

التوصية 8-837-ITU-R

(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 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 <https://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 <https://www.itu.int/publ/R-REC/ar>)

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، 2025

ITU-R P.837-8 التوصية

خصائص قحاطل الأمطار بالنسبة لنمذجة الانتشار

(المسألة ITU-R 201-7/3)

(1992-1994-1999-2001-2003-2007-2012-2017-2025)

مجال التطبيق

تلتزم 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 بإحصاءات معدلاتها السنوية والشهرية بزمن تكامل يبلغ دقيقة واحدة. وتستند طريقة التنبؤ هذه إلى ما يلي: أ) مجموع البيانات المتعلقة بمحيط 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 أزمنة التكامل التي تتجاوز دقيقة واحدة إلى إحصاءات ذات أزمنة تكامل تبلغ دقيقة 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/مسرّد المصطلحات

ECMWF	المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (European Centre for Medium-Range Weather Forecast)
ERA	قاعدة بيانات إعادة التحليل لدى المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (ECMWF re-analysis database)
GPCC	المركز العالمي لعلم المناخ المتعلق بتهاطل الأمطار (Global Precipitation Climatology Centre)

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 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 تيسر 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 لهذه التوصية،

توصي

1 بأن تُستخدم القياسات المحلية طويلة الأجل للمعدل السنوي والشهري 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 عن معدل هطول الأمطار السنوي، طريقة التنبؤ خطوة بخطوة الواردة في الملحق 1 للحصول على معدل هطول الأمطار، R_p ، المتجاوز بالنسبة إلى احتمال التجاوز السنوي المطلوب، p ، في أي موقع على سطح الأرض وبزمن تكامل يبلغ دقيقة 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، $R_{p_{ii}}$ ، المتجاوز بالنسبة إلى احتمال التجاوز المطلوب، p ، في الشهر ii (الذي يتراوح بين 1 و 12) في أي 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 والشهري في موقع معين

تتنبأ هذه الطريقة بمعدل هطول الأمطار المتجاوز بالنسبة إلى متوسط احتمال تجاوز سنوي محدد، وكذلك معدل هطول الأمطار المتجاوز بالنسبة إلى احتمال تجاوز شهري محدد في موقع معين على سطح الأرض. وتستخدم الخرائط الرقمية لإجمالي هطول الأمطار شهرياً وللمتوسط الشهري لدرجة الحرارة على السطح. واشتقت خرائط المتوسط الشهري لإجمالي هطول الأمطار من البيانات المستمدة خلال 50 عاماً (1951-2000) من قاعدة بيانات المركز العالمي لعلم المناخ المتعلق بتهطل 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 $90,125^{\circ}$ 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 $0,125^{\circ}$.

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

معلومات 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 (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	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 $\{01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12\} = ii$. 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 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 بالأربع 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 1ب 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:

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

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

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

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

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

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

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

الخطوة 8: التنبؤ بالإحصاءات الشهرية لمعدل هطول الأمطار.

إذا كان احتمال تجاوز معدل هطول الأمطار الشهري المطلوب، p ، أكبر من P_{0ii} ، 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_{0ii} ، 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 $0,001 < \left| \frac{P_{ii}(R > R_{ref})}{p} - 1 \right|$)، حيث:

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

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

وتُضبط $R_{p_{ii}} = R_{ref}$ 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.

وإذا 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 $0,001 < \left| \frac{P(R > R_{ref})}{p} - 1 \right|$)، حيث:

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

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

9

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

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

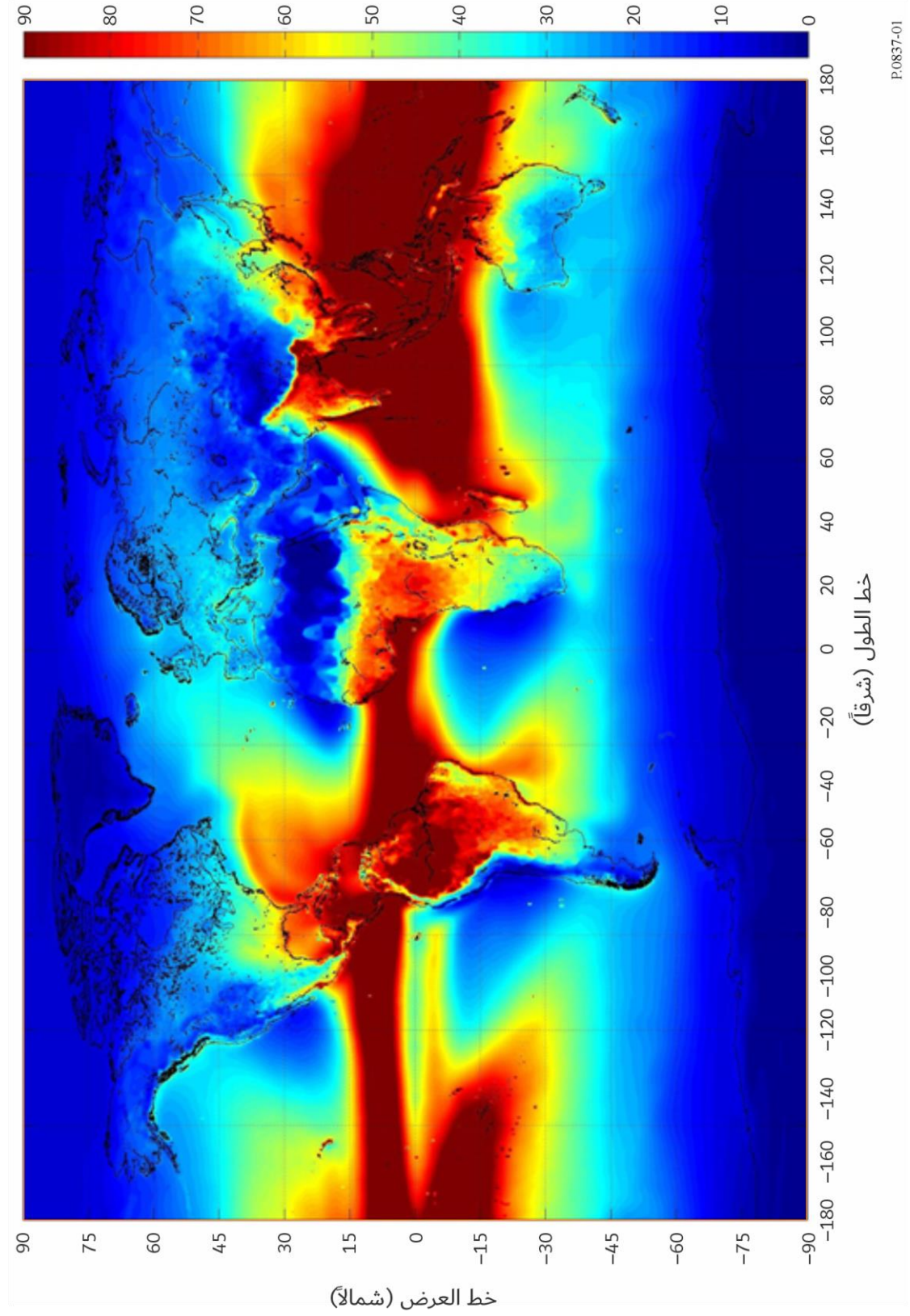
الملاحظة 1 - يمكن استخدام خريطة $R_{0,01}$ المحسوبة سلفاً، مع خسارة ضئيلة في الدقة، في الحالات التي يلزم فيها أن يكون متوسط احتمال التجاوز السنوي هو 0,01% وتولى فيها اعتبارات للذاكرة والتعقيد الحاسوبي. وفي حالة استخدام هذه الخريطة، يمكن حساب معدل هطول الأمطار عند متوسط احتمال التجاوز السنوي البالغ 0,01% في أي موقع مطلوب على سطح الأرض بإجراء استكمال داخلي 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 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 8أ و8ب.

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

الشكل 1

معدل هطول الأمطار المتجاوز 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 و 60 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 معلماها 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 P-REC-P.837-8-Convrrstat.zip بملف الإضافة [R-REC-P.837-8-202509-I!!ZIP-E.zip](#).
-