

التوصية ITU-R P.837-8
(2025/09)

السلسلة P: انتشار الموجات الراديوية

خصائص تهاطل الأمطار بالنسبة لنمذجة الانتشار



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 والسياسية 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 تقدير الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوكيد القياسي واللجنة الكهربائية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في القرار 1. وترت الاستثمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلال توقيف قطاع الاتصالات الراديوية

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

العنوان

السلسلة

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 الراديوسي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوسي	RA
أنظمة الاستشعار عن بعد	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 المعايرة وإشارات التوقيت	TF
المفردات والمواضيع ذات الصلة	V

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2025

التوصية 8-ITU-R P.837

خصائص تهاطل الأمطار بالنسبة لنمذجة الانتشار

(المسألة 3/7-201-2003-1999-1994-1992)

(2025-2017-2012-2007-2001-1999-1994-1992)

مجال التطبيق

تلزم إحصاءات بشأن معدلات هطول الأمطار ذات زمن تكامل يبلغ دقة 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 بإحصاءات معدلاتها السنوية والشهرية بزمن تكامل يبلغ دقة واحدة. وتستند طريقة التنبؤ هذه إلى ما يلي: أ) مجموع البيانات المتعلقة بـ هطول 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 دقة واحدة، يقدم الملحق 2 بهذه التوصية طريقة لتحويل إحصاءات معدلات هطول الأمطار ذات أزمة التكامل التي تتجاوز دقة واحدة إلى إحصاءات ذات أزمنة تكامل تبلغ دقة واحدة.

مصطلحات أساسية

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

الاختصارات/مسرد المصطلحات

المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى
(European Centre for Medium-Range Weather Forecast)

ECMWF

قاعدة بيانات إعادة التحليل لدى المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى
(ECMWF re-analysis database)

ERA

المركز العالمي لعلم المناخ المتعلق بتهاطل الأمطار
(Global Precipitation Climatology Centre)

GPCC

توصيات قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة

التوصية ITU-R P.1510 - متوسط درجة الحرارة على سطح الأرض

ملاحظة - ينبغي الاستعانة بأحدث نسخة من التوصية السارية.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- (أ) أن المعلومات عن الإحصاءات السنوية والشهرية الخاصة بعلميات تحاطل الأمطار لازمة للتنبؤ بالتوهين والانتشار اللذين يسببهما تحاطل الأمطار؛
- (ب) أن المعلومات لازمة لجميع الأماكن على سطح الأرض ولطائفه واسعة من الاحتمالات؛
- (ج) أن إحصاءات معدل هطول الأمطار في زمن تكامل يبلغ دقة واحدة لازمة للتنبؤ بالتوهين والانتشار بسبب المطر في الوصلات للأرض والوصلات السائلية؛
- (د) أن القياسات طويلة الأجل لمعدل هطول الأمطار يمكن أن تتيسر من مصادر محلية ذات زمن تكامل يبلغ دقة واحدة وأيضاً بأزمنة تكامل تتجاوز دقة واحدة؛
- (ه) أن استعمال غوج لتحويل القياسات المحلية لمعدل هطول الأمطار ذات أزمنة تكامل تصل إلى ساعة واحدة إلى زمن تكامل يبلغ دقة واحدة قد يوفر دقة أعلى من الملحق 1 لهذه النوصية،

توصي

- 1 بأن تُستخدم القياسات المحلية طويلة الأجل للمعدل السنوي والشهري لمعدل الأمطار بزمن تكامل يبلغ دقة واحدة، إذا تيسر 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 لمعدل الأمطار بأزمنة تكامل تتجاوز دقة واحدة، إذا تيسر هذه القياسات، وأن تُستخدم طريقة التحويل الواردة في الملحق 2 لتحويل هذه القياسات إلى معدل سنوي لمعدل الأمطار بزمن تكامل يبلغ دقة واحدة؛
- 4 بأن تُستخدم، في حالة عدم توافر بيانات محلية موثوقة عن معدل هطول الأمطار السنوي، طريقة التنبؤ خطوة بخطوة الواردة في الملحق 1 للحصول على معدل هطول الأمطار، R_p ، المتتجاوز بالنسبة إلى احتمال التجاوز السنوي المطلوب، p ، في أي موقع على سطح الأرض وبزمن تكامل يبلغ دقة واحدة؛
- 5 بأن تُستخدم، في حالة عدم وجود بيانات محلية موثوقة عن معدل هطول الأمطار الشهري، طريقة التنبؤ خطوة بخطوة الواردة في الملحق 1 للحصول على معدل هطول الأمطار الشهري، R_{p_ii} ، المتتجاوز بالنسبة إلى احتمال التجاوز المطلوب، p ، في الشهر ii (الذي يتراوح بين 1 و12) في أي موقع على سطح الأرض وبزمن تكامل يبلغ دقة واحدة.

الملحق 1

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

تنبأ هذه الطريقة بمعدل هطول الأمطار المتجاوز بالنسبة إلى متوسط احتمال التجاوز السنوي محدد، وكذلك معدل هطول الأمطار المتجاوز بالنسبة إلى احتمال التجاوز شهري محدد في موقع معين على سطح الأرض. وتستخدم الخرائط الرقمية لإجمالي هطول الأمطار شهرياً وللمتوسط الشهري لدرجة الحرارة على السطح. واشتُقَت خرائط المتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار من البيانات المستمدَة خلال 50 عاماً (1951-2000) من قاعدة بيانات المركز العالمي لعلم المناخ المتعلق بتهاطل الأمطار (GPCC Climatology (V 2015) فوق اليابسة ومن البيانات المستمدَة 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 $-90,125^{\circ}$ شمالاً إلى $90,125^{\circ}$ شمالاً بخطوات تبلغ $0,25^{\circ}$ ، بينما تمتد شبكة نقاط خطوط الطول من $-180,125^{\circ}$ شرقاً إلى $180,125^{\circ}$ شرقاً بخطوات تبلغ $0,25^{\circ}$.

وتشكل أيضاً بيانات المعدل السنوي لهطول الأمطار المتجاوز 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 $0,125^{\circ}$ ، بينما تمتد شبكة نقاط خطوط الطول من -180° شرقاً إلى 180° شرقاً بخطوات تبلغ $0,125^{\circ}$.

وتُرَد هذه الخرائط الرقمية في الملف الإضافي [R-REC-P.837-8-202509-I!!ZIP-E.zip](#) ملف [R-REC-P.837-8-Maps.zip](#).

معلومات الدخل:

p : احتمال التجاوز السنوي المطلوب (%)

Lat : خط العرض للموقع المطلوب (درجات، شمالاً)

Lon : خط الطول للموقع المطلوب (درجات، شرقاً)

معلومة الخرج:

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

$R_{p_{ii}}$: معدل هطول الأمطار (mm/h) المتجاوز بالنسبة إلى احتمال التجاوز المطلوب P (%) لمعدل شهري في أي شهر (ii) من السنة.

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	31	30

الخطوة 2: تحديد المتوسط الشهري لدرجات الحرارة على السطح، T_{ii} (K)، في الموقع المطلوب (Lat, Lon)، 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 (Lat, Lon) 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، في الموقع المطلوب (Lon , Lat) من الخرائط الرقمية للمتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار (MT_{ii} mm)، المقدمة كجزء لا يتجزأ من هذه النوصية 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 النوصية؛

(ج) تحديد المتوسط MT_{ii} في الموقع المطلوب (Lon , Lat) بإجراء استكمال داخلي ثنائي خطى باستخدام النقاط الشبكية المحيطة الأربع على النحو الوارد وصفه في الفقرة 1 بـITU-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:

$$(1) \quad r_{ii} = 0.5874e^{0.0883 \times t_{ii}} \quad \text{for } t_{ii} \geq 0^{\circ}\text{C} \\ r_{ii} = 0.5874 \quad \text{for } t_{ii} < 0^{\circ}\text{C} \quad (\text{mm/hr})$$

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

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

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

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

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

الخطوة 8: يمكن التنبؤ بإحصاءات معدل هطول الأمطار على أساس سنوي أو شهري. وللحصول على إحصاءات شهرية، تُتبع الخطوة 8 أ؛ أما للحصول على إحصاءات سنوية، فيُستعان بالخطوة 6 بـ.

الخطوة 8 أ: التنبؤ بالإحصاءات الشهرية لمعدل هطول الأمطار.

إذا كان احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار الشهري المطلوب، p ، أكبر من $P_{0_{ii}}$ ، فإن معدل هطول الأمطار عند احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار الشهري المطلوب، $R_{p_{ii}}$ ، يساوي $0. mm/hr$.

وإذا كان احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار الشهري المطلوب، (p) ، أدنى من أو يساوي $P_{0_{ii}}$ ، يُضبط معدل هطول الأمطار، R_{ref} ، بخفض القيمة المطلقة للخطأ النسبي بين احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار الشهري، $(P_{ii}(R > R_{ref}))$ ، واحتمال تجاوز معدل هطول الأمطار الشهري المطلوب، p ، إلى أن تصبح أدنى من 0.001% (أي حتى تصبح $100 \left| \frac{P_{ii}(R > R_{ref})}{p} - 1 \right| < 0.001$)، حيث:

$$(4) \quad P_{ii}(R > R_{ref}) = P_{0_{ii}} Q \left(\frac{\ln(R_{ref}) + 0.7938 - \ln(r_{ii})}{1.26} \right)$$

$$(5) \quad Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

وُضُبط $R_{p_ii} = R_{ref}$ في نهاية عملية الخفض.

الخطوة 8ب: التنبؤ بالإحصاءات السنوية لمعدل هطول الأمطار.

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

إذا كان احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار السنوي المطلوب، p ، أدنى من أو يساوي $P_{0_{annual}}$ ، يُضبط معدل هطول الأمطار، R_{ref} ، بخفض القيمة المطلقة للخطأ النسبي بين احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار الشهري، $P_{ii}(R > R_{ref})$ ، واحتمال تجاوز معدل هطول الأمطار الشهري المطلوب، p ، إلى أن تصبح أدنى من 0,001% (أي حتى تصبح $|100 \frac{P(R > R_{ref})}{p} - 1| < 0,001$)، حيث:

$$(6) \quad P(R > R_{ref}) = \frac{\sum_{i=1}^{12} N_{ii} P_{ii}(R > R_{ref})}{365,25} \quad (\%)$$

$$(7) \quad P_{ii}(R > R_{ref}) = P_{0_{ii}} Q\left(\frac{\ln(R_{ref}) + 0,7938 - \ln(r_{ii})}{1,26}\right) \quad (\%)$$

9

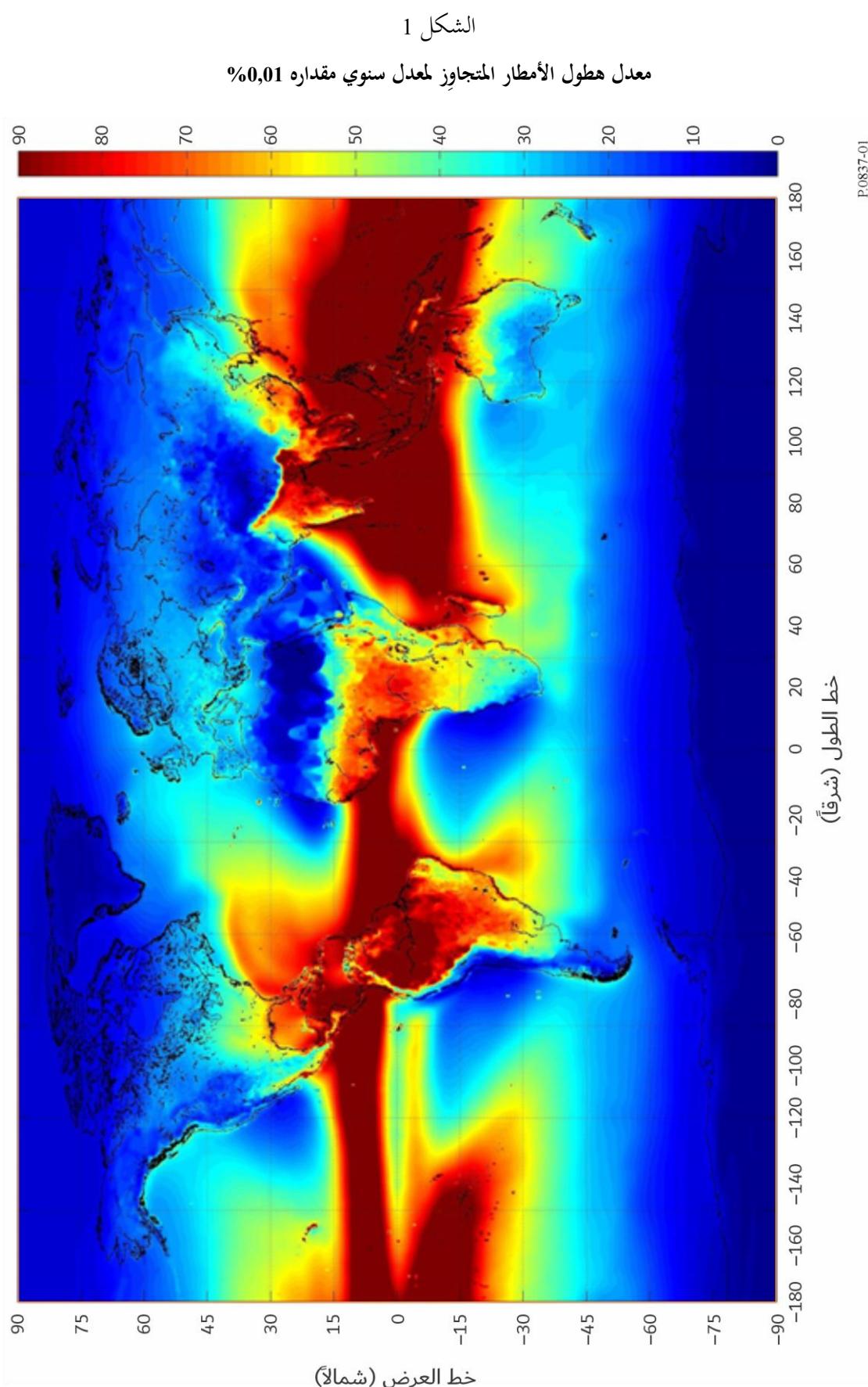
$$(8) \quad Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

وُضُبط $R_p = R_{ref}$ في نهاية عملية الخفض.

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 أي موقع مطلوب على سطح الأرض بإجراء استكمال داخلي ثلثائي خططي باستخدام الطريقة الوارد وصفها في الفقرة 1ب من الملحق 1 بالنوصية ITU-R P.1144. وتقل القيمة المطلقة للفارق بين طريقة التنبؤ بمعدل هطول الأمطار الإجمالي وخريطة $R_{0,01}$ المحسوبة سلفاً عن mm/hr 0,3 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 طريقة التنبؤ بمعدل هطول الأمطار الإجمالي، يمكن استخدام خريطة $R_{0,01}$ السنوية المحسوبة سلفاً، التي تمثل معدل هطول الأمطار عند احتمال تجاوز يبلغ 0,01%， كنقطة بداية أولية R_{ref} لإجراء الخفض المبين في الخطوتين 8 و 8ب.

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



الملحق 2

- 1 يمكن الحصول على التوزيع التراكمي لمعدل هطول الأمطار عند زمان تكامل يبلغ دقة واحدة بواسطة تحويل التوزيعات التراكمية المحلية المقاسة عند أزمنة تكامل تتراوح بين 5 دقائق و 60 دقيقة.
 - 2 وتحتاج الطريقة الموصى بها كمدخلات، التوزيع التراكمي وزمان تكامل إحصاءات هطول الأمطار المصدر والإحداثيات الجغرافية للموقع المعنى.
 - 3 وتقوم الطريقة على حركة حاكاة لخلايا أمطار اصطناعية تستقر 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 النوصية هو [P-REC-P.837-8-202509-I!!ZIP-E.zip](#). [R-REC-P.837-8-Convrstat.zip](#)
-