

التوصية ITU-R P.371-9

(2023/08)

السلسلة P: انتشار الموجات الراديوية

اختيار المؤشرات للتنبؤات الأيونوسفيرية

طويلة الأجل

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 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)

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.

سلسلة 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 P.371-9

اختيار المؤشرات للتنبؤات الأيونوسفيرية طويلة الأجل

(1963-1970-1974-1978-1982-1986-1990-1995-1999-2023)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية سلسلة من العلاقات لحساب المؤشرات الأيونوسفيرية طويلة الأجل المستعملة للتنبؤ بالخصائص الأيونوسفيرية.

مصطلحات أساسية

الخصائص الأيونوسفيرية، تدفق الضوضاء الراديوية الشمسية، عدد البقع الشمسية، M(3000)F2

المختصرات/مسرد المصطلحات

MUF أقصى تردد قابل للاستعمال (Maximum usable frequency)

R_{12} متوسط عدد البقع الشمسية على مدى 12 شهراً (12-month running mean sunspot number)

Φ تدفق الضوضاء الراديوية الشمسية بطول موجة يقارب 10 cm (Solar radio noise flux at about 10 cm wavelength)

Φ_{12} القيمة المتوسطة للضوضاء الراديوية الشمسية البالغة 2 800 MHz على مدى 12 شهراً
(12-month running mean value of Φ , the 2 800 MHz solar radio noise flux (i.e.))

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

توصي

1 باعتماد القيمة المتوسطة على مدى اثني عشر شهراً للأعداد الشهرية للبقع الشمسية، R_{12} ، أو بدلاً من ذلك، القيمة المتوسطة على مدى اثني عشر شهراً للدالة Φ ، تدفق الضوضاء الراديوية الشمسية 2 800 MHz (أي Φ_{12})، بوصفها المؤشر المفضل استخدامه للتنبؤ بالقيم الوسطية الشهرية لكل من foF2 و M(3000)F2 على جميع المقاييس الزمنية: وينبغي أن يتسنى الحصول على نتائج متساوية إلى حد كبير، أما استُخدم من هذين المؤشرين؛

2 بأن تُعتمد القيمة Φ_{12} كالمؤشر المفضل استخدامه للتنبؤ بالقيم الوسطية لكل من foE و foF1 على جميع المقاييس الزمنية؛

3 بأن تحدد القيم المتوقعة لهذين المؤشرين بواسطة إجراء ماكنيش-لينكون المعدل (انظر الملحق 1) باستعمال أحدث قيم المؤشر الشهرية المتيسرة المقيسة للدورة الشمسية الحالية ومتوسط قيم الدورة السابقة للدورات المقبلة؛

4 بإمكانية اعتماد نفس المؤشر لجميع الخصائص الأيونوسفيرية، عندما تتطلب التنبؤات بالانتشار استعمالاً متزامناً لقيم خصائص أيونوسفيرية مختلفة، دون خسارة تذكر في الدقة؛

5 بتوخي الحذر عند استعمال المؤشرات الموصى بها عند خطوط العرض المغنطيسية العالية، حيث يمكن أن لا تكون التنبؤات الأيونوسفيرية الناتجة دقيقة بما فيه الكفاية؛

6 بتوخي الحذر في استعمال مؤشرات R_{12} للتنبؤات الأيونوسفيرية طويلة الأجل فيما يتعلق بعامل المرصد.

الملحق 1

1 مقدمة

يعتمد مفهوم المؤشرات للتنبؤات الأيونوسفيرية طويلة الأجل على افتراض أن الخصائص المهمة للأيونوسفير، مثل الترددات الحرجة لمختلف الطبقات وعامل أقصى تردد قابل للاستعمال $M(3000)F2$ ، ويعول بطريقة منهجية على بعض الكميات القابلة للقياس المعنية بالإشعاع الشمسي. ولكن تجدر الإشارة إلى أن التلازم بين هذه المؤشرات والخصائص الأيونوسفيرية الفعلية لا ينطوي بالضرورة على علاقة سببية، بل يشير إلى الظواهر المصاحبة. وتحتوي تغييرات النشاط الشمسي عموماً على ثلاثة مكونات:

- مكون منتظم إلى حد ما بدور مدته إحدى عشرة سنة تقريباً، وهو ما يمثل دورة النشاط الشمسي المعروفة؛
- مكون يشبه دور مدته سنة تقريباً أو أقل بقليل؛
- تقلبات عشوائية بأدوار تقل عن شهر.

2 أعداد البقع الشمسية

ويمكن تحديد النشاط الشمسي كميّاً بحساب عدد البقع التي تظهر على سطح الشمس. ويُستخدم مؤشر يسمى "العدد النسبي للبقع الشمسية" (أو "رقم Wolf" أو "رقم زيوريخ") لتحديد عدد البقع الشمسية ومجموعات البقع الشمسية على سطح الشمس. وقبل عام 2015، كان التعريف المعياري لعدد البقع الشمسية النسبي، R ، لكل مراقب فردي كما يلي:

$$(1) \quad R = k(10N_g + N_s)$$

حيث N_g هو عدد مجموعات البقع الشمسية، و N_s هو عدد البقع الفردية داخل تلك المجموعات، و k عامل تقييس معرّف على أنه 0,6 قبل عام 2015. ويسمى هذا التعريف لعدد البقع الشمسية مع $k = 0,6$ الصيغة 1 (v1).

وفي عام 2015، أُسندت قيمة 1 لعامل k ، فعُرّفت الصيغة 2 (v2) لعدد البقع الشمسية. وحيث إن الخرائط العددية التي تحدد التغيرات اليومية والجغرافية للمتوسط الشهري لمؤشري $foF2$ و $M(3000)F2$ تستند إلى علاقة خطية عدد البقع الشمسية النسبي مع $k = 0,6$ الصيغة 1 (v1)، يوصى بإسناد القيمة 0,6 لعامل k في تعريف عدد البقع الشمسية عند استعمال هذه الخرائط.

ولاستعمال قواعد البيانات الجديدة (كما في عام 2015) R_{12} ، ينبغي للمستعملين تطبيق التصحيح التالي:

$$(2) \quad R_{v1} = R_{v2} \times 0.6$$

علماً بأن مركز البيانات العالمي قد أعاد حساب جميع القيم التاريخية لعدد البقع الشمسية بحيث يتطابق مع الصيغة 2. وهذا هو الخيار المبدئي.

وبالنسبة لدراسات المكون الرئيسي للدورة الشمسية، يُستعمل متوسط عدد البقع الشمسية على مدى 12 شهراً، R_{12} ، لأن التبسيط الناتج يقلل كثيراً من المكونات المعقدة سريعة التغير، ولكنه لا يجلب المكون المتغير ببطء.

وتعريف R_{12} هو:

$$(3) \quad R_{12} = \frac{1}{12} \left[\sum_{n-5}^{n+5} R_i + \frac{1}{2} (R_{n+6} + R_{n-6}) \right]$$

حيث R_i هو متوسط أعداد البقع الشمسية اليومية لشهر واحد i ، و R_{12} هو المؤشر المبسط للشهر الممثل بما يلي $i = n$.

والعيان الرئيسيان في استعمال المؤشر R_{12} هما:

- أن يكون مركز أحدث قيمة متاحة بالضرورة قبل ستة أشهر على الأقل من الوقت الحالي؛
- تعذر استعماله للتنبؤ بالتغير الأقصر أجلاً في النشاط الشمسي.

ومع ذلك، يبدو أن المؤشر R_{12} هو المعلمة الأكثر فائدة للدراسات والتنبؤات طويلة الأجل المتعلقة بالطبقة F2. وما لم يحدّد خلاف ذلك، يجب استعمال المؤشر R_{12} في صيغته 1 (أي R_{12} المحسوب من R مع $k = 0,6$).

3 المؤشر Φ

قامت مختبرات كندية ويابانية ومختبرات أخرى بإجراء سلسلة متسقة وطويلة بدرجة معقولة من رصدات تدفق الضوضاء الراديوية الشمسية بطول موجة يبلغ 10 cm تقريباً. وينبغي اعتبار المتوسط الشهري، Φ ، للقيم اليومية من كندا، المعبر عنها بوحدات $10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ ، بمثابة بيانات مرجعية لهذا المؤشر. ويتلائم المؤشر Φ تلازماً وثيقاً بالتردد الحرج للطبقة E أكثر من ارتباطه بقيم تدفق الضوضاء بأطوال موجات أخرى. وبما أن رصدات التدفق الشمسي لا تتوفر إلا اعتباراً من عام 1947، تبقى أعداد البقع الشمسية واحدة من أطول سلاسل الرصدات لظاهرة طبيعية. ولذلك، يشجّع على مواصلة جمع وتسجيل رصدات البقع الشمسية.

4 مؤشرات أخرى

على مدى السنوات الماضية، نُظر في عدد كبير من المؤشرات المختلفة سعياً لتمثيل التغيرات الطويلة الأجل لمختلف الخصائص الأيونوسفيرية، ولكن من بين هذه المؤشرات يوصي قطاع الاتصالات الراديوية بمؤشري R_{12} و Φ_{12} للتنبؤات الأيونوسفيرية.

5 التلازم بين مؤشري Φ_{12} و R_{12}

والعلاقة الموصى بها بين مؤشري R_{12} و Φ_{12} ، المبيّنة أيضاً في الشكل 1، هي:

$$(4) \quad \Phi_{12} = 63.7 + 0.728 R_{12} + 8.9 \times 10^{-4} R_{12}^2$$

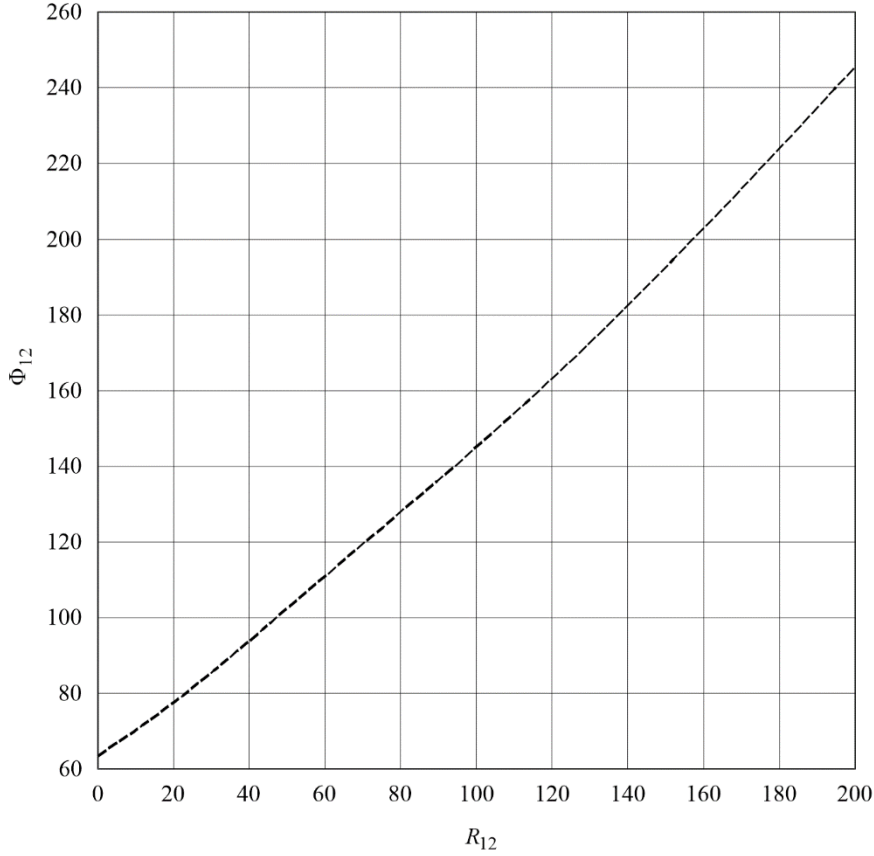
6 مؤشرات التنبؤ

لا يوجد حتى الآن أسلوب يتيح التنبؤ بدقة بمؤشرات دورة البقع الشمسية التالية، أو بصورة أعم بمؤشرات دورة لم تبدأ بعد. ولم تثبت فائدة المؤشرات المحسوبة باستخدام تحليل التوافقيات، أو باستخدام القوانين التجريبية والإحصائية المطبقة على الرصدات خلال بعض الدورات السابقة وحتى الأخيرة، في التنبؤ بالمؤشرات لدورة جديدة. وبعد رصد الحد الأدنى من البقع الشمسية، يمكن استكمال التطور المستقبلي للدورة خارجياً إلى حد ما، على الرغم من تطرف الانحرافات المرصودة نوعاً ما.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية، يجري التنبؤ بمؤشر R_{12} باستخدام تحسين أسلوب ماكنيش-لينكون الموضوعي. فُتحسب أولاً دورة متوسطة من جميع قيم R_{12} السابقة بدءاً من الحد الأدنى من البقع الشمسية لكل دورة ولأحد عشر عاماً مستمرة بعد ذلك. وللتنبؤ بقيمة ما في الدورة الحالية، يكون التقريب الأول هو قيمة الدورة المتوسطة في الوقت المذكور بعد الحد الأدنى. ويحسّن هذا التقدير بإضافة تصحيح يتناسب مع ابتعاد آخر قيمة رصدت للدورة الحالية عن الدورة المتوسطة. وبالبرامج الحاسوبية الحالية، يمكن إجراء تنبؤ جديد لكل شهر من الفترة المتبقية من الدورة بمجرد توفر قيمة جديدة مرصودة. ويكون عدم اليقين الإحصائي في التنبؤ ضعيفاً إلى حد ما في الأشهر القليلة الأولى بعد آخر قيمة رصدت، ولكنه يصبح كبيراً بالنسبة إلى التنبؤات قبل 12 شهراً أو أكثر. وبمجرد تحديد الحد الأدنى، يمكن حساب عوامل التصحيح الجديدة بإدراج القيم المرصودة للدورة السابقة، لتطبيقها على الدورة الجديدة.

الشكل 1

العلاقة بين مؤشري R_{12} و Φ_{12}



P.0371-01

وكذلك، ينفذ مركز بيانات مؤشر البقع الشمسية (SIDC) في بروكسل تنبؤات مؤشر R_{12} لسنة واحدة مقبلة. ويرد في الشكل 2 مثال على تنبؤاته للدورة الشمسية 22، وتمكن مقارنتها بالقيم المبسطة المرصودة.

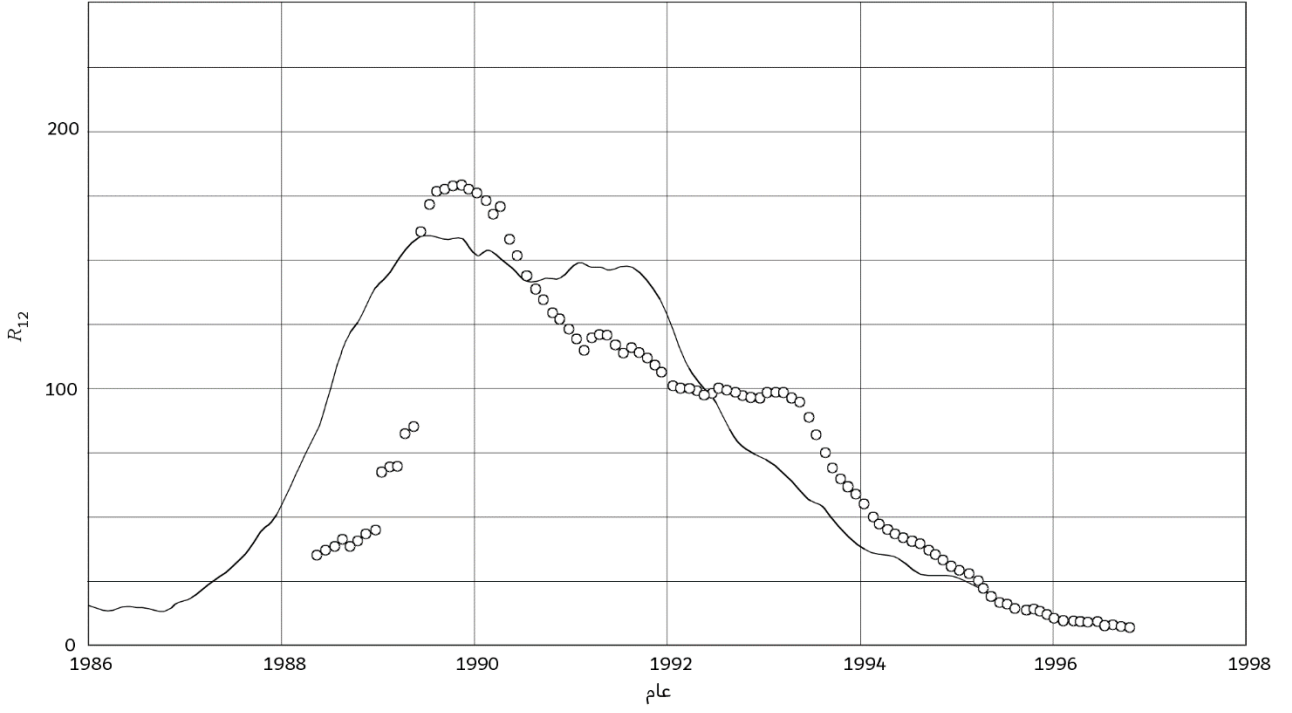
وينفذ مكتب الاتصالات الراديوية بتنبؤات المؤشر Φ_{12} استناداً إلى طريقة ماكنيش-لينكون.

وينشر مكتب الاتصالات الراديوية القيم المقيسة والمتوقعة لمؤشري R و Φ وقيمهما المتوسطة الجارية على مدى 12 شهراً (R_{12} و Φ_{12}) في النشرة الشهرية للمؤشرات الأساسية للانتشار الأيونوسفيري (وتُنشر أيضاً في الموقع الإلكتروني للاتحاد).

ويُتيح مركز بيانات مؤشر البقع الشمسية (SIDC) أيضاً، عن طريق البريد الإلكتروني، قيم المؤشر R المقيسة والمتوقعة، مع النفاذ من خلال إجراء مغفل الهوية لبروتوكول نقل الملفات.

الشكل 2

مثال أعداد البقع الشمسية المتوقعة والمرصودة، R_{12} (الدورة 22)



———— المرصودة المبسطة
 ○○○○○○○○ المتوقعة المبسطة قبل سنة واحدة