

الاتحاد الدولي للاتصالات

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

**التوصية ITU-R BT.1893-1**  
(2015/10)

**طرائق تقييم الانحطاط  
الذي تسببه التوربينات الهوائية  
في الاستقبال التلفزيوني الرقمي**

**السلسلة BT**  
**الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)**



## تمهيد

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

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

يُرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييم 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        |
| <b>الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)</b>  | <b>BT</b> |
| الخدمة الثابتة  | F         |
| الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي 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، 2017

## التوصية ITU-R BT.1893-1

## طرائق تقييم الانحطاط الذي تسببه التورينات الهوائية في الاستقبال التلفزيوني الرقمي

(المسألة ITU-R 69-1/6)

(2015-2011)

### مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية طرائق لتقييم الانحطاط المحتمل في الاستقبال التلفزيوني الرقمي جراء تورينة أو عدة تورينات هوائية. **ملاحظة 1** - تقدم التوصية ITU-R BT.805 "تقييم الانحطاط الذي تسببه تورينة هوائية للاستقبال التلفزيوني التماثلي".

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن الانعكاسات من الأجسام المتحركة مثل أذرع التورينات الهوائية يمكن أن تسبب في انحطاط كبير للاستقبال التلفزيوني؛
- ب) أن هذه التأثيرات خطيرة بشكل خاص لأن الانحطاط الناجم قد يكون شبه ثابت، حيث لا يطرأ عليه انخفاض إلا في الفترات التي تتوقف فيها التورينات الهوائية عن الدوران؛
- ج) أن من المهم توفير طريقة بسيطة لحساب الانحطاط المحتمل الذي يمكن أن ينجم عن تركيب أي تورينة هوائية مقترحة؛
- د) أنه تجري حالياً دراسة تقنيات إزالة الانعكاسات وأن هذه التقنيات يمكن أن توفر بعض التحسين بالنسبة إلى الانحطاط الناجم عن التورينات الهوائية؛
- هـ) أن الإشارات المنعكسة يمكن أن يكون لها آثار مختلفة على الإشارات التلفزيونية الرقمية؛
- و) أن الإشارات المنعكسة يمكن أن يكون لها آثار مختلفة تبعاً لأنظمة التشكيل الرقمي؛
- ز) أن أذرع التورينات الهوائية تُصنع عادة من مواد مركبة تختلف معاملات الانعكاس الخاصة بها عن المعادن؛
- ح) أن تصميم أذرع التورينات الهوائية قد يتضمن عناصر إضافية يمكنها أن تؤثر أيضاً على الإشارات التلفزيونية؛
- ط) أنه يجب أن يؤخذ في الحسبان أيضاً الانتشار الصادر عن أبراج التورينات الهوائية؛
- ي) أن لموقع التورينات الهوائية ومخططات الانتشار الخاصة بها تأثير على مستوى الانحطاط في المستويين الرأسي والأفقي؛
- ك) أن لعدد التورينات الهوائية في موقع ما أثر على مخططات الانتشار،

وإذ تلاحظ

- أ) أن التقرير ITU-R BT.2142 يقدم تحليلاً وافياً لأثر الانتشار على الإشارات التلفزيونية الرقمية من التورينات الهوائية؛
- ب) أن الطريقة الواردة في الملحق 1 عبارة عن صيغة مبسطة للتحليل الكامل في الجزء A من التقرير ITU-R BT.2142؛
- ج) أن التقرير ITU-R BT.2142 يقدم تفسيراً متعمقاً للطريقة الواردة في المرفقات 2 و 3 و 4 التي تتناول القضايا المحددة في الفقرات 1 و 2 و 3 من توصي أيضاً في التوصية ITU-R BT.1893-0 بشأن أثر الانتشار الناجم عن الأبراج وأثر الأذرع الدوارة والتركيبية غير المعدنية للأذرع ومخطط الارتفاع بشأن الانتشار،

## توصي

- 1 بأنه يجوز استعمال الطريقة الواردة في الملحق 1 لتقييم التداخل المحتمل من توريبة هوائية واحدة على الاستقبال التلفزيوني الرقمي؛
- 2 بأنه يجوز استعمال الطريقة الواردة في الملحق 2 للحصول على نموذج قناة لتوصيف الانتشار المتعدد المسيرات بوجود توريينات هوائية متعددة<sup>1</sup> في نطاق البث الإذاعي بالموجات الديسيمترية (UHF)؛
- 3 بأنه يجوز استعمال الطريقة الواردة في الملحق 3 لتقييم التداخل المحتمل من مجمّع توريينات هوائية في الاستقبال التلفزيوني الرقمي (DVB-T)،

## تشجع

الإدارات على استرعاء اهتمام الهيئات ذات الصلة في بلدانها إلى هذه التوصية.

## الملحق 1

## نموذج مبسط للانحطاط الناجم عن توريبة هوائية في الاستقبال التلفزيوني

يعرض الشكل 1 مخطط إسقاط لمشكلة التوريبة الهوائية المتعلقة بالانتشار الخلفي.

وفي أي موقع استقبال  $R$ ، تكون شدة المجال المطلوبة  $FSR$ . وفي موقع التوريبة الهوائية  $WT$ ، تكون شدة المجال  $FSWT$ . ويفترض أن موقع الاستقبال يقع على مسافة  $r$  (m) من أذرع<sup>2</sup> التوريبة الهوائية. ويمكن تحديد "معامل الانتشار"،  $\rho$ ، الذي يشمل الخسارة في مسير الفضاء الحر بالنسبة إلى المسير من موقع التوريبة الهوائية إلى موقع الاستقبال، كما يلي:

$$\rho = \frac{A}{\lambda r} g(\theta)$$

حيث:

$$g(\theta) = \text{sinc}^2 \left( \frac{\bar{W}}{\lambda} (\cos \theta - \cos \theta_0) \right) \sin \theta$$

و:

$\bar{W}$ : متوسط عرض الذراع (m)

$\lambda$ : طول الموجة (m)

$A$ : مساحة الذراع ( $\text{m}^2$ )

$\theta_0$ : زاوية ورود الإشارة إلى الذراع

$\theta$ : زاوية انتشار الإشارة من الذراع.

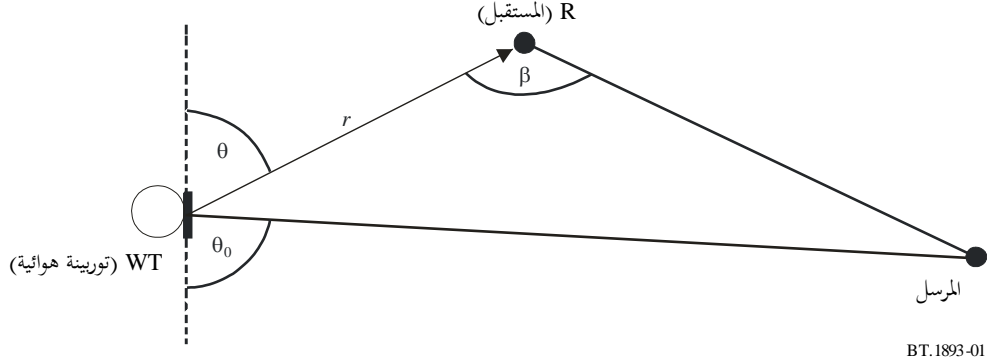
1 من الشائع أن يشار إلى المواقع التي تضم عدداً من التوريينات الهوائية باسم "المجمعات الهوائية".

2 يفترض هذا التحليل أن أذرع التوريبة الهوائية معدنية ومثلثة الشكل تقريباً. بيد أن الأذرع تكون عادة من الزجاج الليفني أو أي مواد تركيبية تؤدي إلى انتشار أقل بمقدار 6 إلى 10 dB مما ينتج عن الأذرع المعدنية.

وتحدث القيمة القصوى لمعامل الانتشار هذا الناجم عن الذراع في الوضع الرأسي عندما يكون كل من اتجاه الورد والانتشار عموديين على الذراع بحسب المعادلة:

$$\rho_{max} = \frac{A}{\lambda r}$$

الشكل 1



BT.1893-01

وفي حالة مسير فضاء حر، يبلغ طوله  $r$  (m) بين التوربينة الهوائية وموقع الاستقبال، يمكن حساب شدة المجال غير المطلوبة كما يلي:

$$FSWT + 20 \log \rho$$

ولا يتعلق معامل الانتشار  $\rho$  إلا بالانتشار الخلفي من الأذرع. ولا بد من الإشارة إلى أن أبراج الحمل المعنية تسهم هي الأخرى بانتشار خلفي ساكن كبير. وقد يكون الانتشار الأمامي من الأذرع كبيراً ولكن اتساعه أقل عادة من الانتشار الخلفي وينطوي حسابه على تعقيدات أكبر. وقيمة الانتشار الأمامي من الأبراج مهملة عادة. وينبغي الإشارة كذلك إلى أن مخططات الانتشار تتغير بما لا يقل عن 10 dB نتيجة دوران الأذرع. وللإطلاع على تحليل واف، يرجى الرجوع إلى التقرير ITU-R BT.2142.

ويرد في التوصية ITU-R BT.419 تمييز اتجاهية هوائي الاستقبال بدلالة الزاوية  $\beta$  (كما هو مبين في الشكل 1) وينبغي تطبيقه لتحديد النسبة بين الإشارتين المطلوبة وغير المطلوبة بالنسبة إلى أي موقع محدد من مواقع الاستقبال.

ويرد في المرفق 1 مثال عن استعمال هذه الطريقة.

## المرفق 1 بالملاحق 1

### مثال على استعمال طريقة التقييم المبسطة

كما يتبين في الشكل 1 في الملحق 1، يتم تحديد النقطة الخاصة بأي موقع مستقبل بالقرب من موقع التوربينة الهوائية المقترح. وكخطوة أولى، يتم حساب، أو من الأفضل، قياس قيم شدة المجال  $FSR$  في المواقع المختلفة للمستقبلات.

ومن المستبعد أن تكون هناك ضرورة لتوسيع مساحة البحث لأكثر من 10 km تقريباً من موقع التوربينة الهوائية المقترح (أو مواقعها إذا كانت هنالك توربينات متعددة). ومع ذلك، إذا كانت هناك ظروف خاصة، كوجود مبان محجوبة عن المرسل المطلوب ولكنها على خط بصر التوربينة الهوائية، عندئذ قد يتعين توسيع المساحة.

ويتم حساب أو الأفضل قياس قيم شدة المجال،  $FSWT$ ، عند موقع التوربينة الهوائية بالقرب من ارتفاع مركز دوران الأذرع. ولكل نقطة من نقاط الاستقبال،  $R$ :

- يحسب معامل الانتشار،  $\rho$ ، للمسير بين التوربينة الهوائية والمستقبل؛
  - يحسب شدة المجال غير المطلوب باستعمال المعادلة:  $FSWT + 20 \log \rho$ ؛
  - يحسب شدة المجال المطلوب،  $FSR$ ؛
  - يحسب النسبة بين الإشارتين المطلوبة وغير المطلوبة، مع أخذ تمييز اتجاهية هوائي الاستقبال في الحسبان؛
  - يجري، باستعمال معلومات المرفق 2، تقييم الانحطاط المحتمل للاستقبال التلفزيوني الرقمي عن طريق النسبة المحسوبة بين الإشارتين المطلوبة وغير المطلوبة عند نقطة الاستقبال.
- ويمكن بعد ذلك عرض نتائج الدراسة في شكل خارطة توضح المناطق/المواقع التي يمكن أن يحدث فيها الانحطاط. ولا بد من الإشارة إلى أن هذه العملية أكثر تعقيداً إذا كان هناك توربينات هوائية متعددة في موقع معين حيث سيكون هناك في هذه الحالة مصادر عديدة محتملة للانحطاط عند كل موقع من مواقع الاستقبال. ويقدم التقرير ITU-R BT.2142 أمثلة على التنبؤات الخاصة بمجمّع كبير من التوربينات الهوائية.

## الملحق 2

### نموذج القناة لتوصيف انتشار الإشارة في وجود مجمع توربينات هوائية في نطاقات الإذاعة بالموجات الديسيمتريّة (UHF)

#### مقدمة

جدير بالإشارة أن نموذج القناة مستقل عن المعيار التلفزيوني، وعلى هذا الأساس يمكن استخدامه لتقدير الأثر المحتمل لمجمع التوربينات على أي خدمة تلفزيونية تقدم في نطاق الموجات الديسيمتريّة (UHF).

ونموذج القناة للانتشار في وجود التوربينات الهوائية هو نموذج خط تأخير متقطع له عدة مسيرات، وكذلك:

- تأخيرات مقابلة؛
- متوسط اتساعات؛
- طيف دوبلر يرتبط بكل مسار لمراعاة التباين الناجم عن دوران الأذرع.

وفي نموذج القناة، تكون جميع هذه المكونات قابلة للتكيف مع الخصائص الخاصة لأي حالة قيد الدراسة. وبصورة أدق، تحدد هذه المعلومات لكل موقع استقبال في منطقة التغطية للمرسل الذي من المحتمل أن يتأثر.

وللقيام بذلك، يمكن استخدام قاعدة بيانات رقمية لتضاريس الأرض وذلك لتقسيم منطقة التغطية إلى شبكات صغيرة ذات حجم معين (بكسل). وبالنسبة لكل موقع من المواقع المركزية لهذه البكسلات، يتم الحصول على معلومات نموذج القناة لتلك الشروط المحددة، على النحو المبين أدناه. ويمكن تنفيذ هذه العملية بسهولة في أدوات التخطيط، وهي توفر لمحة سريعة عن الانحطاط المحتمل بسبب مجمع التوربينات الهوائية.

ويطلب تكيف نموذج القناة مع الخصائص الخاصة للحالة قيد الدراسة بعض بيانات المدخلات، وهي مجموعة في الجدول 1. وتبعاً لذلك، فإن المعلومات اللازمة المستخرجة من بيانات المدخلات في الجدول 1 مدرجة في الجدول 2.

### الجدول 1

#### بيانات المدخلات لتكيف نموذج القناة مع الملامح المحددة للحالة قيد الدراسة

| الوصف   | النمط                               |                    |
|---|-------------------------------------|--------------------|
| الإحداثيات الجغرافية، ارتفاع تضاريس الأرض (m)   | الموقع                              | لكل توربينة هوائية |
| القياس الرأسي للصارى (m)<br>القطر الأدنى والأعلى للصارى (m)؛ القطر الأعلى للصارى (تحت الصندوق مباشرة) و قطر قاعدة الصاري (عند مستوى الأرض). | مقاييس الصاري                       |                    |
| القياس الطولي للأذرع (m)  | طول الأذرع $l$                      |                    |
| معدل الدوران الأقصى للأذرع (rpm)  | معدل الدوران الأقصى، $\omega_{max}$ |                    |
| الإحداثيات الجغرافية، بما فيها ارتفاع تضاريس الأرض (m)  | الموقع                              | المرسل             |
| مخطط إشعاع هوائي المرسل   | مخطط هوائي المرسل                   |                    |
| ارتفاع المركز الهندسي للهوائي فوق ارتفاع سوية الأرض ضمن برج الاتصالات حيث هو موزع (m)   | ارتفاع الهوائي                      |                    |
| التردد العامل ضمن النطاق الديسيمتري (UHF) (Hz)  | التردد، $f$                         |                    |
| قدرة المرسل القصوى (W)  | القدرة، $P_t$                       |                    |
| الإحداثيات الجغرافية، بما فيها ارتفاع تضاريس الأرض (m)  | الموقع                              | المستقبل           |
| مخطط هوائي المستقبل   | مخطط هوائي المستقبل                 |                    |
| ارتفاع الهوائي فوق سوية الأرض (m)   | ارتفاع هوائي المستقبل               |                    |

الجدول 2

البيانات المحسوبة من بيانات الدخل في الجدول 1

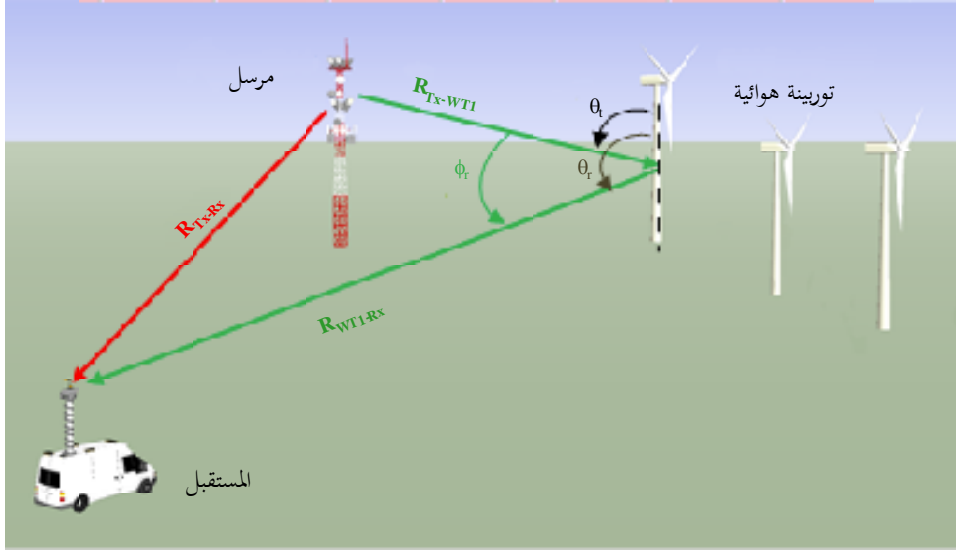
| الوصف  | الرمز        |
|--|--------------|
| المسافة من المرسل إلى توربينة هوائية (m) من أجل التوربينة الهوائية WT  | $R_{Tx-WTi}$ |
| التوربينة الهوائية WT، المسافة من التوربينة الهوائية إلى المرسل (m)  | $R_{WTi-Rx}$ |
| المسافة من المرسل إلى المستقبل (m)   | $R_{Tx-Rx}$  |
| كسب مخطط إشعاع المرسل نحو التوربينة الهوائية ذات الترتيب i (عددي نسبة إلى هوائي متناح)   | $G_{Tx-WTi}$ |
| كسب هوائي المستقبل نحو التوربينة الهوائية ذات الترتيب i (عددي نسبة إلى هوائي متناح)  | $G_{Rx-WTi}$ |
| كسب هوائي المرسل نحو التوربينة الهوائية ذات الترتيب i (عددي نسبة إلى هوائي متناح)  | $G_{Tx-Rx}$  |
| الكسب الأقصى لهوائي المستقبل (عددي نسبة إلى هوائي متناح)   | $G_{Rx-Tx}$  |
| متوسط نصف قطر الصاري (m)، محسوب كمتوسط حسابي لنصفي القطر الأدنى والأعلى  | $r$          |
| طول السطح المائل للصاري، وهو مخروط دائري قائم مقطوع (m)؛ يمكن تقريبه للارتفاع الرأسي للصاري  | $L$          |
| زاوية المحطتين في المستوي الأفقي (هوائي إرسال - توربينة هوائية - هوائي استقبال) تقاس كما في مسقط مستوي، لكل توربينة هوائية (راديان)  | $\phi_r$     |
| الموقع الزاوي لهوائي الإرسال التلفزيوني في المستوي الرأسي المقيس من السمات، فيما يتعلق بكل توربينة هوائية، حيث النقطتان المرجعيتان هما ارتفاع هوائي الإرسال ونقطة منتصف ارتفاع الصاري (راديان)           | $\theta_t$   |
| الموقع الزاوي لهوائي الاستقبال التلفزيوني في المستوي الرأسي المقيس من السمات، فيما يتعلق بكل توربينة هوائية، حيث النقطتان المرجعيتان هما نقطة منتصف ارتفاع السارية ونقطة ارتفاع هوائي الاستقبال (راديان) | $\theta_r$   |

ويصور الشكل 2 الحالة العامة للتداخل من مجمع توربينات هوائية.



## الشكل 2

صورة الحالة العامة للتداخل من مجمع توربينات هوائية



BT.1893-02

## عدد المسيرات

عدد المسيرات هو، في نذج أول، العدد الإجمالي للتوربينات في مجمع توربينات هوائية، بالإضافة إلى مسير ساكن يقابل الإشارة من المرسل. وتبعاً للنتائج المستخرجة بشأن التأخيرات والاتساعات، كما هو موضح في الأقسام الفرعية التالية، يمكن تخفيض عدد المسيرات.

## التأخيرات النسبية للمسيرات

بالنسبة لكل توربينة هوائية، يحسب التأخير النسبي  $\tau_i$  (s) للإشارة المنتشرة كدالة لفرق المسافة بين المسير المباشر (هوائي إرسال تلفزيوني - هوائي استقبال تلفزيوني) ومسير الإشارة المنتشرة (هوائي إرسال تلفزيوني - توربينة هوائية - هوائي استقبال) وفقاً للمعادلة (1).

$$(1) \quad \tau_i = \frac{(R_{Tx-WTi} + R_{WTi-Rx} - R_{Tx-Rx})}{c}$$

حيث:

$R_{Tx-WTi}$ : المسافة من هوائي الإرسال إلى التوربينة الهوائية ذات الترتيب  $i$  (m)

$R_{WTi-Rx}$ : المسافة من التوربينة الهوائية ذات الترتيب  $i$  إلى هوائي الاستقبال (m)

$R_{Tx-Rx}$ : المسافة من هوائي الإرسال إلى هوائي الاستقبال (m)

$c$ : سرعة الضوء (m/s).

## متوسط اتساع المسيرات

يؤخذ كمرجع المسير الثابت مع التأخير النسبي صفر (أي هوائي الإرسال المباشر إلى مسير هوائي الاستقبال)، بحيث يكون متوسط اتساعه 0 dB. ثم يعطى متوسط الاتساع النسبي لكل مسير متغير بمرور الزمن بنسبة القدرة بين قدرة الإشارة المتناثرة من التوربينات الهوائية المقابلة  $P_{Tx-WTi-Rx}$  وقوة الإشارة المباشرة من جهاز الإرسال  $P_{Tx-Rx}$ .

وتحسب القدرة المباشرة من هوائي الإرسال في موقع الاستقبال،  $P_{Tx-Rx}$ ، كدالة لهوائي الإرسال إلى مسافة هوائي الاستقبال  $R_{Tx-Rx}$ ، وهوائي الإرسال إلى كسب هوائي الاستقبال في اتجاه هوائي الاستقبال  $G_{Tx-Rx}$ ، والكسب الأقصى لهوائي الاستقبال  $G_{Rx-Tx}$  وطول

الموجة  $\lambda$ ، بما في ذلك خسائر الانتشار الإضافية المقابلة  $L_{prop}$  (مثل خسائر الانعراج الناجمة عن تضاريس الأرض)، كما هو مبين في المعادلة (2).

$$P_{Tx-Rx} = \frac{P_t G_{Tx-Rx} G_{Rx-Tx} \lambda^2 L_{prop}}{(4\pi)^2 R_{Tx-Rx}^2} \quad (2)$$

حيث:

$P_t$ : قدرة الإرسال القصوى (W)

$G_{Tx-Rx}$ : كسب هوائي الإرسال باتجاه هوائي الاستقبال (دون بُعد)

$G_{Rx-Tx}$ : الكسب الأقصى لهوائي الاستقبال (دون بُعد)

$L_{prop}$ : خسارة الانتشار (دون بُعد)

$R_{Tx-Rx}$ : المسافة من المرسل إلى المستقبل (m)

$\lambda$ : طول الموجة (m).

ولكل توربينة هوائية، تحسب قدرة الإشارة المتناثرة في موقع المستقبل  $P_{Tx-WTi-Rx}$  باستخدام معادلة الرادار ثنائي المحطة، بحسب المعادلة (3).

$$P_{Tx-WTi-Rx} = \frac{P_t G_{Tx-WTi} G_{Rx-WTi} \lambda^2 \sigma_i}{(4\pi)^3 R_{Tx-WTi}^2 R_{WTi-Rx}^2} \quad (3)$$

حيث:

$P_t$ : قدرة الإرسال القصوى (W)

$G_{Tx-WTi}$ : كسب هوائي الإرسال باتجاه التوربينة الهوائية  $i$  (دون بُعد)

$G_{Rx-WTi}$ : كسب هوائي الاستقبال باتجاه التوربينة الهوائية  $i$  (دون بُعد)

$\sigma_i$ : مقطع عرضي للرادار (RCS) ثنائي المحطة للصارى باتجاه هوائي الاستقبال ( $m^2$ )

$R_{Tx-WTi}$ : المسافة من هوائي الإرسال إلى التوربينة الهوائية ذات الترتيب  $i$  (m)

$R_{WTi-Rx}$ : المسافة من التوربينة الهوائية ذات الترتيب  $i$  إلى هوائي الإرسال (m)

$\lambda$ : طول الموجة (m).

يتم حساب المقطع العرضي للرادار (RCS) ثنائي المحطة للصارى في اتجاه هوائي الاستقبال  $\sigma_i$  ( $m^2$ ) كما يلي:

$$\sigma_i(\phi_r, \theta_t) = kr L_{nf}^2 \sqrt{\frac{1 + \cos \phi_r}{2}} \sin \theta_t \quad (4)$$

حيث:

$k$ : رقم الموجة ( $m^{-1}$ )  $k=2\pi/\lambda$

$r$ : نصف قطر البرج ( $m^3$ )

$\sigma_i$ : المقطع العرضي للرادار (RCS) ثنائي المحطة للصارى في اتجاه هوائي الاستقبال ( $m^2$ )

3 إذا كان الصاري مخروطاً دائرياً مقطوعاً، بحسب نصف قطر الصاري  $r$  على أنه متوسط نصف قطر المخروط، وطول الصاري  $L$  هو طول السطح المائل للمخروط المقطوع.

$\phi_r$ : الموقع الزاوي لهوائي المستقبل في المستوي الأفقي مقيساً عند التوربينة الهوائية قيد النظر باتجاه عكس عقارب الساعة من اتجاه هوائي المرسل (انظر الشكل 2)

$\theta_i$ : الموقع الزاوي لهوائي المرسل في المستوي الرأسي (انظر الشكل 2)

$\lambda$ : طول الموجة (m).

وفيما يتعلق بالمسافات التي قد يكون فيها أثر التوربينات الهوائية موضع البحث، لا يتم عادة الوفاء بحالة المجال البعيد في سياق تناثر الإشارة، لأن عادة ما يكون

$$(5) \quad R_{Tx-WTi} < \frac{2L^2}{\lambda}$$

حيث:

$R_{Tx-WTi}$ : مسافة هوائي الإرسال إلى التوربينة الهوائية ذات الترتيب  $i$  (m)

$L$ : طول البرج (m)

وفي هذه الحالات، يمكن تضمين آثار المجال القريب لانتشار الإشارة باعتبار طول برج المجال القريب  $L_{nf}$  (m)، بحسب المعادلة:

$$(6) \quad L_{nf} = \sqrt{\frac{\lambda R_{Tx-WTi}}{2}}$$

حيث:

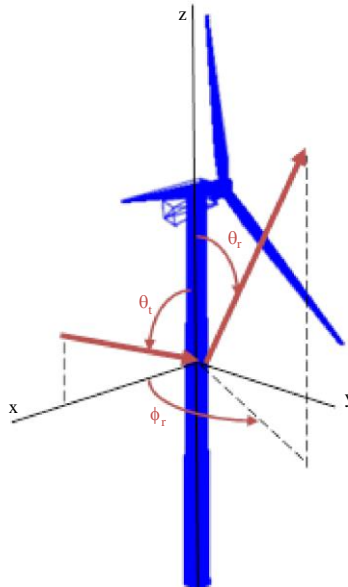
$R_{Tx-WTi}$ : مسافة هوائي الإرسال إلى التوربينة الهوائية ذات الترتيب  $i$  (m)

$\lambda$ : طول الموجة (m).

ويحسب الموقع النسبي لهوائي الإرسال والتوربينات الهوائية وهوائي الاستقبال (باستخدام نقطة نصف ارتفاع الصاري كمرجع) كدالة لزاوية الورد في المستوي الرأسي ( $\theta_i$ ) وكذلك زوايا الاستقبال في المستويين الأفقي والرأسي ( $\theta_r, \phi_r$ ). ويلاحظ أن نظام الإحداثيات قيد النظر لا يتوقف على موضع الذراع أو اتجاهه، حيث يكون مرجعه الموضع الأفقي لهوائي الإرسال ( $\phi_r = 0^\circ$ )، كما هو مبين في الشكل 3.

### الشكل 3

نظام الإحداثيات لنموذج الانتشار



وجدير بالملاحظة أن نموذج الانتشار صالح للتناثر العكسي في المدى الزاوي التالي:

$120^\circ > \phi_r > 120^\circ$ ، وهو يحدد المدى الزاوي بين المحطتين في المستوي الأفقي الذي يحدد منطقة التناثر الخلفي (أي أن التناثر الأمامي يحدث في حدود  $\pm 60^\circ$  خلف التوربينات الهوائية)

$110^\circ > \theta_r > 70^\circ$  و  $160^\circ - \theta_r > \theta_r > 200^\circ - \theta_r$ ، وهما يفرضان حداً رأسياً يرتبط بنظرية البصريات المادية، حيث يكون الخطأ في تقدير دقة المقطع العرضي للرادار (RCS) بموامش أوسع كلما ابتعد اتجاه الرصد عن اتجاه الانعكاس المرآوي.

ولا بد من الإشارة إلى أن نموذج الانتشار صالح عندما تغطي الإشارة المرسله جزء كبير على الأقل من الصاري. ولذلك، ينبغي تحليل مخطط هوائي الإرسال، وفي حالة استيفاء هذا الشرط يوصى بأن يؤخذ الكسب الأقصى لقسم مخطط الهوائي الذي يؤثر على الصاري بالنسبة للمعلمة  $G_{Tx-WTi}$ .

أما بالنسبة إلى كسب المستقبل، فينبغي أن يعتبر أن الهوائي موجه عادة نحو المرسل، وهكذا يكون الكسب  $G_{Rx-WTi}$  بصفة عامة أقل من كسب هوائي الاستقبال ما لم تقع التوربينات الهوائية على مسير بين هوائي الإرسال التلفزيوني وهوائي الاستقبال. وللإطلاع على خصائص الاتجاهية والاستقطاب للهوائيات لاستقبال البث التلفزيوني يرجى الرجوع إلى التوصية ITU-R BT.419.

ويعطى متوسط اتساع كل مسير بنسبة كلتا القوتين المعبر عنهما بوحدة dB، على النحو الوارد في المعادلة (7):

$$P_i = 10 \log \left( \frac{P_{Tx-WTi-Rx}}{P_{Tx-Rx}} \right) \quad (7)$$

وتحمل المسيرات التي تكون فيها نسب القدرة أقل من -45 dB.

### أطياف دوبلر

لتوصيف أطياف دوبلر، هنالك ثلاث حالات تمثيلية لكثافة قدرة طيفية (PSD) تجريبية من أجل توصيف الحالات المحتملة ذات التباين الزمني العالي والمتوسط والمنخفض، والتي تقابل مختلف معدلات الدوران وتوجهات محرك التوربينة.

وتتكيف أطياف دوبلر هذه مع كل موقع استقبال بحسب أقصى تردد دوبلر ثنائي المحطة  $f_{B\_max}$  (Hz) الذي يتوقف على الموقع النسبي لهوائي الإرسال والتوربينات الهوائية وهوائي الاستقبال  $\phi_r$ ، وتردد الدوران الأقصى للتوربينات الهوائية  $\omega_{max}$  (rad/s) وطول الذراع  $l$ ، وفقاً للمعادلة (8).

$$f_{B\_max} = \frac{2\omega_{max}l}{\lambda} \cos(\phi_r / 2) \quad (8)$$

وفي حالة التوربينات الهوائية، تقابل  $f_{B\_max}$  قيمة  $\phi_r = 0^\circ$  والأذرع المتناوبة داخل مستوي هوائي الإرسال - التوربينة الهوائية - هوائي الاستقبال.

ولمراعاة أحوال الرياح المختلفة التي قد تواجه في موقع استقبال معين، يوصى بتحليل جميع قيم كثافة القدرة الطيفية (PSD) الواردة في الجدول 3 للنظام قيد الدراسة. وعلى هذا النحو يمكن لمستعمل نموذج القناة تكوين لمحة عامة عن الحالات المختلفة التي يمكن أن تصادف دون الحاجة إلى تقديرات دقيقة لاتجاهات الرياح المحددة أو معدلات سرعة الرياح. وإذا أريد تقدير أسوأ حالة، عندئذ ينبغي استخدام حالة "التباين العالي" في الحسابات.

## الجدول 3

كثافات القدرة الطيفية دوبلر لنموذج القناة (بوحدة dB/Hz)،  
دالة تردد دوبلر ( $f$ )، حيث  $\delta(f)$  دالة دلتا ديراك

| تباين مرتفع   |  |
|---|--|
| $S_{high}(f) = \begin{cases} 19.7 \exp(4.5 \cdot f / f_{B\_max}) - 38.0 & -0.9 \cdot f_{B\_max} \leq f < 0 \\ \delta(f) & f = 0 \\ 21.4 \exp(-4.8 \cdot f / f_{B\_max}) - 38.1 & 0 < f \leq 0.9 \cdot f_{B\_max} \end{cases}$   |  |
| تباين متوسط   |  |
| $S_{medium}(f) = \begin{cases} 22.0 \exp(6.1 \cdot f / f_{B\_max}) - 30.4 & -0.7 \cdot f_{B\_max} \leq f < 0 \\ \delta(f) & f = 0 \\ 25.1 \exp(-8.7 \cdot f / f_{B\_max}) - 29.5 & 0 < f \leq 0.6 \cdot f_{B\_max} \end{cases}$ |  |
| تباين منخفض   |  |
| $S_{low}(f) = \begin{cases} 22.9 \exp(17.9 \cdot f / f_{B\_max}) - 24.9 & -0.3 \cdot f_{B\_max} \leq f < 0 \\ \delta(f) & f = 0 \\ 23.2 \exp(-17.6 \cdot f / f_{B\_max}) - 25.0 & 0 < f \leq 0.3 \cdot f_{B\_max} \end{cases}$  |  |

ومن المستبعد أن يكون من الضروري توسيع مساحة التحقق إلى أكثر من حوالي 15 km من موقع التوربينات الهوائية المقترحة (أو المواقع، إذا كانت هناك توربينات متعددة). ومع ذلك، إذا كانت هناك ظروف خاصة، في حالة هوائيات استقبال مثلاً محجوبة من هوائي الإرسال المطلوب ولكنها في خط البصر نسبة إلى التوربينات الهوائية، عندئذ قد يحتاج الأمر إلى توسيع المساحة المعنية.

وبعد تحديد نموذج القناة بحسب الظروف الخاصة بالحالة قيد الدراسة، فإن أكمل طريقة لتقدير الأثر على خدمة معينة هي إجراء بعض عمليات المحاكاة لأثر نموذج القناة المتغير بمرور الزمن على عتبة الاستقبال المقابلة. وهذا يعني ضمناً تحوير نموذج القناة، أي الحصول على استجابات نبضية متعاقبة للقناة تحاكي انتشار الإشارة في وجود مجمع توربينات هوائية. ويمكن الحصول على المسيرات المعقدة المتغيرة بتغير الزمن التي تقابل تناثر الإشارة من كل توربينة هوائية، وذلك بتوليد مجموعة من العمليات الغوسية البيضاء، التي يتشكل فيها الكثافة الطيفية للقدرة بواسطة مرشاح تشكيل يكون دالة نقل الاتساع فيه  $H(f) = \sqrt{S(f)}$  حيث  $S(f)$  هي طيف القدرة دوبلر.

ويجب أن يكون للمرشاح الناتج قدرة معيارية بقيمة 1، بحيث يتعين التوسع في مكاسب فرادى المسيرات بشكل ملائم لمراعاة القوى المختلفة للتفرعات وفقاً لمتوسط الاتساع المحسوب.

### الملحق 3

#### تقدير الأثر على استقبال إذاعة فيديو رقمية للأرض (DVB-T)

يمكن التعبير عن الأثر المحتمل لمجموع توريينات هوائية على نوعية الاستقبال DVB-T من خلال نسب الموجة الحاملة إلى الضوضاء ( $C/N$ ) المطلوبة لشروط شبه خالية من الأخطاء كدالة لخصائص قناة الانتشار.

وفي معظم الحالات التي جرى فيها تحليل تأثير مجمع توريينات هوائية على جودة استقبال النظام DVB-T، كانت قيم العتبة للنسبة  $C/N$  المستخرجة مماثلة للقيم المتوقعة في البيئات الخالية من مجمعات التوريينات الهوائية.

وعلى نحو أدق، قد لا تتأثر جودة الاستقبال في النظام DVB-T في منطقة التناثر الأمامي في التوريينات الهوائية، حيث يكون هوائي الإرسال وتوريينة هوائية أو أكثر وهوائي الاستقبال على نسق واحد ( $\pm 60^\circ$ )، مع أن الأمر يحتاج إلى مزيد من التحليل للبرهان على صحة هذه النقطة، ولا سيما في جوار الزاوية  $0^\circ$ .

وفي حالة منطقة التناثر الخلفي، يمكن توصيف شروط الانتشار بنموذج قناة متعددة المسيرات، كما هو مبين في المرفق 2. وفي هذه الحالات، تكون الزيادة في عتبة النسبة  $C/N$  أكثر احتمالاً عندما تكون التوريينات الهوائية قريبة من هوائيات المستقبلات أو في جوار هوائي المرسل التلفزيوني (أقل من 2 km). وفي الحالات التي تكون فيها الإشارات المتناثرة من التوريينات الهوائية كبيرة في الاتساع والتغاير، فإن قيمة العتبة للنسبة  $C/N$  اللازمة من أجل الظروف شبه الخالية من الأخطاء (QEF) تكون أعلى. وتميل قيمة عتبة النسبة  $C/N$  إلى الزيادة بتزايد الاتساع والتباين بمرور الزمن في المسيرات المتعددة نتيجة للتوريينات الهوائية.

ومن أجل توصيف القناة المتعددة المسيرات في منطقة التناثر الخلفي لربط هذه الخصائص بالانحطاط المحتمل لخدمة التلفزيون، تم تعريف معلمتين: الطاقة المتعددة المسيرات ومتوسط الانحراف المعياري. ويمكن حساب هاتين المعلمتين من البيانات المقدرة وفقاً لنموذج القناة الموصوف في الملحق 2، وعلى وجه التحديد، بالحصول على المكاسب المعقدة لكل مسير على النحو المبين أعلاه؛ أو باستعمال إشارات الانتثار التجريبية (لمزيد من التفاصيل، انظر التقرير ITU-R BT.2142).

وتعرف طاقة القناة المتعددة المسيرات،  $P_{mult}$ ، بأنها مجموع المتوسط المعايير للقدرة الواردة من كل توريينة هوائية. ويحسب متوسط القيمة لكل مسير كقيمة مركزية تمثيلية (القيمة الوسطى) للمسير لأن إشارات الانتثار تتغير بدوران الأذرع. ولذلك، تعطى الطاقة المتعددة المسيرات للاستجابة النبضية في المعادلة (9).

$$P_{mult} = \sum_{i=1}^N \text{mean}(P(\tau_i, t)) \quad (9)$$

حيث:

$i = 1$  و  $i = N$ : يدلان على المسيرين الأول والأخير فوق سوية عتبة قدرة نسبية قدرها -45 dB نسبة إلى المسير المباشر

$P(\tau_i, t)$ : القدرة الواردة المتغيرة بتغير الزمن من المسير  $i$  المعايير نسبة إلى المسير الرئيسي.

ويحسب متوسط الانحراف المعياري،  $std_{mean}$ ، (دون بعد) كمتوسط الانحرافات المعيارية للإشارات المتغيرة بتغير الزمن المتناثرة من كل توريينة هوائية في قياس معين أو محاكاة معينة. ومن ثم فهو يوفر مقياساً للتغاير الزمني للقناة. ويعطى متوسط الانحراف المعياري بالمعادلة (10).

$$std_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^N std_i}{N} \quad (10)$$

حيث:

$i = 1$  و  $i = N$ : يدلان على المسيرين الأول والأخير فوق سوية عتبة قدرة نسبية قدرها -45 dB نسبة إلى المسير المباشر

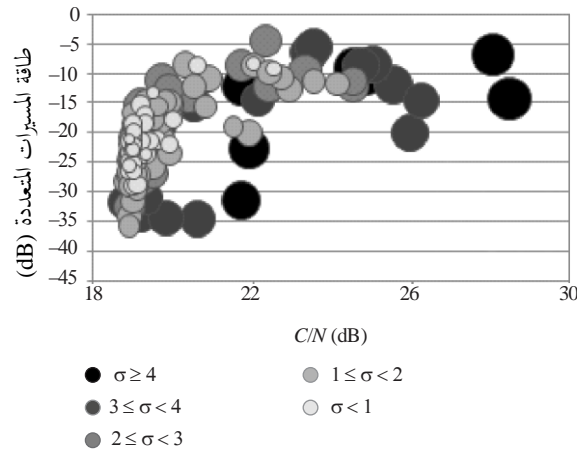
$std_i$ : الانحراف المعياري للقدرة الواردة المعايير والمتغايرة بتغير الزمن من المسير (dB).

ويعرض الشكل 4 بعض النسب العتبية التجريبية لنسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ( $C/N$ ) فيما يتعلق بالطاقة المتعددة المسيرات (بوحددة dB)، المستخرجة من القياسات في مجال أثر مجمع التوربينات الهوائية. وقد أجريت هذه الملاحظات على أساس تشكيلة DVB-T التالية: تشكيل 8k، 64-QAM والمعدل الأمامي للأخطاء (FEC) بنسبة 2/3.

ويتحدد حجم الفقاعات بقيم متوسط الانحراف المعياري. ويتم تصوير الفقاعات أيضاً من الرمادي الفاتح إلى الأسود كدالة لمتوسط الانحراف المعياري، وذلك رغبة في تمثيل أوضح.

#### الشكل 4

منطقة التناثر الخلفي نسب  $C/N$  المطلوبة  
كدالة لخصائص القناة المتعددة المسيرات



BT.1893-04

وكنتيحة هامة، تتميز جميع القياسات ذات مستويات طاقة المسيرات المتعددة فوق -15 dB بعتبات  $C/N$  أعلى من 19,3 dB (العتبة النظرية لقناة رئيسية)، حتى في الحالات التي تكون فيها الأذرع ساكنة وبالتالي يكون فيها متوسط الانحراف المعياري منخفضاً. وبصفة عامة، تتسم القياسات ذات مستويات طاقة المسيرات المتعددة التي تقل عن -15 dB بمعدلات  $C/N$  عتبية أعلى لقيم الانحراف المعياري المتوسط الأعلى. ويلخص الجدول 4 الحدود القصوى للزيادات التدريجية في نسب العتبة  $C/N$  فيما يتعلق بعتبة  $C/N$  الرئيسية كدالة لطاقة المسيرات المتعددة.

#### الجدول 4

الزيادة التدريجية القصوى في عتبات  $C/N$  فوق العتبة النظرية الرئيسية

| الزيادة القصوى (dB) من أجل النسبة $C/N$ في قناة رئيسية | الطاقة المتعددة المسيرات $P_{mult}$ (dB) |
|--|--|
| 9,1  | $P_{mult} \geq -15$                      |
| 6,6  | $-15 > P_{mult} \geq -25$                |
| 2,4  | $-25 > P_{mult} \geq -35$                |
| 0  | $P_{mult} < -35$                         |

وختاماً، قد يتسبب تعدد المسيرات المتغيرة بمرور الزمن بحكم التوريبينات الهوائية في مشاكل استقبال DVB-T في الحالات المذكورة أعلاه، ولا سيما في حالة الاستقبال في غير خط البصر إلى المرسل ولكن في خط البصر إلى مجمع توريبينات هوائية. ويمكن استخدام هذه النتائج كمبدأ توجيهي من أجل تقدير الانحطاط المحتمل الناجم عن مجمع توريبينات هوائية على خدمة DVB-T.

ولا بد من الإشارة إلى أن طاقة المسيرات المتعددة ومتوسط الانحراف المعياري يصفان القناة المتعددة المسيرات بوجود مجمع توريبينات هوائية بشكل مستقل عن المعيار التلفزيوني. وعلى هذا النحو، يمكن استعمال هذه المعلومات لربط خصائص قناة الانتشار بالأثر على أي خدمة DTV مقدمة في نطاق الموجات الديسيمترية (UHF) إذا أجريت دراسة مماثلة لتلك التي أجريت لخدمة DVB-T. ويتضمن التقرير ITU-R BT.2142-2 (المرفق 4) شرحاً وافياً بشأن هذه المسألة.