الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R P.840-4 التوصيـــة

(2009/10)

التوهين الناجم عن السحب والضباب

السلسلة P

انتشار الموجات الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات

تمهيـــد

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	العنـــوان
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 التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	**انتشار الموجات الراديوية**
RA	علم الفلك الراديوي
S	الخدمة الثابتة الساتلية
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
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، 2010

© ITU 2010

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).

التوصيـــة ITU-R P.840-4

التوهين الناجم عن السحب والضباب

(المسألة ITU-R 201/3)

(2009-1999-1997-1994-1992)

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 الصغرية التي تعلو 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،

توصـــي

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 قطيرات 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:

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

حيث:

γ_c: التوهين النوعي (dB/km) ضمن سحابة

K_l: معامل التوهين النوعي ((dB/km)/(g/m^3))

M: كثافة الماء السائل في السحابة أو الضباب (g/m^3).

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

2 معامل التوهين النوعي

يمكن استعمال نموذج رياضي قائم على انتثار رايلي لحساب قيمة K_l في ترددات تصل حتى GHz 1 000، ويستعمل هذا النموذج نموذج ديباي (Debye) المزدوج لسماحية عازل الماء $\varepsilon(f)$:

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

حيث f هو التردد (GHz)، و:

$$\eta = \frac{2+\varepsilon'}{\varepsilon''} \tag{3}$$

وتعطى سماحية عازل الماء المعقدة كما يلي:

$$\varepsilon''(f) = \frac{f(\varepsilon_0-\varepsilon_1)}{f_p\left[1+(f/f_p)^2\right]} + \frac{f(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{f_s\left[1+(f/f_s)^2\right]} \tag{4}$$

$$\varepsilon'(f) = \frac{\varepsilon_0-\varepsilon_1}{\left[1+(f/f_p)^2\right]} + \frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\left[1+(f/f_s)^2\right]} + \varepsilon_2 \tag{5}$$

حيث:

$$\varepsilon_0 = 77,6 + 103,3\,(\theta - 1) \tag{6}$$

$$\varepsilon_1 = 5,48 \tag{7}$$

$$\varepsilon_2 = 3,51 \tag{8}$$

$$\theta = 300 / T \tag{9}$$

وT هي الحرارة (K).

أما ترددات الانفراج الرئيسية والثانوية فهي:

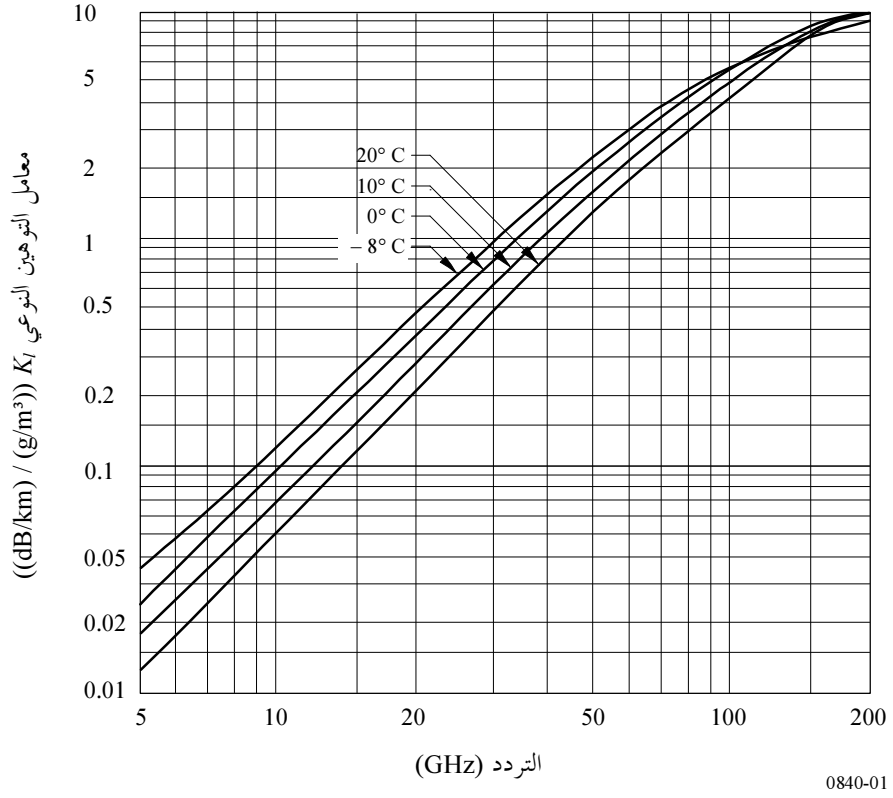
$$f_p = 20.09 - 142\,(\theta - 1) + 294\,(\theta - 1)^2 \quad \text{GHz} \tag{10}$$

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

ويبيّن الشكل 1 قيم K_l في ترددات من 5 إلى GHz 200 ودرجات حرارة ما بين − 8° C و20° C. وينبغي استعمال المنحني المقابل لـ 0° C في توهينات السحاب.

الشـــكل 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^2)، أو على نحو مكافئ، ملليمترات (mm) الماء الهاطل في موقع معين، مما يُنتج:

$$A = \frac{L\,K_l}{\sin\theta} \quad \text{dB} \quad \text{for} \quad 90° \geq \theta \geq 5° \tag{12}$$

حيث θ هي زاوية الارتفاع وK_l تُقرأ من الشكل 1؛ علماً بأن K_l هي نفس معامل امتصاص الكتلة a_L الذي قُدم في التوصية ITU-R P.836، المعادلة (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

يُعبَّر عن المحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب بوحدة kg/m^2 أو على نحو مكافئ، بملليمترات (mm) الماء السائل، ويتم الحصول عليه بواسطة عمليات سبر المسبار الراديوي أو القياسات الراديوية. وإذ تتوفر بيانات المسبار الراديوي على نطاق واسع، فإن استبانتها 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 (kg/m^2)، المتجاوَزة لـ 0,1 و0,2 و0,3 و0,5 و1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99% من سنة متوسطة بشكل خرائط رقمية من موقع الويب للجنة الدراسات 3 التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية، في ملفات البيانات ESAWRED_xx_v4.TXT حيث xx = 01 و02 و03 و05 و1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99. 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 ESALAT_1dot125.TXT وESALON_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_{above} وp_{below}، فوق وتحت الاحتمال المرغوب، p، من المجموعة: 0,1 و0,2 و0,3 و0,5 و1 و2 و3 و5 و10 و20 و30 و50 و60 و70 و80 و90 و95 و99%؛

ب) ومن الاحتمالين، p_{above} وp_{below}، حدد المحتوى العمودي الكلي لبخار الماء، V_1 وV_2 وV_3 وV_4، في أقرب أربع نقاط في الشبكة؛

ج) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل، L_{above} وL_{below}، في الاحتمالين p_{above} وp_{below}، بإجراء الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية للقيم الأربع للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب L_1 وL_2 وL_3 وL_4 في نقاط الشبكة الأربع، حسب الوصف الوارد في التوصية ITU-R P.1144؛

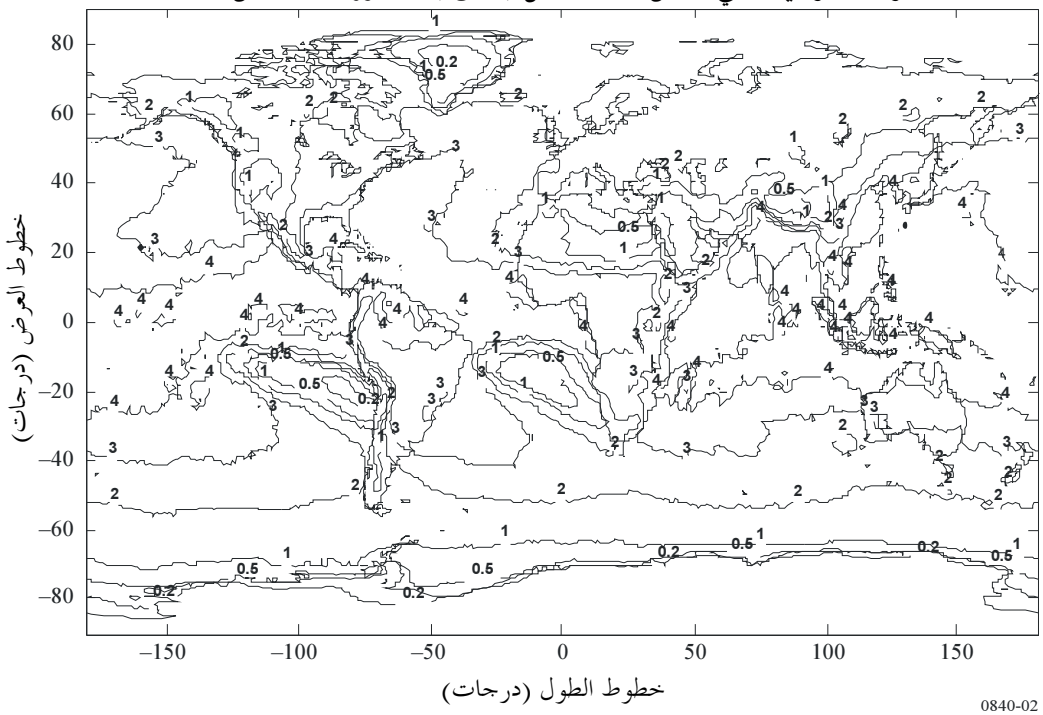
د) حدد المحتوى العمودي الكلي لبخار الماء، L، في الاحتمال المرغوب، p، بإجراء استكمال داخلي لـ L_{above} وL_{below} مقابل الاحتمالين p_{above} وp_{below} إلى p على مقياس المحتوى L الخطي مقابل لوغاريتم p.

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 و3 و4 و5 و6 و7 لاحتمالات التجاوز 0,1 و0,5 و1 و5 و10 و20%.

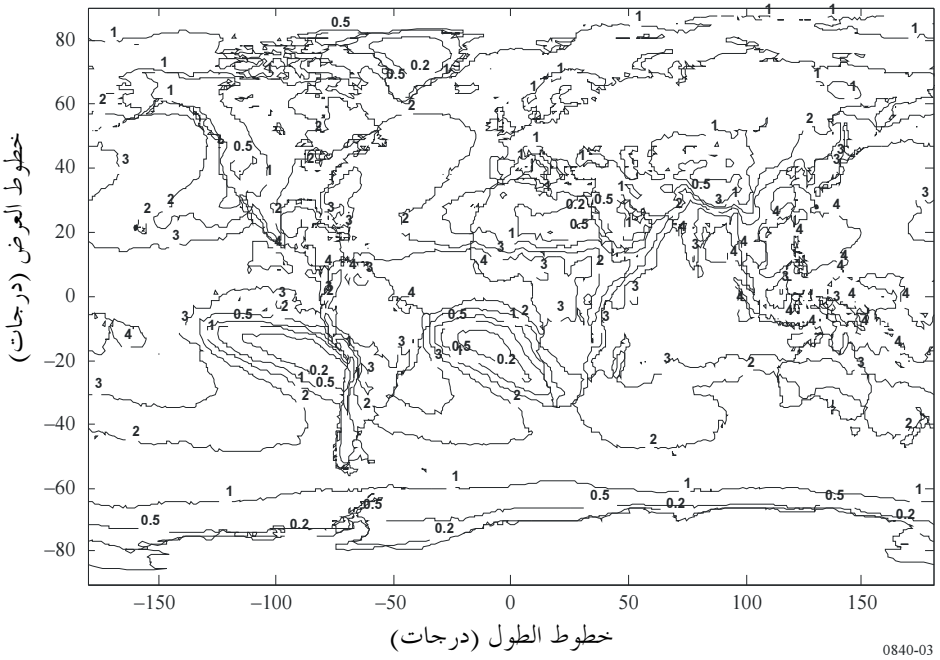
الشـــكل 2

المحتوى العمودي الكلي المقيّس للماء السائل (kg/m^2) المتجاوَز لـ 0,1% من السنة



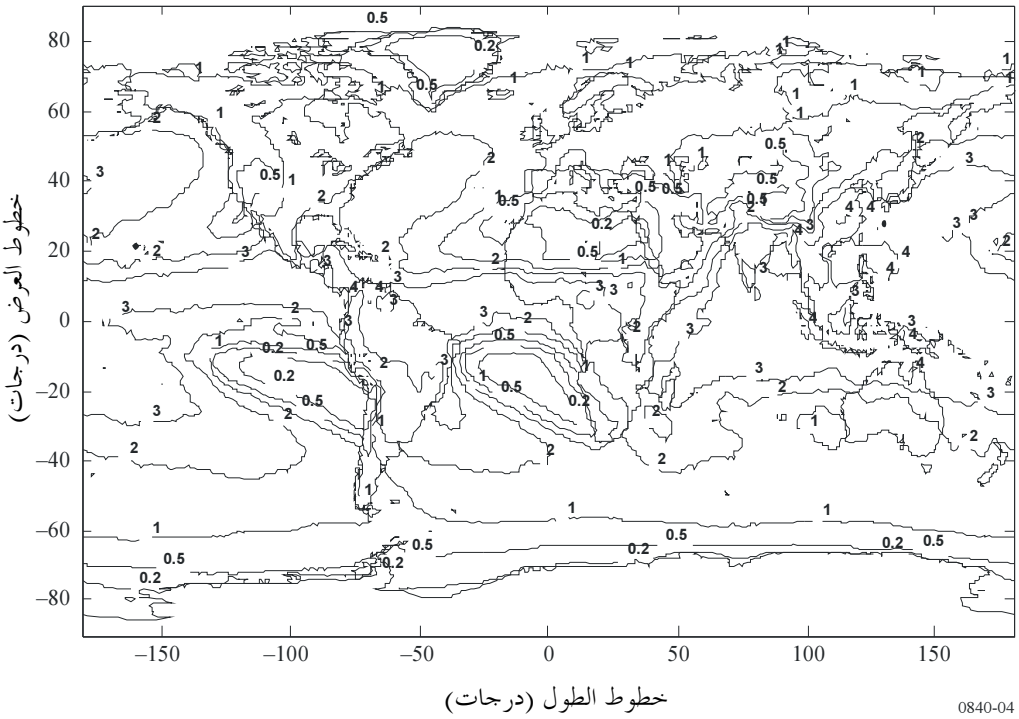
الشـــكل 3

المحتوى العمودي الكلي المقيّس للماء السائل (kg/m^2) المتجاوَز لـ 0,5% من السنة



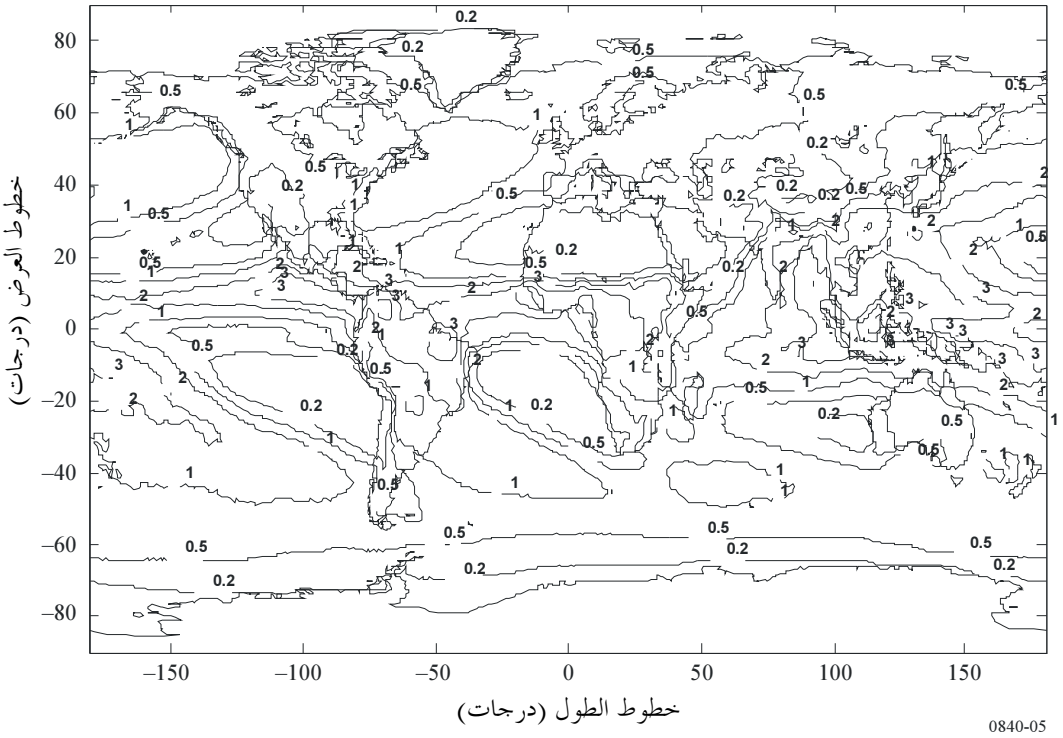
الشـــكل 4

المحتوى العمودي الكلي المقيّس للماء السائل (kg/m^2) المتجاوَز لـ 1%من السنة



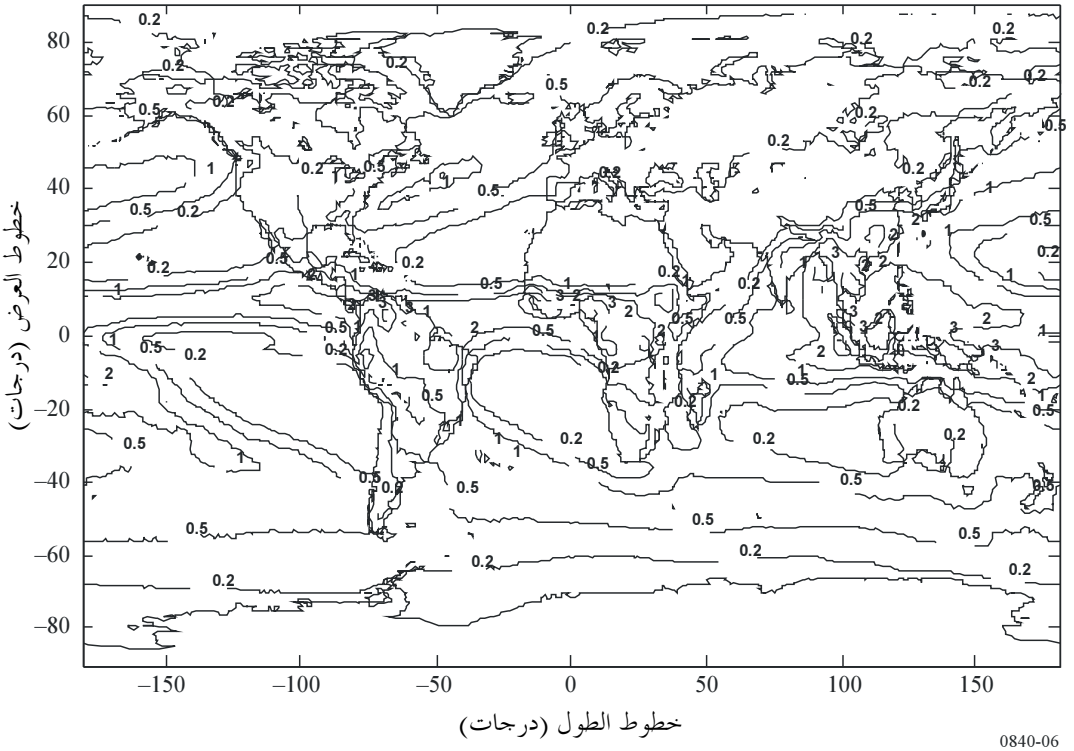
الشـــكل 5

المحتوى العمودي الكلي المقيّس للماء السائل (kg/m^2) المتجاوَز لـ 5% من السنة



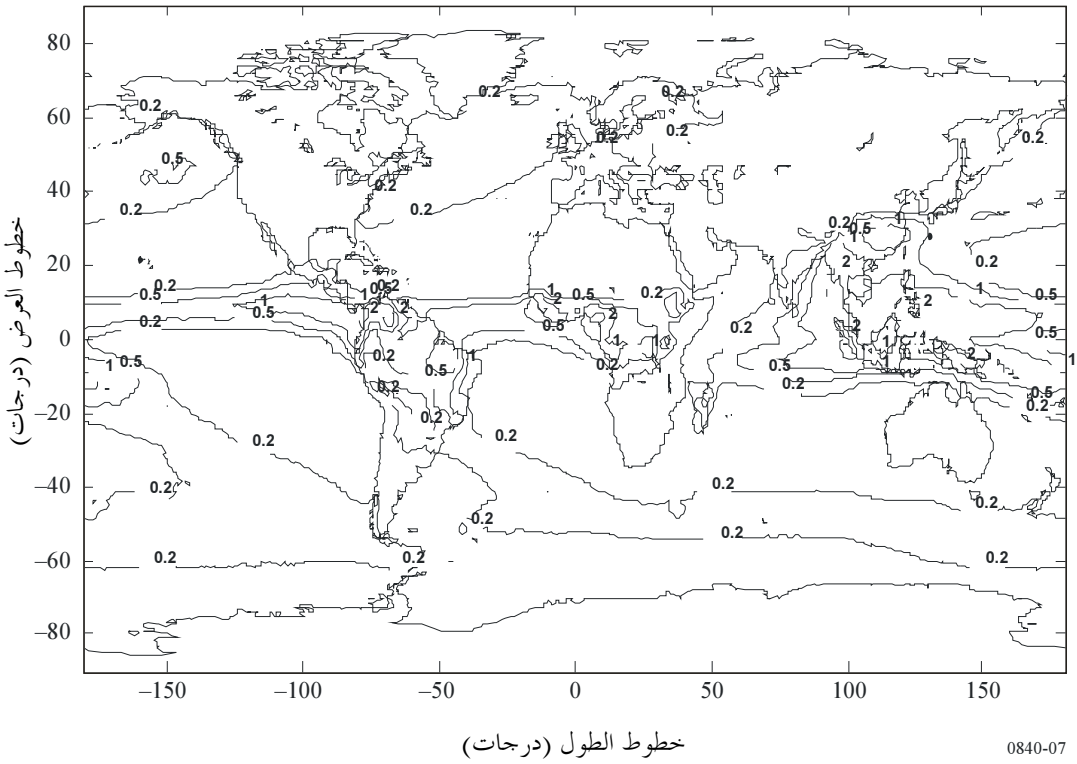
الشـــكل 6

المحتوى العمودي الكلي المقيّس للماء السائل (kg/m^2) المتجاوَز لـ 10% من السنة



الشـــكل 7

المحتوى العمودي الكلي المقيّس للماء السائل (kg/m^2) المتجاوَز لـ 20% من السنة



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 σ، 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 وWRED_LOGNORMAL_STDEV_v4.TXT وWRED_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 ESALAT_1dot125.TXT وESALON_1dot125.TXT التي تحوي خطوط العرض والطول للقيود (نقاط الشبكة) المقابلة في ملفات البيانات WRED_LOGNORMAL_MEAN_v4.TXT, WRED_LOGNORMAL_STDEV_v4.TXT وWRED_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 وm_2 وm_3 وm_4 وσ_1 وσ_2 وσ_3 وσ_4 وP_{CLW1} وP_{CLW2} وP_{CLW3} وP_{CLW4} في أقرب أربع نقاط في الشبكة؛

ب) حدد المحتوى العمودي الكلي للماء السائل L_1 وL_2 وL_3 وL_4 في الاحتمال المرغوب، p، في أقرب أربع نقاط في الشبكة من المعلمات m_1 وm_2 وm_3 وm_4 وσ_1 وσ_2 وσ_3 وσ_4 وP_{CLW1} وP_{CLW2} وP_{CLW3} وP_{CLW4} كما يلي:

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

حيث:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x}^{\infty} \mathrm{e}^{-\frac{t^2}{2}} \mathrm{d}t \tag{14}$$

ج) حدد المحتوى العمودي الكلي لبخار الماء في الموقع المرغوب بإجراء الاستكمال الداخلي ثنائي الخطية للقيم الأربع للمحتوى العمودي الكلي للماء السائل في السحاب L_1 وL_2 وL_3 وL_4 في نقاط الشبكة الأربع، حسب الوصف الوارد في التوصية ITU-R P.1144.

وجدير بالذكر أن 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.