التوصيـــة ITU-R P.1240-1

طرائق قطاع الاتصالات الراديوية للتنبؤ بأقصى تردد مرجعي قابل للاستعمال وأقصى تردد تشغيلي قابل للاستعمال ومسير الأشعة*

(المسألة ITU-R 212/3)

(2007-1997)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية طرائق للتنبؤ بأقصى الترددات القابلة للاستعمال من أجل الطبقات الأيونوسفيرية

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن هناك حاجة إلى معطيات أيونوسفيرية مرجعية على الأمد الطويل وطرائق للتنبؤ بالانتشار لتصميم دارات اتصالات راديوية بالموجات الديكامترية (HF) وتخطيط الخدمات واختيار نطاقات الترددات؛

ب) أن التوصية ITU-R P.1239 تعطي الخرائط الرقمية الأيونوسفيرية،

توصـــي

1 بأن تُستعمل العناصر المضمنة في الملحق 1 (انظر التوصية ITU-R P.373 للاطلاع على التعاريف) للتنبؤ بالتردد MUF المرجعي وللتشغيل؛

2 بأن تُستعمل العناصر المضمنة في الملحق 2 للتنبؤ بمسير الأشعة.

الملحق 1

التنبؤ بالتردد MUF المرجعي وللتشغيل

1 المقدمة

يقدم هذا الملحق صيغاً تجريبية لتقدير القيم المتوسطة الشهرية للتردد MUF المرجعي لمسير الانتشار.

يُقدر هذا التردد MUF على أنه أكبر قيم التردد MUF المرجعي لأساليب الانتشار المناسبة لطول المسير المعني.

تُعطى العلاقة بين التردد MUF المرجعي والتردد MUF للتشغيل ويوصف برنامج الحاسوب، مما يؤدي إلى تقديرات لمسير التردد MUF المرجعي والتردد MUF للتشغيل وتردد العمل الأمثل على مسير انتشار من نقطة إلى نقطة من أي طول.

* برامج الحاسوب المصاحبة لإجراءات التنبؤ والمعطيات الموصوفة في هذه التوصية متيسرة على الموقع الإلكتروني لقطاع الاتصالات الراديوية على الويب المتعلق بلجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية.

2 اعتبارات بشأن الأساليب

تتمثل الأساليب المعتبرة في:

1F2	0 إلى d_{max}
أساليب F2 من الرتبة العليا	ما فوق d_{max}
1F1	3 400-2 000 km
1E	2 000-0 km
2E	4 000-2 000 km

حيث المدى الأقصى على الأرض d_{max} (km) لقفزة واحدة بالأسلوب F2 يُعطى بواسطة:

$$d_{max}=4780+(12610+2140/x^2-49720/x^4-688900/x^6)(1/B-0{,}303)$$

مع:

$$B=M(3000)F2-0{,}124+\left[[M(3000)F2]^2-4\right]\left[0{,}0215+0{,}005\sin\left(\frac{7{,}854}{x}-1{,}9635\right)\right]$$

و x = foF2/foE، أو 2، أيهما أكبر.

تُستعمل قيم الخصائص الأيونوسفيرية عند نقطة وسط مسير الدائرة العظمى.

3 التنبؤ بالتردد MUF المرجعي للطبقة F2

1.3 المسافة على الأرض D حتى d_{max}

يُعطى التردد MUF المرجعي للطبقة F2 بواسطة:

$$F2(D)MUF=\left[1+\left(\frac{C_D}{C_{3000}}\right)(B-1)\right].foF2+\frac{f_H}{2}\left(1-\frac{D}{d_{max}}\right)$$

حيث:

f_H: التردد السيكلوتروني المناسب (انظر التوصية ITU-R P.1239)

و:

$$C_D=0{,}74-0{,}591Z-0{,}424Z^2-0{,}090Z^3+0{,}088Z^4+0{,}181Z^5+0{,}096Z^6$$

مع $(Z = 1 - 2D/d_{max})$

C_{3000}: قيمة C_D من أجل D = 3 000 km، حيث D هي مسافة الدائرة العظمى (km).

تنطبق المعادلات السابقة على التردد MUF المرجعي عند مسافة صفر للموجات التي تنتشر وفقاً للأسلوب x، عند d_{max} أو ما فوقها للموجات التي تنتشر وفقاً o-wave وعند مسافات متوسطة لبعض الموجات المركبة. بالنسبة لكل المسافات، يمكن الحصول على التردد MUF المرجعي المقابل للموجات التي تنتشر حسب o-wave بحذف الحد الأخير في f_H من المعادلة الأولى.

2.3 المسافة على الأرض D الأكبر من d_{max}

تُحدد قيم F2(d_{max})MUF لمواقع النقطتين التوجيهيتين عند $d_0/2$ من كل طرف في مسير توصيل الدائرة العظمى التي تربطهما؛ d_0 هو طول قفزة الأسلوب F2 الأدنى. والتردد MUF للمسير هو أدنى القيمتين.

4 التنبؤ بالتردد MUF المرجعي للطبقة F1

يكتسي الانتشار الأيونوسفيري عبر الطبقة F1 أهمية لمسافات الإرسال في مدى 000 2-400 3 km عند الارتفاعات المتوسطة والعالية خلال أشهر الصيف. فيما يخص مسافات الإرسال هذه، يُؤخذ التردد MUF المرجعي للطبقة F1 على أنه ناتج القيمة foF1 عند نقطة وسط المسير (انظر التوصية ITU-R P.1239) والعامل M_{F1}. تم اشتقاق هذا العامل M من حسابات رسم الأشعة على الكثافة الإلكترونية بدلالة المظاهر الجانبية للارتفاع المحصل عليها انطلاقاً من المقاييس الأيونوسفيرية النموذجية للزوال المسجلة عند الارتفاعات المتوسطة والعالية. يُفترض أن هذه العوامل تنطبق على كل قيم المسافة السمتية للشمس. ويمكن استخلاص العامل M من العبارات الرقمية التالية:

$$M_{F1} = J_0 - 0.01\,(J_0 - J_{100})\,R_{12}$$

حيث:

$$J_0 = 0{,}16 + 2{,}6410^{-3} D - 0{,}40 \times 10^{-6} D^2$$

$$J_{100} = -0{,}52 + 2{,}69 \times 10^{-3} D - 0{,}39 \times 10^{-6} D^2$$

حيث D هي مسافة الدائرة العظمى (km) المنحصرة بين 000 2 و400 3 km.

5 التنبؤ بالتردد MUF المرجعي للطبقة E

1.5 المسافة على الأرض حتى 000 2 km

إن الانتشار الأيونوسفيري عبر انعكاس بسيط على الطبقة E مهم للمسافات الأصغر من 000 2 km. يمكن اعتبار التردد MUF المرجعي للطبقة E لأسلوب انتشار معين كناتج لقيمة foE عند نقطة وسط المسير (انظر التوصية ITU-R P.1239) والعامل M، M_E. يتم استنتاج هذا العامل M من حسابات مسير الشعاع لأسلوب مكافئي للطبقة E مع hmE= 110 km وymE = 20 km، وإهمال آثار المجال المغنطيسي الأرضي. وهو يُعطى بواسطة:

$$M_E = 3{,}94 + 2{,}80\,x \quad 1{,}70\,x^2 \quad 0{,}60\,x^3 + 0{,}96\,x^4$$

حيث:

$$x = \frac{D - 1150}{1150}$$

وD تمثل مسافة الإرسال (km).

2.5 المسافة على الأرض المنحصرة بين 000 2 و000 4 km

بالنسبة لمسافات تتراوح بين 000 2 و000 4 km، يُؤخذ التردد 2E MUF على أنه يساوي E(2000)MUF معبراً عنه بدلالة foE وسط المسير.

6 التنبؤ بالتردد MUF للتشغيل

لأغراض التنبؤ، فإن التردد MUF للتشغيل (انظر التوصية ITU-R P.373)، عندما يُحدد بواسطة أسلوب F2، يُعبَّر عنه بدلالة التردد MUF المرجعي لفصول وساعات وقدرات مشعة للإرسال مختلفة كما هو مبين في الجدول 1. ويمكن استعمال هذه النسب في حال عدم وجود تجربة خاصة متعلقة بالدارة التي تخضع للدراسة. وعندما يُحدد التردد MUF للتشغيل بواسطة أسلوب E أو أسلوب F1، فإنه يُعتبَر مساوياً للتردد MUF المرجعي المقابل.

الجدول 1

نسبة التردد MUF للتشغيل المتوسط إلى التردد MUF المرجعي المتوسط لأسلوب F2، R_{op}

القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW)	الصيف		الاعتدال الربيعي		الشتاء	
	الليل	النهار	الليل	النهار	الليل	النهار
≤ 30	1,20	1,10	1,25	1,15	1,30	1,20
> 30	1,25	1,15	1,30	1,20	1,35	1,25

7 التنبؤ بتردد العمل الأمثل (OWF)

يتم تقييم التردد الأمثل لتشغيل الحركة (OWF) (انظر التوصية ITU-R P.373) بدلالة التردد MUF للتشغيل بتطبيق عامل التحويل F_l يساوي 0,95 إذا كان التردد MUF المرجعي للمسير محدداً بواسطة أسلوب E أو F1، وكما يبين ذلك الجدول 2 في التوصية ITU-R P.1239 إذا كان التردد MUF المرجعي للمسير محدداً بواسطة أسلوب F2.

8 التنبؤ بالتردد الأعلى المحتمل (HPF)

يتم تقييم التردد الأعلى المحتمل (HPF) (انظر التوصية ITU-R P.373) بدلالة التردد MUF للتشغيل بتطبيق عامل التحويل F1 يساوي 1,05 إذا كان التردد MUF المرجعي للمسير محدداً بواسطة أسلوب E أو F1، وكما يبين ذلك الجدول 2 في التوصية ITU-R P.1239 إذا كان التردد MUF المرجعي للمسير محدداً بواسطة أسلوب F2.

9 برنامج الحاسوب

تُنفذ الإجراءات الموصوفة في هذا الملحق في برنامج الحاسوب MUFFY، الذي يتنبأ بالتردد MUF المرجعي والتردد MUF للتشغيل والتردد الأمثل لتشغيل الحركة بدلالة ساعة اليوم، لمسير انتشار معين، والشهر وعدد الكلف الشمسي.

الملحق 2

التنبؤ بمسير الأشعة

لتقدير مبسط لمسيرات الأشعة المائلة، يمكن تقدير أن الانعكاس يحدث على مرآة مستوٍ مكافئة تقع على ارتفاع h_r.

فيما يلي:

$$x = \text{forF2} / \text{foE}$$

و

$$H = \frac{1490}{M(3000)F2 + \Delta M} - 316$$

مع :

$$\Delta M = \frac{0,18}{y - 1,4} + \frac{0,096(R_{12} - 25)}{150}$$

و: $y = x$ أو 1,8، أيهما أكبر.

أ) فيما يخص ($x > 3,33$) و ($x_r = f/\text{foF2} \geq 1$)، حيث f هي تردد الموجة

$h = h_r$ أو 800 km، أيهما أصغر

حيث: $h = B_1\, 2{,}4^{-a} + A_1$ من أجل B_1 و $a \geq 0$

وإلا $B_1 + A_1 =$

مع:

$$A_1 = 140 + (H - 47)\, E_1$$

$$B_1 = 150 + (H - 17)\, F_1 - A_1$$

$$E_1 = -\,0{,}09707\, x_r^3 + 0{,}6870\, x_r^2 - 0{,}7506\, x_r + 0{,}6$$

F_1 تكون بحيث:

$$F_1 = -\,1{,}862\, x_r^4 + 12{,}95\, x_r^3 - 32{,}03\, x_r^2 + 33{,}50\, x_r - 10{,}91 \quad \text{من أجل } x_r \leq 1{,}71$$

$$F_1 = 1{,}21 + 0{,}2\, x_r \quad \text{من أجل } x_r > 1{,}71$$

و: a تتغير حسب المسافة d ومسافة القفزة d_s على النحو التالي:

$$a = (d - d_s)/(H + 140)$$

حيث:

$$d_s = 160 + (H + 43)\, G$$

$$G = -\,2{,}102\, x_r^4 + 19{,}50\, x_r^3 - 63{,}15\, x_r^2 + 90{,}47\, x_r - 44{,}73 \quad \text{من أجل } x_r \leq 3{,}7$$

$$G = 19{,}25 \quad \text{من أجل } x_r > 3{,}7$$

ب) فيما يخص $x > 3{,}33$ و $x_r < 1$

$h = h_r$ أو 800 km، أيهما أصغر

حيث: $h = B_2 b + A_2$ من أجل $B_2 \geq 0$

وإلا $B_2 + A_2 =$

مع

$$A_2 = 151 + (H - 47)\, E_2$$

$$B_2 = 141 + (H - 24)\, F_2 - A_2$$

$$E_2 = 0{,}1906\, Z^2 + 0{,}00583\, Z + 0{,}1936$$

$$F_2 = 0{,}645\, Z^2 + 0{,}883\, Z + 0{,}162$$

حيث: $Z = x_r$ أو 0,1، أيهما أكبر وb تتغير حسب المسافة المقيسة d_f وZ وH على النحو التالي:

$$b = -\,7{,}535\, d_f^4 + 15{,}75\, d_f^3 - 8{,}834\, d_f^2 - 0{,}378\, d_f + 1$$

حيث: $d_f = \dfrac{0{,}115 d}{Z(H + 140)}$ أو 0,65، أيهما أصغر

ج) فيما يخص $x \leq 3{,}33$

$h_r = (115 + H\, J + U\, d)$ أو 800 km، أيهما أصغر

مع: $J = -0{,}7126\, y^3 + 5{,}863\, y^2 - 16{,}13\, y + 16{,}07$

و: $U = 8 \times 10^{-5}\, (H - 80)\, (1 + 11\, y^{-2{,}2}) + 1{,}2 \times 10^{-3}\, H\, y^{-3{,}6}$