

## ITU-R S.1713 التوصية

منهجية حساب زاوية التباعد الأدنى عند سطح الأرض  
بين ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض في نظام بمدار إهليلجي شديد الانحناء (HEO)  
يرسل في قوس "نشط" وساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض

(المسألة ITU-R 241/4)

(2005)

إن جمعية الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أنه في الغالبية العظمى لتصاميم الأنظمة الساتلية ذات المدار الإهليلجي شديد الانحناء (HEO)، يتطابق أوج كل ساتل مع نقطة خط العرض الأعلى في مداره، وأن جميع السواتل لا تؤدي الإرسال إلا عندما توجد في قوس "نشط" حول الأوج؛

ب) أن المعلمة الرئيسية لتحديد الحالة الأسوأ للتداخل بين نظام HEO ونظام GSO هي زاوية التباعد الأدنى التي يكون فيها ساتل HEO نشيط مرئياً من طرف أية محطة أرضية تعمل بساتل GSO؛

ج) أنه بالنسبة إلى الأنظمة الموصوفة في النقطة أ) من إذ تضع في اعتبارها تحدث زاوية التباعد الأدنى المشار إليها في النقطة ب) من إذ تضع في اعتبارها في كل مرة يكون فيها الساتل في بداية أو في نهاية القوس "النشط" (أي نقطة خط العرض الأكثر انخفاضاً في القوس النشط)؛

د) أن زاوية التباعد التي يكون فيها ساتل HEO مرئياً من طرف محطة أرضية يختلف مع اختلاف خط العرض وخط الطول لتلك المحطة الأرضية وخط طول الساتل GSO ذي الصلة؛

هـ) أن تحديد زاوية التباعد الأدنى بين نظام HEO وشبكة GSO من شأنه أن يسهل من إجراء تقييمات أولية سريعة لإمكانيات تقاسم النطاق بين نظام HEO وأنظمة GSO،

توصي

1 باستعمال المنهجية الموصوفة في الملحق 1 لحساب زاوية التباعد التي "يُرى" عندها ساتل HEO انطلاقاً من محطة أرضية تعمل بساتل GSO،

2 باستعمال الملحق 2 لتحديد ارتفاع حرارة الضوضاء للوصلة GSO بسبب التداخل الذي يسببه الساتل HEO.

الملاحظة 1: يُطبَّق الملحق 3 بصفة تكرارية المنهجيات الواردة في الملحقين 1 و 2 بغرض تحديد زاوية التباعد الأدنى التي يُرى منها ساتل "نشط" في نظام HEO من طرف أية محطة أرضية تعمل مع أي ساتل GSO، ومن ثم حساب الحالة الأسوأ لارتفاع حرارة الضوضاء في الوصلة GSO.

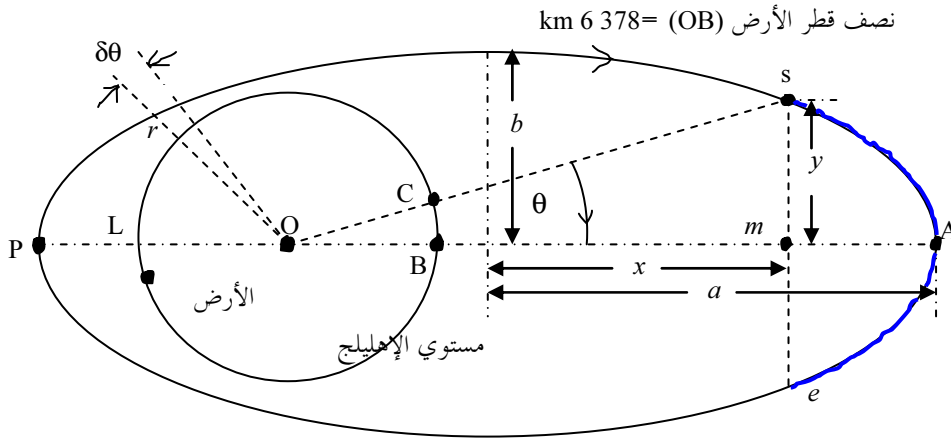
الملاحظة 2: يعطى الملحق 4 أمثلة على تطبيق الملحقات من 1 إلى 3.

## الملحق 1

## تحديد زاوية التباعد الأدنى بالنسبة إلى التداخل الذي يسببه نظام HEO في الوصلة الهابطة GSO

يوضح الشكل 1، وهو رسم ثنائي البعد، المسير الذي يتخذه ساتل يدور في مدار حول الأرض. وبصفة عامة، يتعلق الأمر بمدار إهليلجي الشكل، حيث تتطابق إحدى نقطتيه الرئيسيتين مع مركز جاذبية الأرض (O) ويكون المستوي المداري مائلاً بالنسبة إلى المستوي الاستوائي للأرض. (GSO حالة خاصة يكون فيها الإهليلج دائرة في المستوي الاستوائي).

الشكل 1  
شكل هندسي مستوي لمدار إهليلجي



وفي معظم الأنظمة HEO، لا يرسل (أو يستقبل) الساتل الكائن في مدار من هذا النوع إلا في الوقت الذي يكون فيه داخل قوس محدود يحتوي على الأوج (A)، وبالتالي، لا يسبب (أو يخضع إلى) التداخل إلا عندما يوجد داخل هذا القوس الذي يُعرف عادة باسم "القوس النشط". وقد صممت الغالبية العظمى للأنظمة HEO على نحو يكون فيها الأوج متطابقاً مع نقطة خط العرض الأعلى داخل المدار، وفي مثل هذه الحالات، يمكن أن تحدث سويات التداخل الأقصى عندما يكون الساتل في بداية أو في نهاية "القوس النشط" ويختلف طول "القوس النشط" من نظام إلى آخر. ويُشار في الشكل 1 إلى بداية "القوس النشط" بواسطة (s) وإلى نهايته بواسطة (e). وبحسب ديناميكية المدار، ينتقل الساتل بسرعة في منطقة الحضيض (P) ويبطئ نسبي في منطقة الأوج. (وفي الواقع، فإن المنطقة التي يمسحها متجه نصف القطر (r) في كل وحدة من الزمن،  $r^2/2 \cdot \delta\theta/\delta t$ ، هي ثابتة على طول المدار).

الخطوة 1 تتمثل الخطوة الأولى في تحديد الطول Os انطلاقاً من الخصائص الأساسية للمدار.

تحتوي المعلومات المقدمة إلى القطاع ITU-R بشأن نظام HEO عادة على المعلومات التالية: ارتفاع الأوج (AB (km))؛ ارتفاع الحضيض (PL (km))؛ الاختلاف المركزي (ε)؛ زاوية الميل (i) درجة؛ شذوذ حقيقي متغير في بداية (وفي نهاية) القوس "النشط" (الزاوية POs في الشكل 1،  $\theta - 180^\circ$ ).

وكبديل عن حالات الشذوذ الحقيقية بالنسبة إلى s و e، تستعمل في غالب الأحيان قيمة محددة للفترة الزمنية التي يستغرقها الساتل للانتقال من s وصولاً إلى الأوج ومن الأوج إلى e، ولتكن على سبيل المثال  $4 \pm$  ساعات. وفي هذه الحالة، يمكن حساب قيمة  $\theta$  سواء عن طريق المحاكاة بخطوات زمنية لتحديدها أو عن طريق التكامل باعتبار أن  $r^2/2 \cdot \delta\theta/\delta t$  هي ثابتة، غير أن كلا الخيارين معقد نسبياً. وبخصوص دراسات القطاع ITU-R، من الملائم عادة تحديد حالة الشذوذ الحقيقي بالنسبة إلى s أو e أو الزاوية  $\theta$  بصفة واضحة، وهو ما يفترض هنا؛ إلا أن النسخة الإلكترونية من جدول بيانات EXCEL المرفقة بهذه

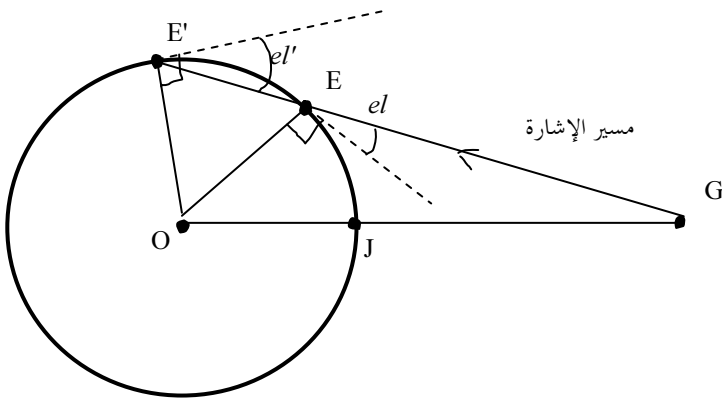
التوصية تحتوي على برنامج Visual Basic يسمح بتحديد القيمة  $\theta$  انطلاقاً من اللحظة التي تسبق الأوج التي يبلغ عندها الساتل s (أو لحظة ما بعد الأوج التي يبلغ عندها الساتل e).

تجدر الإشارة إلى أن المعلومات التي يتعين تقديمها إلى مكتب الاتصالات الراديوية بموجب التذييل 4 للوائح الراديو عند كل تبليغ عن أنظمة ساتلية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض تحتوي على ارتفاع الأوج، وارتفاع الحضيض والاختلاف المركزي، غير أن حدود القوس "النشط" الحالية ذات الصلة بالأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) من الصنف HEO لا ترد ضمن قائمة المعطيات التي يتعين تقديمها. بيد أنه بالنسبة للأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (بما في ذلك ضمناً الأنظمة HEO) التي يُخطط لاستعمالها في النطاقات التي تنطبق عليها حدود eprfd المشار إليها في المادة 22 من لوائح الراديو، فإنه من بين المعلومات التي يتعين تقديمها بموجب التذييل 4 للوائح الراديو هي الارتفاع الأدنى فوق سطح الأرض الذي يمكن لأي ساتل في النظام الإرسال فيه. وبالنسبة إلى النظام HEO، يتطابق هذا الارتفاع مع sC في الشكل 1.

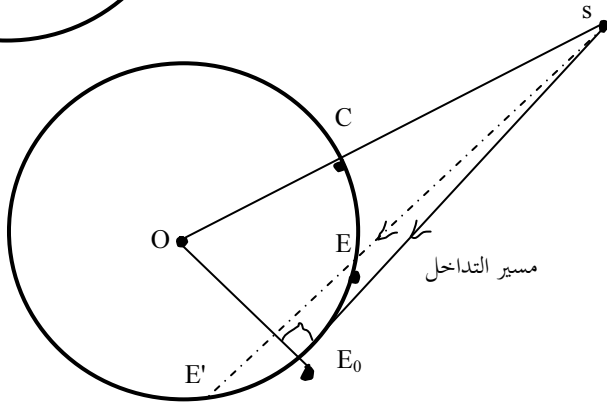
واستناداً إلى الشكل 1، وباستعمال معادلة إهليلج وعلم مثلثات المستوي، نحصل على معادلة رباعية بالنسبة إلى  $x$  يعبر عنها بواسطة AB و PL و  $\epsilon$  و  $\theta$ ؛ ونحل عندئذ هذه المعادلة بالنسبة إلى  $x$  ويمكن تحديد الطول Os انطلاقاً من المثلث Oms.

الشكل 2

مقتطفات مثلث مستوي



من المستبعد أن تُصمم وصلة GSO لتعمل باستخدام زاوية ارتفاع ( $el$ ) أقل من  $5^\circ$ ، وهو ما يعطي قيمة EG  $41\,124,624$  km. ويمكن أن تتجاوز  $el'$  القيمة  $5^\circ$ ، إلا أن  $E'G$  تتعدى بوضوح هذا الطول. وبالتالي يتمثل الشرط الذي تكون E محجبه "قابلة للرؤية" بالنسبة إلى G في  $35\,786 \text{ km} \leq EG < 41\,124,624 \text{ km}$ .



E قابلة للرؤية بالنسبة إلى s ولكن E' محجوبة عن s بواسطة الأرض. وتوجد  $E_0$  في الكفاف الذي تكون s بالنسبة إليه عند زاوية ارتفاع قدرها  $0$  درجة. ومن ثم، يكون المثلث  $OsE_0$  مثلثاً قائم الزاوية، وبالتالي:

$$sE_0 = [(Os)^2 - (6\,378)^2]^{0.5}$$

ذلك، يتمثل الشرط الذي تكون E محجوبة قابلة للرؤية بالنسبة إلى s في

$$sE < [(Os)^2 - (6\,378)^2]^{0.5}$$

الخطوة 2: تتمثل الخطوة الثانية في إيجاد خط العرض s وخط الطول بالنسبة إلى خط طول الأوج الآتي، ويمكن القيام بذلك باستعمال الشكل 3، الذي يمثل المدار في شكل ثلاثي الأبعاد باستعمال نفس الرموز التي تستعمل في الشكل 1. وعليه تحسب القيمة Os حسبما جاء في الخطوة 1. وبتطبيق قاعدة جيب التمام الكروي على المثلثين الكرويين OBCD و CODF في الشكل 3، ثم تطبيق قاعدة الجيب على المثلث الكروي ONBC، يمكن أن نستنتج أن خط الطول s بالنسبة إلى A ( $\alpha_C$ ) وخط العرض الخاص بها ( $\lambda_C$ ) يمكن التعبير عنهما بالمعادلة التالية:

$$\alpha_C = -\angle FOD = -\tan^{-1}[\tan(\theta)/\cos(i)] \text{ et } \lambda_C = \angle FOC = \cos^{-1}[\sin(\theta)/\sin(\alpha_C)]$$

الشكل 3

الإحداثيات الجغرافية لبداية القوس "النشيط" للساتل HEO

انظر الشكل 1 بالنسبة إلى A و B و C و L و O و P و s و  $\theta$ .

زاوية BOD هي زاوية ميل المدار (i)

= U عروة صاعدة

= V عروة هابطة

OD متعامد على UOV

w و Y: هما نقطتا تقاطع خط العروة مع خط الاستواء

نقطة تقاطع آني لمستوي المدار مع سطح الأرض

خط الاستواء

مدار إهليلجي

A: الأوج

BA: ارتفاع الأوج

S: بداية القوس "النشيط"

P: الحضيض

LP: ارتفاع الحضيض

1713-03

الشكل 4

شكل هندسي للتداخل الذي يسببه ساتل HEO عند بداية القوس "النشيط" في محطة أرضية تابعة للشبكة GSO (أي مسير se)

أفواس الدوائر الكبيرة

مدار إهليلجي

انظر الشكل 3 بالنسبة إلى C و F و N و O و s.

G: ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض

E: محطة أرضية تستقبل إشارات من G

خط الاستواء

GSO

1703-04

الخطوة 3: بعد أن وجدنا خط العرض وخط الطول النسبي الآتي  $s$ ، يمكن حساب زاوية تباعد التداخل ( $\varphi$ ) المطابق عند أي محطة أرضية (E) تعمل مع سائل مستقر بالنسبة إلى الأرض (G). وذلك باستعمال الشكل 4 الذي تتطابق فيه النقاط C و O و F و N و s مع النقاط الموجودة في الشكل 3. ولذلك فإن خط العرض E في الشكل 4، هو  $\lambda_E$ ، وخط طوله بالنسبة إلى خط الطول A هو  $\alpha_G$  وخط الطول G بالنسبة إلى خط الطول A هو  $\alpha_G$ . وبالتالي، بما أن  $\alpha_C$  و  $\alpha_E$  و  $\lambda_C$  و  $\lambda_E$  و  $\alpha_G$  و OE (نصف قطر الأرض) و OG (نصف قطر GSO) و Os معروفة أو سبق حسابها،

- يمكن حساب الطول se بتطبيق قاعدة جيب التمام الكروي على المثلث الكروي ONCE، ثم تطبيق قاعدة جيب التمام المستوي على المثلث المستوي OsE؛
  - يمكن حساب الطول sG بتطبيق قاعدة جيب التمام الكروي على المثلث الكروي OCFJ، ثم قاعدة جيب التمام المستوي على المثلث المستوي OsG؛
  - يمكن حساب الطول EG بتطبيق قاعدة جيب التمام الكروي على المثلث الكروي OEJK، ثم قاعدة جيب التمام المستوي على المثلث المستوي OEG؛
- وأخيراً، في المثلث المستوي EsG، بما أن الجوانب الثلاثة se و sG و EG قد حُسبت، يمكن حساب الزاوية  $\varphi$  باستعمال قاعدة جيب التمام المستوي.

وهكذا، يمكن باستخدام هذه الطريقة حساب زاوية تباعد التداخل ( $\varphi$ ) بالنسبة إلى أي وصلة هابطة GSO (أي بالنسبة إلى محطة أرضية توجد في أي موقع جغرافي معين وتستقبل إشارات من سائل GSO على أي خط طول)، إذا كانت زاوية ميل مدار السائل HEO، وارتفاع الأوج، وارتفاع الحضيض، والاختلاف المركزي، والزاوية الاختلافية الحقيقية أو الزمن بين لحظة مرور السائل على أوجهه ولحظة دخوله إلى القوس "النشيط" أو خروجه منه معلومة.

وللحصول على القيمة الأدنى  $\varphi$ ، يمكن كتابة برنامج حاسوبي بسيط يُطبق على فئة من التركيبات  $\alpha_E$  و  $\lambda_E$  و  $\alpha_G$ : يُستعمل الإجراء الوارد أدناه لحساب  $\varphi$  بالنسبة إلى كل توليفة، ثم تُختار القيمة الأقل. ونظراً إلى أن التداخل لا يحدث إلا بالنسبة إلى التركيبات  $\alpha_E$  و  $\lambda_E$  و  $\alpha_G$  التي تكون فيها E قابلة للرؤية بالنسبة إلى G و s (انظر الشكل 4)، ولكن يجب دراسة جميع هذه التركيبات فمن المناسب العمل على أن يشمل هذا البرنامج البسيط فئات واسعة من المتغيرات الثلاثة ثم يُستبعد من الحساب أي من التوليفات التي تكون فيها E محجوبة بواسطة الأرض، سواء من G أو s أو من G و s معاً. ويرد توضيح ذلك في مقتطفات المثلث المستوي الآتي المأخوذة من الشكل 4.

## الملحق 2

### حساب الزيادة في ضوضاء الوصلة GSO بسبب التداخل الذي يسببه الساتل HEO عند بداية قوسه "النشيط"

يتبين من الشكل 4 أن الإشارات المسببة للتداخل الصادرة عن الساتل HEO عند  $s$  في الوصلة بين ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض عند  $G$  ومحطة أرضية عند  $E$  تدخل إلى مستقبل هذه المحطة الأرضية عبر الفص الجانبي لمخطط إشعاع هوائي المحطة. وتعطي المعادلة التالية الزيادة في حرارة الضوضاء للوصلة GSO:

$$10.\text{Log}[(\Delta T/T)/100]=E_1-20.\text{Log}(4.\pi.d/\lambda)+G(\phi)-10.\text{Log}(k.T) \text{ dB}$$

حيث:

- $\Delta T/T$ : الزيادة في ضوضاء الوصلة معبراً عنها في شكل نسبة مئوية
- $E_1$ : كثافة تدفق القدرة e.i.r.p. للموجة الحاملة المرسله بواسطة ساتل HEO، (dB(W/Hz))
- $d$ : طول مسير التداخل sE، (m)
- $\lambda$ : طول الموجة (m)  $f = (0,3)/f$  حيث  $f$  هي تردد الموجة الحاملة للساتل HEO، (GHz)
- $G(\phi)$ : كسب الاستقبال لهوائي المحطة الأرضية عند التردد  $f$  وزاوية الانحراف عن المحور الرئيسي  $\phi$ ، (dBi)
- $T$ : حرارة ضوضاء الوصلة GSO، (K)؛
- $k$ : ثابتة بولتزمان، أي  $10\text{Log}(k) = -228,6 \text{ dB(W/Hz/K)}$

ويمكن أن تكون  $T$  إما حرارة ضوضاء الوصلة الهابطة GSO فقط أو حرارة ضوضاء النظام GSO عند دخل مستقبل المحطة الأرضية، تبعاً للطريقة المفضلة للتعبير عن  $\Delta T/T$ .

ولحساب  $G(\phi)$ ، ونظراً إلى أن المنهجية الواردة في هذا الملحق تتصل بالتداخل بين نظام غير مستقر بالنسبة إلى الأرض (non-SGO) ونظام مستقر بالنسبة إلى الأرض، فمن المناسب استخدام مخططات الكسب الموصى بها في التوصية ITU-R S.1428، حيث يعبر عن  $G(\phi)$  بالقيمة  $D/\lambda$ ، و  $D$  هي قطر الهوائي (بالأمتار).

## الملحق 3

### تطبيق تكراري للمنهجية الواردة في الملحق 1

يتم تنفيذ الطريقة المشروحة في الملحق 1 في شكل جدول بيانات EXCEL، يحتوي على برنامج Visual Basic الذي يمكن تشغيله في كل تركيبة تتكون من خط عرض المحطة الأرضية وخط طولها وخط طول الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض يكون الساتل GSO وبداية القوس "النشيط" للنظام HEO قابلين للرؤية فيها في آن معاً، ومن ثم يمكن التعرف على زاوية التباعد الأدنى عند أي محطة أرضية يمكن أن يحدث تداخل متبادل بينهما. ومن باب التسهيل على المستعمل، أدرجت الخطوات البسيطة المذكورة في الملحق 2 في جدول بيانات EXCEL لإتاحة خرج يعطي القيمة القصوى بالنسبة إلى  $\Delta T/T$  بسبب هذا التداخل، إذا كان ذلك ضرورياً. وكما يتضح من الأمثلة الواردة في الملحق 4، يشمل جدول بيانات EXCEL جميع أنماط المدارات التي يستخدم فيها قوس "نشيط" محدود، بشرط أن لا يتقاطع القوس مع أي خط بين النظام GSO و سطح الأرض، عند خط العرض  $\pm 81,3^\circ$ .

ومعطيات الدخل اللازمة هي المعلمات الآتية للنظام HEO دون سواها:

- ارتفاع الأوج (km)؛
- ارتفاع الحضيض (km)؛
- الاختلاف المركزي (جزء عشري)؛
- زاوية ميل المدار (درجات)؛
- معلمة واحدة (أو أكثر) من بين المعلمات الثلاث التالية لتعريف بداية "s" (أو نهاية "e") القوس "النشط"؛ أي:
  - زاوية المركز الأرضي بين s والأوج (درجات)،
  - أو الزمن الذي يستغرقه الساتل للانتقال بين s والأوج (بالساعات)<sup>1</sup>،
  - أو ارتفاع s (km).

إذا رغب المستعمل في أن تُحسب القيمة المطابقة بالنسبة إلى  $\Delta T/T$ ، تكون معلمات الدخل الإضافية التالية ضرورية:

- قيمة كثافة تدفق القدرة e.i.r.p. القصبوى للساتل HEO (dB(W/Hz))؛
- والمعلمات التالية للوصلة GSO:
  - قطر الهوائي (بالأمتار) في المحطة الأرضية للوصلة GSO؛
  - مخطط كسب استقبال الهوائي في المحطة الأرضية للوصلة GSO (dBi) في مقابل زاوية الانحراف عن المحور الرئيسي)؛
  - حرارة ضوضاء الوصلة GSO (K)؛
  - التردد (GHz).

## الملحق 4

### أمثلة على تطبيق المنهجية

تبين الصفوف من 2 إلى 8 في الجدول 1 أدناه الخصائص المدارية لاثني عشر تصميماً تتعلق بالأنظمة HEO، وقد جُمعت انطلاقاً من المعطيات التي قُدمت إلى القطاع ITU-R. وبغرض توضيح هذه الأنظمة، تجري المقارنة بين أنماط المسالك الأرضية التابعة لها في الأشكال من 5 إلى 7؛ ويعطي الصف الحادي عشر في الجدول 1 خطوط طول الأوج التي استُعملت في إعداد الأشكال من 5 إلى 7؛ ولا ترد خطوط الأوج هذه التي تم انتقاؤها إلا بغرض التوضيح.

<sup>1</sup> يحتوي المرفق بهذه الوثيقة على برنامج Visual Basic إضافي حتى يمكن استعمال هذا البند من المعطيات إذا أدخلت. وفي هذه الحالة، لا تحسب زاوية التباعد الأدنى فقط، بل تحسب أيضاً المواقع المطلقة للمحطة الأرضية والساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض الذي يتوافق مع هذه الزاوية، بشرط أن يدخل خط طول الأوج للنظام HEO كمعلومات دخل إضافية. انظر ملف EXCEL الذي يتصل بالموضوع والمعنون «MinseparationHEOangle»



الجدول 1

| 12       | 11       | 10       | 9       | 8        | 7        | 6        | 5        | 4       | 3        | 2        | 1        | 1. نظام HEO                      |
|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------------------------------|
| 27 470   | 39 300   | 34 800   | 20 180  | 27 288.3 | 50 400   | 40 000   | 52 700   | 35 800  | 39 000   | 44 640.5 | 35 970   | 2. ارتفاع الأوج (km)             |
| 310      | 1 075    | 20 600   | 20 180  | 517.4    | 21 200   | 31 600   | 18 900   | 35 800  | 500      | 26 931.5 | 4 500    | 3. ارتفاع الحضيض (km)            |
| 0,67     | 0,72     | 0,55     | 0       | 0,66     | 0,347    | 0,1      | 0,4      | 0       | 0,74     | 0,21     | 0,59     | 4. الاختلاف المركزي للمدار       |
| 45       | 63,4     | 45       | 63,4    | 63,435   | 63,4     | 40       | 60       | 63,4    | 63,43    | 42,5     | 50       | 5. زاوية ميل المدار (°)          |
| (28)     | 25       | (32,3)   | (30)    | 40       | (24)     | 37       | (30)     | 60      | (29,5)   | 31       | 35       | 6. زاوية s بالنسبة إلى الأوج (°) |
| 2-       | (3,06-)  | 4-       | 1-      | (2,55-)  | 3-       | (2,95-)  | 4-       | (4-)    | 3,5-     | (3-)     | (3,13-)  | 7. توقيت s بالنسبة إلى الأوج (h) |
| (21 400) | (30 700) | (30 850) | N/A     | (16 500) | (47 900) | (39 000) | (48 000) | N/A     | (26 900) | (42 800) | (27 200) | 8. الارتفاع s (km)               |
| 37,98    | 55,51    | 37,63    | 51,84   | 40,05    | 55,49    | 31,34    | 49,35    | 26,94   | 52,50    | 35,84    | 39,85    | 9. زاوية التباعد الأدنى (°)      |
| (37,26)  | (55,49)  | (37,47)  | (51,86) | (40,91)  | (55,47)  | (31,40)  | (49,25)  | (26,86) | (52,50)  | (35,78)  | (39,78)  | 10. التحقق باستعمال المحاكاة (°) |
| 57       | 27       | 18-      | 30-     | 83-      | 110-     | 38-      | 130-     | 43-     | 62-      | 108-     | 150-     | 11. خط طول الأوج (°E)            |
| 82,72    | 101,86   | 76,7     | 35,33-  | 75,38-   | 34,89-   | 38,65    | 43,32-   | 17,33   | 14,89    | 110,81-  | 97,63-   | 12. خط طول المحطة الأرضية (°E)   |
| 73,63    | 1,43     | 0,86-    | 73,63   | 73,63    | 2,01-    | 5,44-    | 3,15-    | 7,73-   | 2,58     | 46,70-   | 73,63    | 13. خط عرض المحطة الأرضية (°N)   |
| 50,06    | 25,66    | 0,50     | 67,99-  | 108,04-  | 111,09-  | 37,55-   | 119,52-  | 58,88-  | 61,32-   | 102,22-  | 130,29-  | 14. خط طول الساتل GSO (°E)       |
| 0,312    | 0,122    | 0,128    | 0,386   | 0,572    | 0,058    | 0,108    | 0,058    | 0,200   | 0,150    | 0,072    | 0,204    | 15. مثال $\Delta T/T$ (%) (1)    |

(1) قيم محسوبة بالاستناد إلى الملحق 2 بالنسبة إلى  $f = 11$  GHz و  $T = 100$  K و  $D = 3$  m و  $E_1 = -21$  dB(W/Hz) من التوصية ITU-R S.1428-1  
N/A: غير متوفر.

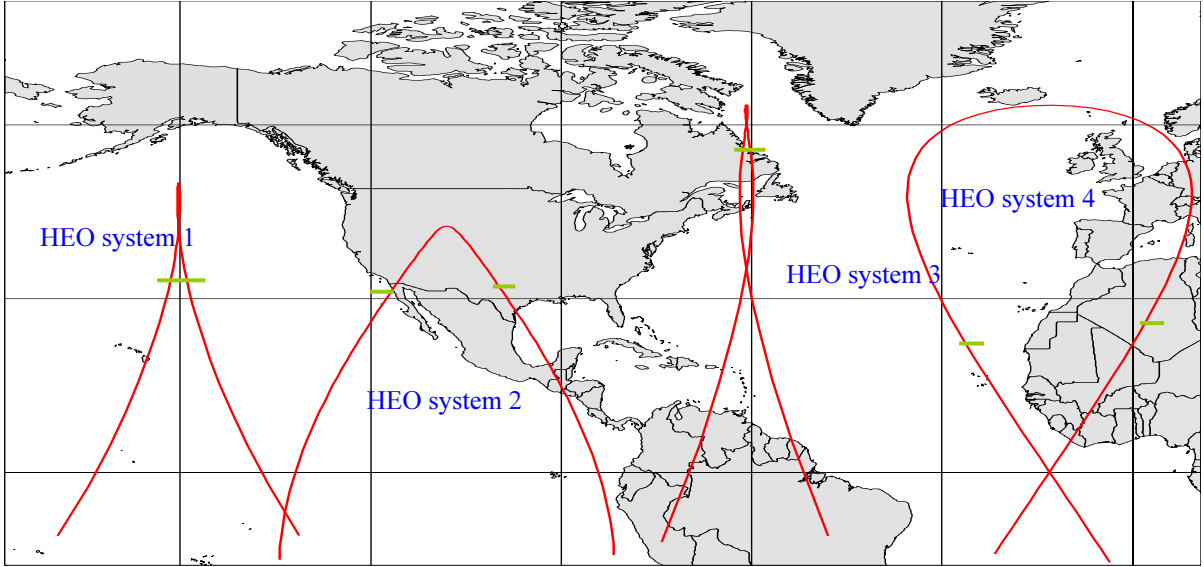
وتمثل الصفوف 6 و 7 و 8 طرقاً متنوعة للإشارة إلى بداية (أو نهاية) القوس "النشط". وفي هذه الصفوف الثلاثة، توافق القيم التي لا توجد بين معقوفين القيم التي قدمت إلى القطاع ITU-R؛ وقد تم الحصول على القيم الموجودة بين معقوفين انطلاقاً من محاكاة حاسوبية لكل نظام من الأنظمة، وذلك بوقف التشغيل عند القيمة التي لا توجد بين معقوفين وتسجيل القيمتين الموجودتين بين معقوفين. وقد تم الحصول على القيم الواردة في الصف التاسع انطلاقاً من الملحق 3 باستعمال القيم التي لا توجد بين معقوفين لتحديد بداية القوس "النشط". (عندما استعملت القيم الواردة بين معقوفين في الملحق 3، كانت النتائج مختلفة بعض الشيء، إلا أن هذه الاختلافات كانت لا تمس بدقة الحسابات التي أجريت.) ثم أجري التحقق من كل نتيجة عبر المحاكاة بواسطة الحاسوب، وتم الحصول بالتالي على زوايا تباعد أدنى ترد بخط مائل في الصف العاشر، وهذه القيم كما يلاحظ، تتفق بصفة وثيقة مع القيم الواردة في الصف التاسع، وتؤكد بالتالي صحة الملحق 3.

وبالإضافة إلى ذلك، تم الحصول استناداً إلى خطوط طول الأوج التي يحتوي عليها الصف الحادي عشر، وباستخدام الملحق 3، على تركيبة تتكون من مواقع المحطة الأرضية والساتل GSO تحدث عندها زاوية انحراف أدنى خارج المحور الرئيسي في كل حالة، وترد هذه النتائج في الصفوف الثاني عشر والثالث عشر والرابع عشر من هذا الجدول.



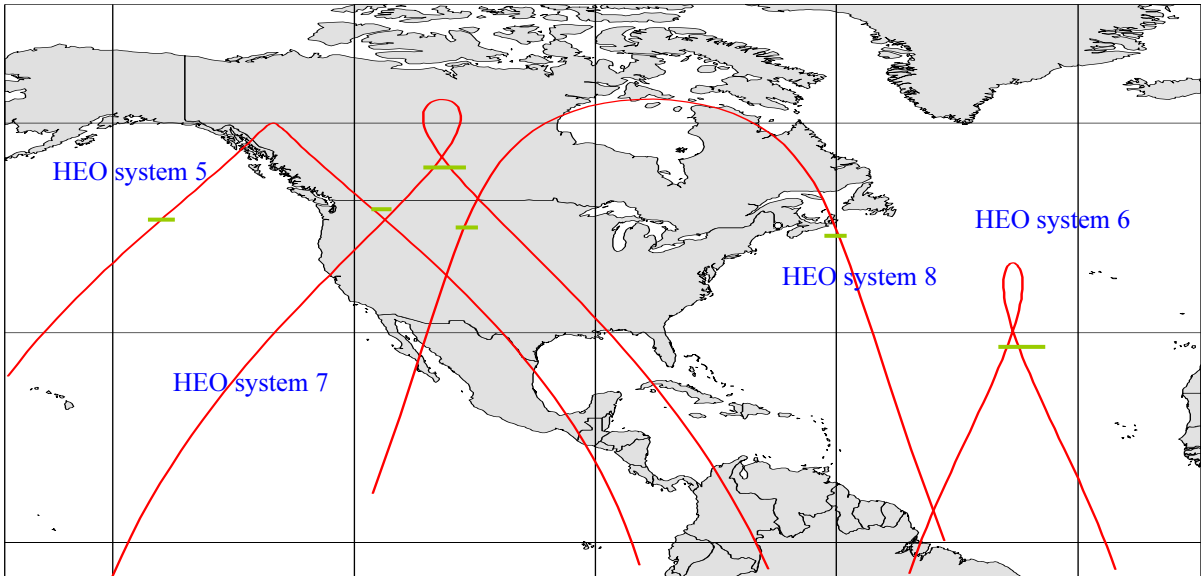
الشكل 5

أجزاء من المسالك الأرضية لأنظمة HEO من 1 إلى 4، تبين الأقواس "النشيطة" (أي فوق - -)



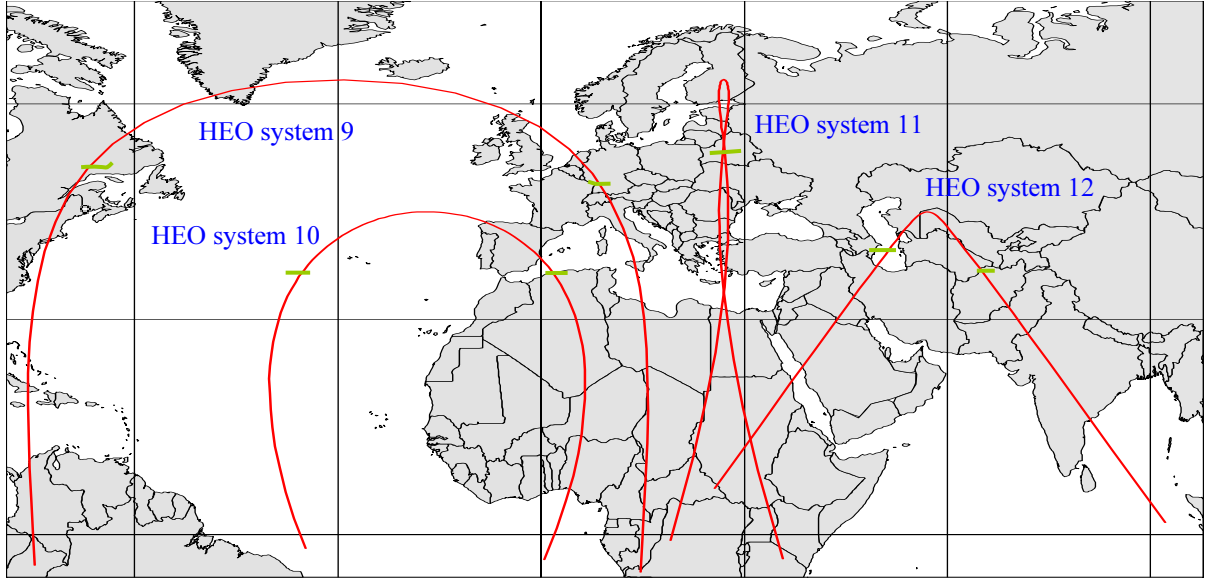
الشكل 6

أجزاء من المسالك الأرضية لأنظمة HEO من 5 إلى 8، تبين الأقواس "النشيطة"



الشكل 7

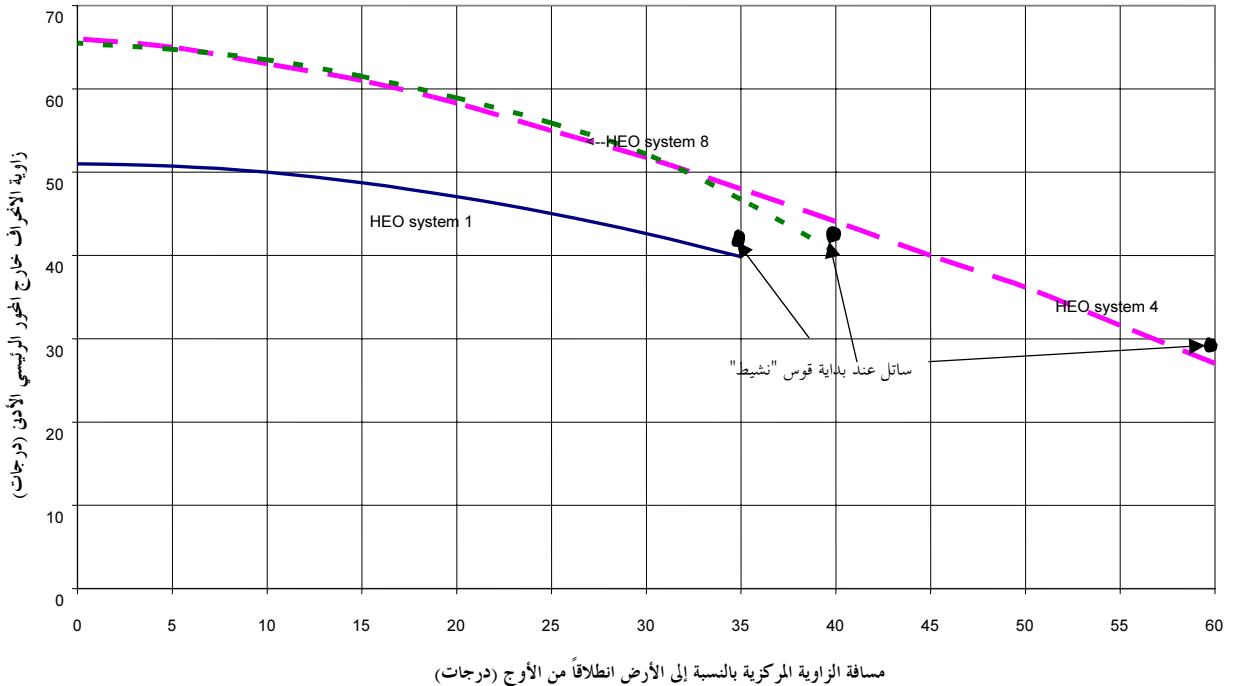
أجزاء من المسالك الأرضية للأنظمة HEO من 9 إلى 12، تبين الأقواس "النشيطة"



وأخيراً، يعرض الملحق 3 وسيلة للتحقق من صحة الفقرة ج) من إذ تضع في اعتبارها في الحالات التي أخذت كمثال. وقد حدث ذلك بالنسبة إلى الأنظمة 1 و 4 و 8، بهدف تغطية كافة أنواع الأنظمة، بحساب الزاوية الدنيا خارج المحور الرئيسي (أو زاوية التباعد الأدنى) بالنسبة إلى قيم تتناقص تدريجياً للزاوية المركزية بالنسبة إلى الأرض ( $\theta$ ) بين ساتل HEO والأوج. ويحتوي الشكل 8 على تصوير بياني لهذه النتائج.

الشكل 8

تغير زاوية الانحراف عن المحور الرئيسي الأدنى بتغير بُعد الساتل HEO عن الأوج



يبين الشكل 8 بوضوح، فيما يتعلق بالأنظمة HEO النمطية، أنه بقدر ما يكون الساتل بعيداً عن أوج مداره تقل زاوية الانحراف الدنيا عن المحور الرئيسي التي يكون فيها قابلاً للرؤية من المحطات الأرضية التي تشغل السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

---