الكوكبات الفرعية. ويمكن اشتقاق مدى خط العرض من ارتفاع الساتل وزاوية ميله وزاوية ارتفاع التشغيل الدنيا بالنسبة إلى المحطة الأرضية، كما يبدو في الشكل 32 أدناه:

الشكل 32

حساب أقصى خط عرض للمحطات الأرضية



S.1503-32

وفي حالة الأنظمة الإهليلجية هنالك قيمتان، إحداهما للأوج والأخرى للحضيض، ومن ثم تكون المدخلات كما يلي:

a المحور شبه الرئيسي للمدار (km):

e الاختلاف المركزي للمدار:

ε أقل زاوية ارتفاع (راديان):

i زاوية الميل (راديان):

ومن هذه المعلمات، يمكن إجراء الحسابات التالية:

$$r_a = a(1 + e)$$

$$\psi = \frac{\pi}{2} + \varepsilon$$

$$\varphi_a = \sin^{-1} \left(\frac{R_e}{r_a} \sin \psi \right)$$

$$\theta_a = \pi - (\psi + \varphi_a)$$

عندئذ:

$$Lat_{max} = i + \theta_a$$

وعلى نفس المنوال، باستعمال:

$$r_p = a(1 - e)$$

وباستعمال نفس المعادلات، لكن مع إحلال اللاحقة (p) محل اللاحقة (a):

$$Lat_{min} = -i - \theta_p$$

ويفترض في ذلك بالنسبة إلى الأنظمة الإهليلجية أن الأوج في نصف الكرة الشمالي، أي أن أحد العلاقتين التاليتين صحيح:

$$e = 0$$

$$\omega = 270^\circ$$

حيث:

$$\omega: \text{زاوية الحضيض.}$$

وفي حالة:

$$e > 0$$

$$\omega = 90^\circ$$

ينبغي حينئذ إجراء التعديلين التاليين:

$$Lat_{max}' = -Lat_{min}$$

$$Lat_{min}' = -Lat_{max}$$

وإذا كان ميل المدار صفرًا والاختلاف المركزي صفرًا (أي المدار دائري استوائي) تصبح المعادلتان بالتبسيط كما يلي:

$$Lat_{max} = \theta$$

$$Lat_{min} = -\theta$$

3.D3 هندسية الحالة الأسوأ epfd_{IS}

1.3.D3 المدخلات

مدخلات الخوارزمية كما يلي:

SS_e.i.r.p.: قناع e.i.r.p. للساتل المطلوب فحصه

θ_{adB} : فتحة نصف القدرة لحزمة الساتل GSO

ε : أقل زاوية ارتفاع للنظام GSO

$a, i, e, \Omega, \omega, v$: معلمات المدار للنظام non-GSO

ويمكن اختيار فتحة نصف القدرة لحزمة الساتل GSO وزاوية الارتفاع الدنيا باستخدام الطريقة نفسها الواردة في الفقرة 2.2.D3 من أجل WCG epfd (صاعدة).

وإذا كانت هناك كوكبات فرعية متعددة ذات عناصر مدارية بديلة، عندئذ ينبغي تكرار العملية لكل مجموعة $\{i, e, a\}$ في حد ذاتها.

2.3.D3 الخوارزمية

WCGA_IS:

From the epfd limits get the gain pattern to use

From the epfd limits get the GSO beamwidth θ_{adB}

From θ_{adB} calculate φ_1, φ_2

Using the gain pattern calculate $G_{rel}(\varphi_i)$ for $i = 1, 2$

From φ_1 calculate LatBS

```

If for all satellites  $i = 0$  then
{
    Worst Case Geometry:
        BS.Latitude = 0
        BS.Longitude = LatBS
        GSO.Longitude = 0
}
Else
{
    Set WorstEPFDBin = -9999
    Set WorstAngularVelocity = +9999
    For all satellites in the order listed in ITU DB
    {
        Determine e.i.r.p. mask to use for this satellite
        If this e.i.r.p. mask has not been checked so far then
            Call GetWCGA_IS(e.i.r.p._mask,  $i$ )
        End if
    }
    Next satellite
}
If no solution has been found then
{
    Convert ( $\theta=i$ ,  $\varphi=\varphi_1$ ) to (az, el)
    Using (az, el), create line from the GSO satellite
    Put the ES at the first intersection point with the Earth
}
Rotate GSO, BS in longitude to ensure inline event

```

```

GetWCGA_IS(e.i.r.p._Mask,  $i$ ):
    LatStep =  $i$  / RoundUp( $i$ ) in degrees
    For lat= $-i$  to  $+i$  in LatStep steps
    {
        Set satellite at latitude to calculate  $\underline{r}$ ,  $\underline{v}$ 
        If satellite is above minimum operating height
        {
            From  $r$ ,  $\varphi_i$  calculate  $\psi_i$ 
            From  $\varphi_i$ ,  $\psi_i$  calculate  $D_i$ ,  $\theta_i$ 
            Try to calculate  $\Delta long_i$ 
            In the cases that the geometries are feasible
            {
                From the GSO gain pattern calculate  $G_{rel}(\varphi_i)$ 
                From the e.i.r.p. mask calculate e.i.r.p. ( $\psi_i$ )
                Calculate  $epfd_i$ 
                Calculate  $\underline{r}_{gso}$ ,  $\underline{v}_{gso}$ 
                Calculate  $\theta$  of non-GSO satellite as seen by GSO
                If  $epfd_i$  is higher than Worstepfd
                {
                    Store this geometry
                    WorstAngularVelocity =  $\theta$ 
                    Worstepfd =  $epfd_i$ 
                }
                Else if  $epfd_i$  is the same bin as Worstepfd
                {
                    If  $\theta$  is lower than WorstAngularVelocity

```

```

{
  Store this geometry
  WorstAngularVelocity =  $\theta$ 
}
}
}
}
}
}

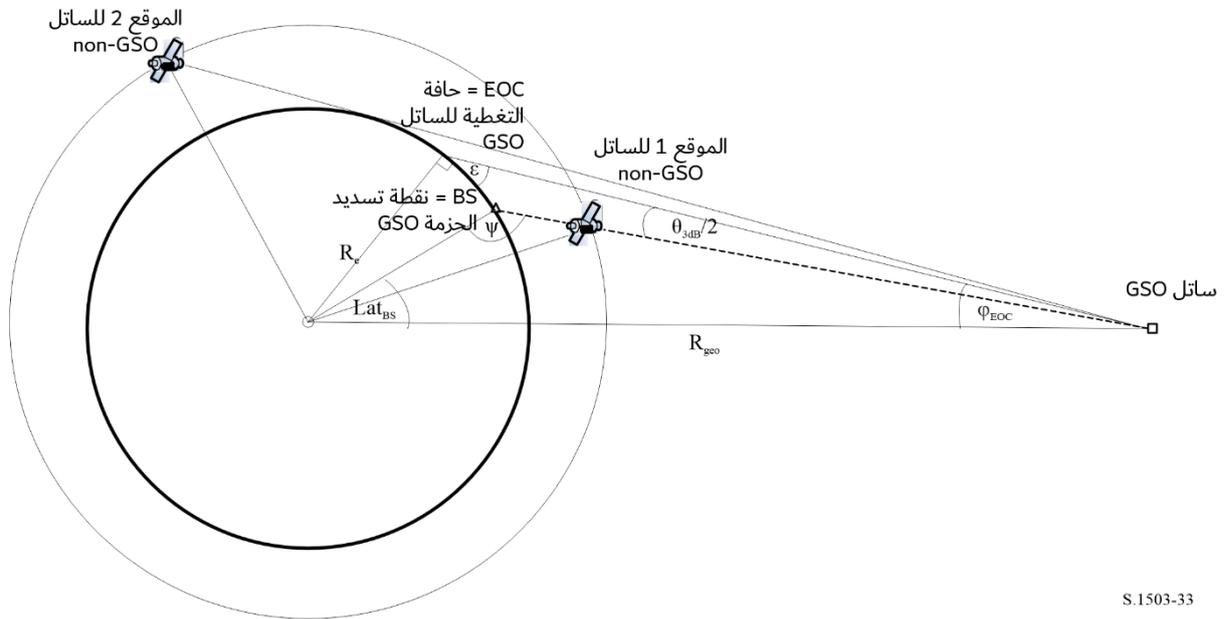
```

3.3.D3 الهندسية

هنالك هندسيتان تنطويان على أهمية وهما عندما يصبح الساتل non-GSO بالكاد مرئياً من الساتل GSO وعندما يجتاز حزمة الساتل GSO، كما هو مبين في الشكل 33:

الشكل 33

موقعان هندسية الحالة الأسوأ (بين السواتل) للساتل non-GSO



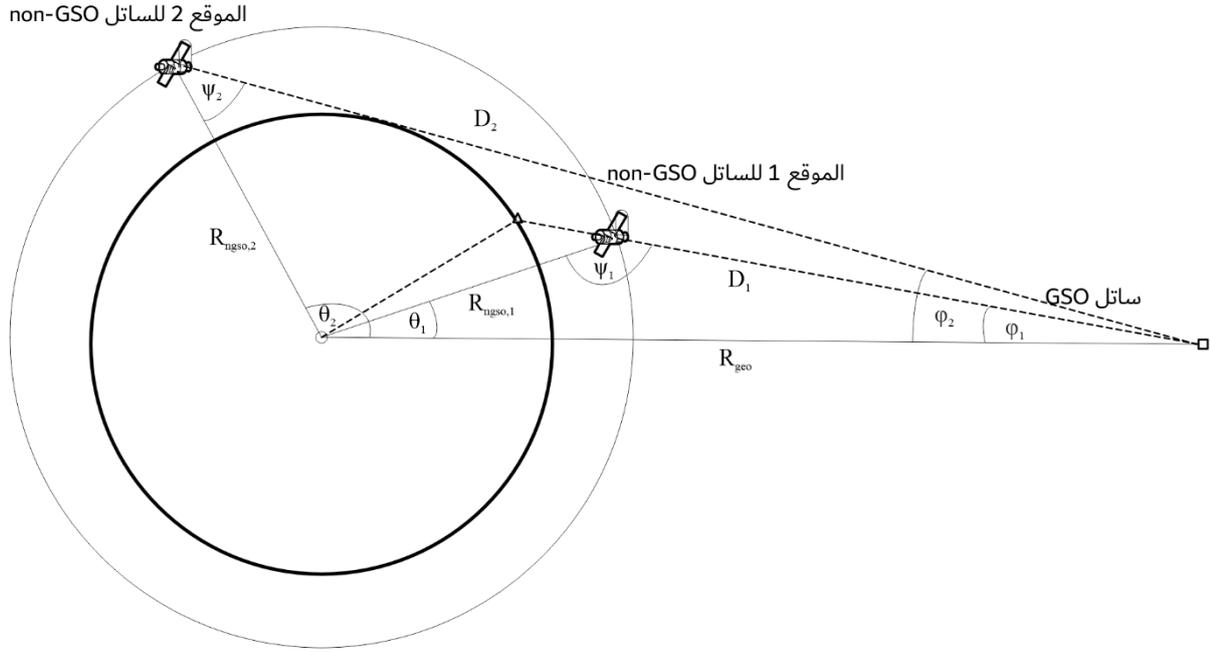
S.1503-33

وفي بعض الحالات، يستوعب نفس موقع هندسية الحالة الأسوأ (WCG) كلتا الهندسيتين - أي في حالة نظام ساتلي استوائي تستقيم الحزمة عند منتهى قيم السمات لكلتا الهندسيتين.

ومن الممكن حساب الزاوية المنحرفة عن المحور من نصف قطر الساتل non-GSO عند كل من الموقعين وبالتالي القدرة (e.i.r.p. (θ)) إلى جانب المسافة، كما هو مبين في الشكل 34:

الشكل 34

حساب الزاوية المنحرفة عن المحور للساتل لهندسي الحالة الأسوأ (بين السواتل)



S.1503-34

حيث:

$$\varphi_1 = \varphi_{BS} \text{ (from above)}$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{R_e}{R_{gso}}$$

وبالتالي:

$$\sin \psi_i = \frac{R_{geo}}{R_{ngso,i}} \sin \varphi_i$$

حيث $\{1, 2\} = i$ مع ملاحظة أن $\psi_1 < \frac{\pi}{2}$ وأن $\psi_2 > \frac{\pi}{2}$ بحيث:

$$\psi_1 = \pi - \sin^{-1} \left[\frac{R_{geo}}{R_{ngso,1}} \sin \varphi_1 \right]$$

$$\psi_2 = \sin^{-1} \left[\frac{R_{geo}}{R_{ngso,2}} \sin \varphi_2 \right]$$

عندئذ:

$$\theta_i = \pi - \varphi_i - \psi_i$$

$$D_i = R_{ngso,i} \frac{\sin \theta_i}{\sin \varphi_i}$$

وبالتالي يمكن حساب سويتي efpd وحيدة المصدر، في حالة ساتل non-GSO بمسافة نصف قطر $R_{ngso,i}$ عند الهندستين المحدتين، على النحو التالي:

$$epfd_i = e.i.r.p.(\psi_i) + G_{rel,i} - 10 \log_{10}(4\pi D_i^2)$$

ويلاحظ أن $G_{rel,1} = 0$ و $G_{rel,2} = G_{rel}(\varphi_2 - \varphi_1)$ و D تقاس بالأمتار.

ويمكن إبدأً، بضبط الساتل non-GSO عند خط عرض محدد، lat ، (حيث خط الطول $long$) اشتقاق الكثافة $epfd$ وحيدة المصدر من متجه نصف القطر والهندسيتين المحددتين أعلاه.

وفي بعض الحالات، لا تكون هناك هندسية مستقيمة - ففي حالة الأنظمة الإهليلجية عند الأوج مثلاً لا يتقاطع الخط الواصل من الساتل non-GSO إلى القوس GSO مع الأرض عند أي نقطة. ويمكن التحقق من ذلك بحساب الفرق في خط الطول بين الساتل GSO والنقطة على القوس GSO من الهندسية أعلاه وخط عرض الساتل non-GSO باستعمال العلاقة:

$$\cos \Delta long_i = \frac{\cos \theta_i}{\cos lat_i}$$

فإذا تعذر حل هذه المعادلة، عندئذ لن يكون هنالك موقع يفي بالهندسية المطلوبة. ويمكن استبعاد المواقع الأخرى إذا كان الساتل non-GSO أقل من الارتفاع التشغيلي الأدنى.

فإذا أمكن حل المعادلة، يمكن عندئذٍ حساب موضع الساتل non-GSO والساتل GSO من العلاقتين:

$$\underline{r}_{ngso} = R_{ngso} \begin{pmatrix} \cos(lat)\cos(long) \\ \cos(lat)\sin(long) \\ \sin(lat) \end{pmatrix}$$

$$\underline{r}_{gso} = R_{gso} \begin{pmatrix} \cos(long - \Delta long) \\ \sin(long - \Delta long) \\ 0 \end{pmatrix}$$

وفي حالة $i = 1$ يكون محور التسديد هو النقطة التي يتقاطع فيها الخط L من الساتل GSO إلى الساتل non-GSO مع سطح الأرض.

$$\underline{L}_1(\lambda) = \underline{r}_{gso} + \lambda(\underline{r}_{ngso} - \underline{r}_{gso})$$

وفي حالة $i = 2$ يكون محور التسديد على خط يُنشأ باستخدام موقع ساتل non-GSO، محسوباً باستخدام العلاقة:

$$R'_{ngso,2} = R_{geo}$$

حيث:

$$\psi'_2 = \pi - \varphi_1 - \theta_2$$

وفي حالة تعدد المواقع بنفس الكثافة $epfd$ وحيدة المصدر، يكون الموقع الذي ينبغي استعماله منها هو الأقل من حيث السرعة الزاوية، باستعمال نفس طريقة خوارزمية هندسية الحالة الأسوأ (هابطة)، علماً بأن من الممكن اشتقاق متجه السرعة للساتل GSO بنفس الطريقة المستعملة للمحطات الأرضية، أي:

$$\underline{v}_{gso} = w_e \begin{pmatrix} -y \\ x \\ 0 \end{pmatrix}$$

ويختار موقع الساتل GSO بحيث يجتاز أحد السواتل non-GSO ذات قناع e.i.r.p. المحدد الهندسية الحرجة أثناء مداره الأول، باستعمال نفس منهجية خوارزمية هندسية الحالة الأسوأ (صاعدة).

وقد ورد وصف الهندسية الإضافية بخصوص هندسية الحالة الأسوأ من أجل $epfd$ (بين السواتل) في الفقرتين 3.1.D3 و 3.2.D3 أعلاه.

D4 حساب مقدار وعدد الزيادات الزمنية

1.D4 وحدة الزيادة الزمنية للمحاكاة ودقتها

تمثل وحدة الزيادة الزمنية التدرجية إحدى أهم المعلومات في تحديد دالة توزيع التداخل من الشبكات non-GSO على أساس نموذج المحاكاة. وينبغي أن تحدد قيمتها بحيث تضمن عدم وجود حالات يحدث فيها إغفال للتداخلات عالية السوية قصيرة الأمد التي

تتجاوز سوية معينة مقبولة، وعدم أخذها في الاعتبار، وإلا أصبحت نتيجة تحليل المحاكاة غير دقيقة، بل وخاطئة أحياناً. ويؤدي قصر وحدة الزيادة الزمنية في نموذج المحاكاة إلى زيادة في دقة النتيجة، ولكنه يؤدي في نفس الوقت إلى زيادة إجمالي عدد وحدات الزيادة الزمنية للمحاكاة، وما يترتب على ذلك من زيادة في الحسابات المطلوبة.

ويرد فيما يلي أدناه وصف خوارزميات حساب وحدة الزيادة الزمنية في نموذج المحاكاة للوصلات الصاعدة والهابطة وبين السواتل. وتستند الخوارزميات إلى مجموعة من الخصائص المدارية، مثل زاوية الميل. وإذا كانت هنالك مجموعات متعددة، من أجل كوكبات فرعية متعددة مثلاً، عندئذ يجب استخدام أطول زمن تشغيله وأصغر زيادة زمنية عبر جميع الكوكبات الفرعية. وفي حال استخدام زاوية مبادرة اصطناعية، ينبغي أن تُستخدم القيمة ذاتها لجميع سواتل النظام non-GSO. وينبغي أن تكون القيمة المستخدمة هي تلك المحتسبة للسواتل المستعمل لاشتقاق مقدار الزيادة الزمنية ومدة التشغيل. ولاختصار زمن التشغيل، ينبغي اتباع الإجراء التالي لضبط مقدار الزيادة الزمنية لحالات المدارات غير المتكررة حيث يتجاوز عدد الزيادات الزمنية $1e8$ رادبان:

Calculate time step and run time using $N_{hit} = 16$

If orbit is non-repeating

If number of time steps exceeds $1e8$ then:

$$N'_{hit} = \frac{N_{hit}}{\min(N_{course}, \sqrt{N_{satellites}})}$$

Re-calculate time step and run time

$$N'_{course} = \text{floor} \left(\frac{N'_{hit}}{N_{hit}} N_{course} \right)$$

$$TS'_{course} = TS' \cdot N'_{course}$$

Endif

Endif

2.D4 وصف الإجراء لتحديد الزيادة الدنيا في زمن المحاكاة للوصلة الهابطة

ينبغي لقيمة الزيادة في زمن المحاكاة أن تضمن تحديد ووصف سيناريوهات التداخل الأقصر أمداً بالدقة المطلوبة وتنشأ التداخلات قصيرة الأمد رفيعة المستوى من الإرسالات الصادرة عن محطة فضائية non-GSO تكون في وضع مستقيم (أي يقطع الساتل non-GSO الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية المستقرة بالنسبة إلى الأرض). ومن ثم، تستند طريقة تحديد الزيادة في زمن المحاكاة Δt_{ref} إلى ضمان العدد N_{hit} اللازم من تقديرات الكثافة ρ_{fd} خلال فترة زمنية Δt عندما يقطع الساتل non-GSO الحزمة الرئيسية لهوائي محطة أرضية GSO:

$$(1) \quad \Delta t_{ref} = \frac{\Delta t}{N_{hit}}$$

وينبغي تدوير القيمة Δt_{ref} إلى أقرب ميلي ثانية غير الصفر.

ويتوقف الزمن اللازم لكي يقطع الساتل non-GSO الحزمة الرئيسية لهوائي محطة أرضية GSO على الموقع المتبادل للمحطتين الأرضية والفضائية للشبكة GSO فضلاً عن المعلومات المدارية للشبكة non-GSO. وينبغي حساب قيمة Δt في الموقع الذي يكون فيه الزمن المستغرق في قطع الساتل non-GSO للحزمة الرئيسية GSO أقل ما يمكن. وبما أن ذلك يحدث عندما تكون المحطة الأرضية GSO واقعة مباشرة تحت المحطة الفضائية GSO، يتحدد زمن اجتياز الحزمة Δt بالمعادلتين (2) و(3) (انظر الشكل 35):

$$(2) \quad \Delta t = \frac{2\varphi}{\omega}$$

حيث:

$$\varphi = \frac{1}{2} \theta_{3\text{dB}} - \arcsin \left[\frac{R_e}{R_e+h} \sin \left(\frac{1}{2} \theta_{3\text{dB}} \right) \right]$$

$$(3) \quad \omega = \sqrt{(\omega_s \cos(i) - \omega_e)^2 + (\omega_s \sin(i))^2}$$

$$\omega_s = \frac{0.071}{[(R_e + h)/R_e]^{1.5}}$$

ω_s : السرعة الزاوية لدوران الساتل non-GSO حول الأرض على الارتفاع التشغيلي الأدنى (درجة/ثانية)؛

وبالنسبة للمدارات المتعددة، تؤخذ أكبر قيمة للسرعة ω_s ؛

ω_e : السرعة الزاوية لدوران الأرض عند خط الاستواء (درجة/ثانية)؛

i : ميل المدار (بالدرجات)؛

$\theta_{3\text{dB}}$: عرض حزمة هوائي المحطة الأرضية GSO عند 3 dB (بالدرجات)؛

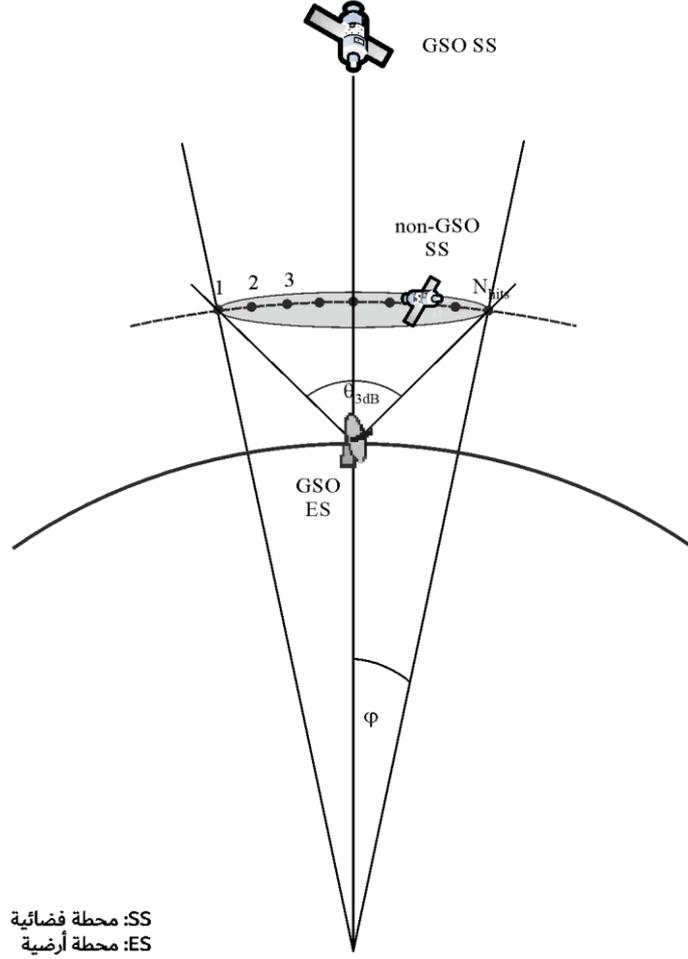
R_e : نصف قطر الأرض (km)؛

h : ارتفاع المدار (km) (انظر الملاحظة 1).

الملاحظة 1 - في حالة الكوكبة التي لها قيم متعددة للارتفاع h لكوكبات فرعية مختلفة أو مستويات مختلفة، تؤخذ القيمة الأدنى. وفي حالة المدارات الإهليلجية، يستعمل الارتفاع التشغيلي الأدنى.

الشكل 35

حساب الزيادة الزمنية لكثافة epfd (هابطة)



S.1503-35

تحدد القيمة N_{hit} دقة المحاكاة. وكلما ازدادت قيمة N_{hit} ازدادت دقة النتائج النهائية.

وينبغي ضبط N_{hit} بقيمة 16 حسبما اشتقت في الفقرة 5.D4. وإذا كانت الكوكبة الساتلية للشبكة non-GSO مكونة من سواتل ذات معلمات مدارية مختلفة، عندئذ يتعين تحديد الزيادة في زمن المحاكاة لكل نمط من المدارات المعنية وتحديد الأدنى منها.

الجدول 11

بيانات الدخل

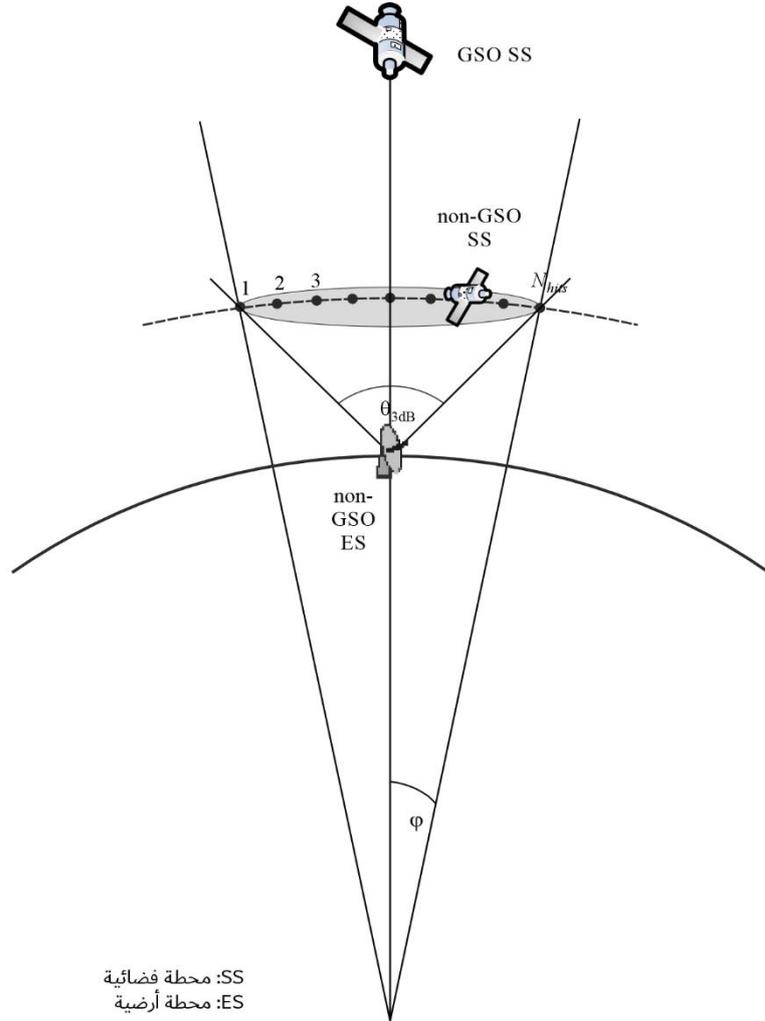
الوحدة	الرمز	المعلمة
درجة	i	ميل المدار
km	h	ارتفاع المدار أو الارتفاع التشغيلي الأدنى للمدارات الإهليلجية
درجة	θ_{3dB}	عرض حزمة هوائي المحطة الأرضية GSO عند 3 dB
–	N_{hit}	عدد مرات حساب الكثافة \downarrow epfd اللازمة أثناء الزمن الذي يقطع فيه الساتل non-GSO الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية GSO

3.D4 وصف الإجراء لتحديد الزيادة الدنيا في زمن المحاكاة للوصلة الصاعدة

تنشأ التداخلات قصيرة الأمد عالية المستوى على الوصلة الصاعدة من الإرسالات الصادرة عن محطة أرضية non-GSO أثناء وجودها على خط مستقيم (عندما تكون محطة فضائية GSO داخل الحزمة الرئيسية لهوائي محطة أرضية non-GSO). ويتحدد العدد اللازم N_{hit} لقياسات الكثافة \uparrow epfd بالفترة التي يمكث فيها الساتل GSO داخل الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية non-GSO لضمان النقاط وتحديد حدث الوقوع على خط مستقيم. وإذا كانت المحطة الأرضية non-GSO أسفل الساتل GSO مباشرة (انظر الشكل 36)، فإنه يمكن حساب قيمة الزيادة الدنيا في زمن المحاكاة باستعمال المعادلتين (1) و(2). وفي هذه الحالة، يؤخذ عرض الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية non-GSO بدلاً من عرض الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية GSO.

الشكل 36

حساب مقدار الزيادة الزمنية لكثافة epfd (صاعدة)



S.1503-36

الجدول 12

بيانات الدخل

الوحدة	الرمز	المعلومة
درجة	i	ميل المدار
km	h	ارتفاع المدار
درجة	θ_{3dB}	عرض الحزمة عند 3 dB هوائي المحطة الأرضية non-GSO
-	N_{hit}	عدد مرات حساب كثافة تدفق القدرة المكافئة الصاعدة (epfd) المطلوبة أثناء الفترة التي يقطع فيها الساتل GSO الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية non-GSO

4.D4 وصف الإجراء لتحديد الزيادة الدنيا في زمن المحاكاة بين السواتل

يمكن الوصول إلى مقدار وحدة الزيادة الزمنية لعمليات حساب الكثافة $epfd_{is}$ بافتراض حدوث عدد N_{hit} من وحدات الزيادة الزمنية على الأقل أثناء الفترة التي يكون فيها الساتل non-GSO داخل الحزمة الرئيسية للسواتل GSO. ولما كانت أقصر وحدة زيادة زمنية تحدث حين تكون الحزمة عند الساتل GSO مسددة أبعد ما يكون عن نقطة الساتل الفرعي، ولما كان:

R_e : نصف قطر الأرض

h : ارتفاع المدار non-GSO

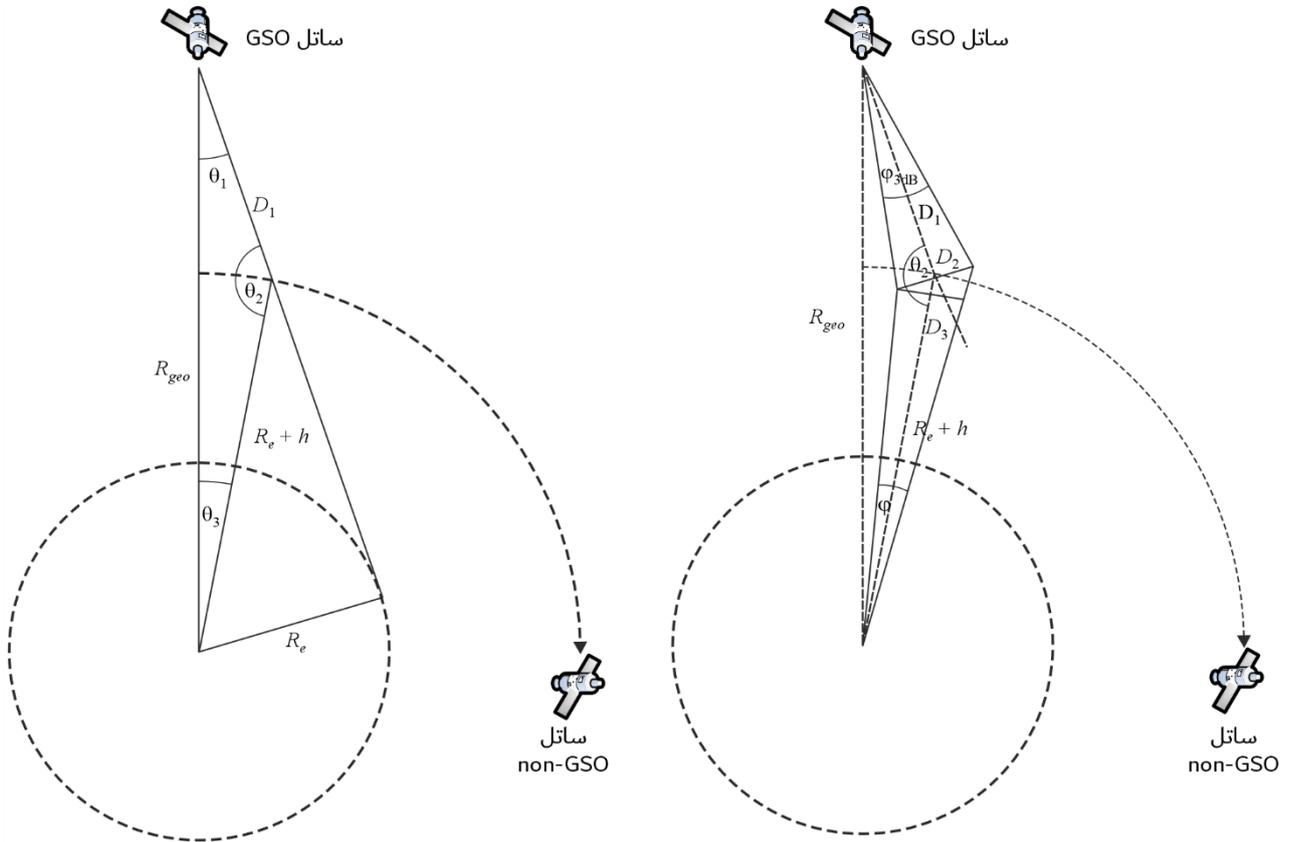
R_{geo} : نصف قطر المدار GSO

θ_{3dB} : عرض منتصف القدرة لحزمة الساتل GSO.

وفي حالة الأنظمة المدارية الإهليلجية، بحسب الارتفاع عندما يقطع الساتل non-GSO خط الاستواء، أي عندما تكون $v = -\omega$ أو $v = +\omega$ بحيث تكون $(v+\omega) = 0$ أو مضاعفات عدد صحيح من قيمة π . وعلاوة على ذلك، من الضروري النظر في ارتفاع التشغيل الأدنى، بحيث يكون الارتفاع الواجب استخدامه أقصى قدر من {ارتفاع التشغيل الأدنى، الارتفاع عند اجتياز خط الاستواء}. وعندها يمكن حساب وحدة الزيادة الزمنية باستعمال الخوارزمية التالية (انظر الشكل 37).

الشكل 37

المعلومات الهندسية الواردة في المعادلات



S.1503-37

تُحسب:

$$\theta_1 = \arcsin\left(\frac{R_e}{R_{geo}}\right)$$

$$\theta_2 = 180 - \arcsin\left(\sin(\theta_1) \frac{R_{geo}}{R_e + h}\right)$$

$$\theta_3 = 180 - (\theta_1 + \theta_2)$$

$$D_1 = (R_e + h) \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_1}$$

$$D_2 = 2D_1 \sin\left(\frac{\theta_{3dB}}{2}\right)$$

$$D_3 = D_2 \cos(180 - \theta_2)$$

ثم تُحسب القيمة:

$$(4) \quad \varphi = 2 \arctan \left[\frac{D_3/2}{(R_e+h) - (D_2/2) \sin(180 - \theta_2)} \right]$$

التي يمكن استعمالها في المعادلة (2) لحساب مقدار الوحدة الزمنية التي يتعين استعمالها.

5.D4 اشتقاق العدد N_{hit}

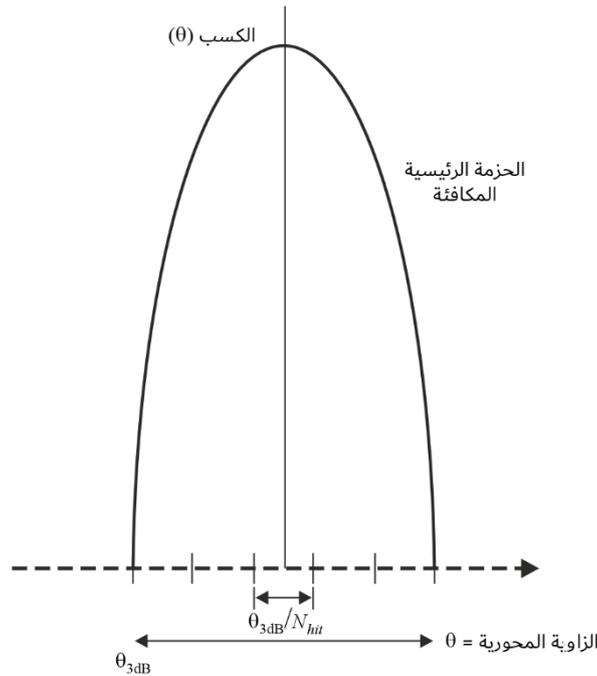
يتم اختيار مقدار الوحدة الزمنية بما يضمن وجود استبانة كافية لكثافة epfd داخل الحزمة الرئيسية للساتل المتأثر. وتشتق الاستبانة اللازمة بواسطة خلية مقدارها 0,1 dB ومنها يمكن اشتقاق عدد الوحدات الزمنية داخل الحزمة الرئيسية.

وينبغي اختيار العدد N_{hit} بحيث تُكتشف أعلى قيمة للكثافة epfd في المحاكاة ويتحدد أنها داخل الخلية المطلوبة. ويستوجب ذلك استبانة في الحسابات تبلغ $0,05 \text{ dB} = (0,1 \text{ dB})/2$.

ويحدث الخطأ الأكبر عندما تقع وحدتان زمنيتان على مسافة متساوية على أي من جانبي الحزمة الرئيسية، كما هو مبين في الشكل 38.

الشكل 38

حساب العدد N_{hits}



S.1503-38

ويكون الفاصل بين العينات:

$$\Delta\theta = \frac{\theta_{3dB}}{N_{hit}}$$

ويمكن افتراض قطع مكافئ لمخطط الكسب داخل الحزمة الرئيسية وبالتالي:

$$G_{rel} = 12 \left(\frac{\theta}{\theta_{3dB}} \right)^2$$

ويكون الميل على هذا المنحنى:

$$\frac{\Delta G_{rel}}{\Delta \theta} = \frac{24}{\theta_{3dB}^2} \theta$$

وبالتالي يمكن اشتقاق العدد N_{hit} المطلوب من أجل فارق في الكسب قدره 0,05 dB كالتالي:

$$\Delta G_{rel} = 0.05 = 24 \cdot \frac{\theta}{\theta_{3dB}} \cdot \frac{\Delta \theta}{\theta_{3dB}} = 24 \cdot \frac{\theta}{\theta_{3dB}} \cdot \frac{1}{N_{hit}}$$

ولذا:

$$N_{hit} = 480 \cdot \frac{\theta}{\theta_{3dB}}$$

وبالتالي، فإن الوحدة الزمنية الأقرب للحزمة الرئيسية عندما تكون:

$$\theta = \frac{1}{2} \frac{\theta_{3dB}}{N_{hit}}$$

هي عندئذ:

$$N_{hit} = \text{RoundUp}[\sqrt{240}] = 16$$

ويمكن استعمال هذا النهج أيضاً من أجل الإعتيان عبر المسار، وعندها تكون $N_{track} = N_{hit} = 16$.

6.D4 الزمن الإجمالي لعملية المحاكاة

يصف هذا الفرع عملية حساب عدد الوحدات الزمنية اللازمة لخوارزمية حساب الكثافة \uparrow epfd و \downarrow epfd الواردة في القسم D5. ويفترض النهج أولاً كوكبات ذات مسارات أرضية متكررة وغير متكررة، كل على حدة، حيث تستخدم الأنظمة التي تستعمل مسارات أرضية متكررة وسيلة حفظ للمحطة لضمان تتبع السواتل لمسار أرضي وحيد. فهناك مثلاً أخطاء طفيفة في الإطلاق واضطرابات في الحركة تؤدي إلى انحراف المدار ما لم تستعمل وسيلة حفظ المحطة لضمان تكرار المسار. ومن ثم، يجب على الإدارات أن تبين لمكتب الاتصالات الراديوية ما إذا كانت تستعمل وسيلة حفظ المحطة للحفاظ على مسار وحيد.

ولبعض الكوكبات قيم مختلفة للميل أو الارتفاع أو الاختلاف المركزي بين المستويات. وفي هذه الحالة يفترض في الكوكبة، للحفاظ على التغطية، أن يراعى في تصميمها ألا تتغير الفواصل بين المستويات تغيراً كبيراً. وفي حالة تكرار المسار الأرضي يعني هذا أن الكوكبة لها فترة تكرار ثابتة، أي أن جميع السواتل في الكوكبة تستغرق نفس الوقت لتعود إلى نفس الوضع بالنسبة إلى الأرض وبالنسبة للسواتل الأخرى في حدود الحفاظ على الموقع بالنسبة للمحطة. أما في حالة عدم تكرار المسار الأرضي فيكون لجميع مستويات المدار فترة واحدة للدوران حول خط الاستواء.

ويتعين استخدام هذا النهج في حالة الكوكبات ذات المدارات الدائرية والإهليلجية على حد سواء مع قيمة غير صفرية لميل المدار. وبالنسبة لكوكبات المدارات الاستوائية التي تكون فيها جميع السواتل على نفس الارتفاع، يكفي إجراء الحساب لفترة تكرار واحدة. ويمكن حساب ذلك كما يلي:

$$T_{run} = \frac{2\pi}{w_s - w_e}$$

$$N_{steps} = \text{RoundDown} \frac{T_{run}}{T_{step}}$$

حيث w_e ، و w_s ، السرعتان الزاويتان لدوران الساتل والأرض كما هو وارد في القسم D2. ويعرض الجدول 13 معلمات الدخل المستعملة في سائر أنواع الكوكبات الأخرى.

الجدول 13

بيانات الدخل

الوحدة	الرمز	المعلمة
-	النمط	تكرار مسار الكوكبة نعم/لا
-	$N_s = 10$	أقل عدد من العينات يعطي دلالة إحصائية

وفي كلتا الحالتين يمكن حساب وحدة الزيادة الزمنية باستخدام الطريقة الموصوفة أعلاه. وينبغي أن يكون عدد الوحدات الزمنية كما يلي على الأقل:

$$N_{min} = N_s \times 100 / (100 - (\%100 \text{ عن تقل عن } 100\%))$$

فإذا كانت النسبة 99,999% مثلاً يكون عدد وحدات الزيادة هو:

$$N_{min} = 1\ 000\ 000$$

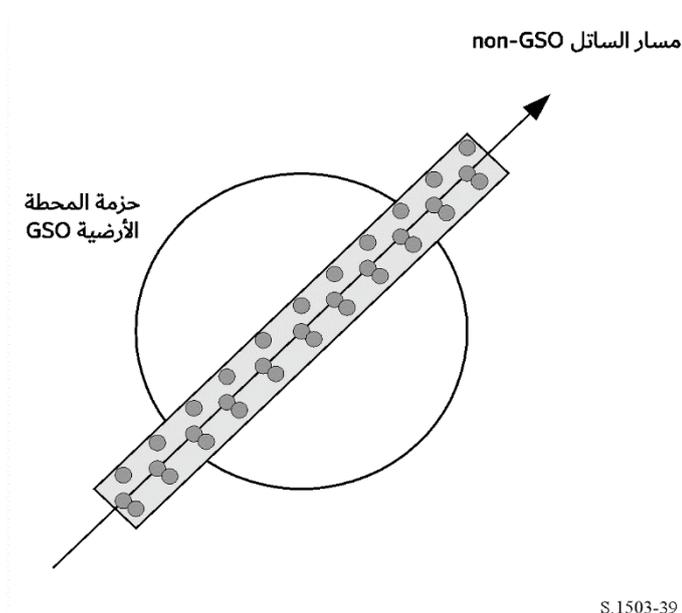
1.6.D4 المدارات المتكررة

في المدارات التي توصف بأنها متكررة، لا بد من أن يكون جهاز التنبؤ بالمدار دقيقاً لضمان التكرارية. وبالتالي، ثمة خيار أمام الإدارات لتحديد سرعة زاوية المبادرة بدقة في خط الطول بالنسبة لجهاز التنبؤ في مدار كتلة نقطية مما يضمن تكرار المدار. ويأتي تعريف هذه المعلمة واستخدامها في الفرع 3.D6.

ووفقاً لهذه المعلمة يعتبر المدار في المحاكاة متكرراً، ولكن هنالك في الواقع انحراف طفيف بسبب أخطاء الحفاظ على موقع المحطة في خط الطول. ويتوقع ألا تحدث تغييرات حفظ المحطة في المستوي المداري أي فارق ومن ثم لا تؤخذ في الحسبان. وينبغي أن تكون النتيجة على النحو الوارد في الشكل 39.

الشكل 39

مسار ساتل non-GSO متكرر المدار عبر حزمة محطة أرضية GSO



ويلاحظ في الشكل 39 أن النتيجة ستكون سلسلة من العينات داخل الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية GSO تكفي لتحليل الحزمة الرئيسية، وتأخذ في الحسبان انحراف حفظ المحطة وتولد عينات تكفي لتوليد الإحصاءات المطلوبة.

الجدول 14

بيانات الدخل

الوحدة	الرمز	المعلمة
s	P_{repeat}	المدة التي تكمل فيها الكوكبة دورة واحدة

وتكون المعلمات كما يلي:

N_{min} : أقل عدد من الزيادات الزمنية للحصول على دلالة إحصائية

P_{repeat} : المدة الزمنية التي تستكمل فيها الكوكبة دورة واحدة (s)

T_{step} : وحدة الزيادة الزمنية (s)

N_{tracks} : عدد المدارات في الحزمة الرئيسية، = 16، حسبما هو مبين في الفقرة 5.D4.

وفي هذه الحالة ينبغي ألا تكون وحدة الزيادة الزمنية على وجه الدقة عدداً تقبل القسمة عليه المدة الزمنية لدورة الكوكبة. فإذا كان:

$$N_{repsteps} = P_{repeat} / T_{step}$$

عدداً صحيحاً، عندئذ ينبغي حساب وحدة زيادة منقحة (تستخدم في المعادلتين التاليتين بدلاً من T_{step}) تساوي:

$$T'_{step} = T_{step} (1 + N_{repsteps}) / N_{repsteps}$$

ثم تحسب الفترة الزمنية المطلوبة للحصول على أدنى عدد من الزيادات الزمنية يحقق دلالة إحصائية:

$$T_{sig} = N_{min} \cdot T'_{step}$$

وتقابل هذه القيمة العدد التالي من دورات الكوكبة:

$$N_{rep} = \text{round} (T_{sig} / P_{repeat})$$

وعدد دورات الكوكبة هو أكبر الرقمين N_{rep} أو N_{tracks} ، أي:

$$N_{run} = \max (N_{rep}, N_{tracks})$$

ويصبح زمن المحاكاة الكلي:

$$T_{run} = N_{run} \cdot P_{repeat}$$

ويصبح عدد وحدات الزيادة الزمنية:

$$N_{steps} = \text{round} (T_{run} / T_{step})$$

$$T_{run} = N_{steps} * T_{step}$$

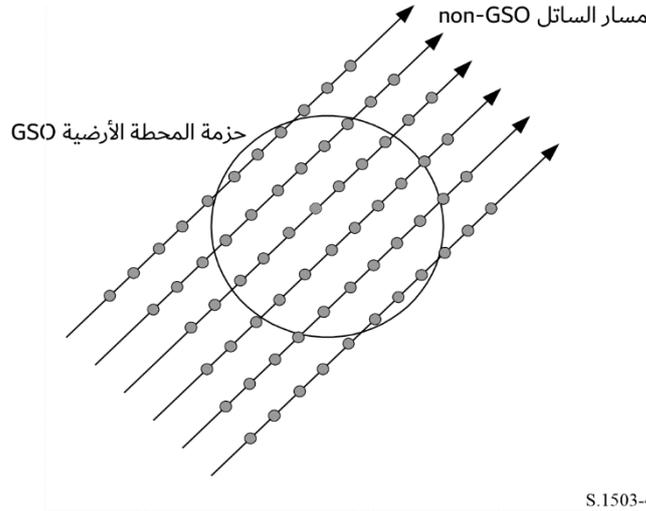
2.6.D4 المدارات غير المتكررة

في هذه الحالة يجب فحص المسافات على خطوط الطول بين الممرات المتتالية للعقد الصاعدة، للتأكد من وجود مسارات كافية في الحزمة الرئيسية. ويمكن أن يستخدم مقدار الزيادة الزمنية وعدد الزيادات الزمنية في تحديد إلى أي مدى يمكن معالجة مدار معين أثناء فترة المحاكاة. ويمكن استعمال نفس الرقم في تحديد عدد الزيادات المطلوبة لكي يحدث انحراف للمدار حول خط الاستواء. ومن ثم يمكن استعمال مدة المدار لحساب المسافة بين المسارات.

ويمكن استخدام المقدار الثابت الذي يبين العدد المطلوب من النقاط في داخل الحزمة الرئيسية في بيان عدد المسارات المطلوب في الحزمة الرئيسية (أي $N_{track} = N_{hits}$). فإذا كانت المسافة بين المسارات كبيرة أو صغيرة أكثر من اللازم (مما ينتج عنه عينات غير كافية، أو وقت طويل في عملية المحاكاة) يمكن عندئذ استخدام زاوية مبادرة اصطناعية. ويتوقع أن تلغي انحرافات المحافظة على موقع المحطة نفسها على المدى الطويل وألا يكون لها ضرورة في هذه الحسابات. وينبغي أن تكون النتيجة على غرار الشكل 40.

الشكل 40

مسار سائل non-GSO غير متكرر المدار عبر حزمة محطة أرضية GSO



S.1503-40

ويلاحظ في الشكل 40 أن النتيجة ستكون سلسلة من المسارات داخل الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية GSO وهي دقيقة بما يكفي لتحليل الحزمة الرئيسية وتوليد عينات كافية للحصول على الإحصاءات المطلوبة.

الجدول 15

بيانات الدخل

الوحدة	الرمز	المعلمة
درجة	i	زاوية ميل المدار
km	a	المحور شبه الرئيسي للمدار
درجة	φ_{3dB}	عرض الحزمة 3 dB هوائي المحطة الأرضية GSO ⁽¹⁾
—	N_{tracks}	العدد المطلوب من المسارات للسائل non-GSO أثناء مروره بالحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية GSO

(1) عند حساب طول مدة المحاكاة من أجل الكثافة $\downarrow epfd$. وبالنسبة لكثافة $epfd_{is}$ والكثافة $\uparrow epfd$:

$$\uparrow epfd : \text{تُحسب } \varphi \text{ باستعمال عرض حزمة المحطة الأرضية non-GSO كما ترد في قناع القدرة e.i.r.p. باستعمال الحسابات في المعادلة (3).}$$

$$\downarrow epfd_{is} : \text{تُحسب } \varphi \text{ باستعمال عرض حزمة السائل GSO؛ باستعمال الحسابات في المعادلة (4).}$$

ويلزم توفر معلمتين:

S_{pass} : مسافات الفصل الطولية بين الممرات الصاعدة المتوالية عبر مستوي خط الاستواء

S_{req} : الاستبانة المطلوبة لاجتياز مستوي خط الاستواء على أساس حجم حزمة المحطة الأرضية GSO.

وتحسب هاتان المعلمتان باستعمال الخطوات التالية:

الخطوة 1: تُحسب \bar{n} , Ω_r , ω_r بوحدة راديان/ثانية، باستعمال المعادلات الواردة في الفقرة 2.3.D6

الخطوة 2: تُحول \bar{n} , Ω_r , ω_r إلى درجات في الدقيقة

الخطوة 3: تُحسب المدة العقدية للمدار بالدقائق باستعمال المعادلة:

$$P_n = \frac{360}{\omega_r + \bar{n}}$$

الخطوة 4: تُحسب مسافات الفصل الطولية بين الممرات الصاعدة المتوالية عبر مستوى خط الاستواء، S ، باعتبار معدل دوران الأرض هو ($\Omega_e = 0,250684$ درجة/دقيقة):

$$S_{pass} = (\Omega_e - \Omega_r) \cdot P_n \quad \text{degrees}$$

وتنطبق المعادلات المبينة أعلاه على المدارات الدائرية، أما أنظمة المدارات الإهليلجية فتختلف كثيراً عن الحسابات المذكورة أعلاه، وينبغي للإدارات أن تقدم القيمة S_{pass} لهذه المدارات.

الخطوة 5: من واقع بيانات عرض الحزمة والارتفاع للمحطة الأرضية GSO، يمكن حساب S_{req} باستعمال المعادلة (3):

$$S_{req} = \frac{2\phi}{N_{tracks}}$$

الخطوة 6: يُحسب عدد المدارات اللازمة لشغل كل جوار خط الاستواء، مع مراعاة أن لكل مستوى عقد صاعدة وعقد هابطة:

$$N_{orbits} = \frac{180}{S_{req}}$$

الخطوة 7: يدور N_{orbits} إلى أقرب عدد صحيح أعلى.

الخطوة 8: تُحسب الزاوية الكلية التي تغطيها دورة المدار أثناء هذه الفترة:

$$S_{total} = N_{orbits} \cdot S_{pass}$$

الخطوة 9: يُحسب عدد مضاعفات 360° التي تقابل ذلك، مع التدوير إلى أقرب عدد صحيح أدنى:

$$N_{360} = \text{int}\left(\frac{S_{total}}{360}\right)$$

الخطوة 10: يُحسب الفاصل بين المستويات الذي يقابل ذلك:

$$S_{actual} = \frac{360N_{360}}{N_{orbits}}$$

الخطوة 11: لضمان انحرافات المدار بمعدل زاوية المبادرة المطلوب، تضاف القيم الاصطناعية التالية لزاوية المبادرة:

$$S_{artificial} = S_{actual} - S_{pass} \quad \text{degrees/orbit}$$

أو:

$$D_{artificial} = \frac{S_{artificial}}{T_{period}} \quad \text{degrees/s}$$

الخطوة 12: يتضمن الجزء D معلومات إضافية عن كيفية استعمال هذه المعلمة. وعندئذ يكون الزمن الكلي للمحاكاة هو الزمن اللازم للمعالجة حول خط الاستواء باستخدام فترة المدار إما من 1.3.D6 أو 2.3.D6 تبعاً لنموذج المدار، أي:

$$T'_{run} = T_{period} \cdot N_{orbits}$$

الخطوة 13: عندئذ يكون إجمالي عدد الخطوات الزمنية:

$$N_{steps} = \text{Round}(T'_{run}/T_{step}) \text{ مدوراً إلى أقرب عدد صحيح أدنى.}$$

$$T_{run} = N_{steps} * T_{step}.$$

7.D4 خيار الزيادة الزمنية المزدوجة

1.7.D4 خيار الزيادة الزمنية المزدوجة، الكثافة epfd (هابطة)

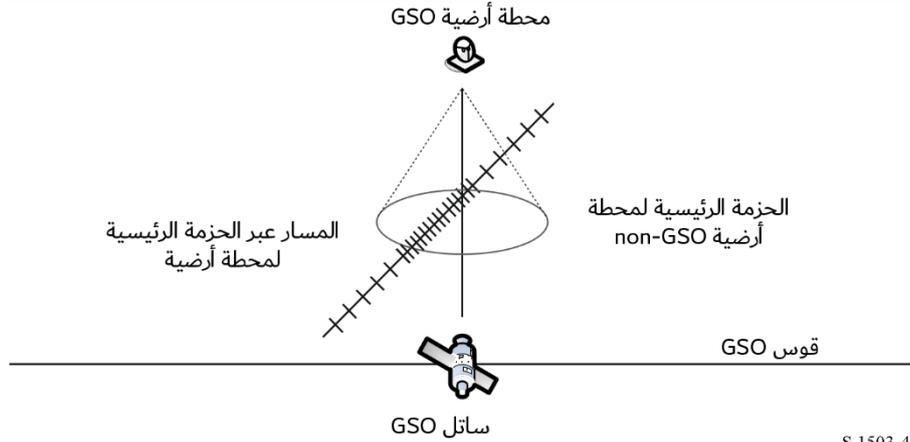
رغبة في تحسين أداء المحاكاة ثمة خيار للخوارزمية وهو تنفيذ زيادتين زمنيتين. ولا تستخدم الزيادة الزمنية التقريبية إلا إذا وجد ساتل non-GSO بالقرب من الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية GSO أو على حافة منطقة الاستبعاد، كما يلي:

$$G_{RX}(\varphi) > \min[G_{max} - 30 \text{ dB}, G_{RX}(\alpha_0[\text{Latitude}])]$$

ويبين الشكل 41 متى تستخدم زيادة زمنية أكثر دقة:

الشكل 41

استعمال زيادة زمنية دقيقة في الحزمة الرئيسية لمحطة أرضية GSO



S.1503-41

ويستعمل مقدار زيادة تقريبية للمناطق غير الحرجة البعيدة عن الحزمة الرئيسية لمحطة أرضية GSO. ويعرّف مقدار هذه الزيادة باعتباره زاوية مركزها المراقب:

$$\varphi_{coarse} = 1.5^\circ$$

ويستخدم مقدار الزيادة التقريبي هذا في جميع حسابات عرض حزمة الهوائي وجميع الأنظمة non-GSO.

ويجب، للأغراض الإحصائية، أن يكون مقدار الزيادة التقريبية عدداً صحيحاً يقبل القسمة على الزيادات الدقيقة. ولما كان مقدار الزيادة التقريبية ثابتاً، فإن نسبة الزيادة التقريبية إلى الزيادة الدقيقة لا تتوقف إلا على عرض الحزمة للمحطة الأرضية GSO (φ_{3dB}). وتكتب هذه النسبة على النحو التالي:

$$N_{coarse} = \text{Floor}((N_{hits} * \varphi_{coarse})/\varphi_{3dB})$$

حيث floor هي دالة تستبعد الكسر العشري في النسبة وتظهر العدد الصحيح في النتيجة، وهذا ينتج عنه نسبة متحفظة للزيادات الدقيقة إلى الزيادات التقريبية لكي لا تزيد الزيادة التقريبية في جميع الأحوال عن حجم الزاوية المستهدفة التي مركزها المراقب، أي 1,5°.

2.7.D4 خيار الزيادة الزمنية المزدوجة، الكثافة epfd (صاعدة)

من أجل تحسين أداء نموذج المحاكاة، ثم خيار بديل للخوارزمية وهو تنفيذ زيادتين زمنيتين. وتستخدم زيادة زمنية تقديرية إلا عندما يكون الكسب من أي محطة أرضية non-GSO نحو الساتل GSO أكبر من -30 dB.

ويستخدم مقدار تقريبي للزيادة للمناطق غير الحرجة عندما تكون الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية non-GSO مسددة بعيداً عن الساتل GSO. ويُعرف مقدار هذه الزيادة باعتباره زاوية مركزها المراقب:

$$\varphi_{coarse} = 1.5^\circ$$

ويستخدم مقدار الزيادة التقريبي هذا في جميع حسابات عرض حزمة الهوائي وجميع الأنظمة non-GSO.

ويجب، للأغراض الإحصائية، أن يكون مقدار الزيادة التقريبية مضاعف عدد صحيح من الزيادات الدقيقة. ولما كان مقدار الزيادة التقريبية ثابتاً فإن نسبة الزيادة التقريبية إلى الزيادة الدقيقة لا تتوقف إلا على عرض الحزمة للمحطة الأرضية non-GSO (φ_{3dB}). وتكتب هذه النسبة على النحو التالي:

$$N_{coarse} = \text{Floor}((N_{hits} * \varphi_{coarse}) / \varphi_{3dB})$$

حيث floor دالة تستبعد الكسر العشري في النسبة وتظهر العدد الصحيح في النتيجة. وهذا ينتج عنه نسبة متحفظة للزيادات الدقيقة إلى الزيادات التقريبية لكي لا تزيد الزيادة التقريبية في جميع الأحوال عن الحجم المستهدف للزاوية التي مركزها المراقب وهو 1,5 درجة.

D5 وصف حساب الكثافة epfd

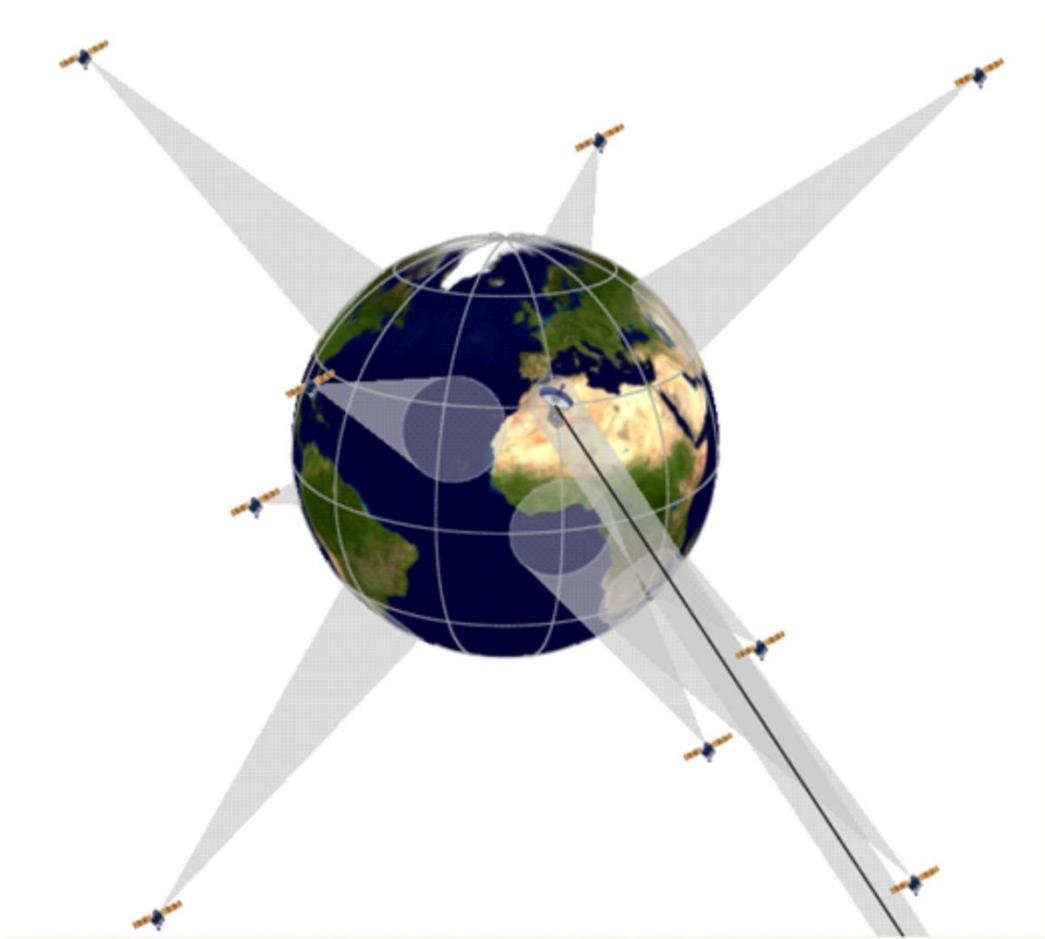
1.D5 وصف برمجية الكثافة epfd↓

يصف هذا القسم خوارزمية حساب الكثافة epfd↓ من كوكبة non-GSO نحو وصلة هابطة GSO. ويفترض أن لكل ساتل non-GSO قناع للكثافة pfd. وانطلاقاً من الكثافة pfd لكل ساتل تحسب الكثافة الإجمالية epfd↓ عند أي محطة أرضية لأي نظام GSO. ويتكرر ذلك لسلسلة من الزيادات الزمنية حتى الحصول على توزيع للكثافة epfd↓. ويمكن بعد ذلك مقارنة هذا التوزيع بحدود معينة لاتخاذ قرار بالقبول أو الرفض.

ويبين الشكل 42 هندسية كوكبة السواتل non-GSO مع اختبار ساتل GSO يثبت في اتجاه محطة أرضية GSO.

الشكل 42

مثال على سيناريو لحساب الكثافة epfd (هابطة)



S.1503-42

1.1.D5 معلمات التشكيل

معلمات تحديد هذه المحاكاة هي:

اسم المعلمة	قيمة المعلمة	وحدة المعلمة ومدائها
التردد	F_DOWN	MHz
خط طول الساتل GSO	GSO_LONG	درجة
خط عرض المحطة الأرضية GSO	GSO_ES_LAT	درجة
خط طول المحطة الأرضية GSO	GSO_ES_LONG	درجة
أبعاد الهوائي الطبقي للمحطة الأرضية GSO	GSO_ES_D_ANT	m
مخطط كسب المحطة الأرضية GSO	GSO_ES_PATTERN	أحد المخططات الموصوفة في الفقرة 5.D6
عرض النطاق المرجعي	REFBW	kHz
عدد نقاط الكثافة epfd ↓	Nepfd_DOWN	-
صنيفة قيم epfd ↓ Nepfd_DOWN	epfd_DOWN[I]	dB(W/(m ² · BW _{ref}))
صنيفة النسب المتقوية Nepfd_DOWN	PC[I]	%

2.1.D5 معلمات الأنظمة non-GSO

تستخدم المعلمات التالية، على النحو الموضح في الفقرة 1.B3.

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
القناع pfd للساتل	انظر الجزء C بشأن التعريف والنسق	
عدد السواتل non-GSO	N_{sat}	-
التردد المركزي للإرسال	F_DOWN_{sat}	MHz
زاوية منطقة الاستبعاد بحسب خط العرض، يمكن أن تتفاوت بحسب الساتل	MIN_EXCLUDE[Latitude]	درجة
الزمن الأدنى لتتبع الساتل بحسب خط العرض	MIN_DURATION [Latitude]	ثانية
العدد الأقصى من السواتل العاملة في نفس التردد في موقع الأرض، يمكن أن يتفاوت بحسب خط العرض	MAX_CO_FREQ [Latitude]	-
المدار يكرر مسار أرضي يتم الحفاظ عليه بأداة حفظ المحطة	نعم/لا	-
الإدارة تقدم زاوية مبادرة محددة للعقدة	نعم/لا	-
مدى حفظ المحطة لعقدة صاعدة بوصفه نصف المدى الإجمالي	W_{delta}	درجة
ارتفاع التشغيل الأدنى	H_MIN	km
زاوية ارتفاع التشغيل الدنيا بحسب خط العرض والسمت	ES_MINELEV[Latitude] [Azimuth]	درجة
أدنى زاوية بين السواتل non-GSO النشطة عند المحطة الأرضية	MIN_ANGLE_AT_ES	درجة

تحدد لكل ساتل المعلمات التالية الموضحة في الفقرة 2.B3، بينما تستعمل تعريف المعلمات الموضحة في الفقرة 1.3.D6 عند بدء المحاكاة. يلاحظ في الجدول التالي أن المعلمات $[N]$ تشير إلى وجود قيمة مختلفة لكل ساتل وأن القيمة التي ترتيبها N -th تقول إلى الساتل N -th. وبالنسبة لقناع الكثافة pfd، فإنها تبين أن بيانات الكثافة pfd منسقة بحيث يكون البيان $[N]$ المدخل مرجعاً يميل إلى مجموعة فرعية معينة. إذ يمكن لكل ساتل في الكوكبة الإشارة إلى نفس جدول المجموعة pfd (خط العرض والسمت والارتفاع) أو المجموعة pfd (خط العرض و X و Δ long) أو المجموعة pfd (خط العرض و α و Δ long).

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
قناع pfd المستعمل	pfd $[N]$	-
نصف المحور الكبير	A $[N]$	km
الاختلاف المركزي	E $[N]$	-
الميل	I $[N]$	درجة
خط الطول للعقدة الصاعدة	O $[N]$	درجة
زاوية الحضيض	W $[N]$	درجة
الزاوية الاختلافية الحقيقية	V $[N]$	درجة

3.1.D5 معلمات الزيادات الزمنية للمحاكاة

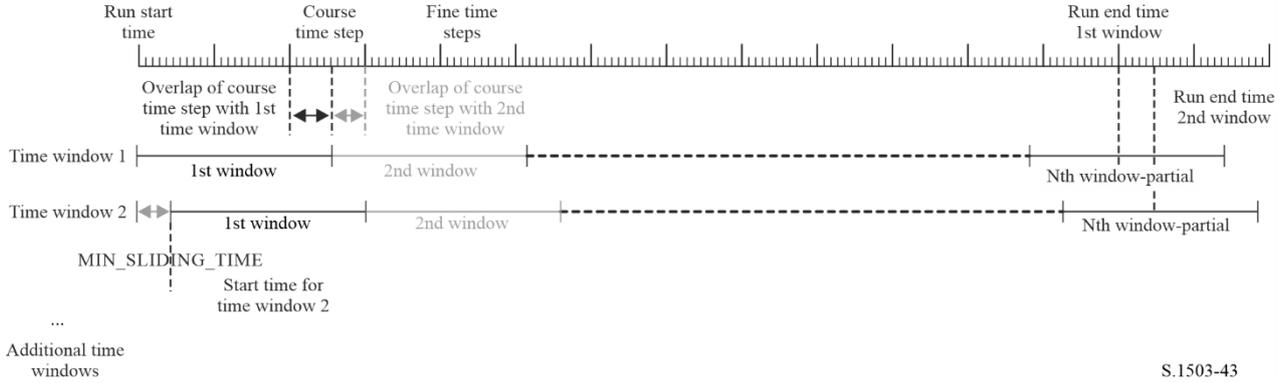
ينبغي حساب المعلمتين التاليتين للمحاكاة باستعمال الخوارزمية الواردة في القسم D4:

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
الخطوة الزمنية	TSTEP	ثانية
عدد الخطوات الزمنية	NSTEPS	-

تأخذ الخطوة الزمنية والإحصاءات في الاعتبار النوافذ الزمنية كما هو موضح في الشكل 43 أدناه.

الشكل 43

زمن المحاكاة والزيادات الزمنية الدقيقة والتقريبية والنوافذ الزمنية



تحسب البنود التالية في القسم D4:

- مدة التشغيل
- الزيادة الزمنية الدقيقة
- زيادة زمن الدورة

وفي حال تحديد أسلوب اختيار الساتل non-GSO بمدة التتبع (كأن تكون قيمة [MIN_DURATION [Latitude]، مثلاً، غير صفرية فيما لا يقل عن خط عرض واحد)، فمن الضروري أيضاً أن تؤخذ مجموعة من النوافذ الزمنية في الاعتبار لضمان تحليل جميع مجموعات اختيار الساتل.

ويتم توفير MIN_DURATION للكوكبة (ربما تبعاً لخط العرض، في هذه الحالة للمحطة الأرضية). وبحسب طول النافذة الزمنية في زيادات الزمن الدقيقة كنسبة العدد الصحيح لمدة التتبع هذه مقسومة على مقدار الزيادة الزمنية. وبحسب أيضاً زمن الانزلاق الأدنى MIN_SLIDING_TIME كعدد صحيح من الزيادات الزمنية الدقيقة.

زمن الانزلاق الأدنى هو:

$$MIN_SLIDING_TIME = \max \left\{ 1 \text{ second}, \frac{MinimumOrbitalPeriod}{100.N_{satellites}} \right\}$$

حيث *MinimumOrbitalPeriod* هي أصغر فترة مدار عبر جميع الكوكبات الفرعية.

وتشتق مدة التشغيل في القسم D4 حيث تعود الكوكبة إلى الظروف الأولية ومن ثم تكتمل الإحصاءات. وقد يتطلب ذلك أن تكون النافذة الزمنية الأخيرة مشمولة جزئياً فقط: أي أن مجرد الزيادات الزمنية ضمن مدة التشغيل تدرج في إحصاءات الكثافة *epfd*. ومع ذلك، تستمر المحاكاة حتى تكتمل نافذة الزمن لتحديد السواتل التي يجب تتبعها. وبالإضافة إلى ذلك، ونظراً لتعويض زمن بداية كل نافذة، من الضروري تشغيل الزيادات الإضافية للنوافذ الأخرى غير تلك المستخدمة في النافذة الزمنية الأولى.

ويكون طول النافذة المنزقة في عدد الزيادات الزمنية الدقيقة:

$$N_{SW} = \text{RoundDown}(MIN_DURATION / T_{fine})$$

ويمكن حساب عدد الزيادات الزمنية الدقيقة من أجل MIN_SLIDING_TIME كما يلي:

$$N_{MSL} = \text{RoundUp}(MIN_SLIDING_TIME / T_{fine})$$

عندئذ يكون عدد النوافذ الزمنية التي يتعين استخدامها في العمليات الحسابية:

$$N_{TW} = \text{RoundUp}(N_{sw} / N_{MSL})$$

وعندئذ يكون عدد تكرارات النافذة الزمنية لمدة المحاكاة:

$$N_{Repeat} = \text{RoundUp}(N_{Step} / N_{sw})$$

ويكون مجموع عدد الزيادات الزمنية المطلوبة للمحاكاة هو مدة التشغيل زائد الزمن المطلوب لإكمال جميع النوافذ الزمنية، أي:

$$N_{TotalSteps} = N_{repeat} * N_{sw} + (N_{TW} - 1) * N_{MSL}$$

وعندئذ يكون مجموع مدة التشغيل المطلوبة لاستكمال جميع النوافذ المنزلة:

$$T_{TotalDuration} = N_{TotalSteps} * T_{fine}$$

4.1.D5 الخوارزميات وإجراءات الحساب

وفي حال تحديد أسلوب اختيار الساتل non-GSO بمدة التتبع (كأن تكون قيمة [Latitude] MIN_DURATION، مثلاً، غير صفرية فيما لا يقل عن خط عرض واحد)، تُستخدم الإجراءات الخوارزمية والحسابية المبينة في الفقرة 2.4.1.D5، وإلا تُطبق تلك المبينة في الفقرة 1.4.1.D5.

السواتل العاملة non-GSO هي السواتل خارج منطقة الاستبعاد وأعلى من أدنى زاوية ارتفاع تشغيلية وتبث باتجاه المحطة الأرضية GSO (أي أنها على ارتفاع أعلى من أو يساوي MIN_OPERATING_HEIGHT). والعدد الأقصى من السواتل العاملة non-GSO هو العدد الأقصى من السواتل non-GSO المسموح لها بالبث على نفس التردد باتجاه نفس المنطقة على الأرض.

1.4.1.D5 الخوارزميات والإجراءات الحسابية المعتمدة في حال عدم استخدام مدة التتبع

ولحساب قيمة الكثافة $epfd_{\downarrow}$ الصادرة من نظام non-GSO لا يعتمد مدة التتبع إلى محطة أرضية في نظام GSO، ينبغي استخدام الخوارزمية التالية، ويمكن استخدامها إذا اقتضى الأمر لأنظمة GSO متعددة بالتوازي.

الخطوة 1: تقرأ معلمات النظام non-GSO، المحددة في الفقرة 2.1.D5.

الخطوة 2: تقرأ معلمات النظام GSO المحددة في البند 1.1.D5.

الخطوة 3: إذا لزم الأمر، تحسب القيمة القصوى لكثافة $epfd$ لموقع الساتل GSO باستعمال الخوارزمية الواردة في الفقرة 1.D3، وإلا يستخدم موقع الساتل GSO والمحطة الأرضية المطلوب.

الخطوة 4: يحسب عدد الزيادات الزمنية وحجم الزيادات الزمنية باستعمال الخوارزمية الواردة في القسم D4 وبالتالي يحسب وقت الانتهاء.

الخطوة 4 مكرر: تُستهل الإحصاءات بتصفير جميع خانات قيم الكثافة $epfd_{\downarrow}$.

الخطوة 5: في حالة استعمال خوارزمية الزيادة الزمنية المزدوجة، تستعمل الخطوة الفرعية 1.5، وخلاف ذلك توضع $1 = N_{coarse}$ طوال الوقت.

الخطوة الفرعية 1.5: تحسب قيمة الزمنية الزمنية التقريبية $T_{coarse} = T_{fine} * N_{coarse}$.

الخطوة 6: إذا استعملت خوارزمية الزيادة الزمنية المزدوجة، تكرر الخطوات من 1.6 إلى 22 حتى زمن الانتهاء، وإلا تكرر الخطوات من 7 إلى 22 حتى زمن الانتهاء.

الخطوة الفرعية 1.6: إذا كانت هذه هي الزيادة الزمنية الأولى، تدخل $T_{fine} = T_{step}$.

الخطوة الفرعية 2.6: خلاف ذلك، إذا كانت هناك زيادات متبقية أقل من N_{coarse} ، تدخل $T_{fine} = T_{step}$.

الخطوة الفرعية 3.6: خلاف ذلك، إذا كانت أي من $G_{RX}(\varphi)$ للزيادة الزمنية الأخيرة في حدود 30 dB من الذروة، تدخل

$$T_{step} = T_{coarse} \text{، تدخل } T_{fine} = T_{step}$$

- الخطوة 7: تحدّث متجهات الموقع لجميع المحطات الأرضية طبقاً للنظام الإحداثي الوارد في الفقرة 1.D6.
- الخطوة 8: تحدّث متجهات الموقع لجميع السواتل GSO طبقاً للنظام الإحداثي الوارد في الفقرة 2.D6.
- الخطوة 9: تحدّث متجهات الموقع والسرعة لجميع السواتل non-GSO طبقاً للنظام الإحداثي ونموذج التنبؤ بالمدار وخوارزمية حفظ المحطة الواردة في الفقرة 3.D6.
- الخطوة 10: توضع $epfd \downarrow = \text{صفر}$.
- الخطوة 11: تختار جميع السواتل non-GSO المرئية للمحطة GSO باستعمال الخوارزمية الواردة في الفقرة 1.4.D6.
- الخطوة 12: تكرر الخطوات من 13 إلى 18 لكل سائل non-GSO مرئي.
- الخطوة 13: تحسب المعلمات اللازمة باستعمال قناع الكثافة pfd، إما (خط العرض، α ، الزيادة في خط الطول) أو (خط العرض، السميت، الارتفاع)، حسب الاقتضاء، باستعمال تعريف الزوايا في أي من الفقرتين 4.4.D6 أو 5.4.D6.
- الخطوة 13 مكرر: تحسب ($\text{Azimuth}_{\text{NGSO}}$, ϵ_{NGSO}) للسائل non-GSO كما يُرى من موقع المحطة الأرضية GSO باستخدام تعريف الزوايا في الفقرة 4.4.D6.
- الخطوة 14: باستعمال قناع الكثافة pfd للسائل non-GSO المختار، تحسب الكثافة pfd (خط العرض، α ، الزيادة في خط الطول) أو (خط العرض، السميت، الارتفاع) والمحطة الأرضية GSO باستعمال قناع الكثافة pfd للسائل non-GSO، على النحو المحدد في الفقرة 5.1.D5.
- الخطوة 15: تحسب الزاوية المنحرفة عن المحور φ عند المحطة الأرضية GSO بين الخط إلى السائل GSO والخط إلى السائل non-GSO.
- الخطوة 16: تحسب $G_{RX}(\varphi) = \text{كسب الاستقبال (dB)}$ عند المحطة الأرضية GSO باستعمال مخطط الكسب ذي الصلة المحدد في الخوارزميات الواردة في الفقرة 5.D6.
- الخطوة 17: تحسب الكثافة $epfd \downarrow$ لهذا السائل non-GSO باستعمال:
- $$epfd \downarrow_i = pfd + G_{RX}(\varphi) - G_{max}$$
- حيث G_{max} هي القيمة القصوى لكسب هوائي المحطة الأرضية GSO.
- الخطوة 18: تختزن مدخلات $epfd \downarrow_i$ لكل سائل:
- ذي $\alpha \geq \alpha_0[\text{latitude}]$ و $\epsilon_{\text{NGSO}} \geq \epsilon_0[\text{latitude}][\text{Azimuth}_{\text{NGSO}}]$
 - أو تكون فيه $G_{RX}(\varphi) > \min[G_{max} - 30 \text{ dB}, G_{RX}(\alpha_0[\text{Latitude}])]$
- الخطوة 19: تُكرر الخطوتان 20 و 21 فيما يتعلق بكل زيادة زمنية مادامت الخطوة 23 لا تشمل سوى السواتل MAX_CO_FREQ[lat] فحسب.
- وتمثّل MAX_CO_FREQ[lat] أقصى عدد من السواتل non-GSO المشغلة عند خط عرض المحطة الأرضية GSO (GSO_ES) المدروسة، مقابل أقصى عدد من السواتل المسموح لها بالإرسال على التردد ذاته باتجاه المنطقة ذاتها على الأرض، مع الوفاء بمتطلبات كل من منطقة الاستبعاد GSO وأدنى زاوية ارتفاع و MIN_ANGLE_AT_ES، المحددة للأنظمة non-GSO.
- الخطوة 20: تُطبق الخطوة 23 على السائل ذي $\alpha \geq \alpha_0[\text{latitude}]$ و $\epsilon_{\text{NGSO}} \geq \epsilon_0[\text{latitude}][\text{Azimuth}_{\text{NGSO}}]$ وأعلى كثافة $epfd \downarrow_i$ أحادية المصدر.
- الخطوة 21: إذا حُددت قيمة MIN_ANGLE_AT_ES بين السواتل non-GOS، تُلغى إذن السواتل non-GSO من تلك المذكورة في الخطوة 18، ذات $\alpha \geq \alpha_0[\text{latitude}]$ و $\epsilon_{\text{NGSO}} \geq \epsilon_0[\text{latitude}][\text{Azimuth}_{\text{NGSO}}]$ التي لا تنفي بهذا المعيار فيما يتعلق بالسائل المستخدم في الخطوة 20.
- الخطوة 22: تُكرر الخطوة 23 في حالة السواتل التي تكون فيها $G_{RX}(\varphi) > \min[G_{max} - 30 \text{ dB}, G_{RX}(\alpha_0[\text{Latitude}])]$.

- ملاحظة: ينبغي ألا تُحتسب مرتين السواتل المذكورة في الخطوة 23 وعلى وجه الخصوص، إن كان الساتل مدرجاً في قائمة أعلى سواتل MAX_CO_FREQ[lat]، وفيه أيضاً $G_{RX}(\varphi) > \min[G_{max} - 30 \text{ dB}]$ ، فينبغي احتساب $G_{RX}(\alpha_o[Latitude])$ مرة واحدة فقط كجزء من السواتل MAX_CO_FREQ[lat] المذكورة في الخطوة 20.
- الخطوة 23: تُضاف قيمة الكثافة $epfd_{\downarrow i}$ تدريجياً إلى الكثافة $epfd_{\downarrow}$.
- الخطوة 24: تُضاف قيمة الكثافة $epfd_{\downarrow}$ المتعلقة بهذه الزيادة الزمنية إلى إحصاءات الكثافة $epfd_{\downarrow}$ بالمدخلين (T_{fine}/T_{Step}) .
- الخطوة 25: تُشتق دالة التوزيع التراكمي (CDF) للكثافة $epfd_{\downarrow}$ من دالة توزيع الاحتمالات (PDF) للكثافة $epfd_{\downarrow}$ باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 2.1.D7.
- الخطوة 26: تُقارن إحصاءات الكثافة $epfd_{\downarrow}$ بحدود زيادة $epfd_{\downarrow}$ باستخدام الخوارزمية الواردة في الفقرة 1.D7.
- الخطوة 27: تُخرج النتائج بالنسق المحدد في الفقرة 3.D7.

2.4.1.D5 الخوارزميات والإجراءات الحسابية المعتمدة في حال استخدام مدة التتبع

- لحساب قيم الكثافة $epfd_{\downarrow}$ الصادرة من نظام non-GSO يعتمد مدة التتبع إلى محطة أرضية في نظام GSO، ينبغي استخدام الخوارزمية التالية. ويمكن استخدامها لأنظمة GSO متعددة بالتوازي إن لزم الأمر.
- الخطوة 1: تُدخل معلمات النظام non-GSO المحددة في الفقرة 2.1.D5.
- الخطوة 2: تُدخل معلمات GSO المحددة في الفقرة 1.1.D5.
- الخطوة 3: إن لزم الأمر، يُحسب موقع الساتل GSO الذي يستقبل أقصى كثافة $epfd_{\downarrow}$ ، باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.D3، وإلا يستخدم الساتل GSO وموقع المحطة الأرضية المطلوب.
- الخطوة 4: يُحسب عدد الزيادات الزمنية ومقدارها باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة D4، ومن ثم يُحسب زمن الانتهاء. وكما هو موضح في الفقرة 3.1.D5، يضبط MIN_SLIDING_TIME و MIN_DURATION ليكون عدداً صحيحاً من الزيادات الزمنية الدقيقة وبالتالي يحسب NUM_SLIDE_WINDOWS. وتزاد مدة المحاكاة تدريجياً بمقدار العدد الصحيح من الزيادات الزمنية الدقيقة بحيث يكون لكل النوافذ المنزلة إحصاءات كاملة.
- الخطوة 4 مكرر: تُستهل الإحصاءات بتفسير جميع خانات قيم الكثافة $epfd_{\downarrow}$ لكل من NUM_SLIDE_WINDOWS.
- الخطوة 5: في حال وجود خوارزمية زيادة زمنية مزدوجة، تستخدم إذن الخطوة الفرعية 1.5، وإلا تستخدم $N_{coarse} = 1$ على الدوام.
- الخطوة الفرعية 1.5: يحسب مقدار الزيادة الزمنية التقريبية $T_{coarse} = T_{fine} * N_{coarse}$.
- الخطوة 6: في حال وجود خوارزمية زيادة زمنية مزدوجة، تُكرر العمليات من الخطوة الفرعية 1.6 إلى الخطوة 22 حتى بلوغ زمن الانتهاء، وإلا تُكرر الخطوات من 7 إلى 22 حتى زمن الانتهاء.
- الخطوة الفرعية 1.6: إذا كانت هذه هي الزيادة الزمنية الأولى، إذن تضبط $T_{fine} = T_{step}$ ، وإلا
- الخطوة الفرعية 2.6: إذا كانت توجد زيادات متبقية أدنى من N_{coarse} ، تضبط $T_{fine} = T_{step}$ ، وإلا
- الخطوة الفرعية 3.6: إذا كانت قيمة أي من $G_{RX}(\varphi)$ في الزيادة الزمنية الأخيرة في حدود ذروة مقدارها 30 dB، تضبط إذن $T_{fine} = T_{step}$ ؛ وإلا $T_{coarse} = T_{step}$.
- الخطوة 7: تحدّث متجهات مواقع جميع المحطات الأرضية باستخدام نظام الإحداثيات المبين في الفقرة 1.D6.
- الخطوة 8: تحدّث متجهات مواقع جميع السواتل GSO باستخدام نظام الإحداثيات المبين في الفقرة 2.D6.
- الخطوة 9: تحدّث متجهات مواقع وسرعات جميع السواتل GSO باستخدام نظام الإحداثيات ونموذج التنبؤ المداري وخوارزمية الثبات في المدار، المبينة في الفقرة 3.D6.

- الخطوة 10: تُدخل الكثافة $epfd \downarrow$ = صفر.
- الخطوة 11: تُختار جميع السواتل *non-GSO* المرئية للمحطات الأرضية *GSO* باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.4.D6.
- الخطوة 12: تُكرر الخطوات من 13 إلى 18 لكل من سواتل *non-GSO* المرئية.
- الخطوة 13: تُحسب المعلمات اللازمة لحساب قناع *pdf*، إما (خط العرض، α ، $\Delta long$) أو (خط العرض، السميت، الارتفاع) حسب الاقتضاء، باستخدام تعاريف الزوايا الواردة في الفقرة 4.4.D6 أو الفقرة 5.4.D6.
- الخطوة 13 مكرر: يُحسب (ϵ_{NGSO} , $Azimuth_{NGSO}$) للسواتل *non-GSO* حسبما يُرى عند موقع المحطة الأرضية *GSO* باستخدام تعاريف الزوايا الواردة في الفقرة 4.4.D6.
- الخطوة 14: باستخدام قناع *pdf* للسواتل *non-GSO* المختار، تُحسب الكثافة *pdf* (خط العرض، α ، $\Delta long$) أو (خط العرض، السميت، الارتفاع) عند المحطة الأرضية *GSO* باستخدام قناع *pdf* للسواتل *non-GSO*، المحدد في الفقرة 5.1.D5.
- الخطوة 15: تُحسب زاوية الانحراف عن المحور φ عند المحطة الأرضية *GSO*، بين الخط الواصل إلى الساتل *GSO* والساتل *non-GSO*.
- الخطوة 16: تُحسب $G_{RX}(\varphi)$ = كسب الاستقبال (dB) عند المحطة الأرضية *GSO* باستخدام مخطط الكسب ذي الصلة المحدد في الخوارزميات المبينة في الفقرة 5.D6.
- الخطوة 17: تُحسب الكثافة $epfd \downarrow_i$ لهذا الساتل *non-GSO* باستخدام المعادلة التالية:
- $$epfd \downarrow_i = pdf + G_{RX}(\varphi) - G_{max}$$
- حيث G_{max} هي ذروة كسب هوائي المحطة الأرضية *GSO*.
- الخطوة 18: تُختزن مدخلات الكثافة $epfd \downarrow_i$ لكل ساتل:
- ذي $\alpha \geq \alpha_0[latitude]$ و $\epsilon_{NGSO} \geq \epsilon_0[latitude]$
 - أو تكون فيه $G_{RX}(\varphi) > \min[G_{max} - 30 \text{ dB}, G_{RX}(\alpha_0[Latitude])]$
- الخطوة 19: إذا كانت ثمة نافذة تحتتم هذه الزيادة الزمنية، عندئذ تُحدد السواتل *non-GSO* التي استوفت القيد α_0 و ϵ_0 طوال كامل فترة النافذة.
- الخطوة 19 مكرر: تحسب، لكل من هذه السواتل التي استوفت القيد α_0 و ϵ_0 طوال كامل فترة النافذة، أعلى كثافة $epfd \downarrow[nSat]$ عبر النافذة الزمنية وتصنف هذه القائمة من السواتل بحسب أعلى كثافة $epfd \downarrow[nSat]$ لكل ساتل.
- الخطوة 20: تكرر الخطوتان 21 و 22 بالنسبة لكل زيادة زمنية في النافذة من أجل مساهمات $epfd \downarrow[nSat]$ في الساتل $G_{RX}(\varphi) > \min[G_{max} - 30 \text{ dB}, G_{RX}(\alpha_0[Latitude])]$ في هذه القائمة إضافة إلى السواتل التي تكون لها $G_{RX}(\varphi) > \min[G_{max} - 30 \text{ dB}, G_{RX}(\alpha_0[Latitude])]$ ، حيث $MAX_CO_FREQ[lat]$ هو العدد الأقصى من السواتل *non-GSO* العاملة في خط عرض المحطة الأرضية *GSO_ES* والتي تعتبر مقابلة للعدد الأقصى للسواتل المسموح لها بالبث بنفس التردد تجاه نفس المنطقة من الأرض، والتي تحقق شروط منطقة الاستبعاد *GSO* وزوايا الارتفاع الدنيا على النحو المحدد للنظام *non-GSO*.
- ملاحظة: ينبغي ألا تُحسب مرتين السواتل المذكورة في الخطوة 21. وعلى وجه الخصوص، إذا كان الساتل مدرجاً في قائمة أعلى سواتل $MAX_CO_FREQ[lat]$ ، وفيه أيضاً $G_{RX}(\varphi) > \min[G_{max} - 30 \text{ dB}, G_{RX}(\alpha_0[Latitude])]$ ، فينبغي احتسابه $G_{RX}(\alpha_0[Latitude])$ مرة واحدة فقط كجزء من السواتل $MAX_CO_FREQ[lat]$ المذكورة في الخطوة 21.
- الخطوة 21: تزداد الكثافة $epfd \downarrow$ تدريجياً بالقيمة $epfd \downarrow_i$.
- الخطوة 22: تزداد إحصاءات الكثافة $epfd \downarrow$ بالنسبة لنافذة الانزلاق المعنية بالقيمة $epfd \downarrow$ لهذه الزيادة الزمنية بواسطة المدخلات (T_{step}/T_{fine}) . إذا كانت الزيادة الزمنية الأخيرة هي زيادة زمن الدورة وأغلقت النافذة خلال هذه الزيادة الزمنية، عندئذ ينبغي تحديث إحصاءات الكثافة $epfd \downarrow$ بذلك الجزء من T_{step} الموجود في النافذة ويختزن الجزء المتبقي من أجل النافذة

التالية. وإذا تجاوزت التشغيلية منذ زمن البدء لهذه النافذة المنزقة مدة التشغيلية، عندئذ يكفي تضمين ذلك الجزء من النافذة الزمنية الذي يقع ضمن مدة التشغيلية في الإحصاءات.

الخطوة 23: تولّد دالة التوزيع التراكمي (CDF) للكثافة $epfd_{\downarrow}$ لجميع نوافذ الانزلاق من دالة توزيع الاحتمالات (PDF) باستعمال الخوارزمية الواردة في الفقرة 2.1.D7.

الخطوة 24: تقارن إحصاءات الكثافة $epfd_{\downarrow}$ لجميع نوافذ الانزلاق ذات الحدود باستعمال الخوارزمية الواردة في الفقرة 1.D7.

الخطوة 25: تنظم النتائج بالنسق المحدد في الفقرة 3.D7.

5.1.D5 حساب قناع الكثافة pfd

يحدّد قناع الكثافة pfd في شكل جدول لقيم الكثافة pfd لزوايا وخطوط عرض مختلفة.

ويلاحظ أن مدى خطوط العرض ينبغي أن يكون:

الحد الأدنى: $i-$

الحد الأقصى: $i+$

حيث i هي ميل مدار الساتل non-GSO.

وعموماً، تقع زوايا (السمت، الارتفاع) أو (α أو $\Delta long$) المحسوبة عند كل زيادة زمنية بين قيمتين في الصفيين. وفي هذه الحالة، يتعين إجراء الاستكمال الداخلي ثنائي الخط بين قيم الكثافة pfd باستخدام المعادلة:

$$pfd = (1 - \lambda_x)(1 - \lambda_y)pfd_{11} + \lambda_x(1 - \lambda_y)pfd_{21} + (1 - \lambda_x)\lambda_y pfd_{12} + \lambda_x\lambda_y pfd_{22}$$

حيث:

$$\lambda_x = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\lambda_y = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

و (x, y) هما البعدان في قناع الكثافة pfd.

وإذا وقعت الزوايا خارج قناع الكثافة pfd، تحسب البرمجية قيم الكثافة pfd من أكبر زاوية في القناع (أي عند حافة القناع).

وينبغي استعمال القناع الأقرب من حيث خط العرض إلى الساتل المرجعي. ويقدم الجزء C المزيد من المعلومات عن نسق واعتيان قناع الكثافة pfd.

6.1.D5 النواتج

نتيجة الخوارزمية صفيان بالنسق التالي:

dB(W/(m ² · BW _{ref}))	epfd_DOWN_CALC[I]	صفي لقيم الكثافة $epfd_{\downarrow}$
%	PC_CALC[I]	صفي لنسب المثوية

حيث PC_CALC[I] هي النسبة المثوية من الزمن التي يتم فيها تجاوز القيمة $epfd_DOWN_CALC[I]$.

2.D5 وصف برمجية الكثافة $epfd\uparrow$

يصف هذا الفرع خوارزمية حساب الكثافة $epfd\uparrow$ الصادرة من محطات أرضية non-GSO نحو وصلة صاعدة GSO. ويمكن تحديد مواقع المحطات الأرضية بإحدى الطريقتين:

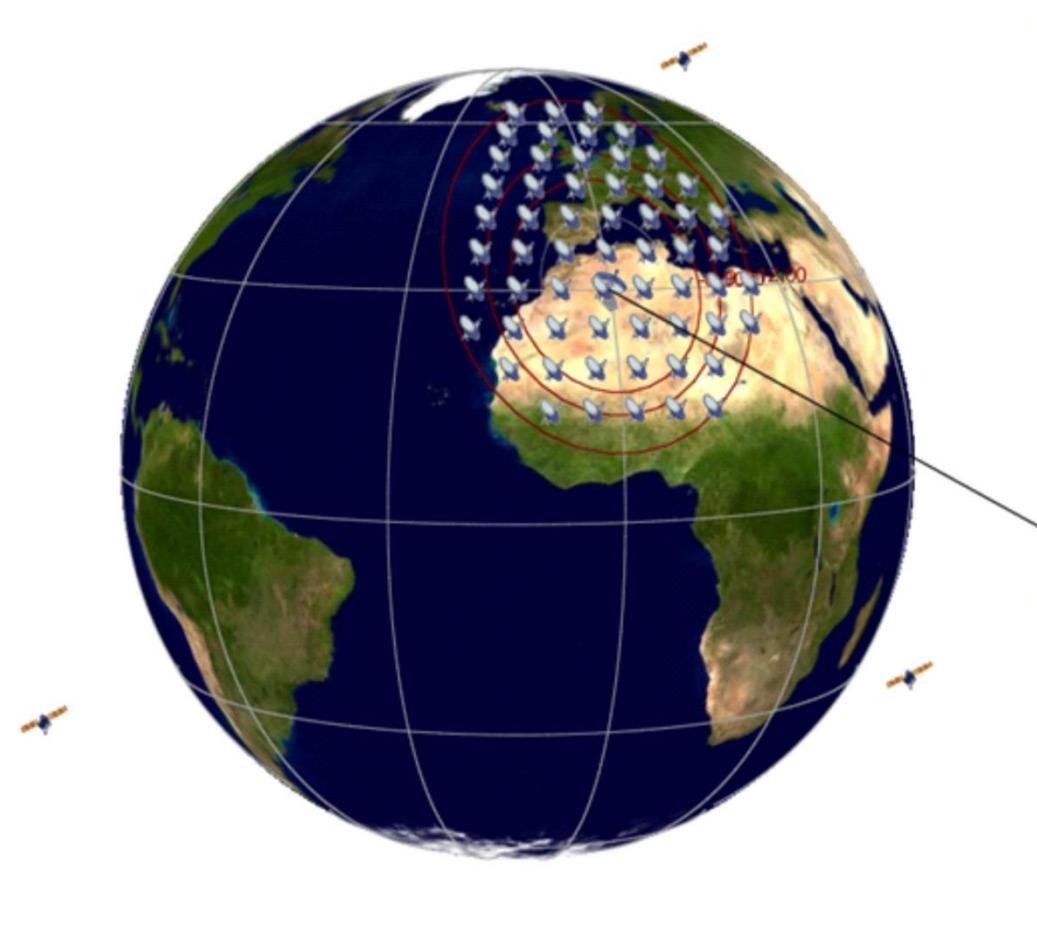
- (1) يفترض أن الأرض مأهولة بتوزيع منتظم من المحطات الأرضية non-GSO. وفي هذه الحالة يضبط المعرف ES_ID في قناع القدرة e.i.r.p. عند قيمة -1.
- (2) تستخدم مواقع محطات أرضية معينة عبر حقل في قناع القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية. وفي هذه الحالة، لا يستعمل حقل الكثافة.

وتسد كل محطة أرضية نحو سائل non-GSO باستخدام قواعد التسديد الخاصة بهذه الكوكبة، وترسل بقدرة e.i.r.p. محددة. ومن القدرة e.i.r.p. ومخطط الكسب المنحرف عن المحور لكل محطة أرضية، يمكن حساب الكثافة $epfd\uparrow$ عند النظام GSO. ويتكرر هذا الأمر لسلسلة من الزيادات الزمنية حتى الوصول إلى توزيع للكثافة $epfd\uparrow$. ويمكن مقارنة هذا التوزيع بعد ذلك بالحدود ذات الصلة بالقبول أو الرفض.

ويعرض الشكل 44 هندسية مجموعة من المحطات الأرضية non-GSO التي تبث نحو كوكبة من السوائل non-GSO إلى جانب سائل اختبار GSO يستقبل من محطة أرضية GSO.

الشكل 44

مثال على سيناريو الكثافة $epfd$ (صاعدة)



1.2.D5 معلمات التشكيل

يحدّد هذا الفرع المعلمات اللازمة لجميع حسابات الكثافة \uparrow epfd المحددة في لوائح الراديو. وهذه المعلمات عبارة عن مجموعة بيانات تضم مجموعة عددها N من الحدود التي يمكن تبادلها بين عمليات المحاكاة. ويمكن اللجوء إلى الجدول بحيث يتسنى استعمال القيم اللازمة طبقاً لتردد النظام non-GSO.

ويتم تحديد ما يلي لكل مجموعة من الحدود حسبما جاء في الفقرة 1.D2.

اسم المعلمة	قيمة المعلمة	وحدة المعلمة ومداهها
التردد	FREQ	MHz
مخطط الكسب GSO	FEND_UP	أحد المخططات الموصوفة في الفقرة 5.6.D
الكسب الأقصى GSO	GSO_SAT_PEAKGAIN	dBi
عرض حزمة منتصف القدرة GSO	GSO_SAT_BEAMWIDTH	درجة
عرض النطاق المرجعي	RAFBW	kHz
عدد نقاط الكثافة \uparrow epfd	Nepfd_UP	–
صيف قيم الكثافة \uparrow epfd Nepfd_UP	epfd_UP[I]	dB(W/(m ² · BW _{ref}))
صيف النسب المئوية Nepfd_UP	PC_UP[I]	%

2.2.D5 تحديد تشكيلة الكثافة epfd القصوى

يحدّد الحد الأقصى للكثافة epfd لموقع الساتل GSO ومركز الحزمة في الفقرة 2.D3.

3.2.D5 حساب الزيادات في التشغيل

تحسب الزيادة الزمنية وعدد الزيادات الزمنية باستعمال الخوارزمية الواردة في القسم D4 الذي يصف أيضاً خيار الزيادة الزمنية المزدوجة.

4.2.D5 المدخلات

1.4.2.D5 معلمات المدخلات

يتناول هذا الفرع معلمات المدخلات في سيناريو نظام non-GSO. وتكون المدخلات في هذه الحالة تعبير جامع يمكن أن يشمل الملفات المدخلة والمدخلات التي يدخلها المستعمل. والمعلومات المطلوبة هي:

- النظام non-GSO؛
- النظام GSO؛
- تشكيل عملية المحاكاة.

2.4.2.D5 معلمات النظام non-GSO

تستعمل المعلمات التالية، كما هي مبينة في الفقرة 1.B3:

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
عدد السواتل non-GSO	N_{sat}	–
للمدار مسار أرضي متكرر تحافظ عليه أداة حفظ المحطة	نعم/لا	–
تقدم الإدارة بيانات محددة عن زاوية المبادرة للعقدة	نعم/لا	–
مدى الحفاظ على الموقع للعقدة الصاعدة بوصفه المدى الإجمالي	W_{delta}	درجات

وتستعمل المعلمات التالية لكل ساتل في بداية كل محاكاة، وهي موصوفة في الفقرة 2.B3 وترد تعاريف المعلمات في الفقرة 1.3.D6. ويلاحظ في الجدول التالي أن القرينة $[N]$ تشير قيمة مختلفة لكل ساتل وأن القيمة التي ترتبها N منسوبة إلى الساتل الذي ترتبه N .

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
نصف المحور الكبير	A[N]	km
الاختلاف المركزي	E[N]	-
الميل	I[N]	درجات
خط الطول للعقدة الصاعدة	O[N]	درجات
زاوية الحضيض	W[N]	درجات
الزاوية الاختلافية الحقيقية	V[N]	درجات

ويجب أن يكون لكل ساتل مجموعة مستقلة من معلمات المدار تتكون من ست معلمات من أجل تعريف الساتل والانتشار اللاحق. ولتحديد خصائص المحطات الأرضية non-GSO تستخدم المعلمات التالية، كما هي محددة في الفقرة 2.B4.

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
العدد الأقصى للسواتل non-GSO المشتركة في التردد	MAX_CO_FREQ [Latitude]	-
قناع القدرة e.i.r.p. للمحطة الأرضية بحسب خط العرض	ES_e.i.r.p.[lat]	dB(W/BW _{ref})
زاوية الارتفاع الدنيا	ES_MINELEV[Latitude] [Azimuth]	درجة
زاوية منطقة الاستبعاد بحسب خط العرض، وقد تتفاوت بحسب الساتل	MIN_EXCLUDE [Latitude]	درجة
متوسط عدد المحطات الأرضية non-GSO النشطة في نفس الوقت لكل كيلو متر مربع	ES_DENSITY	km ²
متوسط المسافة بين مركز مسقط الخلية أو الحزمة	ES_DISTANCE	km
أقصى عدد من المحطات الأرضية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض المتباعدة بساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في التردد ذاته في حساب كثافة تدفق القدرة المكافئة (EPFD) (صاعدة). وإن لم تتوفر إحدى القيم، فيُفترض أن يكون أقصى عدد من المحطات الأرضية المتباعدة بساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في التردد ذاته مساوياً لعدد المحطات الأرضية المنشأة لتنفيذ تشغيل حساب \uparrow epfd	MAX_CO_FREQ_SAT	-
أدنى زاوية بالدرجات عند الساتل non-GSO بين الخطوط الواصلة إلى أي محطتين أرضيتين non-GSO نشطتين. وإن لم تتوفر، فيُفترض أن تكون قيمتها صفراً.	MIN_ANGLE_AT_SAT	درجة
أدنى زاوية بالدرجات عند سطح الأرض بين الخطوط الواصلة إلى أي ساتلين non-GSO نشطين. وإن لم تتوفر، فيُفترض أن تكون قيمتها صفراً. ولا تنطبق إذا كانت قيمة MIN_DURATION غير صفرية.	MIN_ANGLE_AT_ES	درجة

ويلاحظ أن فترة التبع الدنيا لا تستعمل في حالة epfd (صاعدة).

3.4.2.D5 معلمات النظام GSO

يمكن حساب النظام non-GSO أو استخدام معلمات الحالة الأسوأ باستخدام الخوارزمية الموصوفة في الفقرة 2.D3. والمعلمات المحددة المطلوبة هي:

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
خط طول الساتل GSO	GSO_SAT_LONG	درجة
خط عرض التسديد GSO	BS_LAT	درجة
خط طول التسديد GSO	BS_LONG	درجة
مخطط الكسب المرجعي GSO	GSO_SAT_PATTERN	أحد المخططات الموصوفة في الفقرة 5.D6

وهذه المعلمات معرفة في الفقرتين 1.D6 و 2.D6.

4.4.2.D5 معلمات عملية المحاكاة

تُحسب معلمات المحاكاة التالية باستخدام الخوارزمية الموصوفة في القسم D4:

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
الخطوة الزمنية	TSTEP	ثانية
عدد الخطوات الزمنية	NSTEPS	-

5.2.D5 حساب توزيع المحطات الأرضية non-GSO

عندما تُحدد مواقع المحطات الأرضية non-GSO بتوزيع ما، ينبغي استخدام الطريقة التالية:

الخطوة 1: يُحسب عدد المحطات الأرضية non-GSO العاملة التي تمثلها المحطة الأرضية المعنية:

$$\text{NUM_ES} = \text{ES_DISTANCE} * \text{ES_DISTANCE} * \text{ES_DENSITY}$$

الخطوة 2: تُحسب القدرة e.i.r.p. التي تستعمل لكل محطة أرضية ممثلة non-GSO باستعمال العلاقة:

$$\text{REP_e.i.r.p.} = \text{ES_e.i.r.p.} + 10\log_{10}(\text{NUM_ES})$$

الخطوة 3: تُحدد منطقة الخدمة GSO باعتبارها المنطقة التي تقع داخل الكفاف الذي يمثل الكسب النسبي 15 dB.

الخطوة 4: لكل مسافة ES_DISTANCE في خط العرض وفي خط الطول في منطقة الخدمة المعرفة في الخطوة 3، تُحدد محطة أرضية non-GSO باعتبارها محطة ممثلة بقدرة مشعة متناحية مكافئة REP_e.i.r.p.

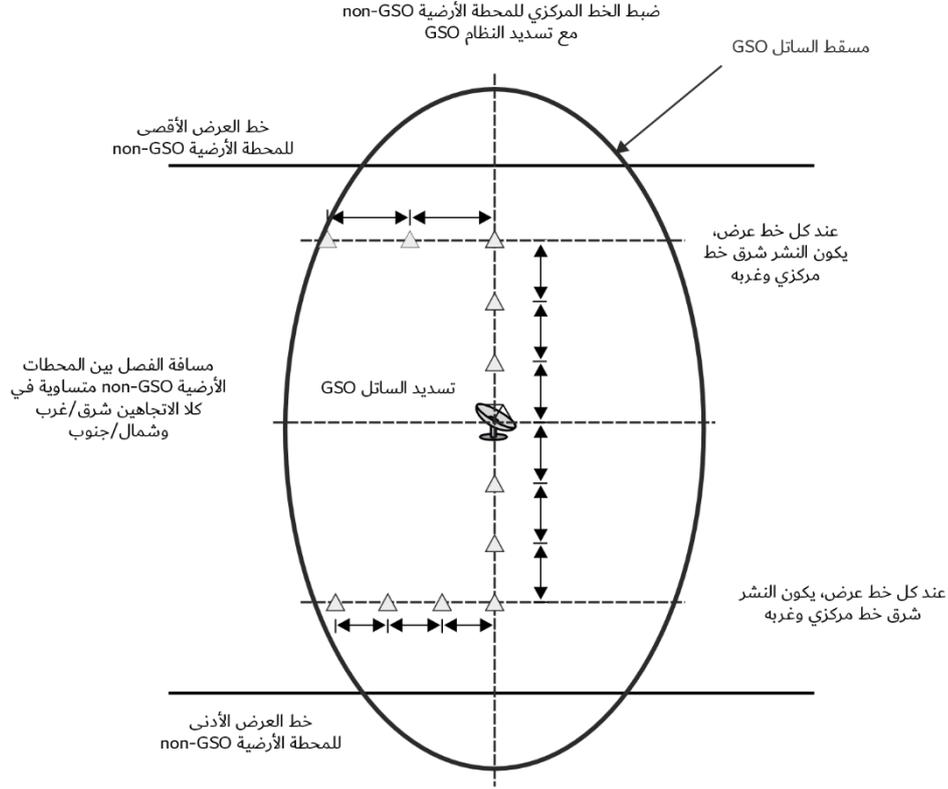
إذا كانت قيمة ES_DISTANCE صفرًا عندئذ تضبط في الخطوة الأولى NUM_ES = 1 ويحدد عند الخطوة 4 موقع محطة أرضية واحد non_GSO عند خط تسديد الساتل GSO.

وتكون قيمة NUM_ES عموماً 1 لنظامي TDMA و FDMA، وتكون بالنسبة لأنظمة CDMA مساوية لعدد المحطات الأرضية التي تعمل جميعها في نفس التردد وفي نفس الوقت والموقع. وتعلق ES_DISTANCE بمتوسط المسافة بين الحزم في نفس التردد.

وينبغي أن تكون طريقة النشر متناظرة حول (خط عرض، خط طول) تسديد الساتل GSO، كما هو مبين في الشكل 45.

الشكل 45

طريقة نشر المحطات الأرضية non-GSO



S.1503-45

ينبغي عدم نشر أي محطات أرضية non-GSO تحت خط العرض الأدنى أو فوق خط العرض الأقصى، حيث تشتق هاتان القيمتان الحديتان باستعمال المنهجية المبينة في الفقرة 3.2.D3.

ويمكن حساب مسافة الفصل في خط العرض بالراديان بين المحطات الأرضية non-GSO من المسافة باستعمال العلاقة:

$$\Delta lat = \frac{d}{R_e}$$

ويمكن حساب مسافة الفصل في خط الطول بالراديان بين المحطات الأرضية non-GSO باستعمال العلاقة:

$$\Delta long = \frac{d}{R_e \cos lat}$$

6.2.D5 الخوارزميات وخطوات الحساب

لحساب قيم $epfd_{\uparrow}$ من ساتل في نظام non-GSO نحو ساتل في نظام GSO ينبغي استخدام الخوارزمية التالية. ويمكن استخدامها أيضاً إذا اقتضى الأمر للأنظمة GSO المتعددة التي تعمل بالتوازي:

الخطوة 1: تقرأ معلمات النظام non-GSO، المحددة في الفقرة 2.4.2.D5.

الخطوة 2: تقرأ معلمات النظام GSO المحددة في الفقرة 3.4.2.D5.

الخطوة 3: إذا اقتضى الأمر، يحسب الموقع GSO الذي يحدث عنده أقصى مقدار من $epfd$ باستخدام الخوارزمية الواردة في الفقرة 2.D3، وإلا يستخدم الساتل GSO وموقع المحطة الأرضية المطلوب.

- الخطوة 4: إذا اقتضى الأمر، تحسب مواقع المحطات الأرضية non-GSO باستخدام الخوارزمية الواردة في الفقرة 5.2.D5.
- الخطوة 5: يجري استهلاك الإحصاءات بتصفير جميع قيم الفترات الفاصلة للكثافة $epfd \uparrow$.
- الخطوة 6: إذا اقتضى الأمر، يحسب عدد الزيادات الزمنية ومقدار الزيادة الزمنية باستخدام الخوارزمية الواردة في الفقرة D4 ثم يحسب زمن الانتهاء.
- وفي حال خوارزمية زيادة زمنية مزدوجة، تستخدم الخطوة الفرعية 1.6، وإلا تستخدم $N_{coarse} = 1$ في جميع الحسابات.
- الخطوة الفرعية 1.6: يحسب مقدار الزيادة الزمنية التقريبية $T_{coarse} = T_{fine} * N_{coarse}$.
- الخطوة 7: تكرر الخطوات من 8 إلى 24 لجميع الزيادات الزمنية.
- في حال خوارزمية زيادة زمنية مزدوجة، تكرر العمليات من الخطوة الفرعية 1.7 إلى الخطوة 22 حتى النهاية الزمنية.
- الخطوة الفرعية 1.7: إذا كانت هذه هي الزيادة الزمنية الأولى، تدخل $T_{fine} = T_{step}$ ، وإلا
- الخطوة الفرعية 2.7: إذا كانت هناك زيادات أقل من N_{coarse} متبقية، تدخل $T_{fine} = T_{step}$ ، وإلا
- الخطوة الفرعية 3.7: إذا كانت أي من الزوايا α في الزيادة الزمنية الأخيرة في حدود φ_{coarse} من زاوية منطقة الاستبعاد، تدخل $T_{fine} = T_{step}$ وإلا $T_{coarse} = T_{step}$.
- الخطوة 8: تحدّث موجهات الموقع لجميع المحطات الأرضية باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.D6.
- الخطوة 9: تحدّث موجهات الموقع والسرعة لجميع السواتل non-GSO باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 2.3.D6.
- الخطوة 10: تحدّث موجهات الموقع لجميع السواتل GSO باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 2.D6.
- الخطوة 11: تُعد قائمة بالوصلات الممكنة الشاملة لثلاثيات تتألف من {ساتل non-GSO، محطة أرضية non-GSO، كثافة $epfd \uparrow$ } بحيث تكون قائمة فارغة.
- الخطوة 12: يُضبط عدّد مرات استخدام كل ساتل ليكون صفرًا لجميع السواتل.
- الخطوة 13: يُضبط عدّد مرات استخدام كل محطة أرضية non-GSO ليكون صفرًا لجميع المحطات الأرضية non-GSO.
- الخطوة 14: تكرر الخطوات 15 إلى 24 لكل محطة أرضية non-GSO.
- الخطوة 15: يحدد ما إذا كانت هذه المحطة الأرضية non-GSO مرئية للسواتل GSO باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.4.D6.
- الخطوة 16: إذا كانت المحطة الأرضية non-GSO مرئية للسواتل GSO، تتبع الخطوات 17 إلى 24.
- الخطوة 17: تُكرر الخطوات من 18 إلى 24 لجميع السواتل non-GSO.
- الخطوة 18: إذا كان هذا الساتل non-GSO (أ) مرئياً للمحطة الأرضية non-GSO (ب) يقع فوق أدنى زاوية ارتفاع $\epsilon_0[\text{Azimuth}]_{\text{NGSO}}[\text{latitude}]$ عند المحطة non-GSO في خط العرض هذا وسمت الساتل non-GSO (ج) يقع خارج منطقة الاستبعاد المتعلقة بخط العرض هذا $\alpha_0[\text{latitude}]$ ، تُنفذ الخطوات من 19 إلى 24.
- الخطوة 19: تحسب $ES_{e.i.r.p.}[\text{lat}]$ (dB(W/BW_{raf})) للمحطة الأرضية non-GSO عند خط العرض المحدد لها في اتجاه الساتل GSO باستخدام قناع e.i.r.p. للمحطة الأرضية non-GSO المبين في القسم C3.
- $REP_{e.i.r.p.} = ES_{e.i.r.p.}[\text{lat}, \text{off-axis angle}] + 10\log_{10}(\text{NUM}_{ES})$

- الخطوة 20: بحسب G_{RX} = الكسب النسبي (dB) المستقبل عند الساتل GSO باستخدام مخطط الكسب ذي الصلة المبين في الخوارزمية الواردة في الفقرة 5.D6.
- الخطوة 21: تحسب D = المسافة (km) بين المحطة الأرضية non-GSO والساتل GSO باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.4.D6.
- الخطوة 22: بحسب عامل الانتشار $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$
- الخطوة 23: تحسب $epfd_{\uparrow i}$ لهذا الساتل non-GSO على النحو التالي:
- $$epfd_{\uparrow i} = REP_e.i.r.p. - L_{FS} + G_{RX} - G_{max}$$
- الخطوة 24: تُضاف هذه الثلاثية {الساتل non-GSO، المحطة الأرضية non-GSO، الكثافة $epfd_{\uparrow i}$ } إلى قائمة الوصلات الممكنة.
- الخطوة 25: تُصنف قائمة الوصلات الممكنة بحسب الكثافة $epfd_{\uparrow i}$ بحيث تكون أعلى كثافة $epfd_{\uparrow i}$ على رأسها.
- الخطوة 26: تُضبط الكثافة $epfd_{\uparrow}$ بحيث = صفر.
- الخطوة 27: إذا كانت قائمة الوصلات الممكنة فارغة، يُنتقل إلى الخطوة 35، وإلا تُكرر الخطوات من 28 إلى 34 للوصلة {الساتل non-GSO، المحطة الأرضية non-GSO، الكثافة $epfd_{\uparrow i}$ } ذات أعلى كثافة $epfd_{\uparrow i}$ في قائمة الوصلات الممكنة.
- الخطوة 28: تُضاف قيمة الكثافة $epfd_{\uparrow i}$ للوصلة هذه إلى الكثافة $epfd_{\uparrow}$.
- الخطوة 29: يُزداد كفاف عدد المرات الذي استُخدم فيها الساتل non-GSO المتعلق بهذه الوصلة.
- الخطوة 30: إذا كان كفاف الساتل non-GSO هذا يساوي قيمة MAX_CO_FREQ_SAT، تُلغى إذن من قائمة الوصلات الممكنة جميع الوصلات المتبقية التي تستخدم هذا الساتل non-GSO.
- الخطوة 31: يُزداد كفاف عدد المرات الذي استُخدمت فيها المحطة الأرضية non-GSO المتعلقة بهذه الوصلة.
- الخطوة 32: إذا كان كفاف المحطة الأرضية non-GSO هذا يساوي قيمة MAX_CO_FREQ_SAT، تُلغى إذن من قائمة الوصلات الممكنة جميع الوصلات المتبقية التي تستخدم هذه المحطة الأرضية non-GSO.
- الخطوة 33: إذا كانت قيمة MIN_ANGLE_AT_ES غير صفرية، تُلغى إذن من القائمة جميع الوصلات التي لها زاوية عند المحطة الأرضية مع هذا الساتل non-GSO المتعلق بالوصلة أدنى من MIN_ANGLE_AT_ES.
- الخطوة 34: إذا كانت قيمة MIN_ANGLE_AT_SAT غير صفرية، تُلغى إذن من القائمة جميع الوصلات التي لها زاوية عند الساتل مع هذا الساتل non-GSO المتعلق بالوصلة أدنى من MIN_ANGLE_AT_SAT.
- الخطوة 35: تضاف هذه القيمة $epfd_{\uparrow}$ إلى إحصاءات $epfd_{\uparrow}$.
- عند استعمال خوارزمية زيادة زمنية مزدوجة، ينبغي استعمال الخطوة التالية أدناه:
- الخطوة الفرعية 1.35: تضاف هذه القيمة $epfd_{\uparrow}$ إلى إحصاءات $epfd_{\uparrow}$ من أجل هذه الزيادة الزمنية بمقدار المدخلات T_{step}/T_{fine} .
- الخطوة 36: تشكل دالة التوزيع التراكمي (CDF) للكثافة $epfd_{\uparrow}$ من دالة كثافة الاحتمال (PDF) للكثافة $epfd_{\uparrow}$ باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 2.1.D7.
- الخطوة 37: تقارن إحصاءات $epfd_{\uparrow}$ مع الحدود المستخدمة في الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.D7.
- الخطوة 38: تنظم نتائج المخرجات بالنسق المبين في الفقرة 2.D7.

7.2.D5 حساب القدرة المشعة المكافئة المتناحية

إذا كان قناع e.i.r.p للمحطة الأرضية (ES_e.i.r.p) بالنسق (θ) ES_e.i.r.p.(lat)، يُختار الجدول الحاوي لأقرب خط عرض إلى المحطة الأرضية non-GSO قيد الدراسة، ثم يُستخدم لإجراء استكمال خطي في القناع ES_e.i.r.p على أساس زاوية الانحراف عن المحور عند المحطة الأرضية non-GSO باتجاه الساتل.

وإذا كان القناع ES_e.i.r.p بالنسق $(\Delta LongES)$ ES_e.i.r.p.(lat)(az)(el)، يُختار الجدول الحاوي لأقرب خط عرض إلى المحطة الأرضية non-GSO قيد الدراسة. وفي هذا الجدول، تُختار الصفيقة (az)(el) ذات أصغر تخالف زاو إلى (سمت، ارتفاع) الساتل non-GSO حسبما يُرى في المحطة الأرضية non-GSO. ثم تُستخدم هذه الصفيقة لإجراء استكمال خطي في القناع ES_e.i.r.p على أساس الفرق في خط الطول بين المحطة الأرضية non-GSO والساتل GSO.

8.2.D5 المخرجات

ينتج عن الخوارزمية صفيقان بمقدار $Nepfd_{\uparrow}$ في النسق التالي:

صفيق للقيم $epfd_{\uparrow}$ $Nepfd_{\uparrow}$	epfd_UP_CALC[I]	dB(W/(m ² · BW _{ref}))
صفيق للنسب المئوية $Nepfd_{\uparrow}$	PC_CALC[I]	%

حيث PC_CALC[I] هي النسبة المئوية للزمن الذي يتم فيه تجاوز القيمة epfd_UP_CALC[I]

3.D5 وصف البرمجية epfd_{is}

يرد في هذا القسم وصف الخوارزمية المستخدمة في حساب epfd_{is} من المحطات الفضائية non-GSO إلى الوصلة الصاعدة GSO. ويمكن حساب epfd_{is} عند المحطة الفضائية GSO من بيانات e.i.r.p. والزاوية الرئيسية المنحرفة عن المحور لكل محطة فضائية. وتكرر هذه العملية لكل سلسلة من الزيادات الزمنية حتى الحصول على توزيع epfd_{is}، ويمكن بعد ذلك مقارنة هذا التوزيع بالحدود المقررة للوصول إلى قرار بالقبول أو الرفض.

1.3.D5 معلمات التشكيل

يحدد هذا الفرع المعلمات المطلوبة لجميع حسابات epfd_{is}. وتكون هذه المعلمات في شكل مجموعة بيانات تتكون من مجموعات نونية (N) للحدود التي يمكن تقاسمها بين عمليات المحاكاة. ويمكن استقاء القيم المطلوبة من الجدول تبعاً لتردد النظام non-GSO. وبالنسبة لكل مجموعة من الحدود، يتم تحديد المعلمات التالية المشتقة في الفقرة 1.D2.

اسم المعلمة	قيمة المعلمة	وحدة المعلمة ومدائها
بداية نطاق التردد	FREQ	MHz
مخطط الكسب GSO	FEND_IS	أحد المخططات الموصوفة في الفقرة 5.5.D
ذروة الكسب GSO	GSO_SAT_PEAKGAIN	dB
فتحة نصف القدرة للحزمة GSO	GSO_SAT_BEAMWIDTH	درجات
عرض النطاق المرجعي	RIFBW	kHz
عدد النقاط epfd _{is}	Nepfd_IS	-
صفيق القيم $epfd_{is}$ $Nepfd_{IS}$	epfd_IS[I]	dB(W/(m ² · BW _{ref}))
صفيق النسب المئوية $Nepfd_{IS}$	PC_IS[I]	%

2.3.D5 تحديد تشكيل الكثافة epfd القصوى

يرد في الفقرة 3.D3 موقع الساتل GSO ومركز الحزمة حيث تكون الكثافة epfd في حدها الأقصى.

3.3.D5 حساب الزيادات الزمنية في المحاكاة

تُحسب قيمة الزيادة الزمنية الواحدة وعدد الزيادات الزمنية باستخدام الخوارزمية الواردة في القسم D4.

4.3.D5 معلمات الدخل

يعرف هذا الفرع معلمات الدخل في سيناريو خاص لنظام non-GSO. والدخل في هذه الحالة هو تعبير جامع يشمل الملفات أو مدخلات المستعمل. والمعلومات المطلوبة من أجل:

- النظام non-GSO؛
- النظام GSO؛
- تشكيلة عملية المحاكاة.

1.4.3.D5 معلمات النظام non-GSO

تستعمل المعلمات التالية، كما جاء في الفقرة 1.B2:

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
عدد السواتل non-GSO	N_{sat}	-
للمدار مسار أرضي متكرر تحافظ عليه أداة حفظ المحطة	نعم/لا	-
تقدم الإدارة بيانات محددة عن زاوية المبادرة للعقدة	نعم/لا	-
مدى حفظ المحطة للعقدة الصاعدة باعتباره نصف المدى	W_{delta}	درجات

وبالنسبة لكل سائل تستعمل المعلمات التالية المحددة في الفقرة 1.B2، حيث تعاريف المعلمات محددة في الفقرة 1.3.D6 في بداية عملية المحاكاة.

ويلاحظ في الجدول التالي أن القرائن $[N]$ تشير إلى قيمة مختلفة لكل سائل، وأن القيمة التي ترتيبها N منسوبة إلى السائل الذي ترتيبه N .

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
المحور شبه الرئيسي	$A[N]$	km
الاختلاف المركزي	$E[N]$	-
الميل	$I[N]$	درجات
خط الطول للعقدة الصاعدة	$O[N]$	درجات
زاوية الحضيض	$W[N]$	درجات
الزاوية الاختلافية الحقيقية	$V[N]$	درجات

ويجب أن يكون لكل سائل مجموعة مستقلة من معلمات المدار تتكون من ست معلمات من أجل تعريف السائل والانتشار اللاحق.

ولتحديد خصائص المحطات الفضائية non-GSO تستخدم المعلمات التالية، كما هي محددة في الفقرة 3.B4:

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
القدرة e.i.r.p. لكل محطة فضائية حسب خط العرض	non-GSO_SS_e.i.r.p.[Lat][φ]	dB(W/BW _{ref})
تردد الإرسال الأدنى ⁽¹⁾	IS_F	GHz

⁽¹⁾ يمكن أن تقدم الإدارة المبلغة مجموعة من أقنعة القدرة e.i.r.p. للمحطات الفضائية ومدى التردد الذي تنطبق عليه هذه الأقنعة.

2.4.3.D5 معلمات النظام GSO

قد يستعمل النظام GSO معلمات الحالة الأسوأ باستعمال الخوارزمية الواردة في الفقرة 2.D5 أو القيم المدخلة. والمعلمات المطلوبة هي:

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
خط طول الساتل GSO	GSO_SAT_LONG	درجات
خط عرض التسديد GSO	BS_LAT	درجات
خط طول التسديد GSO	BS_LONG	درجات
مخطط الكسب المرجعي GSO	GSO_SAT_PATTERN	أحد المخططات الموصوفة في الفقرة 5.D5

وهذه المعلمات معرّفة في الفقرتين 1.D6 و 2.D6.

3.4.3.D5 معلمات عملية المحاكاة

ينبغي حساب معلمات المحاكاة التالية باستخدام الخوارزمية الواردة في القسم D4:

وصف المعلمة	اسم المعلمة	وحدة المعلمة
الزيادة الزمنية	TSTEP	ثانية
عدد الزيادات الزمنية	NSTEPS	-

5.3.D5 الخوارزميات وإجراءات الحساب

في حساب الزيادة الزمنية المزدوجة من أجل حساب $epfd_{is}$ ، تكون $N_{coarse} = 1$.

لحساب قيم $epfd_{is}$ من نظام non-GSO نحو ساتل في نظام GSO ينبغي استخدام الخوارزمية التالية. ويمكن استخدامها أيضاً، إذا اقتضى الأمر، للأنظمة GSO المتعددة التي تعمل بالتوازي:

الخطوة 1: تقرأ معلمات النظام non-GSO، المحددة في الفقرة 2.4.3.D5.

الخطوة 2: تقرأ معلمات النظام GSO المحددة في الفقرة 3.4.3.D5.

الخطوة 3: إذا اقتضى الأمر، يحسب الموقع GSO في الحالة الأسوأ باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 3.D3.

الخطوة 4: تستهل الإحصاءات بتصفير جميع خانات قيم الزيادة الزمنية في $epfd_{is}$.

الخطوة 5: إذا اقتضى الأمر، يحسب عدد الزيادات الزمنية ومقدار الزيادة الزمنية باستخدام الخوارزمية الموصوفة في الفقرة D4، ثم يحسب زمن الانتهاء.

وفي حالة خوارزمية الزيادة الزمنية المزدوجة، تستخدم الخطوة الفرعية 1.5، وإلا تستخدم $N_{coarse} = 1$ في جميع الحسابات.

الخطوة الفرعية 1.5: يحسب مقدار الزيادة الزمنية التقريبية $T_{coarse} = T_{fine} * N_{coarse}$.

الخطوة 6: تكرر الخطوات من 7 إلى 19 لجميع الزيادات الزمنية.

في حالة خوارزمية الزيادة الزمنية المزدوجة، تكرر العمليات من الخطوة الفرعية 1.6 إلى الخطوة 17 حتى النهاية.

الخطوة الفرعية 1.6: إذا كانت هذه هي الزيادة الزمنية الأولى، تدخل $T_{fine} = T_{step}$ ، وإلا

الخطوة الفرعية 2.6: إذا كانت هناك زيادات أقل من N_{coarse} متبقية، تدخل $T_{fine} = T_{step}$ ، وإلا

الخطوة الفرعية 3.6: إذا كانت أي من الزوايا α في الزيادة الزمنية الأخيرة في حدود ϕ_{coarse} من زاوية منطقة

الاستبعاد، تدخل $T_{fine} = T_{step}$ وإلا $T_{step} = T_{coarse}$.

- الخطوة 7: تحدّث متجهات الموقع والسرعة لجميع السواتل non-GSO باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 3.D6.
- الخطوة 8: تحدّث متجهات الموقع لجميع السواتل GSO باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 2.D6.
- الخطوة 9: توضع $epfd_{is} = 0$.
- الخطوة 10: تكرر الخطوات من 10 إلى 18 لجميع المحطات الأرضية non-GSO.
- الخطوة 11: يحدد ما إذا كانت هذه المحطة الفضائية non-GSO مرئية من الساتل GSO باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.4.D6.
- الخطوة 12: إذا كانت المحطة الفضائية non-GSO مرئية من الساتل GSO، تتبع الخطوات من 13 إلى 18.
- الخطوة 13: تحسب $e.i.r.p. (dB(W/BW_{rif}))$ للمحطة الفضائية non-GSO في اتجاه الساتل GSO باستخدام قناع $e.i.r.p.$ المبين في القسم C3 من أجل خط عرض المحطة الفضائية non-GSO.
- الخطوة 14: يحسب G_{RX} = الكسب النسبي (dB) المستقبل عند الساتل GSO باستخدام مخطط الكسب المبين في الخوارزمية الواردة في الفقرة 5.D6.
- الخطوة 15: تحسب D = المسافة (km) بين المحطة الفضائية non-GSO والساتل GSO باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.4.D6.
- الخطوة 16: يحسب عامل الانتشار $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$.
- الخطوة 17: تحسب $epfd_{isi}$ لهذا الساتل non-GSO:
- $$epfd_{isi} = e.i.r.p. - L_{FS} + G_{RX} - G_{max}$$
- الخطوة 18: تزداد قيمة $epfd_{is}$ بمقدار $epfd_{isi}$.
- الخطوة الفرعية 19: تزداد إحصاءات $epfd_{is}$ بمقدار $epfd_{is}$ هذا.
- إذا استُعملت خوارزمية الزيادة الزمنية المزدوجة ينبغي تنفيذ الخطوة التالية:
- الخطوة الفرعية 1.19: تزداد إحصاءات $epfd_{is}$ بمقدار $epfd_{is}$ لهذه الزيادة الزمنية في المدخلات T_{step}/T_{fine} .
- الخطوة 20: تحسب دالة التوزيع التراكمي (CDF) للكثافة $epfd_{is}$ من دالة كثافة الاحتمال (PDF) للكثافة $epfd_{is}$ باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 2.1.D7.
- الخطوة 21: تقارن إحصاءات $epfd_{is}$ مع الحدود المقررة باستخدام الخوارزمية المبينة في الفقرة 1.D7.
- الخطوة 22: تنظم نتائج المخرجات في النسق المبين في الفقرة 2.D7.

6.3.D5 المخرجات

ينتج عن الخوارزمية صفيقان في النسق التالي:

صفيق القيم $epfd_{is}$ Nepfd_IS	epfd_IS_CALC[I]	dB(W/(m ² · BW _{rif}))
صفيق النسب المتوية Nepfd_IS	PC_CALC[I]	%

حيث PC_CALC[I] هي النسبة المتوية للزمن الذي يتم فيه تجاوز القيمة epfd_IS_CALC[I].

D6 الهندسية والخوارزميات

يرد في هذا القسم الهندسية التي تحدد الخوارزمية المستعملة في البرمجية. ومن ملامح هذه الهندسية التحويل إلى متجه ديكارتي داخلي يقوم على أساس نظام الإحداثيات. ولا تحدد هذه التوصية توجيهاً دقيقاً للمتجه X لكي يتاح لمطوري البرامج أن يستخدموا أساليب بديلة. وينبغي ألا يؤثر المحور المختار على النتائج لأن إحداثيات الساتل والأرض محددة بالنسبة إلى الأرض.

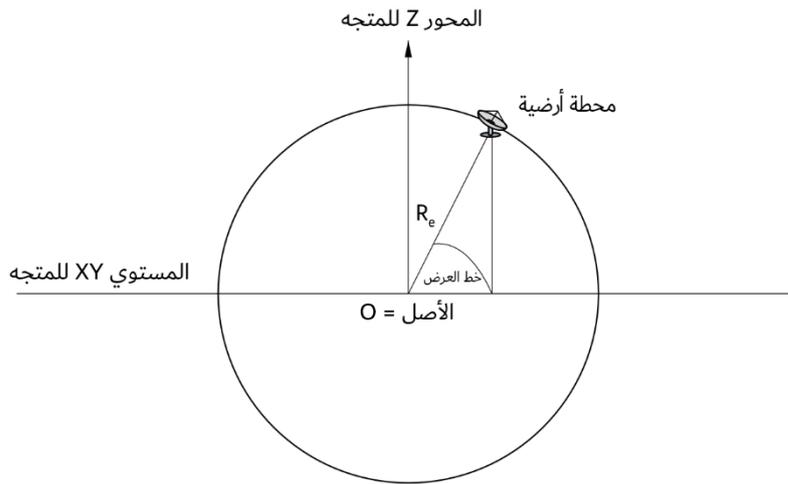
ولمساعدة مطوري البرامج تُستخدم أمثلة لأنظمة الإحداثيات لبيان كيفية التحويل إلى المتجهات الداخلية ومنها.

1.D6 نظام إحداثيات الأرض

يبين الشكل 46 نظام الإحداثيات المرجعي للمحطات الأرضية.

الشكل 46

تعريف خط العرض



S.1503-46

تعرف الأرض باعتبارها كرة نصف قطرها R_e كما هو مبين في الفقرة 2.A2. وتدور الأرض حول محورها، Z ، بمعدل يساوي Ω_e ، كما هو مبين في الفقرة 2.A2. والمستوي XY يقع عمودياً على المحور Z ويقطع الأرض عند خط الاستواء.

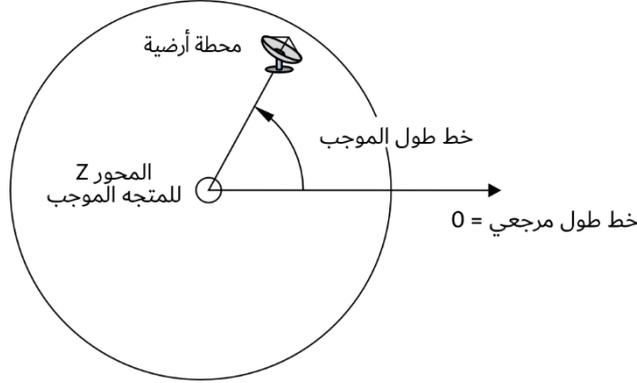
وتقع المحطات الأرضية على هذه الكرة بناءً على زاويتين:

خط العرض: الزاوية بين الخط الذي يصل من مركز الأرض إلى المحطة الأرضية والمستوي XY ؛

خط الطول: الزاوية المبينة في الشكل 47.

الشكل 47

تعريف خط الطول



S.1503-47

يفترض في المحطات الأرضية أن يكون لها موقع (خط عرض، خط طول) ثابت في الزمن. ولا تحدد هذه التوصية التوجيه داخل المستوي XY للمحورين X و Y لأن جميع المواقع المذكورة بالنسبة إلى الأرض وليس بالنسبة إلى إطار عطالي معين. وهذا يتيح للتطبيقات المختلفة استعمال نقاط مرجعية مختلفة إذا اقتضى الأمر دون التأثير على النتائج. ومن التطبيقات الممكنة ما يسمى بالنظام العطالي الذي رأسه مركز الأرض. وفي هذا المثال، يتم التحويل من الإحداثيات الجغرافية على النحو التالي:

$$(5) \quad \text{Long} = \arccos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\right) \quad \text{if } y \geq 0$$

$$(6) \quad \text{Long} = -\arccos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\right) \quad \text{if } y < 0$$

$$(7) \quad \text{Lat} = \arctan\left(\frac{z}{\sqrt{x^2+y^2}}\right)$$

وإذا استُخدم هذا المثال لنظام الإحداثيات يكون التحويل من الإحداثيات الجغرافية إلى إحداثيات النظام العطالي الذي رأسه مركز الأرض على النحو التالي:

$$(8) \quad x = R_e \cos(\text{lat}) \cos(\text{long})$$

$$(9) \quad y = R_e \cos(\text{lat}) \sin(\text{long})$$

$$(10) \quad z = R_e \sin(\text{lat})$$

حيث:

(x, y, z) : إحداثيات النظام العطالي الذي رأسه مركز الأرض

long: خط الطول الجغرافي

lat: خط العرض الجغرافي.

وفي هذا المثال للنظام العطالي المرجعي الذي رأسه مركز الأرض تكون معادلة الحركة لنقطة كتلية على سطح الأرض كما يلي:

$$(11) \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_e \cos(\text{lat}) \cos(\text{lon} + \Omega_e t) \\ R_e \cos(\text{lat}) \sin(\text{lon} + \Omega_e t) \\ R_e \sin(\text{lat}) \end{bmatrix}$$

حيث:

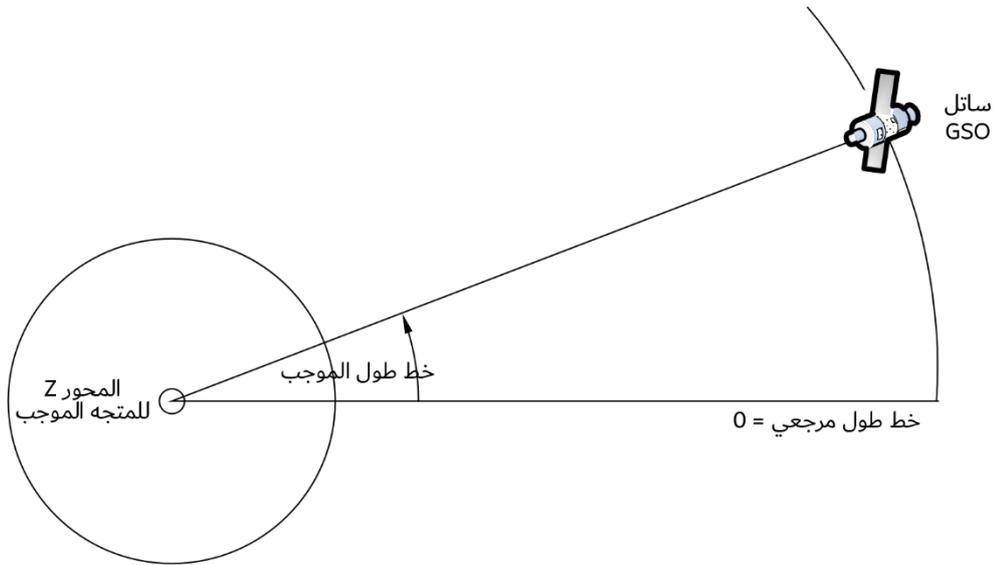
lat: خط العرض الجغرافي للنقطة الكتلية على سطح الأرض

lon: خط الطول الجغرافي للنقطة الكتلية على سطح الأرض

 t : الزمن Ω_e : زاوية دوران الأرض.**2.D6 نظام إحداثيات الساتل GSO**

القوس GSO هي دائرة في المستوي XY على مسافة R_{geo} من مركز الأرض، حيث R_{geo} مبيّنة في الفقرة 2.A2. ولكل من السواتل GSO مواقع على هذه الدائرة يحددها خط الطول كما هو مبين في الشكل 48.

الشكل 48

تعريف خط الطول للسواتل GSO

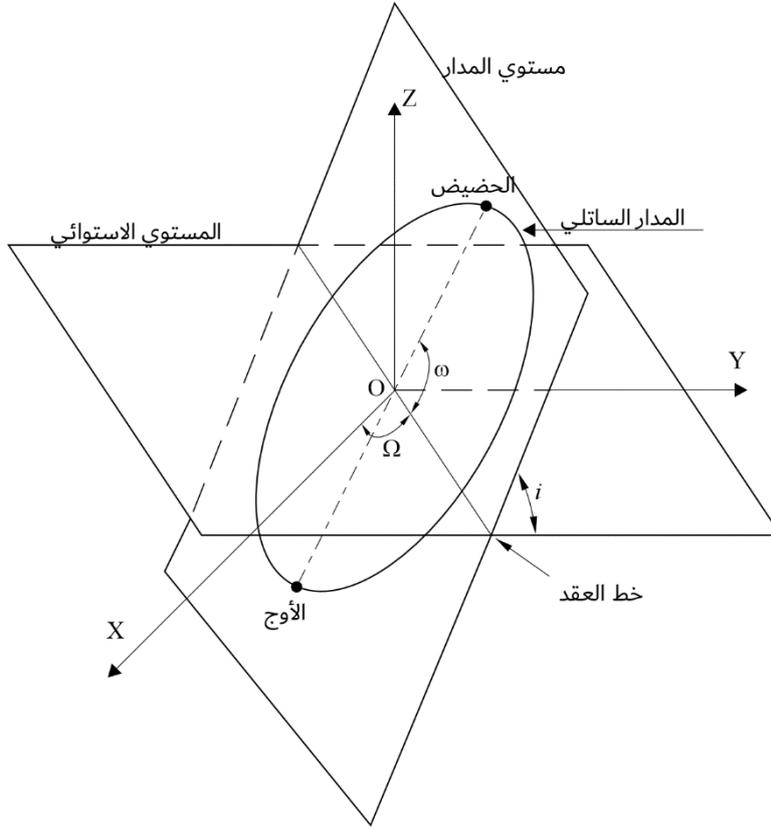
S.1503-48

ويُفترض في السواتل GSO أن لها خط طول ثابتاً مع الزمن. ويمكن استخدام نفس الخوارزميات التي وردت في القسم الأسبق للتحويل من المتجهات وإليها بتثبيت خط العرض عند الصفر.

3.D6 نظام إحداثيات السواتل non-GSO**1.3.D6 معلمات المدارات الساتلية non-GSO**

تعرف هذه الفقرة المعلمات التي تحدد المدارات الساتلية non-GSO. وتتحرك السواتل non-GSO في المستوي كما هو مبين في الشكل 49.

الشكل 49
زوايا مستويي المدار



S.1503-49

ويشار إلى مستوي المدار بالنسبة إلى الأرض بزائيتين:

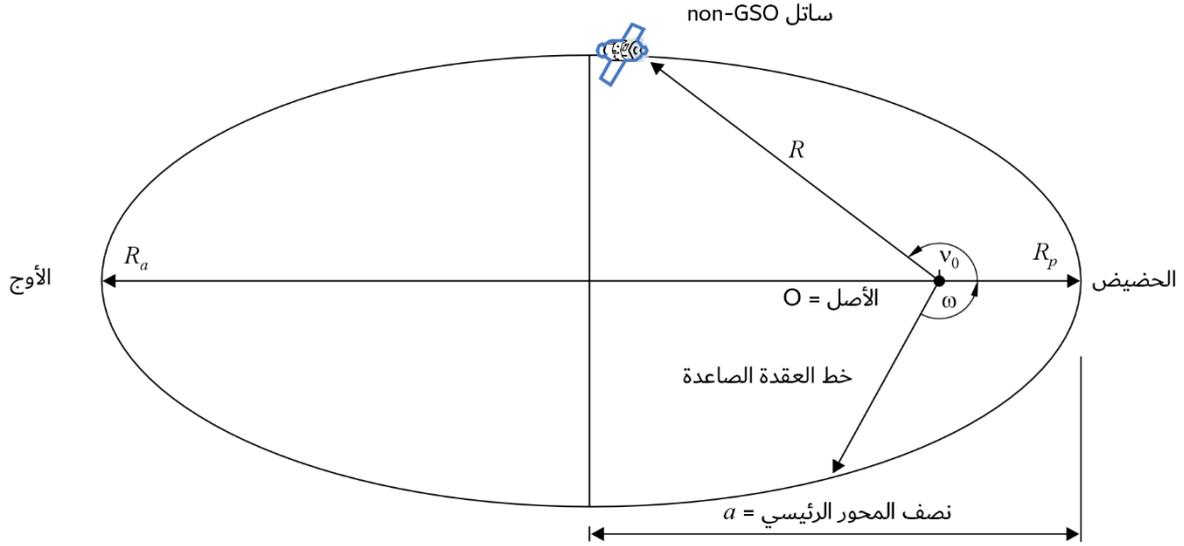
Ω : خط الطول للعقدة الصاعدة: وهو يحدد موضع تقاطع المستوي المداري الصاعد مع مستوي خط الاستواء. وبما أن المدار ثابت في الفضاء العطالي بينما الأرض تدور، فلا بد من إعطاء مرجع زمني تكون فيه هذه الزاوية صحيحة، وفي هذه الحالة يكون بداية المحاكاة.

i : زاوية الميل: وهي الزاوية بين مستوي المدار ومستوي خط الاستواء.

ومن ثم يتحدد المدار وموضع الساتل non-GSO في المدار باستخدام معلمات أخرى كما هو مبين في الشكل 50.

الشكل 50

تعريف زاويتي الساتل non-GOS في المستوي



S.1503-50

يتحدد شكل المدار على النحو التالي:

$$(12) \quad a = (R_a + R_p) / 2$$

$$(13) \quad e = (R_a - R_p) / (R_a + R_p)$$

حيث:

a : نصف المحور الرئيسي

e : الاختلاف المركزي

R_a : المسافة من مركز الأرض إلى الساتل عند الأوج

R_p : المسافة من مركز الأرض إلى الساتل عند الحضيض.

ويتحدد مركز الحضيض ضمن المستوي المداري على النحو التالي:

ω : زاوية الحضيض، أي الزاوية بين خط العقد والحضيض.

ويتحدد موضع الساتل non-GSO ضمن المستوي في نقطة زمنية معينة على النحو التالي:

ν_0 : الزاوية بين الحضيض ونقطة معينة على المدار.

وبالنسبة للمدارات الدائرية، يمكن جعل ω صفرًا واعتبار ν_0 مطابقة لزاوية خط العرض المعرفة كما يلي:

$$(14) \quad \mu_0 = \omega + \nu_0$$

ومن التعاريف الأخرى المفيدة:

$$(15) \quad p = a(1 - e^2)$$

$$(16) \quad M = E - e \sin E$$

$$(17) \quad \tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2}$$

$$(18) \quad R = \frac{p}{1+e \cos(v)}$$

$$(19) \quad T = 2\pi\sqrt{a^3/\mu}$$

حيث:

P : معلمة بؤرية

E : فرق زاوية الاختلاف

M : الاختلاف الوسيط

T : فترة المدار

R : المسافة من مركز الأرض إلى الساتل حين يكون الساتل في الموقع v .

ويمكن استخدام هذه المعلومات في الخوارزمية للتنبؤ بموقع الساتل non-GSO في المستقبل كما يرد في القسم D5.

2.3.D6 جهاز التنبؤ بمدار السواتل non-GSO

في ضوء العناصر المدارية المذكورة في الفقرة السابقة، يمكن استخدام آليات المدار المعهودة للتنبؤ بمواقع الساتل في أزمنة مقبلة. وعلاوةً على ذلك، هنالك ثلاثة عوامل إضافية تتصل بزاوية المبادرة للعقدة الصاعدة وزاوية الحضيض، كما يرد وصفه أدناه.

خط العُقْد

$$(20) \quad \bar{n} = n_0 \left(1 + \frac{3}{2} \frac{J_2 R_E^2}{p^2} \left(1 - \frac{3}{2} \sin^2(i) \right) (1 - e^2)^{1/2} \right)$$

حيث:

$$J_2 = 0.001082636$$

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}$$

زاوية المبادرة للمدار في خط الطول للعقدة الصاعدة.

تعرف سرعة الانسياب البطيء لخط طول العقدة الصاعدة كما يلي:

$$(21) \quad \Omega_r = -\frac{3}{2} \frac{J_2 R_E^2}{p^2} \bar{n} \cos(i)$$

ويستفاد مما سبق أن زاوية المبادرة للمدارات القطبية هي صفر وأن المدارات الاستوائية لها زاوية مبادرة قصوى. وفي حركة الساتل المباشرة ($i > 90^\circ$) تميل العقدة النازلة نحو الغرب (أي Ω تنازلياً) وفي حركة الساتل العكسية ($i < 90^\circ$) تميل نحو الشرق (أي Ω تصاعدياً).

زاوية المبادرة عند الحضيض.

تعرف سرعة الرحزحة البطيئة لزاوية الحضيض على النحو التالي:

$$(22) \quad \omega_r = \frac{3}{2} \frac{J_2 R_E^2}{p^2} \bar{n} \left(2 - \frac{5}{2} \sin^2(i) \right)$$

وتبلغ سرعة زاوية المبادرة عند الحضيض أقصاها عندما تكون $i = 0$ و $i = 180$. وتكون سرعة زاوية المبادرة صفرًا عند $i_1 = 63^\circ 26' 06''$ أو $i_2 = 116^\circ 33' 54''$. وإذا كانت $i_1 > i$ أو $i_2 < i$ ، تكون زاوية المبادرة عند الحضيض في اتجاه حركة الساتل، وإذا كانت $i_1 > i$ أو $i_2 > i$ ، تكون الزاوية في الاتجاه المعاكس.

استخدام تعاريف زاوية المبادرة.

تعرف زاوية الحضيض كما يلي:

$$(23) \quad \omega = \omega_0 + \omega_r t$$

حيث:

ω_0 : زاوية الحضيض لحظة البداية

ω_r : سرعة المبادرة عند زاوية الحضيض.

وتعرف القيمة الحالية لخط طول العقدة الصاعدة على النحو التالي:

$$(24) \quad \Omega = \Omega_0 + \Omega_r t$$

حيث:

Ω_0 : خط طول العقدة الصاعدة في لحظة البداية

Ω_r : سرعة زاوية المبادرة عند خط طول العقدة الصاعدة.

عندئذ تكون فترة المدار المنقحة:

$$(25) \quad T_P = \frac{2\pi}{\omega_r + \dot{n}}$$

ويتوقف التحويل إلى المتجه العمومي الديكارتي على اتجاه X . وفي مثال لنظام الإحداثيات والمدارات الدائرية، يكون التعبير عن حركة الساتل في النظام المرجعي العطالي الذي رأسه مركز الأرض على النحو التالي:

$$(26) \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(\cos(v + \omega) \cos(\Omega) - \sin(v + \omega) \sin(\Omega) \cos(i)) \\ R(\cos(v + \omega) \sin(\Omega) + \sin(v + \omega) \cos(\Omega) \cos(i)) \\ R \sin(v + \omega) \sin(i) \end{bmatrix}$$

ويمكن تعريف متجه السرعة على النحو التالي:

$$(27) \quad \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x h e}{R_p} \sin(v) - \frac{h}{R} (\cos(\Omega) \sin(\omega + v) + \sin(\Omega) \cos(\omega + v) \cos(i)) \\ \frac{y h e}{R_p} \sin(v) - \frac{h}{R} (\sin(\Omega) \sin(\omega + v) - \cos(\Omega) \cos(\omega + v) \cos(i)) \\ \frac{z h e}{R_p} \sin(v) + \frac{h}{R} \sin(i) \cos(\omega + v) \end{bmatrix}$$

$$h = \sqrt{\mu p}$$

h : زخم زاوي محدد

ويمكن تعريف المكونات الواقعة في مركز الأرض والثابتة بالنسبة إلى الأرض (ECF) لمتجهي الموقع والسرعة على النحو التالي:

$$(28) \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{ECF} = \begin{bmatrix} x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \\ -x \sin(\theta) + y \cos(\theta) \\ z \end{bmatrix}$$

$$(29) \quad \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix}_{ECF} = \begin{bmatrix} \dot{x} \cos(\theta) + \dot{y} \sin(\theta) + \Omega_e y_{ECF} \\ -\dot{x} \sin(\theta) + \dot{y} \cos(\theta) - \Omega_e x_{ECF} \\ \dot{z} \end{bmatrix}$$

حيث Ω_e هي سرعة دوران الأرض ($7,2921158553 * 10^{-5} \frac{rad}{sec}$) و θ هي زاوية ساعة غرينيتش لخط الزوال الرئيسي للأرض، أي الزاوية الواقعة بين المحور العطالي x والمحور x الواقع في مركز الأرض والثابت بالنسبة إلى الأرض.

وحركة الساتل في مدار إهليلجي ليست منتظمة، ومن ثم تستخدم علاقة Kepler ومفهوم الاختلاف الوسيط في النموذج لتحديد الاختلاف الحقيقي كدالة للزمن. وبالنظر إلى عدم توفر اعتماد صريح على الاختلاف الحقيقي بالنسبة إلى الزمن، فقد استخدمت الطرائق العددية لحل المعادلة التالية لتعريفها، وهي:

$$(30) \quad M = M_0 + \bar{n}t$$

للحصول على قيمة الزاوية Newton-Raphson باتباع أسلوب $M = E - e \sin(E)$ Kepler ويمكن حل معادلة الاختلافية الحقيقية:

$$(31) \quad E_0 = M_0 = \arccos\left(\frac{e + \cos(v_0)}{1 + \cos(v_0)}\right)$$

$$(32) \quad E_{i+1} = E_i - \frac{E_i - e \sin(E_i) - M}{1 - e \cos(E_i)}$$

3.3.D6 التحويل إلى المتجهات الديكارتية العامة

يتوقف التحويل إلى المتجه العمومي الديكارتية على اتجاه X ، ولكن النهج القائم على المتجه X المتسق مع الاتجاه الذي يكون فيه خط طول العقدة الصاعدة صفر هو كما يلي:

1 بالنسبة للزمن ذي الصلة t بالثواني منذ بدء المحاكاة، تحسب قيم بنود المبادرة (M, Ω, ω) حسب الاقتضاء باستخدام شجرة القرار في الفقرة 5.3.D6.

2 من M يحسب فرق زاوية الاختلاف E باستخدام المعادلة (16) والتكرار.

3 من E يحسب فرق زاوية الاختلاف v باستخدام المعادلة (17).

4 ومن ذلك يحسب متجه نصف القطر R باستخدام المعادلة (18).

5 يحسب موقع الساتل داخل المستوي المداري في الإحداثيات (Q, P) المحددة في الشكل 51 أدناه باستعمال:

$$(33) \quad \begin{pmatrix} p \\ q \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} R \cos(v) \\ R \sin(v) \\ 0 \end{bmatrix}$$

6 تستحدث مصفوفة الدوران من إحداثيات مدار الساتل إلى إحداثيات xyz العطالية باستخدام:

$$(34) \quad \tilde{R} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix}$$

حيث:

$$(35) \quad R_{11} = \cos(\Omega) \cos(\omega) - \sin(\Omega) \sin(\omega) \cos(i)$$

$$(36) \quad R_{12} = -\cos(\Omega) \sin(\omega) - \sin(\Omega) \cos(\omega) \cos(i)$$

$$(37) \quad R_{13} = \sin(\Omega) \sin(i)$$

$$(38) \quad R_{21} = \sin(\Omega) \cos(\omega) + \cos(\Omega) \sin(\omega) \cos(i)$$

$$(39) \quad R_{22} = -\sin(\Omega) \sin(\omega) + \cos(\Omega) \cos(\omega) \cos(i)$$

$$(40) \quad R_{23} = -\cos(\Omega) \sin(i)$$

$$(41) \quad R_{31} = \sin(\omega) \sin(i)$$

$$(42) \quad R_{32} = \cos(\omega) \sin(i)$$

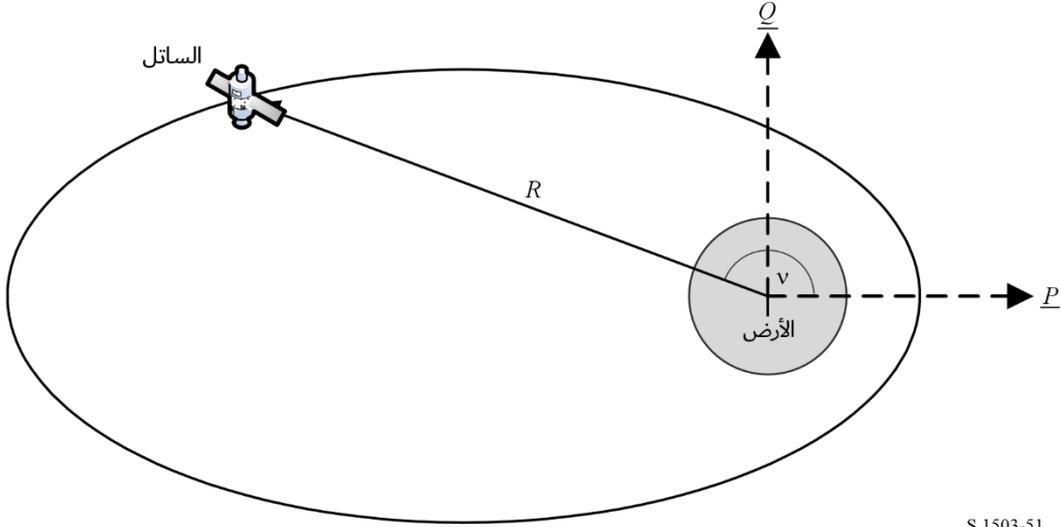
$$(43) \quad R_{33} = \cos(i)$$

ومنه يحسب موقع الساتل في إحداثيات xyz باستخدام:

$$(44) \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \tilde{R} \begin{pmatrix} p \\ q \\ 0 \end{pmatrix}$$

الشكل 51

تعريف إحداثيات P، Q للساتل



S.1503-51

4.3.D6 الحفاظ على الموقع المداري الساتلي non-GSO

من النواحي المهمة في الحفاظ على الموقع هو محاكاة مسارات متعددة للساتل non-GSO من خلال الحزمة الرئيسية للمحطة الأرضية في اتجاهات متقاطعة مختلفة قليلاً. ولما كان تغيير الموقع على نفس المستوي لا يؤثر على ذلك فإن المعلمة الرئيسية التي تختلف هي خط الطول للعقدة الصاعدة.

والنهج المقترح هو إعطاء المدى $\pm W_{\text{delta}}$ في خط طول العقدة الصاعدة. وفي بداية عملية المحاكاة، يكون لجميع المحطات في الكوكبة هذه المعلمة وتعادها $-W_{\text{delta}}$. وأثناء المحاكاة تزداد قيمة هذا الحقل إلى صفر (عند منتصف عملية المحاكاة) ثم تزداد إلى $\pm W_{\text{delta}}$.

ويتم ذلك بتدوير موقع المحطة ومتجهات السرعة حول المحور Z بنسبة الزاوية المطلوبة، كما هو مبين في الفقرة 4.3.D6.

5.3.D6 زاوية مبادرة المدار المفروضة

تقوم خوارزمية التنبؤ المداري العادي على أساس نقطة الكتلة الأرضية مع عوامل تصحيح للاضطرابات J_2 . وهناك حالتان يتعين فيهما التغاضي عن ذلك:

(أ) حين تقدم الإدارة قيمة تفصيلية لسرعة زاوية المبادرة للمدار بالنسبة لنقطة الكتلة الأرضية لضمان تكرار التبع على الأرض؛

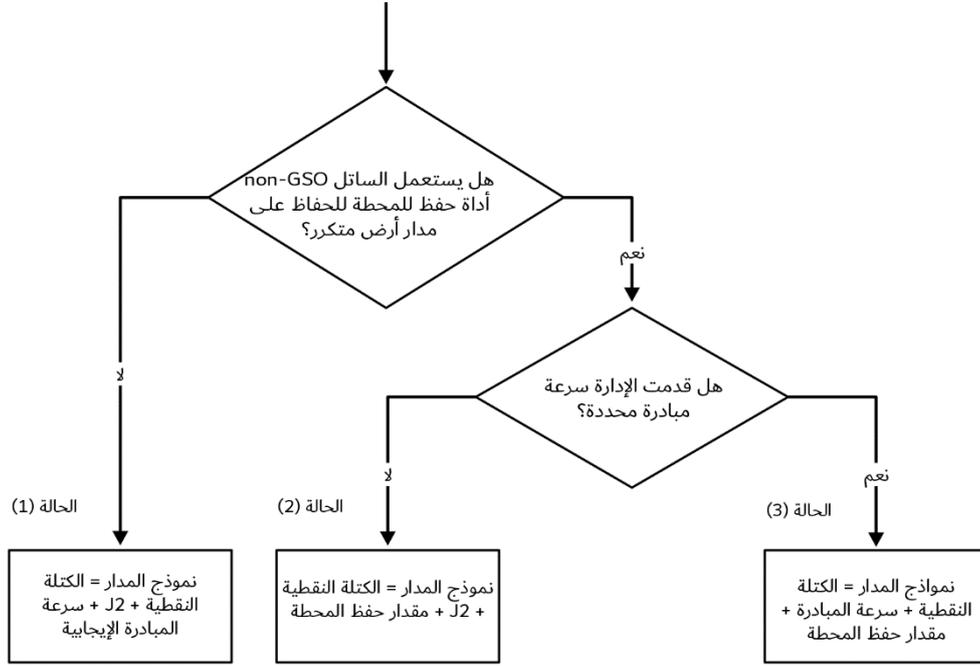
(ب) للمدارات غير المتكررة، حيث تستخدم زاوية مبادرة اصطناعية لضمان المبعادة المطلوبة بين المسارات الاستوائية.

6.3.D6 توليف نماذج المدارات

يمكن توليف مختلف خيارات نماذج المدارات بثلاثة أساليب كما هو مبين في الشكل 52.

الشكل 52

مخطط بياني لخيارات نماذج المدارات



S.1503-52

ويلاحظ أن كوكبة المدار الاستوائي $i = 0$ هي حالة خاصة من حيث عدم الحفاظ على الموقع ولكن تتبع الأرضي لكل ساتل يتكرر بعد كل مدار. ولذلك ينبغي معالجتها على غرار الحالة (1) ولكن مع تصفير قيمة سرعة المبادرة المفروضة كما جاء في القسم D4.

وقد جرى تحديث زوايا المدار الرئيسية بالراديان للحالات الثلاث كما يلي:

الحالة 1

$$(45) \quad \omega(t) = w_0 + \omega_r t$$

$$(46) \quad \Omega(t) = \Omega_0 + \Omega_r t + \frac{\pi}{180} D_{artificial} t$$

$$(47) \quad M(t) = M_0 + \bar{n} t$$

الحالة 2

$$(48) \quad \omega(t) = w_0 + \omega_r t$$

$$(49) \quad \Omega(t) = \Omega_0 + \Omega_r t + \frac{\pi}{180} \cdot W_{delta} \left(\frac{2t}{T_{run}} - 1 \right)$$

$$(50) \quad M(t) = M_0 + \bar{n} t$$

الحالة 3

$$(51) \quad \omega(t) = w_0$$

$$(52) \quad \Omega(t) = \Omega_0 + \frac{\pi}{180} D_{admin} t + \frac{\pi}{180} \cdot W_{delta} \left(\frac{2t}{T_{run}} - 1 \right)$$

$$(53) \quad M(t) = M_0 + n_0 t$$

حيث:

$$\begin{aligned} \Omega_r &= \text{المبادرة } J_2 \text{ لخط الطول للعقدة الصاعدة، راديان/ثانية} \\ \omega_r &= \text{المبادرة } J_2 \text{ لزاوية الحضيض، راديان/ثانية} \\ \bar{n} &= \text{حركة المدار شاملة فترة } J_2 \text{، راديان/ثانية} \\ n_0 &= \text{حركة المدار لكتلة النقطة، راديان/ثانية} \\ D_{artificial} &= \text{المبادرة الاصطناعية، راديان/ثانية} \\ D_{admin} &= \text{المبادرة التي تزودها الإدارة، راديان/ثانية} \\ W_{\delta} &= \text{مدى الحفاظ على المحطة، درجات} \\ t &= \text{زمن المحاكاة، ثوان} \\ T_{run} &= \text{مجموع زمن إجراء المحاكاة، ثوان.} \end{aligned}$$

7.3.D6 مقابلة المعلومات المدارية المستقاة من بيانات محطات الاتصالات الراديوية الفضائية (SRS)

ترد المعلومات المدارية التالية في قاعدة بيانات النشرة SRS/IFIC:

جدول المدار:

$$\begin{aligned} - & \text{ارتفاع الأوج } h_a = (\text{km}) \\ - & \text{ارتفاع الحضيض } h_p = (\text{km}) \\ - & \text{زاوية الميل (درجات) } INC \\ - & \text{الصعود العمودي (درجات) } RA \\ - & \text{خط طول العقدة الصاعدة (درجات) } LAN \\ - & \text{زاوية الحضيض (درجات) } AP. \end{aligned}$$

جدول الطور:

$$- \text{زاوية الطور (درجات) } PA.$$

ومن الممكن، لمعظم هذه الحقول، المقابلة مباشرة تقريباً مع المعلومات المدارية اللازمة مثل:

$$a = R_e + \frac{h_a + h_p}{2}$$

$$e = \frac{h_a - h_p}{2a}$$

$$i = INC$$

$$\Omega = LAN$$

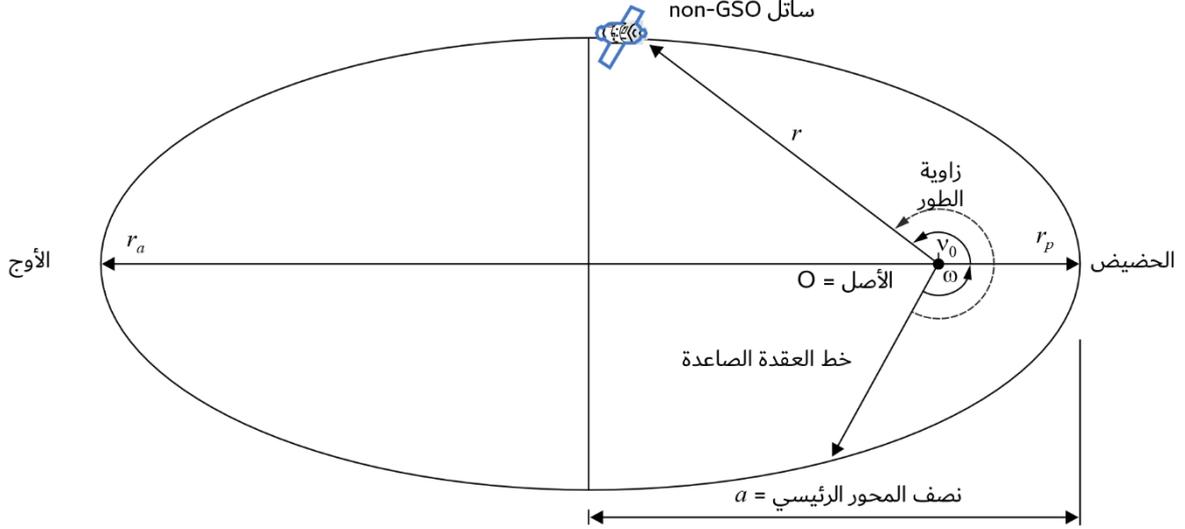
$$\omega = AP$$

يلاحظ أن هذه الخوارزمية تستعمل تعريف العقدة الصاعدة القائم على خط الطول وليس على الصعود العمودي للتأكد من أن المدار منسوب بشكل صحيح إلى خط طول المحطة الأرضية.

والحقل الأخير الذي يتعين تعريفه هو زاوية الاختلاف الحقيقي، v ، والتي يمكن اشتقاقها من زاوية الطور. وتعرف زاوية الطور في التذييل 4 من لوائح الراديو كالتالي:

4.A.ب.5.ب: زاوية الطور الأولى $(\omega)_i$ للساتل ذي الترتيب i في المستوى المداري له في الوقت المرجعي $t = 0$ مقيسة من نقطة العقدة الصاعدة $(0^\circ \leq \omega_i < 360^\circ)$ ويوضح الشكل 53 زاوية الطور:

الشكل 53
تعريف زاوية الطور



S.1503-53

ومن ثم، يمكن اشتقاق زاوية الاختلاف الحقيقي من زاوية الطور كما يلي:

$$v_0 = PA - \omega$$

أو:

$$PA = \omega + v_0 = \mu_0$$

4.D6 الهندسية

1.4.D6 المسافة بين محطتين

عند معرفة متجهات موقع المحطتين في شكل (z, y, x) ، يمكن حساب المسافة D بين المحطتين باستعمال المعادلة:

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

2.4.D6 المسافة إلى الأفق الأرضي

يمكن حساب المسافة إلى الأفق الأرضي D_h لمحطة ذات متجه موقع مركزه الأرض مقداره R بالمعادلة:

$$D_h = \sqrt{R^2 - R_e^2}$$

3.4.D6 التحقق من رؤية الساتل

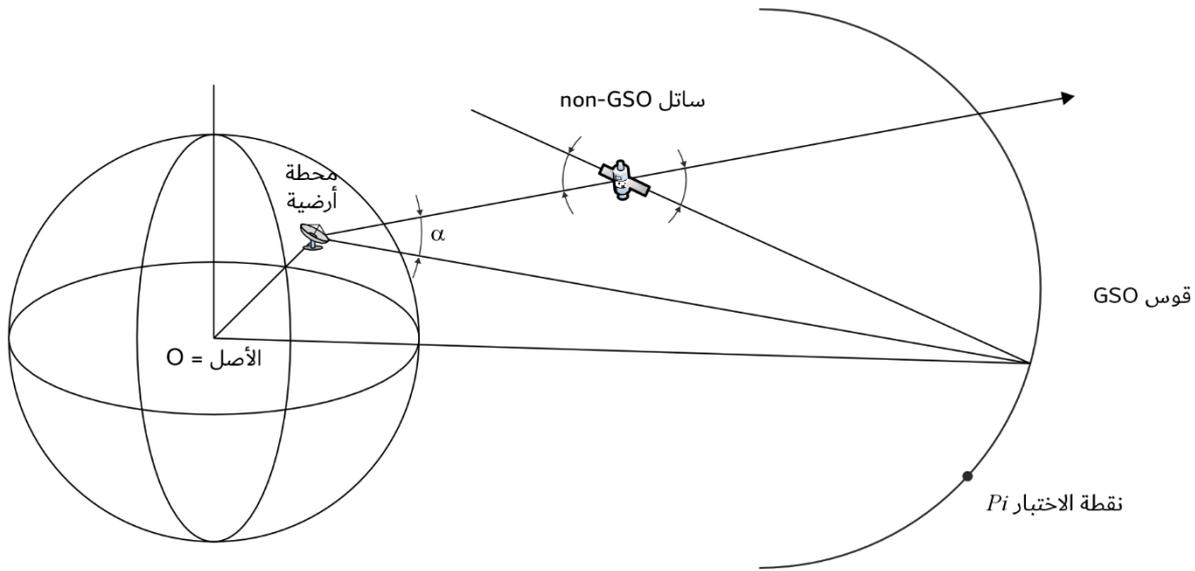
تكون المحطتان، سواء أرضية أو ساتلية، مرئيتين إذا كانت المسافة المستقيمة بينهما أقل من مجموع المسافة إلى الأفق لكل محطة، باستخدام نموذج الأرض الكروية الموصوف في الفقرة 1.D6.

4.4.D6 الزاوية إلى القوس GSO والزيادة Δ Longitude

1.4.4.D6 تعريف

يبين الشكل 54 تعريف الزاوية α .

الشكل 54

تعريف الزاويتين α 

S.1503-54

ويبين الشكل اختبار محطة أرضية وساتل non-GSO.

ولكل نقطة اختبار P_i على القوس GSO هنالك خط من المحطة الأرضية يتقاطع مع تلك النقطة. وهناك عندئذ الزاوية α_i المحصورة بين ذلك الخط والخط الممتد من الأرض إلى الساتل non-GSO.

والزاوية α هي أصغر الزوايا في جميع نقاط الاختبار التي لا يتقاطع فيها الخط مع الأرض، أي أن:

$$\alpha = \min(\alpha_i)$$

وتحدد إشارة α حسبما إذا كان الخط من المحطة الأرضية إلى الساتل non-GSO يقطع المستوي XY على مسافة أقل أم أكبر من نصف القطر GSO كالتالي:

بافتراض:

\underline{R}_{ES} متجه موقع المحطة الأرضية:

\underline{R}_{NS} متجه موقع الساتل non-GSO:

يحدد الخط:

$$\underline{R} = \underline{R}_{ES} + \lambda \underline{R}_{EN}$$

حيث:

$$\underline{R}_{EN} = \underline{R}_{NS} - \underline{R}_{ES}$$

ويقطع هذا الخط المستوي XY عندما تكون:

$$R(z) = 0$$

أي عندما تكون:

$$\lambda_{z=0} = \frac{-R_{ES}(z)}{R_{EN}(z)}$$

وبالتالي:

$$\underline{R}_{z=0} = \underline{R}_{ES} + \lambda_{z=0} \underline{R}_{EN}$$

ومن ثم تتحدد إشارة α و X كالتالي:

إذا كانت $\lambda_{z=0} > 0$ إذن $R_{z=0} = 0$ لا نهاية

في الحالة التي تكون فيها المحطة الأرضية في نصف الكرة الشمالي:

إذا كان $R_{geo} > R_{z=0}$ تكون الزاوية α موجبة

إذا كان $R_{geo} = R_{z=0}$ تكون الزاوية $\alpha = 0$ صفر

إذا كان $R_{geo} < R_{z=0}$ أو إذا كان $\lambda_{z=0} \geq 0$ تكون الزاوية α سالبة

في الحالة التي تكون فيها المحطة الأرضية في نصف الكرة الجنوبي:

إذا كان $R_{geo} < R_{z=0}$ تكون الزاوية α موجبة

إذا كان $R_{geo} = R_{z=0}$ تكون الزاوية $\alpha = 0$ صفر

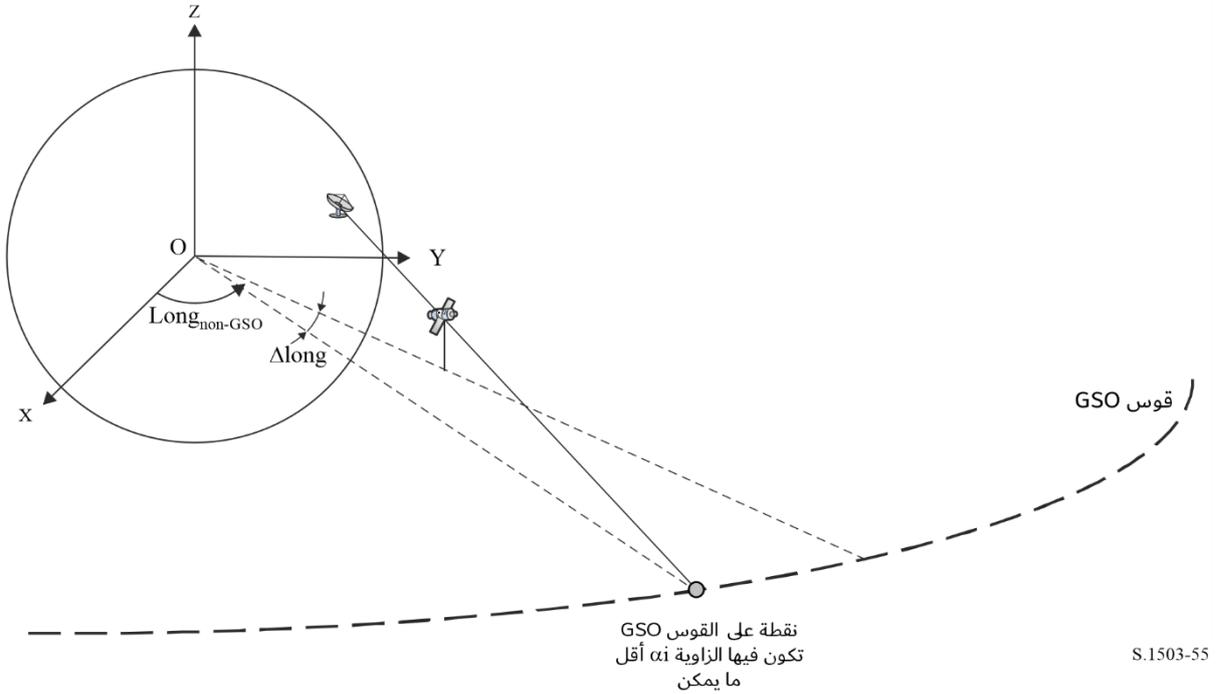
إذا كان $R_{geo} > R_{z=0}$ أو إذا كان $\lambda_{z=0} \leq 0$ تكون الزاوية α سالبة .

وفي حال وجود المحطة الأرضية عند خط الاستواء:

تكون الزاوية α سالب العلامة $R_{EN}(z)$

ومن نقطة الاختبار المعينة لتحديد الزاوية α ، يمكن حساب الزيادة Δ longitude في خط الطول بين النقطة أسفل الساتل non-GSO والنقطة على القوس GSO حيث الزاوية α في حدها الأدنى، كما هو مبين في الشكل 55.

الشكل 55

تعريف الزاوية $\Delta\text{Longitude}$ 

وبالتالي:

$$\Delta\text{Long} = \text{LongAlpha} - \text{LongNGSO}$$

وينبغي، عند تكرار الزاوية α ، استعمال نقاط اختبار تلي المتطلبات الواردة في الفقرة 4.D1.

وإذا كان هنالك نقطتان على القوس GSO تعطيان نفس الزاوية α (ربما الحافتين لنقاط الرؤية)، عندئذ ينبغي تحديد الخيار ذي الحد الأدنى المطلق ΔLong . وإذا كان لكليهما نفس الزاوية ΔLong ولكن بإشارات مختلفة، عندئذ ينبغي استخدام النقطة الموجبة.

2.4.4.D6 مدى البحث ألفا

يلاحظ أن القوس GSO تكون مرئية من النقطة non-GSO على ارتفاع h_{NGSO} وخط عرض lat_{NGSO} إذا كان الفرق في خط الطول أقل من:

$$\cos \Delta\text{long} = \frac{\cos x}{\cos lat_{\text{NGSO}}}$$

حيث:

$$x = x_1 + x_2$$

و:

$$\cos x_1 = \frac{R_e}{R_{\text{GSO}}}$$

$$\cos x_2 = \frac{R_e}{R_e + h_{\text{NGSO}}}$$

ويمكن حساب مدى القوس GSO المرئية من المحطة الأرضية بطريقة ماثلة بتحديد القيمة $x_2 = 0$.

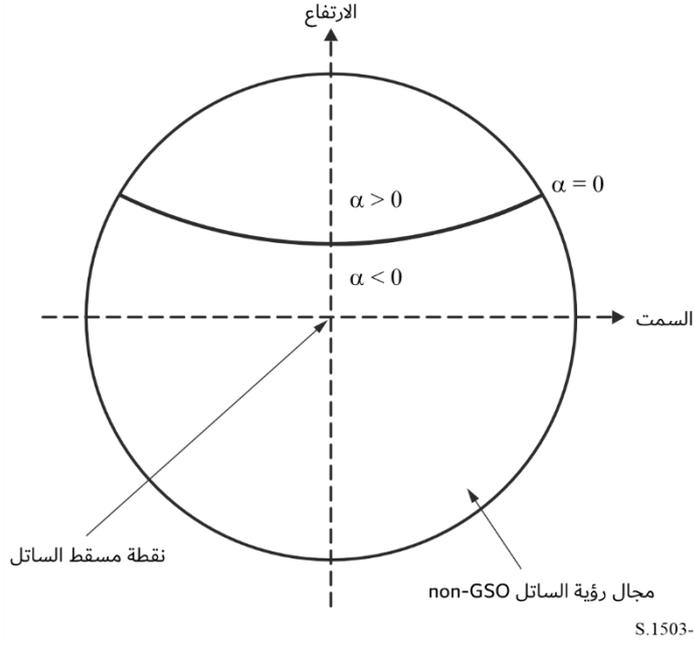
3.4.4.D6 إشارة ألفا

يوضح الشكلان 56 و 57 أدناه الإشارة α كما ترى من منظور الساتل non-GSO أو المحطة الأرضية non-GSO في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي.

فعندما يكون الساتل non-GSO في نصف الكرة الشمالي:

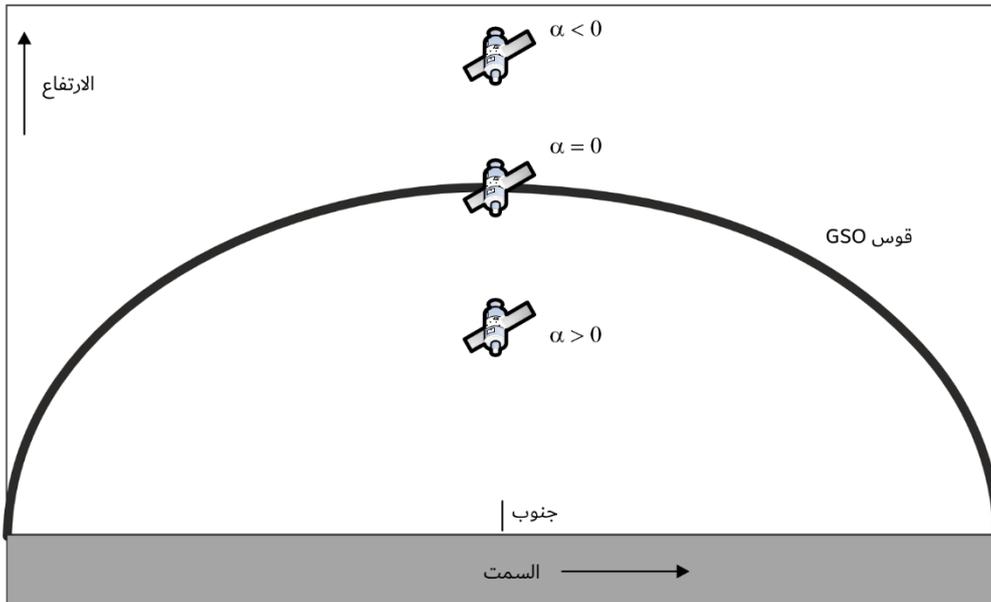
الشكل 56

إشارة α كما ترى من ساتل non-GSO في نصف الكرة الشمالي



الشكل 57

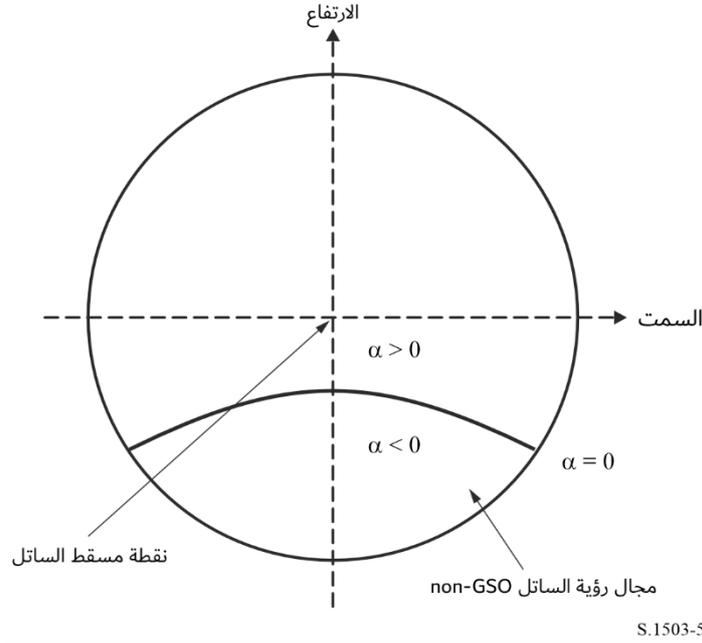
إشارة α كما ترى من محطة أرضية non-GSO في نصف الكرة الشمالي تنظر جنوباً



ويبين الشكلان 58 و59 أبعاده الهندسية عندما يكون الساتل non-GSO في نصف الكرة الجنوبي.

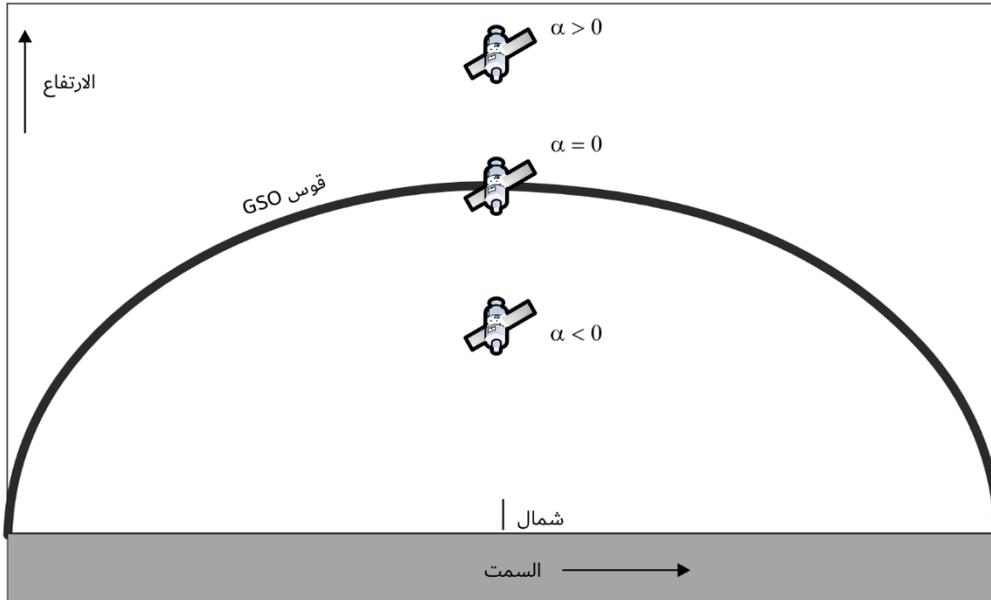
الشكل 58

إشارة α كما ترى من ساتل non-GSO في نصف الكرة الجنوبي



الشكل 59

إشارة α كما ترى من محطة أرضية non-GSO في نصف الكرة الجنوبي تنظر شمالاً



4.4.4.D6 الطريقة التحليلية لحساب α و β

تصف هذه الفقرة الطريقة التحليلية لحساب زاوية ألفا وكذلك الزاوية β المصاحبة لها.

الحساب التحليلي للزاوية α

تبدأ الطريقة التحليلية لحساب الزاوية α بالمدخلين التاليين:

$$P = \text{متجه موقع المحطة الأرضية GSO، عادةً: الحجم} = \text{نصف قطر الأرض } R_e$$

$$N = \text{متجه موقع الساتل non-GSO}$$

وهما معرّفان على النحو التالي:

$$P = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix}$$

ثم يفترض أن:

$$G = \text{متجه الموقع لنقطة على القوس GSO المحددة بزاوية } \theta \text{ ونصف قطر المدار GSO، } R_{geo}$$

$$G = \begin{pmatrix} R_{geo} \cos \theta \\ R_{geo} \sin \theta \\ 0 \end{pmatrix}$$

عندئذ تكون α هي الحد الأدنى فوق جميع قيم θ للزاوية بين الخطين PN و PG حيث:

$$PN = \begin{pmatrix} x_n - x_p \\ y_n - y_p \\ z_n - z_p \end{pmatrix}$$

$$PG = \begin{pmatrix} R_{geo} \cos \theta - x_p \\ R_{geo} \sin \theta - y_p \\ -z_p \end{pmatrix}$$

ويمكن حساب ذلك باستخدام:

$$\cos \alpha = \frac{PN \cdot PG}{|PN||PG|}$$

ثم الاختزال عبر θ عندما تكون:

$$\frac{d\alpha}{d\theta} = 0$$

وهي كذلك عندما تكون:

$$\frac{d}{d\theta} \left[\frac{PN \cdot PG}{|PN||PG|} \right] = 0$$

التي يمكن أن تكتب:

$$\frac{d}{d\theta} \left[\frac{f}{g} \right] = 0$$

عندئذ يمكن كتابة f كما يلي:

$$f = A + B \cos \theta + C \sin \theta$$

حيث:

$$A = -[(x_n - x_p)x_p + (y_n - y_p)y_p + (z_n - z_p)z_p]$$

$$B = (x_n - x_p)R_{geo}$$

$$C = (y_n - y_p)R_{geo}$$

ويمكن كتابة g كما يلي:

$$g = \sqrt{E + F \cos \theta + G \sin \theta}$$

حيث:

$$E = R_{geo}^2 + R_e^2$$

$$F = -2x_p R_{geo}$$

$$G = -2y_p R_{geo}$$

يلاحظ أن $D = \text{حجم } PN$ لا يتوقف على الزاوية θ ولذا فهو ثابت لا يستوجب مواصلة النظر فيه.

وباستخدام:

$$g = \sqrt{g_r}$$

وملاحظة أن:

$$\frac{d}{d\theta} \left[\frac{f}{g} \right] = 0$$

عندما تكون:

$$\frac{d}{d\theta} \left[\left(\frac{f}{g} \right)^2 \right] = 0$$

أي:

$$\frac{d}{d\theta} \left[\frac{f^2}{g_r} \right] = 0$$

باستخدام f لتمثيل تفاضل f بمقدار θ ، يمكن توسيع العلاقة باستخدام طرائق قياسية على النحو التالي:

$$\frac{2ff'g_r - g_r'f^2}{g_r^2} = 0$$

ويمكن تبسيط العلاقة إلى:

$$2f'g_r = g_r'f$$

باستخدام:

$$x = \sin \theta$$

يلاحظ أن هناك حلاً بديلاً يستخدم $\cos \theta$ بدلاً من $\sin \theta$.

ولدى تبسيط العلاقة باستخدام مجموعة جديدة من المعلمات $\{a, b, c, d, e\}$ تصبح:

$$[a + bx]^2(1 - x^2) = [c + dx + ex^2]^2$$

حيث:

$$a = AG - 2CE$$

$$b = BF - CG$$

$$c = 2CF - BG$$

$$d = AF - 2BE$$

$$e = -BG - CF$$

ويمكن توسيع العلاقة ثم إعادة ترتيبها كما يلي:

$$a_4x^4 + a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0 = 0$$

حيث:

$$a_4 = e^2 + b^2$$

$$a_3 = 2de + 2ab$$

$$a_2 = d^2 + 2ce + a^2 - b^2$$

$$a_1 = 2cd - 2ab$$

$$a_0 = c^2 - a^2$$

ويمكن حل هذه المعادلة التربيعية باستخدام عدد من التقنيات، منها أسلوب Newton-Raphson¹. ويهدف هذا النهج إلى حل الدالة f للمتغير x ، باستخدام التكرار، على أساس قيمة أولية وأن $f =$ اشتقاق f باستخدام المعادلة التالية:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

حيث:

$$x = \sin \theta$$

$$f(x) = a_4x^4 + a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$$

$$f'(x) = 4a_4x^3 + 3a_3x^2 + 2a_2x + a_1$$

ويُعتبر أسلوب Newton-Raphson قد تقارب حينما يكون الفرق المطلق بين x_n و x_{n+1} أدنى من 10^{-6} .

وفيما يتعلق بالقيمة الابتدائية، يمكن استخدام كل من $x = 1$ و $x = -1$ واشتقاق حلين، بما يتوافق مع حالي الخط الواصل من الموقع P للمحطة الأرضية GSO إلى الموقع N للساتل non-GSO إلى الأمام أو إلى الخلف.

ولا يشمل هذا الأسلوب التحليلي مدى رؤية القوس GSO حسبما يُرى في المحطة الأرضية GSO. وبالتالي، يلزم تحديد أقصى مدى للقوس GSO المرئي، باستخدام المعادلة التالية:

$$\cos \theta_{\max} = \frac{R_e}{R_{geo} \cos Lat_{ES}}$$

ويمكن اعتبار النقاط المرجعية على قوس GSO الخاصة بالمدى $\pm \theta_{\max}$ حلولاً إضافية ممكنة. والحل الذي ينبغي استخدامه حلٌ يشمله المدى من $-\theta_{\max}$ إلى θ_{\max} وتنتج عنه أصغر زاوية ألفا.

ويمكن استخدام الطريقة التكرارية من باب الاحتياط إذا فشلت هذه الطرائق في اشتقاق حلول مناسبة للمعادلة التربيعية، لكن المنهج المفضل هو التحليل.

الحساب التحليلي لزاوية β

تُعرّف زاوية بيتا بطريقة ماثلة لتعريف الزاوية α ولكنها تختصر عبر جميع المواقع الممكنة للساتل non-GSO التي لها متجه نصف القطر R_n وعند خط العرض $lat =$ ولكن خط الطول غير معروف، وذلك بالنسبة لموقع معين للساتل GSO.

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Newton%27s_method

تبدأ الطريقة التحليلية لحساب β بالمدخلين التاليين:

$$P = \text{متجه موقع المحطة الأرضية GSO، عادةً بحجم } R_p = \text{نصف قطر الأرض } R_e$$

$$G = \text{متجه موقع الساتل GSO بحجم } R_g$$

وهما يعرفان على النحو التالي:

$$P = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix}$$

$$G = \begin{pmatrix} x_g \\ y_g \\ 0 \end{pmatrix}$$

ثم يفترض:

$N =$ متجه موقع الساتل non-GSO عند خط العرض $lat =$ والزاوية θ ونصف قطر المدار GSO، R_n :

$$N = \begin{pmatrix} R_n \cos lat \cos \theta \\ R_n \cos lat \sin \theta \\ R_n \sin lat \end{pmatrix}$$

عندئذ β هي الحد الأدنى عبر جميع قيم θ للزاوية بين الخطين PN و PG حيث:

$$PN = \begin{pmatrix} R_n \cos lat \cos \theta - x_p \\ R_n \cos lat \sin \theta - y_p \\ R_n \sin lat - z_p \end{pmatrix}$$

$$PG = \begin{pmatrix} x_g - x_p \\ y_g - y_p \\ -z_p \end{pmatrix}$$

ويمكن حساب ذلك باستخدام النهج المماثل أعلاه، مع دالتين f و g_r :

$$f = A + B \cos \theta + C \sin \theta$$

$$g_r = E + F \cos \theta + G \sin \theta$$

حيث:

$$A = R_p^2 - (x_g x_p + y_g y_p + z_p R_n \sin lat)$$

$$B = (x_g - x_p) R_n \cos lat$$

$$C = (y_g - y_p) R_n \cos lat$$

و:

$$E = R_n^2 + R_p^2 - 2z_p R_n \sin lat$$

$$F = -2x_p R_n \cos lat$$

$$G = -2y_p R_n \cos lat$$

ويلاحظ أن $D =$ حجم PG لا يتوقف على الزاوية θ ولذا فهو ثابت لا يستوجب مواصلة النظر فيه.

وبعد تحديد مجموعة العلامات $\{A, B, C, E, F, G\}$ ، يمكن استخدام منهجية مماثلة لحل θ كما في α أعلاه. وقد يكون هناك حالات، مثل استخدامها في خوارزمية هندسية الحالة الأسوأ، حيث لا يتعين التحقق من إمكانية الرؤية.

DeltaLongES 5.4.4.D6

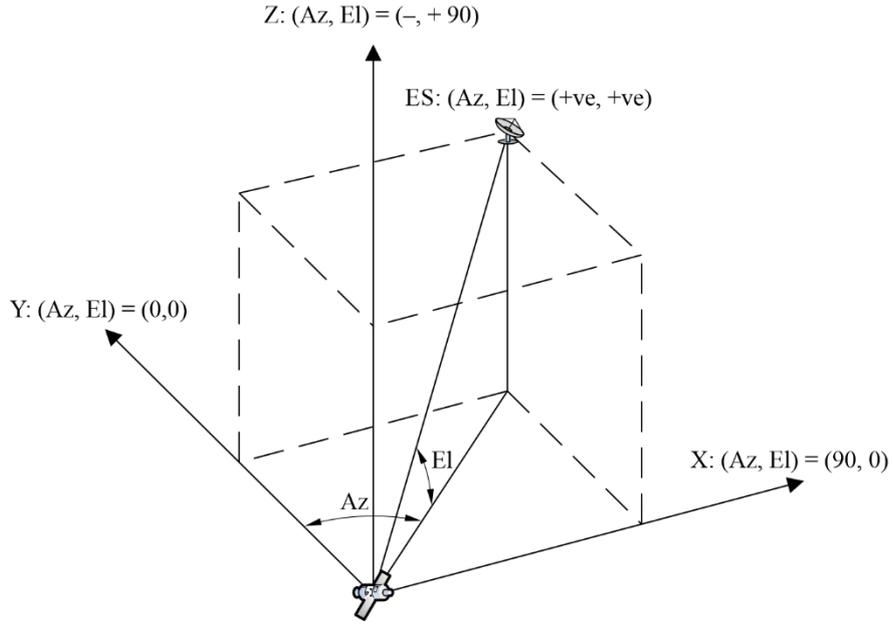
يُعرّف الفرق في خط الطول بين محطة أرضية non-GSO ونقطة على قوس GSO، وفقاً لاستخدامه في تعريف قناع القدرة المشعة المكافئة المتناحية للمحطة الأرضية (ES_e.i.r.p)، على النحو التالي:

$$\text{DeltaLongES} = \text{Longitude}(\text{GSO point}) - \text{Longitude}(\text{Non-GSO ES})$$

5.4.D6 السمات والارتفاع في الساتل والمحطة الأرضية

يبين الشكل 60 تعريف زوايا السمات والارتفاع المستخدمة للساتل non-GSO:

الشكل 60

تعريف زوايا السمات والارتفاع للساتل non-GSO

S.1503-60

يلاحظ أن اتجاه المتجهات الديكارتية X ، Y ، Z في هذا الشكل هو:

X : موجب في اتجاه الشرق من الساتل non-GSO

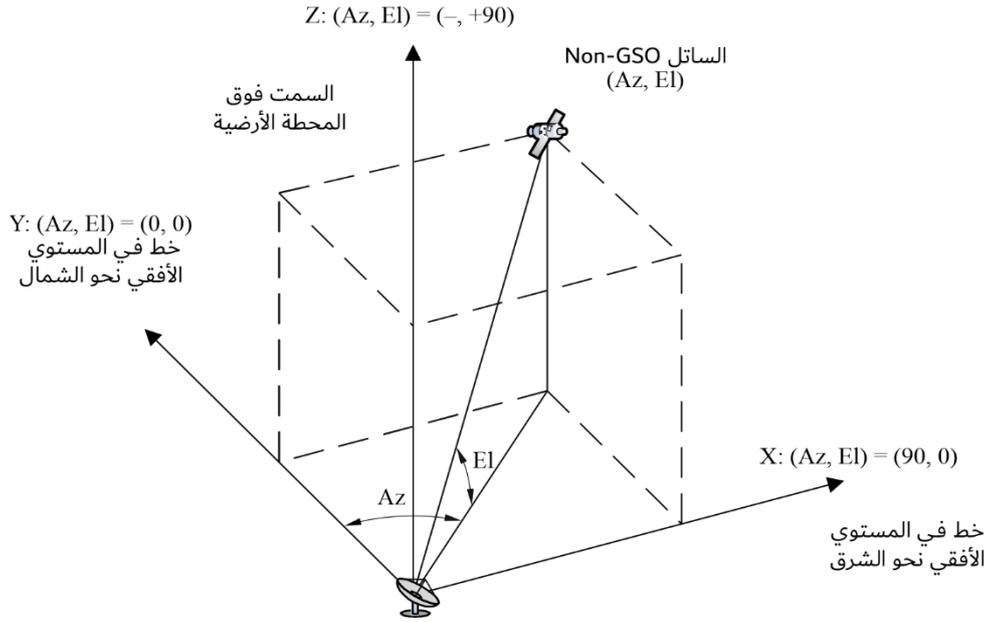
Y : باتجاه مركز الأرض من الساتل non-GSO

Z : موجب باتجاه الشمال من الساتل non-GSO.

وبالنسبة للمحطة الأرضية، يكون تعريف زوايا السمات والارتفاع كما في الشكل 61:

الشكل 61

تعريف السمات والارتفاع للمحطة الأرضية



S.1503-61

ويلاحظ أن اتجاه المتجهات الديكارية X, Y, Z في هذا الشكل هو:

X : موجب في اتجاه الشرق من المحطة الأرضية في المستوي الأفقي

Y : باتجاه الشمال من المحطة الأرضية في المستوي الأفقي

Z : موجب باتجاه سمات المحطة الأرضية المتعامد مع المستوي الأفقي.

، من زاويتي السمات والارتفاع على النحو التالي: v و u علاوةً على ذلك، يمكن حساب الإحداثيتين المقيستين،

$$u = \cos(El) * \cos(Az)$$

$$v = \cos(El) * \sin(Az)$$

5.D6 مخططات الكسب

يحدد هذا الفرع مخططات الكسب المستخدمة في خوارزميات المحطات الأرضية والسواتل. ويلاحظ أن جميع الصيغ تحتوي على كسب الذروة، ولذلك إذا كان المطلوب هو الكسب النسبي عندئذ ينبغي أن يطرح كسب الذروة.

1.5.D6 مخططات كسب المحطات الأرضية GSO

1.1.5.D6 مخطط كسب المحطات الأرضية في الخدمة الثابتة الساتلية

مخطط كسب المحطات الأرضية في الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) الذي يتعين استعماله موضح في التوصية ITU-R S.1428.

2.1.5.D6 مخطط كسب المحطات الأرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية

مخطط كسب المحطات الأرضية في الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) الذي يتعين استعماله موضح في التوصية ITU-R BO.1443.

2.5.D6 مخطط كسب الساتل GSO

تبين المادة 22 من لوائح الراديو قيم كسب الذروة وعرض الحزمة عند منتصف القدرة ومخطط الإشعاع للهوائي المرجعي المراد استخدامها، استناداً إلى التوصية ITU-R S 672.

وينبغي اختيار كسب الذروة الذي يتعين استخدامه في التحليل من الجدول 16.

الجدول 16

كسب الذروة الذي يتعين استخدامه بموجب التوصية ITU-R S.672

عرض الحزمة عند منتصف القدرة بحسب المادة 22	كسب الذروة الذي يتعين استخدامه في التحليل
°1,5	dBi 41,0
°1,55	dBi 40,7
°4	dBi 32,4

D7 بنية النتائج ونسقتها

1.D7 القرار بالقبول/الرفض

1.1.D7 وصف إجمالي لعملية اتخاذ القرار

تفرض المحاكاة إلى دالة توزيع الاحتمالات (PDF) لكثافة تدفق القدرة (pdf). وتسجل دالة توزيع الاحتمالات لكل سوية من سويات كثافة تدفق القدرة عدد الزيادات الزمنية في المحاكاة التي يحدث عندها ذلك المستوى من كثافة تدفق القدرة مقسوماً على مجموع عدد الزيادات، ثم ينبغي تحويل دالة توزيع الاحتمالات إلى دالة توزيع تراكمية (CDF) تسجل لكل سوية من سويات كثافة تدفق القدرة عدد الزيادات الزمنية التي استخدمت في المحاكاة التي تجاوزت فيها كثافة تدفق القدرة هذا المعدل منسوباً إلى العدد الكلي للزيادات الزمنية في عملية المحاكاة.

ويلاحظ أن مصطلح دالة التوزيع التراكمية يقصد به تضمين مفهوم دالة التوزيع التراكمية التكميلية تبعاً للسياق.

2.1.D7 حساب دالة التوزيع التراكمية (CDF)

تفرض العملية الموصوفة في القسم D5 إلى دالة توزيع الاحتمالات (PDF) لقيم كثافة تدفق القدرة (pdf). وينبغي تحويل دالة توزيع الاحتمالات هذه إلى دالة توزيع تراكمية (CDF) تسجل لكل سوية من سويات كثافة تدفق القدرة تقديراً للنسبة المئوية من الزمن التي يحدث فيها تجاوز سوية كثافة تدفق القدرة.

وينبغي أن تحسب دالة التوزيع التراكمية، لكل قيمة من قيم كثافة تدفق القدرة، على النحو التالي:

$$CDF_i = 100 (1 - \text{SUM} (\text{PDF}_{\min}; \text{PDF}_i))$$

حيث:

PDF_x : القيد في الجدول PDF الذي يمثل قيمة وحدة من وحدات كثافة تدفق القدرة مقدرة بوحدة dB X

ومقيسة بحيث يكون مجموع جميع القيود في PDF_x يساوي 1.

3.1.D7 إجراءات المقارنة

المرحلة التالية هي مقارنة حدود كثافة تدفق القدرة في لوائح الراديو مع الحدود التي تم التوصل إليها في جدول الاحتمالات:

الخطوة 1: يجري تنفيذ الخطوات 2 و3 و4 لكل حد من الحدود المعينة i .

- الخطوة 2: تقرأ قيمة كثافة تدفق القدرة/الاحتمال المتصل بها (P_i و J_i) من قاعدة البيانات.
- الخطوة 3: إذا كانت كثافة تدفق القدرة J_i أكثر دقة من S_B (التي هي الآن 0,1 dB) تقرب J_i إلى أقرب قيمة تنازلياً يكون فيها مستوى الدقة الأقصى هو 0,1 dB.
- الخطوة 4: تحدد P_i من دالة التوزيع التراكمية، أي الاحتمال بأن النتيجة التي تخرج بها البرمجية تتجاوز قيمة كثافة تدفق القدرة J_i .
- الخطوة 5: إذا كان $P_i > P_i$ يسجل القبول: أي أن دالة التوزيع التراكمية تتفق مع المواصفات في هذه النقطة. وفي الحالات الأخرى، يسجل الرفض: أي أن دالة التوزيع التراكمية لا تتفق مع المواصفات في هذه النقطة.
- والمرحلة الأخيرة هي المقارنة بين أقصى كثافة لتدفق القدرة مسجلة أثناء تشغيل البرمجية مع الحدود المقررة من أجل 100% من الزمن (إن وجدت).

من دالة التوزيع التراكمية (CFD) تحدد أقصى كثافة لتدفق القدرة سجلت أثناء تشغيل البرمجية، J_{max} . ثم تقارن هذه القيمة مع حدود كثافة تدفق القدرة المقررة لنسبة 100% من الزمن، J_{100} . فإذا كانت $J_{100} > J_{max}$ يسجل القبول: أي أن دالة التوزيع التراكمية تتفق مع المواصفات في هذه النقطة، وإذا كانت $J_{100} \leq J_{max}$ ، يسجل الرفض: أي أن دالة التوزيع الاحتمالية لا تتفق مع المواصفات في هذه النقطة.

4.1.D7 عملية اتخاذ القرار

إذا كانت النتيجة المسجلة هي القبول لكل حدود المواصفات، عندئذ تكون الشبكة non-GSO متوافقة مع المواصفات، وإذا كانت النتيجة المسجلة هي الرفض في أي مرحلة، عندئذ لا تكون الشبكة non-GSO متوافقة مع المواصفات.

2.D7 معلومات خلفية لاتخاذ القرار

المعلومات الخلفية المطلوبة هي:

- بيانات كثافة تدفق القدرة الناتجة عن تشغيل البرمجية (بما في ذلك قطر الهوائي) ومخطط الهوائي المرجعي؛
- جدول حدود المواصفات لمختلف أقطار الهوائيات ومخطط الهوائي المرجعي.

3.D7 نسق المخرجات

ينبغي أن يكون نسق المخرجات على النحو التالي:

- بيان نتيجة الاختبار؛
- جدول موجز؛
- جدول دالة التوزيع التراكمية (للعلم فقط).

1.3.D7 بيان نتيجة اختبار المطابقة

ينبغي أن تكون النتيجة الاستنتاج العام للتقييم (القبول أو الرفض) كما هو معرّف في الفقرة 4.1.D7.

2.3.D7 الجدول الموجز

ينبغي أن يحتوي الجدول الموجز على البيانات التالية (انظر الجدول 17):

الجدول 17

الجدول الموجز

نقطة المحاكاة	النتيجة	نقطة المواصفة	
الاحتمال		الاحتمال	قيمة pfd
P_y	قبول/رفض	P_1	$J_1 \text{ dB}(W/(m^2 \cdot BW_{ref}))$
:	:	:	:
P_y	قبول/رفض	P_i	$J_i \text{ dB}(W/(m^2 \cdot BW_{ref}))$

حيث:

J_i و P_i : قيمة كثافة تدفق القدرة/قيم مواصفات الاحتمال المستخلصة من قاعدة البيانات

القبول/الرفض: نتيجة الاختبار

P_y : قيمة الاحتمال المستخلصة من جدول الاحتمالات.

3.3.D7 جدول الاحتمالات

ينبغي أن تشمل النتيجة، للعلم، دالة الاحتمالات التراكمية (CDF) المحسوبة التي استخدمت في عملية اتخاذ القرار.

الجزء E

اختبار موثوقية نواتج البرمجية

E1 تقييم دقة الحسابات للبرمجية المرشحة

يمكن إجراء الاختبارات من جانب مطور البرمجية وأن تقدم نتائج الاختبار إلى مكتب الاتصالات الراديوية مشفوعة بالبرمجية المرشحة. وظائف البرمجية المطلوب تقييمها:

إسقاط مدار الساتل - باستخدام مجموعة من المعلومات المبسطة التي تفضي إلى فترة تكرار محددة، تشغيل البرمجية لتنفيذ المحاكاة المطلوبة ومضاهاة القيم الفعلية (متجهات السواتل) بالقيم المتنبأ بها.

زوايا التخالف - باستخدام مجموعات مناسبة من مواقع المحطات الأرضية والسواتل، تقارن قيم زوايا التخالف الفعلية للحزمة مع القيم المتنبأ بها. وينبغي أن تشمل مجموعات بيانات الاختبار أعقد حالات حساب المثلثات: مثل المواقع حول خط الطول صفر وخط الطول 180°.

الزيادات الزمنية ومدة المحاكاة - باستخدام مجموعات مناسبة من معلومات الشبكات non-GSO تقارن الزيادات الزمنية ومدة المحاكاة الناتجة عن تشغيل البرمجية بالقيم المتنبأ بها.

حساب دالة التوزيع التراكمية - باستخدام مجموعة من ملفات مدخلات الاختبار تشمل على نتائج معروفة لدالة التوزيع التراكمية، يتم التحقق من برمجية دالة التوزيع التراكمية.

عملية قرار القبول/الرفض - باستخدام مجموعات من ملفات مدخلات اختبار دالة التوزيع التراكمية، يتم التحقق من دقة عملية القرار بالقبول/الرفض.

وفي حالة وجود إمكانية لتطبيقات متعددة يمكن استخدام تحليل الحساسية لتقييمها ومقارنة نواتجها لضمان اتساق النتائج.

E2 تقييم إحصاءات كثافة تدفق القدرة المكافئة (↓/↑) epfd التي يقوم بحسابها مكتب الاتصالات الراديوية

هذه اختبارات تقوم بها البرمجية أوتوماتياً كجزء من كل تشغيل، للتأكد من أن التشغيل وجدته فعلاً أحداث أسوأ حالات التداخل. قيمة epfd من أجل 100% من الزمن - ينبغي مقارنة قيمة epfd في 100% من الزمن الناتجة عن تشغيل البرمجية بالقيمة التي يتم الحصول عليها من تحليل الكوكبة non-GSO. ويجب أن تكون القيمة التي تخرج بها البرمجية ضمن $\pm 0.X$ dB من القيمة المتوقعة.

E3 التحقق من أقنعة pfd

أقنعة pfd هي مدخلات في أداة التحقق التي يستخدمها مكتب الاتصالات الراديوية والتي تقدمها الإدارات المبلغة إلى المكتب مع البرمجية المستخدمة في حسابها، ووصف كامل للبرمجية والمعلومات. ويمكن تقديم المعلومات المطلوبة لحساب قناع pfd إلى الإدارات المهتمة لاستخدامها في حالة نشوء خلاف.

E4 إعادة اختبار برمجية مكتب الاتصالات الراديوية بعد أي تعديلات أو تحسينات

ينبغي تحديد مجموعة من الاختبارات لاستخدامها في كل المناسبات التي يتم فيها تعديل أو تحديث برمجية مكتب الاتصالات الراديوية أو بيئة تشغيلها. ويمكن أن تشمل هذه الاختبارات ما يلي:

(أ) بعض أو كل الاختبارات الواردة في الجزء E1 من أجل التقييم الأولي للدقة الحاسوبية للبرمجية المرشحة؛

(ب) تكرار مجموعة تمثيلية من التقييمات للتبليغات عن الشبكات non-GSO التي وردت للمكتب فعلاً، ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام الأنظمة البرمجية الأصلية والمعدلة.

F الجزء

برمجية تنفيذ هذه التوصية

F1 نظام التشغيل

ينبغي تشغيل البرمجية على منصات Microsoft في نظام Windows 10 أو نظام تشغيل أعلى.

F2 الواجهات مع البرمجيات وقواعد البيانات القائمة

يسجل مكتب الاتصالات الراديوية جميع التبليغات الواردة إليه المتعلقة بالخدمات الفضائية في قاعدة بيانات مركزية للبيانات الرقمية النصية (SNS) وفي قاعدة بيانات أخرى للبيانات التي ترد في صورة بيانية (GIMS) مثل الأشكال البيانية للهوائيات ومناطق الخدمة. وتستخدم قاعدتا البيانات هاتان في نشر البيانات على أقراص DVD، كما تنشر في النشرة الأسبوعية وفي أقسامها الخاصة. وتستخدم أيضاً لتوفير بيانات الدخل من أجل الرزم البرمجية التي تقوم بعمليات فحص كثافة تدفق القدرة بموجب التذييل 8 في لوائح الراديو. وتستعمل الواجهة البيانية لحسابات الدفعات (GIBC) لإجراء عمليات الفحص باستعمال هذه الوحدات النمطية المختلفة. وهذا يكفل أن البيانات المنشورة هي نفس البيانات المستخدمة في عمليات الفحص هذه. ويعتبر المكتب أن هذا أمر مهم لكل من الإدارات المبلغة والإدارات التي يمكن أن تتأثر خدماتها بالمحطات الجديدة. وليس الغرض مجرد تسهيل عمل المكتب وإنما لضمان الاتساق والشفافية تجاه الإدارات.

F3 دليل المستعمل

الغرض من دليل المستعمل هو بيان كيفية قيام المستعمل بإجراء مختلف الاختبارات من أجل الحصول على نتائج معينة. وبالنظر إلى تعقيد هذه الاختبارات، يتعين إيضاؤها بالتفصيل.
