

الاتحاد الدولي للاتصالات

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.2041  
(2013/09)

التنبؤ بتوهين المسير على الوصلات  
بين منصة محمولة جواً والفضاء  
وبين منصة محمولة جواً وسطح الأرض

السلسلة P  
انتشار الموجات الراديوية

## تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجميعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

## سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

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

### سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

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

العنوان	السلسلة
البث الساتلي	BO
التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية	BR
الخدمة الإذاعية (الصوتية)	BS
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)	BT
الخدمة الثابتة	F
الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
<b>انتشار الموجات الراديوية</b>	<b>P</b>
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، 2014

© ITU 2014

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

## التوصية ITU-R P.2041

## التنبؤ بتوهين المسير على الوصلات بين منصة محمولة جواً والفضاء وبين منصة محمولة جواً و سطح الأرض

(2013)

### مجال التطبيق

تتنبأ هذه التوصية بتأثيرات الانتشار المختلفة اللازمة عند تخطيط الأنظمة المحمولة جواً العاملة في أي من الاتجاهين من المنصات المحمولة جواً إلى الفضاء أو من المنصات المحمولة جواً إلى الأرض.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أنه عند تصميم الأنظمة المحمولة جواً، يتعين وجود معلومات دقيقة عن أداء النظام لدى انتشار الموجات الراديوية بين منصة محمولة جواً و سائل وبين منصة محمولة جواً و سطح الأرض؛

ب) أن المنصة المحمولة جواً قد توضع على أي ارتفاع بين سطح الأرض وقمة طبقة الاستراتوسفير؛

ج) أن بإمكان الأنظمة العمل فيما وراء خط البصر؛

د) أن نطاقات التردد المستعملة قد تقع في المدى من 30 MHz إلى 50 GHz أو أعلى،

وإذ تلاحظ

أ) أن قطاع الاتصالات الراديوية أنشأ واختبر أساليب للتنبؤ تتنبأ بمتوسط حالات الترددي على المدى الطويل جراء مؤثرات الغلاف الجوي (مثل التوهين الغازي والتوهين المطري والتوهين السحابي والتوهين بسبب التألؤلؤ) بين مطراف يقع على سطح الأرض والفضاء؛

ب) أن هذه الأساليب للتنبؤ بالانتشار أرض-فضاء لدى قطاع الاتصالات الراديوية تمكن مقايستها للتنبؤ بأداء وصلات محمولة جواً بين منصة محمولة جواً و سائل وبين منصة محمولة جواً و سطح الأرض،

توصي

باستخدام أساليب التنبؤ هذه بالانتشار للتنبؤ بمتوسط حالات الترددي على المدى الطويل (مثل التوهين والخبو بالتألؤلؤ) نتيجة للمؤثرات الجوية بين منصة محمولة جواً و سائل وبين منصة محمولة جواً و سطح الأرض.

### 1 العلاقة مع التوصيات الأخرى لقطاع الاتصالات الراديوية

هناك توصيتان أخريان في سلسلة التوصيات P تتناولان الانتشار من المنصات المحمولة جواً: التوصية ITU-R P.528 - منحنيات الانتشار للخدمات المتنقلة للطيران وخدمات الملاحة الراديوية العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF) والموجات السنتيمترية (SHF)؛ والتوصية ITU-R P.682 - بيانات الانتشار المطلوبة لتصميم أنظمة الاتصالات المتنقلة للطيران أرض-فضاء.

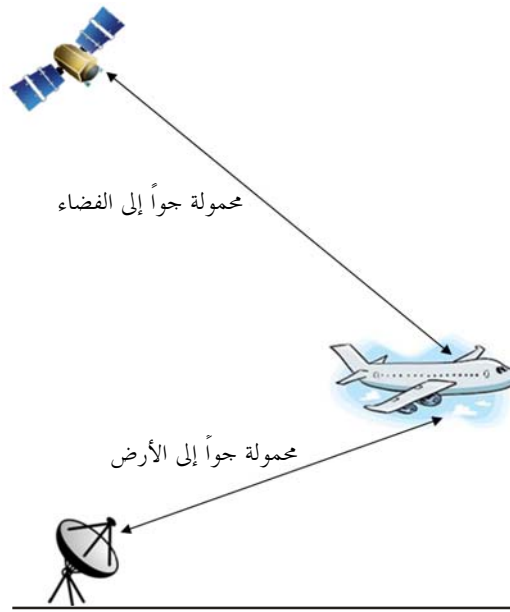
- تتوقع التوصية ITU-R P.528 خسائر الإرسال الأساسية للترددات بين 125 MHz و 15,5 GHz بين هوائيين على ارتفاعات ومسافات مختلفة. وفي حين أن النموذج يهدف في الغالب للتعامل مع مؤثرات المسيرات المتعددة

والانعراج والانتشار التروبوسفيري، فإنه يشمل أيضاً نماذج التوهين الغازي والمطري البسيطة التي تنطبق على عامة المواقع القارية ذات المناخ المعتدل. ونتيجةً لذلك، فإن النموذج لا ينطبق على ترددات أعلى ومناخات مختلفة، حيث يسود التوهين الغازي والمطري والسحابي.

- تتناول التوصية ITU-R P.682 المؤثرات التروبوسفيرية والمؤثرات الأيونوسفيرية، والخبو جراء الانعكاسات عن السطح والانتشار بين منصة محمولة جواً والفضاء للترددات القريبة من 1,5 GHz. وتظهر الوصلات المحمولة جواً إلى الفضاء والمحمولة جواً إلى الأرض في الشكل 1.

الشكل 1

الوصلات المحمولة جواً إلى الفضاء والمحمولة جواً إلى الأرض



P.2041-01

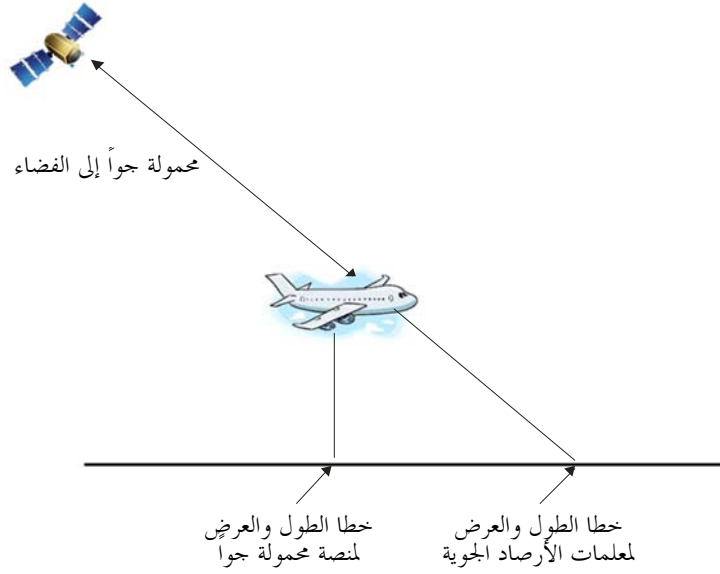
وفي حين تُعتبر أساليب التنبؤ التالية صحيحة تقريباً، فهي لم تُختبر ولم يُتحقق من صحتها ببيانات مقيسة.

## 2 ملاحظة بشأن استخدام الخرائط الرقمية للأرصاء الجوية

هناك خرائط مختلفة لمعلومات الأرصاد الجوية بدلالة خطي الطول والعرض على سطح الأرض. وفي مسير بين منصة محمولة جواً والفضاء، ينبغي تحديد مختلف معلومات الأرصاد الجوية في النقطة حيث يتقاطع المسير بين الفضاء والمنصة المحمولة جواً مع الأرض بدلاً من خطي الطول والعرض للمنصة المحمولة جواً. وهذا التمييز الموضح في الشكل 2 مهم لأن بعض معلومات الأرصاد الجوية تعرّف على سطح الأرض (مثل درجة حرارة سطح الأرض، والحد الرطب للانكسارية الراديوية).

## الشكل 2

خطا الطول والعرض لمعلومات الأرصاد الجوية



P.2041-02

## 3 ملاحظة بشأن الترميز المتسق

تستخدم التوصيتان ITU-R P.836 و ITU-R P.618 المتغير  $p$  لاحتمال التجاوز، وتستخدم التوصية ITU-R P.676 المتغير  $P$  لاحتمال التجاوز. وسيستخدم المتغير  $p$  في المناقشة التالية.

## 4 قابلية تطبيق أساليب التنبؤ

تنطبق أساليب التنبؤ هذه على الوصلات بين منصة محمولة جواً والفضاء وبين منصة محمولة جواً و سطح الأرض، حيث:

– التردد  $\geq 55$  GHz؛

– زاوية الارتفاع  $(\varphi)$  من المستوي الأفقي المحلي  $\leq 5$  درجات.

وحسب التردد وزاوية الارتفاع، قد تدعو الحاجة إلى أخذ الخبو بتعدد المسيرات في الاعتبار (انظر التوصية ITU-R P.528)؛ وحسب الموقع، والوقت خلال اليوم، والنشاط الشمسي، قد تدعو الحاجة إلى أخذ التأثر الأيونوسفيري في الاعتبار عند ترددات تقل عن حوالي 6 GHz (انظر التوصية ITU-R P.531).

## 5 التوهين بين منصة محمولة جواً والفضاء

## 1.5 أسلوب التنبؤ بالتوهين الكلي

إذا كان ارتفاع المنصة المحمولة جواً أقل من ارتفاع المطر.

على غرار التوصية ITU-R P.618، يُحسب التوهين الكلي بين منصة محمولة جواً والفضاء،  $A_T^{AS}(p)$ ، بما يلي:

$$(1) \quad A_T^{AS}(p) = A_G^{AS}(p) + \sqrt{\left(A_R^{AS}(p) + A_C^{AS}(p)\right)^2 + \left(A_S^{AS}(p)\right)^2}$$

حيث:

$$\begin{aligned} A_R^{AS}(p) &: \text{توهين بسبب المطر لاحتفال ثابت (dB)} \\ A_C^{AS}(p) &: \text{توهين بسبب السحب لاحتفال ثابت (dB)} \\ A_G^{AS}(p) &: \text{توهين غازي بسبب بخار الماء والأوكسجين لاحتفال ثابت (dB)} \\ A_S^{AS}(p) &: \text{خبو بسبب التلألؤ التروبوسفيري لاحتفال ثابت (dB)} \end{aligned}$$

و

$$(2a) \quad A_C^{AS}(p) = A_C^{AS}(1\%) \quad \text{for } p < 1,0\%$$

$$(2b) \quad A_G^{AS}(p) = A_G^{AS}(1\%) \quad \text{for } p < 1,0\%$$

إذا كان ارتفاع المنصة المحمولة جواً أعلى من ارتفاع المطر.

يحسب التوهين الكلي بين منصة محمولة جواً والفضاء  $A_C^{AS}(p)$  بما يلي:

$$(3) \quad A_T^{AS}(p) = A_G^{AS}(p) + A_C^{AS}(p)$$

حيث:

$$\begin{aligned} A_C^{AS}(p) &: \text{توهين بسبب السحب لاحتفال ثابت (dB)} \\ A_G^{AS}(p) &: \text{توهين غازي بسبب بخار الماء والأوكسجين لاحتفال ثابت (dB)} \end{aligned}$$

و

$$p \geq 0,1\%$$

وفي مسيرات أرض-فضاء، يقدّر التوهين الغازي والتوهين السحابي والخبو بسبب التلألؤ باستخدام مختلف الخرائط الرقمية للأرصاء الجوية المرتبطة بذلك، على شبكة  $1,125^\circ \times 1,125^\circ$  عادةً. وتصف الفقرات التالية طريقة تعديل أساليب التنبؤ التي تنطبق على مسيرات أرض-فضاء للمسيرات بين منصة محمولة جواً والفضاء.

## 2.5 التوهين الغازي

يرد التنبؤ بالتوهين الغازي لمسير أرض-فضاء في التوصية ITU-R P.676:

$$(4) \quad A_G(p) = \frac{A_o + A_w(p)}{\sin \phi}$$

ولمسير بين منصة محمولة جواً والفضاء، يكون التوهين الغازي المقابل كما يلي:

$$(5) \quad A_G^{AS}(p) = \frac{A_o^{AS} + A_w^{AS}(p)}{\sin \phi}$$

ويُتنبأ بالتوهين  $A_o^{AS}$  على النحو التالي:

$$(6) \quad A_o^{AS} = A_o e^{-\text{altitude} / h_o}$$

حيث  $altitude$  هو الارتفاع فوق سطح الأرض، ويتم الحصول على الارتفاع  $h_o$  من التوصية ITU-R P.676 باستخدام التردد الذي يسترعي الاهتمام و  $r_p$  على سطح الأرض.

ويُتنبأ بالتوهين  $A_w^{AS}(p)$  من التوصية ITU-R P.676 حيث يتم الحصول على  $V_t(p)$  من الملحق 2 بالتوصية ITU-R P.836 و  $alt$  هو ارتفاع منصة محمولة جواً فوق متوسط مستوى سطح البحر المحدد في الفقرة 1 هـ من الملحق 2 بالتوصية ITU-R P.836.

### 3.5 التوهين السحابي

يصعب التنبؤ بالتوهين السحابي من منصة محمولة جواً إلى الفضاء لأن هناك أنواعاً مختلفة من السحب على ارتفاعات مختلفة بامتدادات عمودية مختلفة. بيد أن النهج المحافظ يملّي أن نفترض أن قاعدة السحابة تقع في ارتفاع المطر المحدد في التوصية ITU-R P.839 وقمة السحابة على مسافة 6 كم. ويُحسب التوهين السحابي وفق التوصية ITU-R P.840 على النحو التالي: باستخدام 100% من المحتوى العمودي الكلي من الماء السائل في السحابة لارتفاعات أقل من ارتفاع المطر، و 0% من المحتوى العمودي الكلي من الماء السائل في السحابة لارتفاعات فوق قمة السحابة، مع انتقال خطي للمحتوى العمودي الكلي من الماء السائل في السحابة بين قاعدة السحابة وقمة السحابة.

### 4.5 التوهين المطري

يُتنبأ بالتوهين المطري من التوصية ITU-R P.618 التي تحسب طول المسير المائل،  $L_S$ ، من ارتفاع المحطة الأرضية فوق متوسط مستوى سطح البحر،  $h_S$ . ولمسير بين منصة محمولة جواً والفضاء، يستعاض عن الارتفاع  $h_S$  بارتفاع منصة محمولة جواً فوق متوسط مستوى سطح البحر مع قيد ينص على أن التوهين المطري يساوي 0 dB إذا كان الارتفاع  $h_S$  يفوق أو يساوي الارتفاع  $h_R$ .

### 5.5 الخبو بسبب التلألؤ التروبوسفيري

يرد التنبؤ بالخبو بسبب التلألؤ التروبوسفيري في التوصية ITU-R P.618. فإذا كان ارتفاع المنصة المحمولة جواً أقل من ارتفاع المطر المحدد في التوصية ITU-R P.839، يُحسب التلألؤ التروبوسفيري بافتراض أن المنصة المحمولة جواً تقع على سطح الأرض. أما إذا كان ارتفاع المنصة المحمولة جواً أعلى من ارتفاع المطر المحدد في التوصية ITU-R P.839، فيُتجاهل التلألؤ التروبوسفيري.

## 6 التوهين بين منصة محمولة جواً و سطح الأرض

### 1.6 أسلوب التنبؤ بالتوهين الكلي

على غرار التوصية ITU-R P.618، يُحسب التوهين الكلي بين منصة محمولة جواً و سطح الأرض،  $A_T^{AE}(p)$ ، بما يلي:

$$(7) \quad A_T^{AE}(p) = A_G^{AE}(p) + \sqrt{(A_R^{AE}(p) + A_C^{AE}(p))^2 + (A_S^{AE}(p))^2}$$

حيث:

$A_R^{AE}(p)$ : توهين بسبب المطر لاحتمال ثابت (dB)

$A_C^{AE}(p)$ : توهين بسبب السحب لاحتمال ثابت (dB)

$A_G^{AE}(p)$ : توهين غازي بسبب بخار الماء والأوكسجين لاحتمال ثابت (dB)

$A_S^{AE}(p)$ : خبو بسبب التلألؤ التروبوسفيري لاحتمال ثابت (dB)

و

$$(8a) \quad A_C^{AE}(p) = A_C^{AE}(1\%) \quad \text{for } p < 1,0\%$$

$$(8b) \quad A_G^{AE}(p) = A_G^{AE}(1\%) \quad \text{for } p < 1,0\%$$

## 2.6 التوهين الغازي

يُتنبأ بالتوهين  $A_G^{AE}(p)$  على النحو التالي:

$$(9) \quad A_G^{AE}(p) = A_G(p) - A_G^{AS}(p)$$

حيث:

$A_G(p)$ : التوهين الغازي بين سطح الأرض والفضاء على طول المسير نفسه  
 $A_G^{AS}(p)$ : يُحسب من المعادلة (5).

## 3.6 التوهين السحابي

يصعب التنبؤ بالتوهين السحابي من منصة محمولة جواً إلى سطح الأرض لأن هناك أنواعاً مختلفة من السحب على ارتفاعات مختلفة بامتدادات عمودية مختلفة. بيد أن النهج المحافظ يملئ إدراج التوهين السحابي الذي تتنبأ به التوصية ITU-R P.840 لجميع الارتفاعات.

## 4.6 التوهين المطري

يُتنبأ بالتوهين  $A_R^{AE}(p)$  على النحو التالي:

$$(10) \quad A_R^{AE}(p) = A_R(p) - A_R^{AS}(p)$$

حيث  $A_R(p)$  هو التوهين المطري بين سطح الأرض والفضاء.

## 5.6 الخبو بسبب التلألؤ التروبوسفيري

يرد التنبؤ بالخبو بسبب التلألؤ التروبوسفيري في التوصية ITU-R P.618. ويُدرج التلألؤ التروبوسفيري لجميع الارتفاعات.

## 7 قابلية التطبيق على بعثات محددة محمولة جواً

هناك تقابل بين أساليب التنبؤ الموضحة في هذه التوصية ومتوسط التيسر على المدى الطويل على ارتفاع وزاوية ارتفاع محددتين. ويمكن أيضاً استخدام أساليب التنبؤ هذه للتنبؤ بأسوأ حالة أو متوسط تيسر وصلة لأي بيانات وصفية معمول بها لارتفاع وزاوية ارتفاع. وسيعتمد طول المدة الزمنية لتردد ما (مثل التوهين المطري) على حراك المنصة المحمولة جواً.