الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.837-7

(2017/06)

خصائص تهاطل الأمطار بالنسبة لنمذجة الانتشار

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 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 الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات 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)

السلسلة	العنوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	**انتشار الموجات الراديوية**
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2018

© ITU 2018
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.837-7

خصائص تهاطل الأمطار بالنسبة لنمذجة الانتشار

(المسألة ITU-R 201/3)

(2017-2012-2007-2003-2001-1999-1994-1992)

مجال التطبيق

تلزم إحصاءات بشأن معدلات هطول الأمطار ذات زمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة من أجل التنبؤ بالتوهين الذي تسببه الأمطار في الوصلات للأرض (التوصية ITU-R P.530 مثلاً) وفي الوصلات أرض–فضاء (التوصية ITU-R P.618 مثلاً).

وفي حالة عدم توافر بيانات محلية موثوقة طويلة الأجل بشأن معدلات هطول الأمطار، يقدم الملحق 1 بهذه التوصية طريقة للتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار من أجل التنبؤ بإحصاءاتها بزمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة. وتستند طريقة التنبؤ هذه إلى ما يلي: أ) مجموع البيانات المتعلقة بهطول الأمطار المتولدة شهرياً من قاعدة بيانات المركز العالمي لعلم المناخ المتعلق بتهاطل الأمطار GPCC Climatology (V 2015) فوق اليابسة، ومن قاعدة بيانات إعادة التحليل ERA Interim التابعة للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (ECMWF) فوق الماء، وب) البيانات المتعلقة بالمتوسط الشهري لدرجة الحرارة على السطح والواردة في التوصية ITU-R P.1510.

وفي حالة توافر بيانات محلية موثوقة طويلة الأجل بشأن معدلات هطول الأمطار بأزمنة تكامل أطول من دقيقة واحدة، يقدم الملحق 2 بهذه التوصية طريقة لتحويل إحصاءات معدلات هطول الأمطار ذات أزمة التكامل التي تتجاوز دقيقة واحدة إلى إحصاءات ذات أزمنة تكامل تبلغ دقيقة واحدة.

مصطلحات أساسية

معدل هطول الأمطار، إحصاءات سنوية، طريقة تحويل، المركز العالمي لعلم المناخ المتعلق بتهاطل الأمطار (GPCC)، قاعدة بيانات إعادة التحليل ERA Interim.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن المعلومات عن الإحصاءات السنوية الخاصة بمعلمات تهاطل الأمطار لازمة للتنبؤ بالتوهين والانتشار اللذين يسببهما تهاطل الأمطار؛

ب) أن المعلومات لازمة لجميع الأماكن على سطح الأرض ولطائفة واسعة من الاحتمالات؛

ج) أن إحصاءات معدل هطول الأمطار في زمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة لازمة للتنبؤ بالتوهين والانتشار بسبب المطر في الوصلات للأرض والوصلات الساتلية؛

د) أن القياسات طويلة الأجل لمعدل هطول الأمطار يمكن أن تتيسر من مصادر محلية ذات زمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة وأيضاً بأزمنة تكامل تتجاوز دقيقة واحدة؛

هـ) أن استعمال نموذج لتحويل القياسات المحلية لمعدل هطول الأمطار ذات أزمنة تكامل تصل إلى ساعة واحدة إلى زمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة قد يوفر دقة أعلى من الملحق 1 بهذه التوصية،

توصي

1 بأن تُستخدم القياسات المحلية طويلة الأجل للمعدل السنوي لهطول الأمطار بزمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة، إذا تيسرت هذه القياسات؛

2 بأن يتم تجميع القياسات المحلية، في حال استعمالها، خلال فترة زمنية طويلة بما يكفي (تزيد عن عشر سنوات عادةً) لضمان استقرار الإحصاءات؛

3 بأن تُستخدم القياسات طويلة الأجل للمعدل السنوي لهطول الأمطار بأزمنة تكامل تتجاوز دقيقة واحدة، إذا تيسرت هذه القياسات، وأن تُستخدم طريقة التحويل الواردة في الملحق 2 لتحويل هذه القياسات إلى معدل سنوي لهطول الأمطار بزمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة؛

4 بأن تُستخدم، في حالة عدم توافر بيانات محلية موثوقة، لمعدل هطول الأمطار طريقة التنبؤ خطوة بخطوة الواردة في الملحق 1 للحصول على معدل هطول الأمطار، R_p، المتجاوَز بالنسبة إلى احتمال التجاوز السنوي المطلوب، p، لأيّ موقع على سطح الأرض وبزمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة.

الملحق 1

طريقة تنبؤ لاشتقاق معدل هطول الأمطار المتجاوز بالنسبة إلى متوسط معين لاحتمال التجاوز السنوي وفي موقع معين

تحسب طريقة التنبؤ هذه معدل هطول الأمطار المتجاوز بالنسبة إلى متوسط احتمال تجاوز سنوي مطلوب وفي موقع معين على سطح الأرض باستخدام الخرائط الرقمية لإجمالي هطول الأمطار شهرياً وللمتوسط الشهري لدرجة الحرارة على السطح. واشتُقت خرائط المتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار من البيانات المستمدة خلال 50 عاماً (1951-2000) من قاعدة بيانات المركز العالمي لعلم المناخ المتعلق بتهاطل الأمطار GPCC Climatology (V 2015) فوق اليابسة ومن البيانات المستمدة خلال 36 عاماً (1979-2014) من قاعدة بيانات إعادة التحليل ERA Interim التابعة للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (ECMWF) فوق الماء.

وتشكل بيانات المتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار، MT_{ii} (mm) حيث $ii = \{01، 02، 03، 04، 05، 06، 07، 08، 09، 10، 11، 12\}$، جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية وهي متاحة في شكل خرائط رقمية. وتمتد شبكة نقاط خطوط العرض من –90,125° شمالاً إلى +90,125° شمالاً بخطوات تبلغ 0,25°، بينما تمتد شبكة نقاط خطوط الطول من –180,125° شرقاً إلى +180,125° شرقاً بخطوات تبلغ 0,25°.

وتشكل أيضاً بيانات المعدل السنوي لهطول الأمطار المتجاوَز بنسبة 0,01% لسنة متوسطة، $R_{0,01}$ (mm/hr)، جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية وهي متاحة في شكل خرائط رقمية. وتمتد شبكة نقاط خطوط العرض من –90° شمالاً إلى +90° شمالاً بخطوات تبلغ 0,125°، بينما تمتد شبكة نقاط خطوط الطول من –180° شرقاً إلى +180° شرقاً بخطوات تبلغ 0,125°.

وترد هذه الخرائط الرقمية في ملف الإضافة R-REC-P.837-7-Maps.zip.

معلمات الدخل:

p: احتمال التجاوز السنوي المطلوب (%)

Lat: خط العرض للموقع المطلوب (درجات، شمالاً)

Lon: خط الطول للموقع المطلوب (درجات، شرقاً)

معلمة الخرج:

R_p: معدل هطول الأمطار المتجاوز بالنسبة إلى احتمال التجاوز المطلوب (mm/h).

الخطوة 1: تحديد رقم الشهر، *ii*، وعدد الأيام في كل شهر، N_{ii} ، بالنسبة لكل شهر في السنة على النحو التالي:

الشهر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
ii	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
N_{ii}	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

الخطوة 2: تحديد المتوسط الشهري لدرجات الحرارة على السطح، T_{ii} (K)، في الموقع المطلوب (*Lon*، *Lat*)، المستمد من بيانات موثوقة طويلة الأجل، بالنسبة لكل رقم شهر، *ii*، حيث *ii* = {01، 02، 03، 04، 05، 06، 07، 08، 09، 10، 11، 12}.

وفي حالة عدم توافر بيانات محلية موثوقة طويلة الأجل، يمكن الحصول على المتوسط الشهري لدرجات الحرارة على السطح، T_{ii} (K)، في الموقع المطلوب (*Lon*، *Lat*) من الخرائط الرقمية للمتوسط الشهري لدرجة الحرارة على السطح الواردة في التوصية ITU-R P.1510.

الخطوة 3: تحديد المتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار، MT_{ii} (mm)، في الموقع المطلوب (*Lon*، *Lat*)، المستمد من بيانات محلية موثوقة طويلة الأجل، بالنسبة لكل رقم شهر، *ii*، حيث *ii* = {01، 02، 03، 04، 05، 06، 07، 08، 09، 10، 11، 12}.

وفي حالة عدم توافر بيانات محلية موثوقة طويلة الأجل، يمكن تحديد المتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار، MT_{ii} (mm)، في الموقع المطلوب (*Lon*، *Lat*) من الخرائط الرقمية للمتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار، MT_{ii} (mm)، المقدمة كجزء لا يتجزأ من هذه التوصية على النحو التالي:

أ) تحديد النقاط الشبكية الأربع (Lon_1، Lat_1) و(Lon_2، Lat_2) و(Lon_3، Lat_3) و(Lon_4، Lat_4) المحيطة بالموقع المطلوب (*Lon*، *Lat*)؛

ب) تحديد المتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار، $MT_{ii,1}$ و $MT_{ii,2}$ و $MT_{ii,3}$ و $MT_{ii,4}$ ، عند النقاط الشبكية المحيطة الأربع للخرائط المقدمة مع هذه التوصية؛

ج) تحديد المتوسط MT_{ii} في الموقع المطلوب (*Lon*، *Lat*) بإجراء استكمال داخلي ثنائي خطي باستخدام النقاط الشبكية المحيطة الأربع على النحو الوارد وصفه في الفقرة 1b من الملحق 1 بالتوصية ITU-R P.1144.

الخطوة 4: تحويل درجة الحرارة من T_{ii} (K) إلى T_{ii} (°C) بالنسبة لكل رقم شهر، *ii*.

الخطوة 5: حساب r_{ii} بالنسبة لكل رقم شهر، ii، على النحو التالي:

$$\begin{aligned} r_{ii} &= 0.5874e^{0.0883 \times t_{ii}} \quad for \quad t_{ii} \geq 0°C \\ r_{ii} &= 0.5874 \qquad\qquad\quad for \quad t_{ii} < 0°C \end{aligned} \quad (mm/hr) \tag{1}$$

الخطوة 6أ: حساب الاحتمال الشهري لهطول الأمطار بالنسبة لكل رقم شهر، *ii*، على النحو التالي:

$$P_{0_{ii}} = 100 \frac{MT_{ii}}{24 \times N_{ii} \times r_{ii}} \ (\%) \tag{2}$$

الخطوة 6ب: وضع $P_{0_{ii}} = 70$ و $r_{ii} = \frac{100}{70} \times \frac{MT_{ii}}{24\,N_{ii}}$ إذا كان $P_{0_{ii}} > 70$ بالنسبة لكل رقم شهر، ii

الخطوة 7: حساب الاحتمال السنوي لهطول الأمطار، $P_{0_{annual}} = P(R > 0)$ على النحو التالي:

$$P_{0_{annual}} = \frac{\sum_{ii=1}^{12} N_{ii} \times P_{0_{ii}}}{365.25} \quad (\%) \tag{3}$$

الخطوة 8: إذا كان احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار المطلوب، p، أكبر من $P_{0_{annual}}$، فإن معدل هطول الأمطار عند احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار المطلوب، R_p، يساوي 0 mm/hr.

وإذا كان احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار المطلوب، p، أصغر من أو يساوي $P_{0_{annual}}$، يتم ضبط معدل هطول الأمطار، R_{ref}، إلى أن تصبح القيمة المطلقة للخطأ النسبي بين احتمال التجاوز السنوي لمعدل هطول الأمطار، $P(R > R_{ref})$، واحتمال تجاوز معدل هطول الأمطار المطلوب، p، أصغر من 0,001% (أي حتى يصبح $(100)\left|\frac{P(R>R_{ref})}{p} - 1\right| < 0{,}001$)، حيث:

$$P(R > R_{ref}) = \frac{\sum_{ii=1}^{12} N_{ii} P_{ii}(R > R_{ref})}{365.25} \quad (\%) \tag{4}$$

$$P_{ii}(R > R_{ref}) = P_{0_{ii}} Q\left(\frac{\ln(R_{ref}) + 0.7938 - \ln(r_{ii})}{1.26}\right) \quad (\%) \tag{5}$$

و

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}}\, dt \tag{6}$$

وضع $R_p = R_{ref}$ في نهاية عملية الضبط.

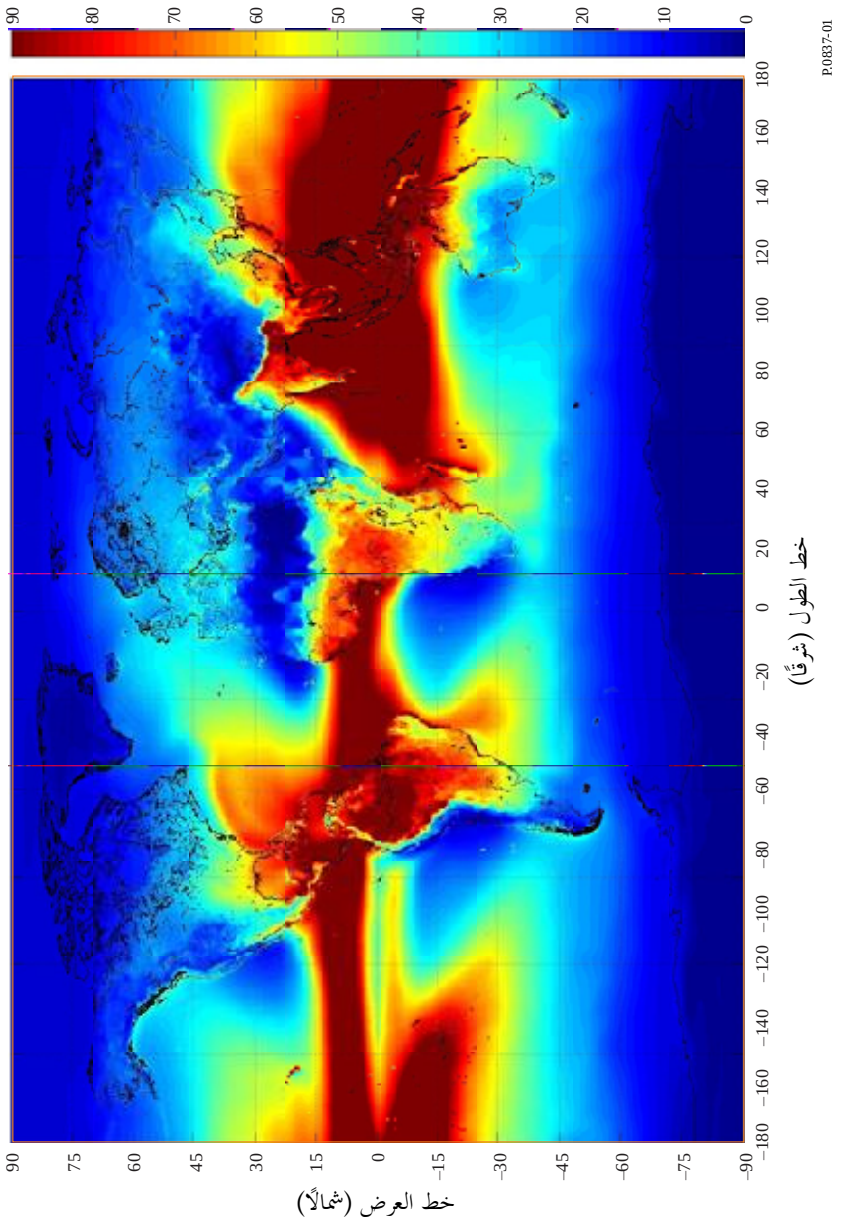
الملاحظة 1 – يمكن استخدام خريطة $R_{0,01}$ المحسوبة سلفاً، مع خسارة ضئيلة في الدقة، في الحالات التي يلزم فيها أن يكون متوسط احتمال التجاوز السنوي هو 0,01% وتولى فيها اعتبارات للذاكرة والتعقيد الحاسوبي. وفي حالة استخدام هذه الخريطة، يمكن حساب معدل هطول الأمطار عند متوسط احتمال التجاوز السنوي البالغ 0,01% في أيّ موقع مطلوب على سطح الأرض بإجراء استكمال داخلي ثنائي خطي باستخدام الطريقة الوارد وصفها في الفقرة 1ب من الملحق 1 بالتوصية ITU-R P.1144. وتقل القيمة المطلقة للفارق بين طريقة التنبؤ بمعدل هطول الأمطار الإجمالي وخريطة $R_{0,01}$ المحسوبة سلفاً عن 0,3 mm/hr لأكثر من 99,9% من سطح الأرض، وتقل القيمة المطلقة للفارق بين طريقة التنبؤ بمعدل هطول الأمطار الإجمالي وخريطة $R_{0,01}$ عن 1 mm/hr لأكثر من 99,99% من سطح الأرض.

الملاحظة 2 – في الحالات التي يلزم فيها أن يكون متوسط احتمال التجاوز السنوي هو 0,01% باستخدام طريقة التنبؤ بمعدل هطول الأمطار الإجمالي وخريطة $R_{0,01}$ المحسوبة سلفاً، يمكن استخدام معدل هطول الأمطار عند احتمال تجاوز يبلغ 0,01% كنقطة بداية أولية R_{ref} للإجراء التكراري الوارد في الخطوة 8.

وكمرجع، يبين الشكل 1 الخريطة $R_{0,01}$، المعدل السنوي لهطول الأمطار المتجاوَز لمعدل سنوي يبلغ 0,01%.

الشكل 1

معدل هطول الأمطار المتجاوِز لمعدل سنوي مقداره 0,01%



الملحق 2

1 يمكن الحصول على التوزيع التراكمي لمعدل هطول الأمطار عند زمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة بواسطة تحويل التوزيعات التراكمية المحلية المقاسة عند أزمنة تكامل تتراوح بين 5 دقائق و60 دقيقة.

2 وتحتاج الطريقة الموصى بها كمدخلات، التوزيع التراكمي وزمن تكامل إحصاءات هطول الأمطار المصدر والإحداثيات الجغرافية للموقع المعني.

3 وتقوم الطريقة على حركة محاكاة لخلايا أمطار اصطناعية تشتق معلماتها من بيانات الدخل المحلية ونواتج المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى.

4 وأدرجت الطريقة الموصى بها في برنامج حاسوبي متاح في الإضافة. واسم حزمة البرمجيات التي تقوم بتنفيذ هذا الجزء من التوصية هو R-REC-P.837-7-Convrrstat.zip.