

الاتحاد الدولي للاتصالات

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.840-5  
(2012/02)

## التوهين الناجم عن السحب والضباب

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 المدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجميعيات 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 الكهترتقنية 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>)

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
<b>انتشار الموجات الراديوية</b>	
علم الفلك الراديوي	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 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، 2012

© ITU 2012

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.840-5

## التوهين الناجم عن السحب والضباب

(المسألة ITU-R 201/3)

(1992-1994-1997-1999-2009-2012)

## مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية وسائل التنبؤ بالتوهين الناجم عن السحب والضباب على مسيرات أرض-فضاء.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن الحاجة تدعو لإرشاد المهندسين في تصميم أنظمة اتصالات أرض-فضاء في الترددات التي تزيد عن 10 GHz؛
- ب) وأن التوهين الناجم عن السحب قد يكون عاملاً ذا أهمية لا سيما في أنظمة الموجات الصغيرة التي تعلق كثيراً عن 10 GHz أو الأنظمة قليلة التيسر؛
- ج) وأن الحاجة تدعو لصيغة تحليلية لإحصاءات المحتوى العمودي للماء السائل الذي تنطوي عليه السحب كي تُحسب السلاسل الزمنية للتوهين الإجمالي وأساليب التنبؤ المكانية الزمانية،

توصي

- 1 بأن تُستعمل المنحنيات والنماذج والخرائط الواردة في الملحق 1 لحساب التوهين الناجم عن السحب والضباب؛
- 2 وبأن تُستعمل معلومات الملحق 1 للحسابات العالمية لآثار الانتشار التي تتطلبها، من جملة أمور، نماذج القناة المكانية الزمانية التي تستلزم صيغة تحليلية لإحصاءات المحتوى العمودي للماء السائل الذي تنطوي عليه السحب.

## الملحق 1

## 1 مقدمة

في السحب أو الضباب المكون كلياً من قطرات صغيرة، تقل عموماً عن 0,01 cm، يصح تقريب رايلي (Rayleigh) للترددات دون 200 GHz، ويمكن التعبير عن التوهين بدلالة المحتوى المائي الإجمالي في وحدة الحجم. ومن ثم، يمكن كتابة التوهين النوعي ضمن سحابة أو ضباب كما يلي:

$$(1) \quad \gamma_c = K_l M \quad \text{dB/km}$$

حيث:

$\gamma_c$ : التوهين النوعي (dB/km) ضمن سحابة؛

$K_l$ : معامل التوهين النوعي ((dB/km)/(g/m<sup>3</sup>))؛

$M$ : كثافة الماء السائل في السحابة أو الضباب (g/m<sup>3</sup>).

وعند ترددات من مرتبة 100 GHz فما فوق، يمكن للتوهين الناجم عن الضباب أن يكون ذا شأن. إذ تبلغ كثافة الماء السائل في الضباب نحو  $0,05 \text{ g/m}^3$  نمطياً للضباب المتوسط (إمكانية الرؤية بمرتبة 300 m) و  $0,5 \text{ g/m}^3$  للضباب الكثيف (إمكانية الرؤية بمرتبة 50 m).

## 2 معامل التوهين النوعي

يمكن استعمال نموذج رياضي قائم على انتشار رايلي لحساب قيمة  $K_l$  في ترددات تصل حتى 1000 GHz، ويستعمل هذا النموذج نموذج ديبياي (Debye) المزدوج لسماحية عازل  $\epsilon(f)$  الماء:

$$(2) \quad K_l = \frac{0.819f}{\epsilon''(1 + \eta^2)} \quad (\text{dB/km})/(\text{g/m}^3)$$

حيث  $f$  هو التردد (GHz)، و:

$$(3) \quad \eta = \frac{2 + \epsilon'}{\epsilon''}$$

وتعطى سماحية عازل الماء المعقدة كما يلي:

$$(4) \quad \epsilon''(f) = \frac{f(\epsilon_0 - \epsilon_1)}{f_p [1 + (f/f_p)^2]} + \frac{f(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{f_s [1 + (f/f_s)^2]}$$

$$(5) \quad \epsilon'(f) = \frac{\epsilon_0 - \epsilon_1}{[1 + (f/f_p)^2]} + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{[1 + (f/f_s)^2]} + \epsilon_2$$

حيث:

$$(6) \quad \epsilon_0 = 77,6 + 103,3 (\theta - 1)$$

$$(7) \quad \epsilon_1 = 5,48$$

$$(8) \quad \epsilon_2 = 3,51$$

$$(9) \quad \theta = 300 / T$$

$T$  هي الحرارة (K).

أما ترددات الانفراج الرئيسية والثانوية فهي:

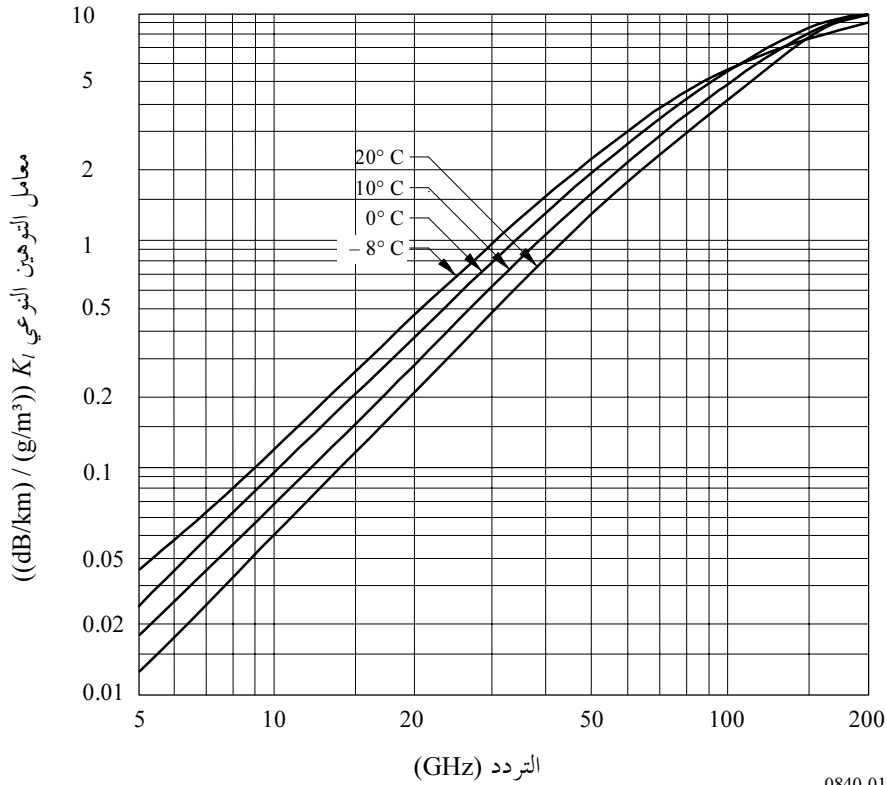
$$(10) \quad f_p = 20.09 - 142 (\theta - 1) + 294 (\theta - 1)^2 \quad \text{GHz}$$

$$(11) \quad f_s = 590 - 1500 (\theta - 1) \quad \text{GHz}$$

ويبين الشكل 1 قيم  $K_l$  في ترددات من 5 إلى 200 GHz ودرجات حرارة ما بين  $8^\circ \text{C}$  و  $20^\circ \text{C}$ . وينبغي استعمال المنحني المقابل لـ  $0^\circ \text{C}$  في توهينات السحاب.

الشكل 1

التوهين النوعي بقطيرات الماء في مختلف درجات الحرارة كدالة للتردد



### 3 توهين السحاب

للحصول على التوهين الناجم عن السحب في احتمال معين، يجب معرفة إحصاءات المحتوى العمودي الكلي للماء السائل  $L$  (kg/m<sup>2</sup>)، أو على نحو مكافئ، ملميمترات (mm) الماء الهاطل في موقع معين، مما يُنتج:

$$(12) \quad A = \frac{L K_1}{\sin \theta} \quad \text{dB} \quad \text{for } 90^\circ \geq \theta \geq 5^\circ$$

حيث  $\theta$  هي زاوية الارتفاع و  $K_1$  تُقرأ من الشكل 1.

ويمكن الحصول على إحصاءات المحتوى العمودي الكلي للماء السائل من القياسات الراديوية أو من عمليات إطلاق المسبار الراديوي.

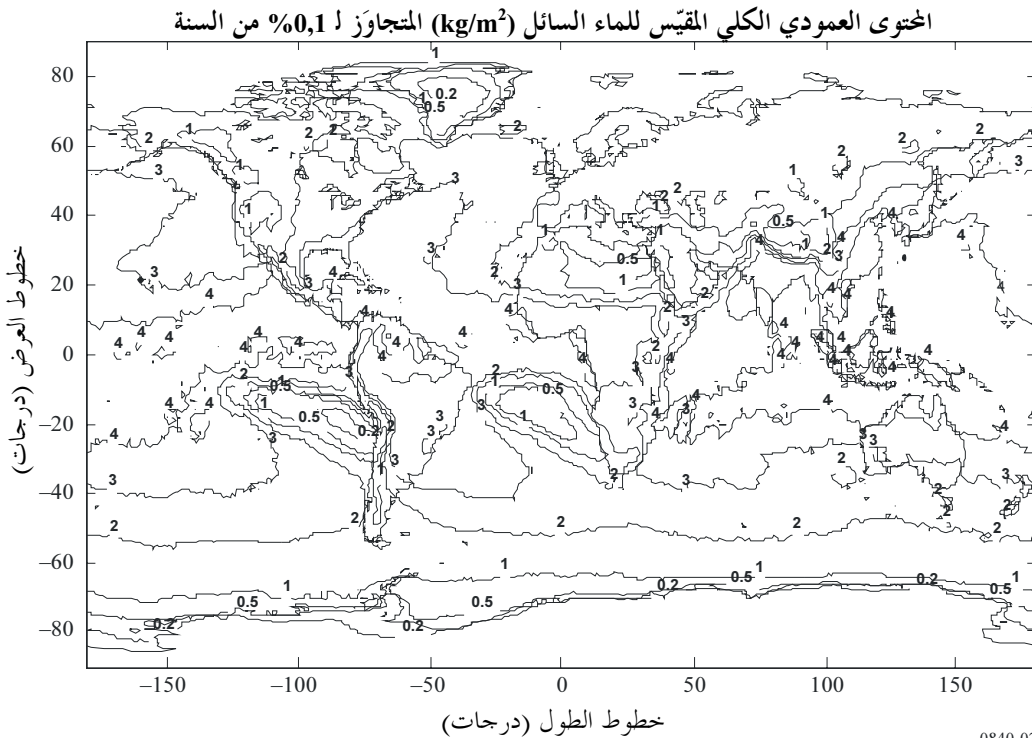
### 4 المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب

يُعبّر عن المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بوحدة kg/m<sup>2</sup> أو على نحو مكافئ، بملميمترات (mm) الماء السائل، ويتم الحصول عليه بواسطة عمليات سبر المسبار الراديوي أو القياسات الراديوية. وإذ تتوفر بيانات المسبار الراديوي على نطاق واسع، فإن استبانته الزمنية محدودة ولا تنطبق إلا على المسيرات السمتية. ويمكن استخراج المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب من القياسات الراديوية في الترددات المناسبة على طول المسير المرغوب.

وتتوفر القيم السنوية للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب،  $L$  ( $\text{kg/m}^2$ )، المتجاوزة لـ 0,1 و 0,2 و 0,3 و 0,5 و 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99% من سنة متوسطة بشكل خرائط رقمية من موقع الويب للجنة الدراسات 3 التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية، في ملفات البيانات ESAWRED\_xx\_v4.TXT حيث  $01 = xx$  و 02 و 03 و 05 و 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99. وترد البيانات من  $0^\circ$  إلى  $360^\circ$  في خطوط الطول ومن  $90^\circ+$  إلى  $90^\circ-$  في خطوط العرض، باستثناء  $1,125^\circ$  في خطوط العرض والطول على السواء. ويمكن استعمال هذه البيانات إلى جانب ملفات البيانات المرافقة ESALAT\_1dot125.TXT و ESALON\_1dot125.TXT التي تحوي خطوط العرض والطول للقيود (نقاط الشبكة) المقابلة في ملفات البيانات ESAWRED\_xx\_v4.TXT. ويمكن اشتقاق المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب في أي موقع نريد على سطح الأرض بطريقة الاستكمال الداخلي التالية:

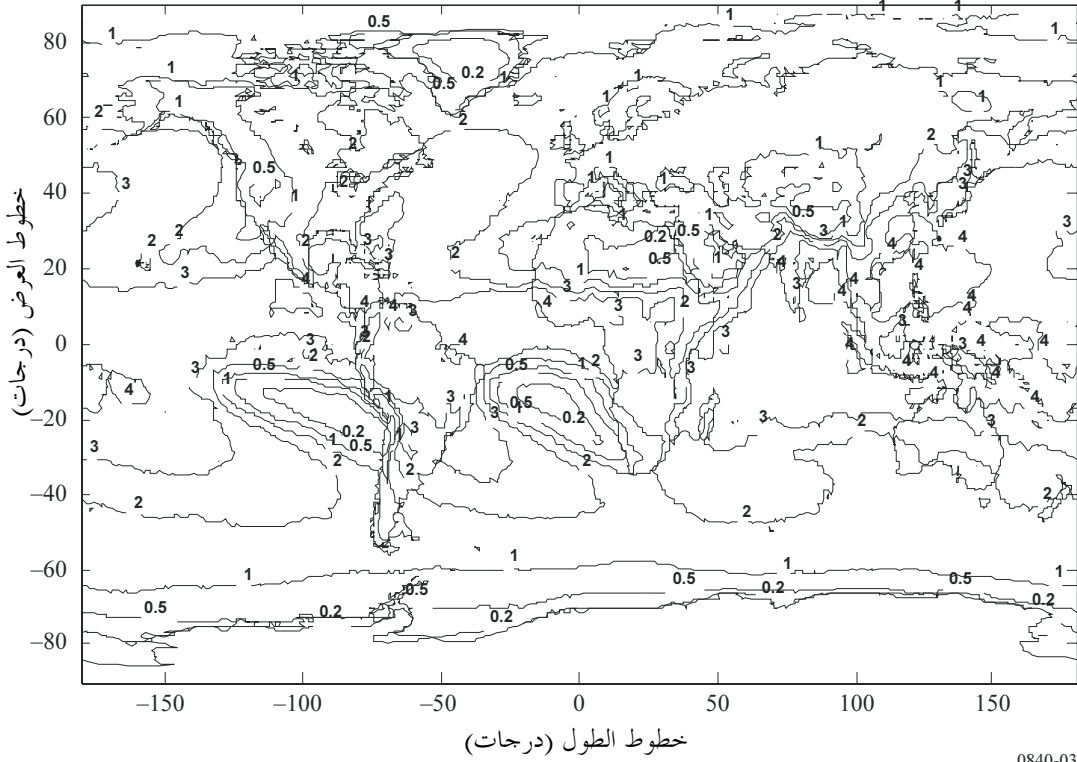
- (أ) حدد الاحتمالين،  $p_{below}$  و  $p_{above}$ ، فوق وتحت الاحتمال المرغوب،  $p$ ، من المجموعة: 0,1 و 0,2 و 0,3 و 0,5 و 1 و 2 و 3 و 5 و 10 و 20 و 30 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90 و 95 و 99%؛
- (ب) ومن الاحتمالين،  $p_{below}$  و  $p_{above}$ ، حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب  $L_1$  و  $L_2$  و  $L_3$  و  $L_4$ ، في أقرب أربع نقاط في الشبكة؛
- (ج) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل،  $L_{below}$  و  $L_{above}$ ، في الاحتمالين  $p_{below}$  و  $p_{above}$ ، بإجراء الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية للقيم الأربع للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب  $L_1$  و  $L_2$  و  $L_3$  و  $L_4$  في نقاط الشبكة الأربع، حسب الوصف الوارد في التوصية ITU-R P.1144؛
- (د) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب،  $L$ ، في الاحتمال المرغوب،  $p$ ، بإجراء استكمال داخلي لـ  $L_{below}$  و  $L_{above}$  مقابل الاحتمالين  $p_{below}$  و  $p_{above}$  إلى  $p$  على مقياس المحتوى  $L$  الخطي مقابل لوغاريتم  $p$ .
- ويجدر الذكر بأن الخرائط الرقمية للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب تحوي الرمز NaN (ليس رقماً) عند عدم وجود قيمة للمحتوى الكلي لبخار الماء تقابل احتمال التجاوز السنوي.
- وترد أمثلة عن أكفة المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في الأشكال 2 و 3 و 4 و 5 و 6 و 7 لاحتمالات التجاوز 0,1 و 0,5 و 1 و 5 و 10 و 20%.

## الشكل 2



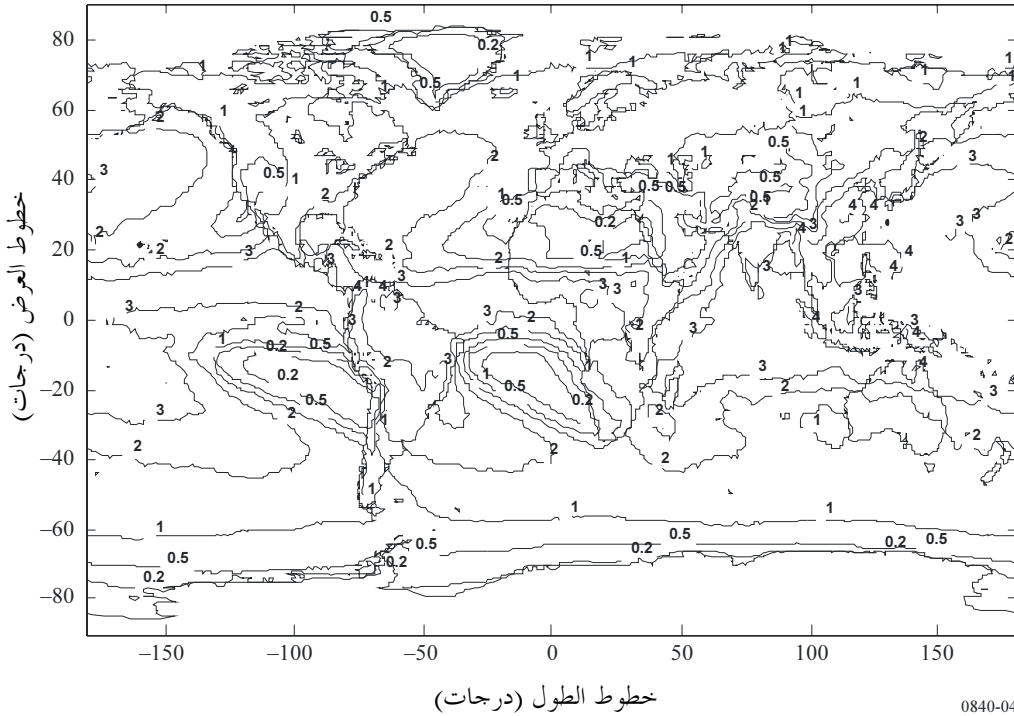
## الشكل 3

المحتوى العمودي الكلي المقيس للماء السائل ( $\text{kg/m}^2$ ) المتجاوز لـ 0,5% من السنة



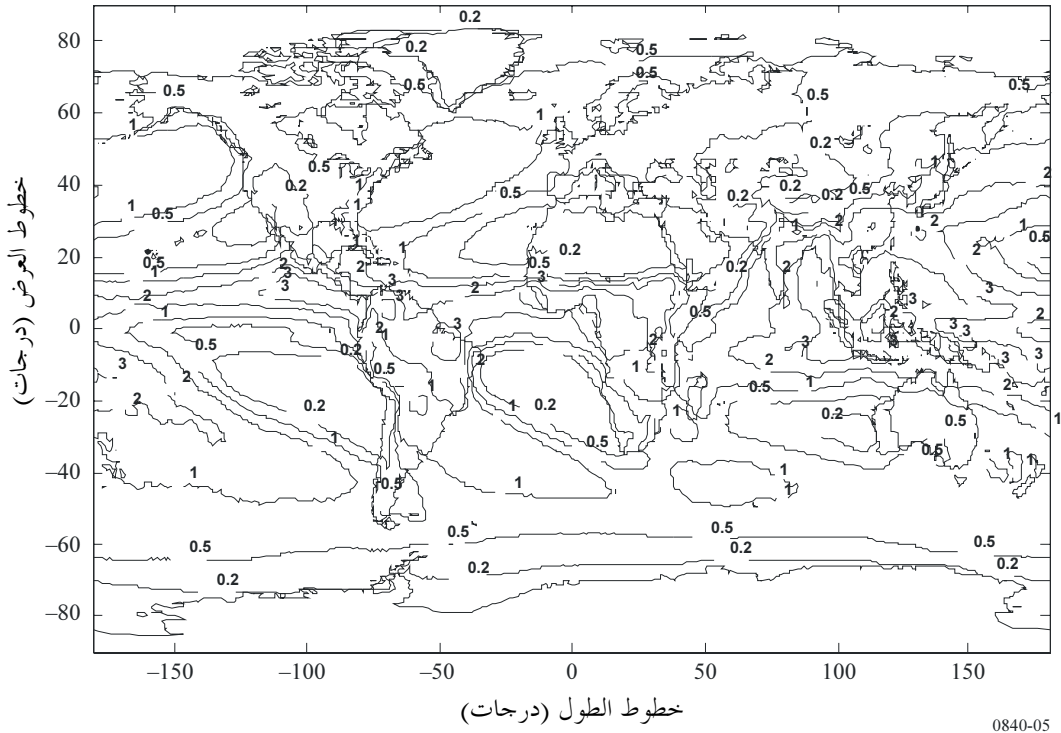
## الشكل 4

المحتوى العمودي الكلي المقيس للماء السائل ( $\text{kg/m}^2$ ) المتجاوز لـ 1% من السنة



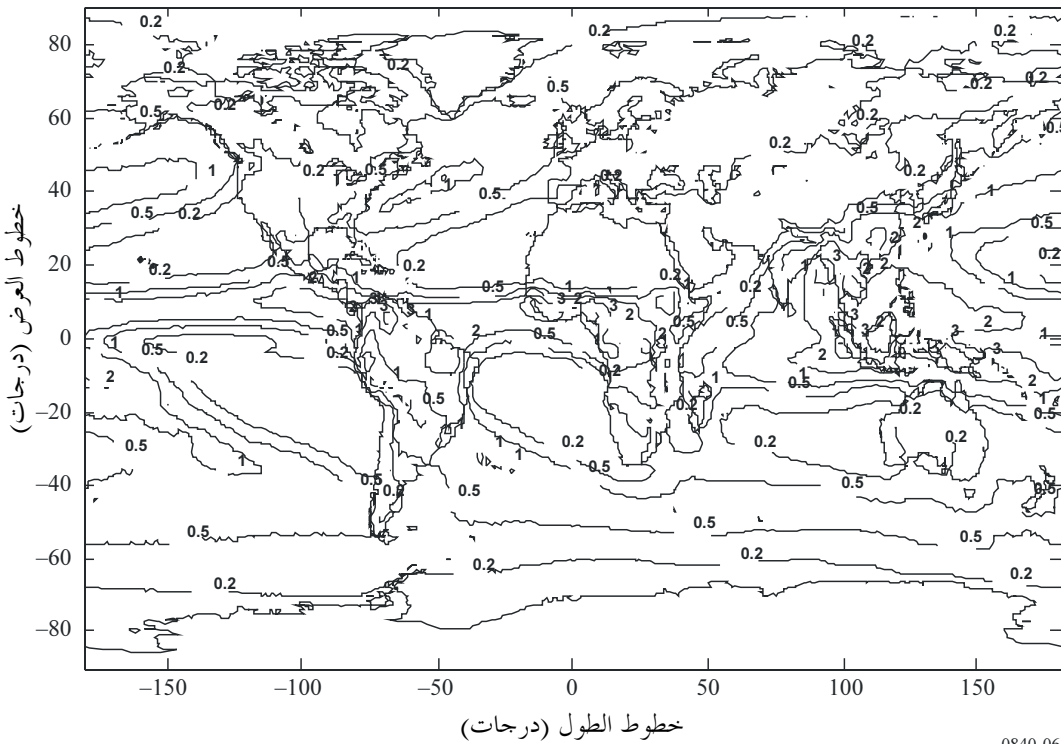
الشكل 5

المحتوى العمودي الكلي المقيس للماء السائل ( $\text{kg/m}^2$ ) المتجاوز لـ 5% من السنة



الشكل 6

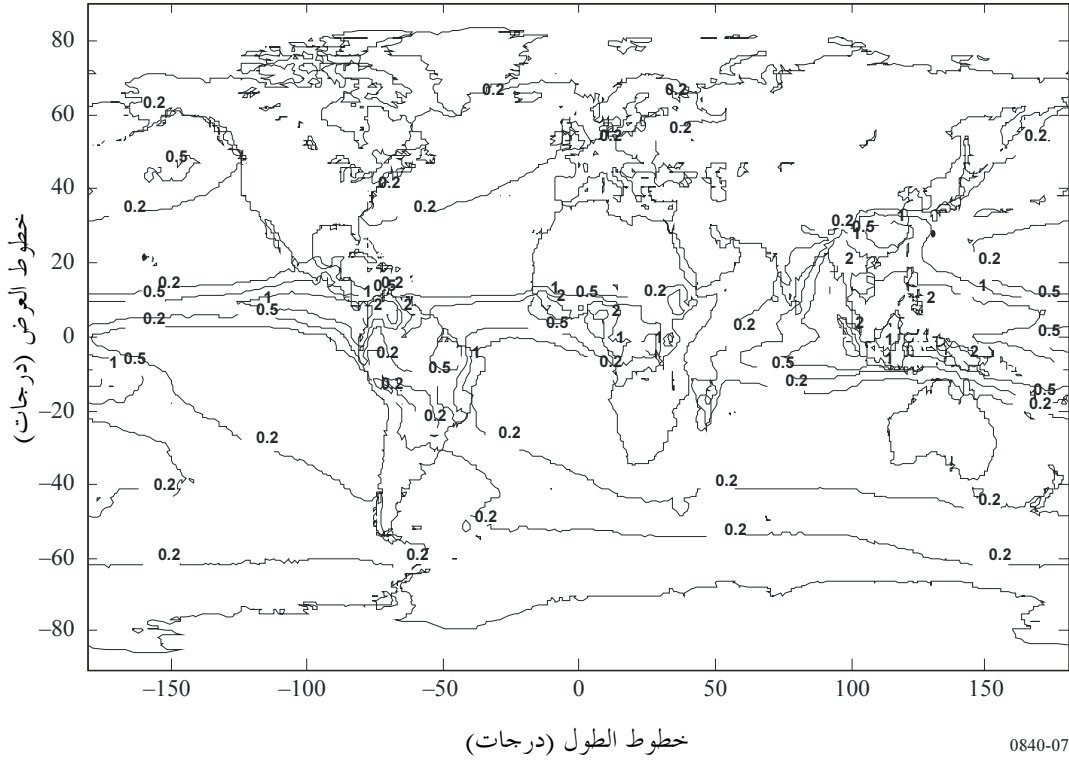
المحتوى العمودي الكلي المقيس للماء السائل ( $\text{kg/m}^2$ ) المتجاوز لـ 10% من السنة





## الشكل 7

المحتوى العمودي الكلي المقيس للماء السائل ( $\text{kg/m}^2$ ) المتجاوز لـ 20% من السنة



0840-07

## 5 التوزيع الإحصائي للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب

يمكن تقريب إحصاءات المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بتوزيع لوغاريتمي طبيعي. ويمكن الحصول على معلمات المتوسط  $m$ ، والانحراف المعياري  $\sigma$ ، واحتمال الماء السائل،  $P_{clw}$ ، للتوزيع اللوغاريتمي الطبيعي بشكل خرائط رقمية من موقع الويب للجنة الدراسات 3 التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية، في ملفات البيانات WRED\_LOGNORMAL\_MEAN\_v4.TXT و WRED\_LOGNORMAL\_STDEV\_v4.TXT و WRED\_LOGNORMAL\_PCLW\_v4.TXT. وترد البيانات من 0° إلى 360° في خطوط الطول ومن 90°+ إلى 90°- في خطوط العرض، باستبانة 1,125° في خطوط العرض والطول على السواء. ويمكن استعمال هذه البيانات إلى جانب ملفات البيانات المرافقة ESALON\_1dot125.TXT و ESALAT\_1dot125.TXT التي تحوي خطوط العرض والطول للقيود (نقاط الشبكة) المقابلة في ملفات البيانات WRED\_LOGNORMAL\_MEAN\_v4.TXT و WRED\_LOGNORMAL\_STDEV\_v4.TXT و WRED\_LOGNORMAL\_PCLW\_v4.TXT. ويمكن اشتقاق المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب في أي موقع نريد على سطح الأرض بطريقة الاستكمال الداخلي التالية:

(أ) حدد المعلمات  $m_1$  و  $m_2$  و  $m_3$  و  $m_4$  و  $\sigma_1$  و  $\sigma_2$  و  $\sigma_3$  و  $\sigma_4$  و  $P_{CLW1}$  و  $P_{CLW2}$  و  $P_{CLW3}$  و  $P_{CLW4}$  في أقرب أربع نقاط في الشبكة؛

(ب) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل  $L_1$  و  $L_2$  و  $L_3$  و  $L_4$  في الاحتمال المرغوب،  $p$ ، في أقرب أربع نقاط في الشبكة من المعلمات  $m_1$  و  $m_2$  و  $m_3$  و  $m_4$  و  $\sigma_1$  و  $\sigma_2$  و  $\sigma_3$  و  $\sigma_4$  و  $P_{CLW1}$  و  $P_{CLW2}$  و  $P_{CLW3}$  و  $P_{CLW4}$  كما يلي:

$$L_i = e^{m_i + \sigma_i Q^{-1}\left(\frac{P}{P_{CLW_i}}\right)} \quad \text{for } i = 1, 2, 3, 4 \quad (13)$$

حيث:

$$(14) \quad Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

(ج) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب في الموقع المرغوب بإجراء الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية للقيم الأربع للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب  $L_1$  و  $L_2$  و  $L_3$  و  $L_4$  في نقاط الشبكة الأربع، حسب الوصف الوارد في التوصية ITU-R P.1144.

وجدير بالذكر أن الخرائط الرقمية لتوزيع اللوغاريتمي العادي للمعلومات تحوي الرمز NaN (ليس رقماً) عند عدم وجود قيمة للمحتوى الكلي للماء السائل في السحاب تقابل احتمال التجاوز السنوي في الخرائط الرقمية للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب في الخرائط الرقمية للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب.