**نطاقات الترددات وعروض النطاق المستخدمة للاستشعار المنفعل عن بعد بالسواتل**

**التوصيـة ITU-R  RS.515-5  
(2012/08)**

**السلسلة RS**

**أنظمة الاستشعار عن بعد**

**تمهيـد**

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** | **العنـوان** |
| **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 | |
| **RS أنظمة الاستشعار عن بعد** | |
| **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، 2013

© ITU 2013

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).

التوصيـة ITU-R RS.515-5[[1]](#footnote-1)\*

نطاقات الترددات وعروض النطاق المستخدمة للاستشعار المنفعل عن بعد بالسواتل

(2012-2003-1997-1994-1990-1978)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية معلومات عن نطاقات الترددات وعروض النطاق المستخدمة للاستشعار المنفعل عن بعد بالأرض وغلافها الجوي بواسطة السواتل، من أجل أجهزة الاستشعار المنفعل بالموجات الصغرية.

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ ) أن للبيانات المتعلقة بالبيئة الأرضية أهمية متزايدة؛

ب) أن سواتل استكشاف الأرض وسواتل الأرصاد الجوية تجري الاستشعار المنفعل عن بعد بالموجات الصغرية في بعض النطاقات الموزعة لهذا الغرض وفقاً للوائح الراديو؛

ج) أن بعض هذه النطاقات موزَّع أيضاً لخدمات اتصالات راديوية أخرى؛

د ) أن الحماية من التداخل في بعض الترددات أساسية للاستشعار المنفعل عن بعد وتطبيقاته؛

ﻫ ) أن لبعض النطاقات في ترددات معينة أهمية خاصة لقياسات بعض الخطوط الطيفية؛

و ) أنه لقياسات مختلفة للاستشعار المنفعل عن بعد تستعمل نطاقات ترددات معينة لا يمثل موقعها المحدد في الطيف أهمية حرجة طالما يكون توزيع الترددات المركزية منتظماً بالطيف؛

ز ) أن متطلبات الاستشعار المنفعل عن بعد يجب أن تُستعرض دورياً، نظراً لاستمرار التطور التكنولوجي والعلمي في النطاقات من GHz 275 إلى GHz 3 000؛

ح) أن ثلاث فئات رئيسية من أجهزة الاستشعار المنفعل يمكن تحديدها لاستخدام النطاقات من GHz 275 إلى GHz 3 000:

(1 أجهزة سبر الغلاف الجوي العمودية ثلاثية الأبعاد التي تتطلب بيانات ذات موثوقية عالية جداً واستبانة متوسطة عبر قنوات متعددة؛

(2 مقاييس الإشعاع التصويرية التي تتطلب بيانات ذات موثوقية عالية واستبانة متوسطة عبر قنوات وحيدة ذات عرض نطاق واسع نسبياً؛

(3 أجهزة سبر حافة الغلاف الجوي الأعلى التي تتطلب بيانات ذات موثوقية متوسطة واستبانة عالية جداً عبر قنوات عديدة ذات عرض نطاق ضيق؛

ي) أن أياً من متطلبات الأداء يجب أن يعتمد على المتطلبات العلمية المعروفة للقياس، ولذلك يجب أن تكون استبانة البيانات ومستويات التيسر ذات معنى علمي فيما يتعلق بالتطبيقات التي تُستخدم من أجلها (مثل التنبؤ وعمليات رصد السطح ومراقبة المناخ)،

وإذ تلاحظ

أ ) أن من غير العملي تحديد نطاقات فردية مناسبة للاستشعار المنفعل عن بعد ضمن مجال GHz 3 000‑1 000، نظراً لكثرة الخطوط الطيفية التي تهم عمليات رصد الأرض في هذا المدى؛

ب) أن الغلاف الجوي في المدى GHz 3 000‑1 000 مسدود أمام أي بث بحيث يتعذر الرصد من الناحية العملية إلا عن طريق سبر حافة الغلاف الجوي الأعلى؛

ج) أن الحماية الكافية لعمليات الاستشعار عن بعد المنفعلة مضمونة أساساً، والتشارك في الترددات ممكن مع أي خدمة اتصالات راديوية أرضية، بسبب كتامة الغلاف الجوي في المدى GHz 3 000‑1 000،

توصي

**1** بأن تستعمل نطاقات الترددات وما يرتبط بها من عروض النطاقات المبينة في الجدول 1 في النطاقات ما دون GHz 275 للاستشعار المنفعل بالخصائص البرية والبحرية والجوية في كوكب الأرض، وأن تُستعمل النطاقات ما بين GHz 275 وGHz 1000 المبينة في الجدول 2 لأغراض الاستشعار المنفعل عن بعد بالسواتل، على أساس الملحقين 1 و2؛

**2** بأن يتاح لأنظمة الاستشعار عن بعد المنفعلة بالموجات الصغرية ولأنظمة أي خدمة اتصالات راديوية أرضية أن تستخدم الترددات نفسها في المدى الترددي GHz 3 000‑1 000.

الجـدول 1

نطاقات الترددات للاستشعار المنفعل عن بعد بالسواتل ما دون GHz 275

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| نطاق (نطاقات) الترددات  (GHz) | مجمل عرض النطاق اللازم (MHz) | الخط الطيفي (الخطوط الطيفية) أو التردد المركزي (GHz) | القياسات (الأرصاد الجوية-ظواهر المناخ، كيمياء) (انظر الجدول 3) | أسلوب المسح النمطي N، C، L (1) |
| 1,427-1,37 | 57 | 1,4 | رطوبة التربة، ملوحة المحيط، حرارة سطح البحر، مؤشر الغطاء النباتي | N، C |
| 2,7-2,64 | 60 | 2,67 | ملوحة المحيط، رطوبة التربة، مؤشر الغطاء النباتي | N |
| 4,4-4,2 | 200 | 4,3 | حرارة سطح البحر | N، C |
| 7,25-6,425 | (4)350 | 6,85 | حرارة سطح البحر | N، C |
| 10,7-10,6 | 100 | 10,65 | معدل الأمطار، محتوى الماء الثلجي، تشكل الجليد، حالة البحر، سرعة رياح المحيط | N، C |
| 15,4-15,2 | 200 | 15,3 | بخار الماء، معدل الأمطار | N، C |
| 18,8-18,6 | 200 | 18,7 | معدلات الأمطار، حالة البحر، جليد البحر، بخار الماء، سرعة رياح المحيط، إشعاعية ورطوبة التربة | N، C |
| 21,4-21,2 | 200 | 21,3 | بخار الماء، الماء السائل | N |
| 22,5-22,21 | 290 | 22,235 | بخار الماء، الماء السائل | N |
| 24-23,6 | 400 | 23,8 | بخار الماء، الماء السائل، القناة المرتبطة لسبر الغلاف الجوي | N، C |
| 31,8-31,3 | 500 | 31,4 | جليد البحر، بخار الماء، البقع النفطية، السحب، الماء السائل، حرارة السطح، النافذة المرجعية للمدى GHz 60‑50 | N، C |
| 37-36 | 1 000 | 36,5 | معدلات الأمطار، ثلج، جليد البحر | N، C |
| 50,4-50,2 | 200 | 50,3 | نافذة السحاب المرجعية لتحديد نمط حرارة الغلاف الجوي (حرارة السطح) | N، C |

الجـدول 1 *(تتمة)*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| نطاق (نطاقات) الترددات  (GHz) | مجمل عرض النطاق اللازم (MHz) | الخط الطيفي (الخطوط الطيفية) أو التردد المركزي (GHz) | القياسات (الأرصاد الجوية-ظواهر المناخ، كيمياء) (انظر الجدول 3) | أسلوب المسح النمطي N، C، L (1) |
| 59,3-52,6 | (2)6 700 | عدة خطوط ما بين 59,3-52,6 | تحديد نمط حرارة الغلاف الجوي (خطوط امتصاص O2) | N، C |
| 92-86 | 6 000 | 89 | سحب، بقع نفطية، جليد، ثلج، مطر، نافذة مرجعية لسبر الحرارة قرب GHz 118 | N، C |
| 102-100 | 2 000 | 100,49 | N2O، NO | L |
| 111,8-109,5 | 2 300 | 110,8 | O3 | L |
| 116-114,25 | 1 750 | 115,27 | CO | L |
| 122,25-115,25 | (2)7 000 | 118,75 | تحديد نمط حرارة الغلاف الجوي (خطوط امتصاص O2) | N، L |
| 151,5-148,5 | 3 000 | 150,74 | N2O، حرارة سطح الأرض، معلمات السحاب، نافذة مرجعية للسبر الحراري | N، L |
| (3)158,5-155,5 | 3 000 | 157 | معلمات الأرض والسحاب | N، C |
| 167-164 | (2)3 000 | 164,38، 167,2 | N2O، ماء وجليد السحب، مطر، CO، ClO | N، C، L |
| 191,8-174,8 | (2)17 000 | 175,86، 177,26، 183,31، 184,75 | N2O، تحديد نمط بخار الماء، O3 | N، C، L |
| 209-200 | (2)9 000 | 200,98، 203,4، 204,35، 206,13، 208,64 | N2O، ClO، بخار الماء، O3 | L |
| 231,5-226 | 5 500 | 226,09، 230,54، 231,28 | سحب، رطوبة، N2O (226.09 GHz)، CO (230.54 GHz)، O3 (231.28 GHz)، نافذة مرجعية | N، L |
| 238-235 | 3 000 | 235,71، 237,15 | O3 | L |
| 252-250 | 2 000 | 251,21 | N2O | L |
| (1) N: نظير السمت، تركز أساليب مسح نظير السمت على السبر أو أو مشاهدة سطح الأرض في زوايا ورود عمودية تقريباً. وينتهي المسح عند السطح أو في مستويات متنوعة في الغلاف الجوي وفقاً لدوال الترجيح. L: طرف، تشاهد أساليب مسح الطرف الغلاف الجوي "على الحافة" وتنتهي في الفضاء وليس على السطح، وبالتالي فإن ترجيحها صفر على السطح وفي حده الأقصى في ذروة نقطة المماس. C: مخروطي، تشاهد أساليب المسح المخروطي سطح الأرض بتدوير الهوائي بزاوية تخالُف من اتجاه نظير السمت.  (2) تشغل قنوات متعددة عرض النطاق هذا.  (3) يلزم هذا النطاق حتى عام 2018 لاستيعاب أجهزة الاستشعار القائمة والمزمعة.  (4) عرض النطاق هذا هو عرض النطاق المطلوب لأجهزة الاستشعار ضمن المدى الترددي الوارد في العمود 1. | | | | |

الجـدول 2

نطاقات الترددات ما بين GHz 275 وGHz 1000 لأغراض الاستشعار المنفعل عن بعد بالسواتل

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نطاق (نطاقات) الترددات  (GHz) | مجمل عرض النطاق اللازم (MHz) | الخط الطيفي (الخطوط الطيفية)  (GHz)  (انظر الجدول 3) | القياسات | | | أسلوب المسح النمطي N، C، (1)L |
| الأرصاد الجوية - ظواهر المناخ | النافذة (GHz) | كيمياء |
| 285,4-275 | 10 400 | 276,33 (N2O)، 278,6 (ClO) |  | 285,4-276,4 | N2O، ClO | L |
| 306-296 | 10 000 | نافذة من أجل  325,1، 298,5، (HNO3)، 300,22 (HOCl)، 301,44 (N2O)، 303,57 (O3)، 304,5 (O17O)، 305,2 (HNO3) | قناة جناح لسبر الحرارة | 306-296 | أوكسجين HNO3، HOCl، N2O، O3,، O17O | N، L |
| 355,6-313,5 | 42 100 | 313,8 (HDO)، {315,8، 346,9، 344,5، 352,9} (ClO)، {318,8، 345,8، 344,5 } (HNO3)، {321,15، 325,15} (H2O)، {321، 345,5، 352,3، 352,6، 352,8} (O3)، {322,8، 343,4} (HOCl)، {345,0، 345,4}، (CH3Cl) 345,0 (O18O)، 345,8 (CO)، 346 (BrO)، 349,4 (CH3CN)، 351,67 (N2O)، 354,5 (HCN) | تحديد نمط بخار الماء، سحاب، قناة جناح لسبر الحرارة | 348,5-339,5 | HDO، ClO، HNO3، H2O، O3، HOCl، CH3Cl، O18O، CO، BrO، CH3CN، N2O، HCN | N، C، L |
| 365-361,2 | 3 800 | 364,32 (O3) | قناة جناح لتحديد نمط بخار الماء |  | O3 | N، L |
| 391,2-369,2 | 22 000 | 380,2 (H2O) | تحديد نمط بخار الماء |  | H2O | N، L |
| 399,2-397,2 | 2 000 |  | تحديد نمط بخار الماء |  |  | N، L |
| 411-409 | 2 000 |  | سبر الحرارة |  |  | L |
| 433,46-416 | 17 460 | 424,7 (O2) | أكسجين، تحديد نمط الحرارة |  | O2 | N، L |
| 466,3-439,1 | 27 200 | 442 (HNO3)، {443,1، 448} (H2O)، 443,2 (O3)، 452,09 (N2O)، 461,04 (CO) | تحديد نمط بخار الماء، سحاب | 466,3-458,5 | HNO3، H2O، O3، N2O، CO | N، L، C |

الجـدول 2 *(تابع)*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نطاق (نطاقات) الترددات  (GHz) | مجمل عرض النطاق اللازم (MHz) | الخط الطيفي (الخطوط الطيفية)  (GHz)  (انظر الجدول 3) | القياسات | | | أسلوب المسح النمطي N، C، (1)L |
| الأرصاد الجوية - ظواهر المناخ | النافذة (GHz) | كيمياء |
| 496,75-477,75 | 19 000 | 487,25 (O2) | أكسجين، تحديد نمط الحرارة |  | O2 | L |
| 502-497 | 5 000 | {497,6، 497,9} (BrO)، 497,9 (N218O)، 498,6 (O3) | قناة جناح لتحديد نمط بخار الماء | 502-498 | BrO، N218O، O3 | L، N |
| 527-523 | 4 000 | نافذة من أجل  556,9 | قناة جناح لتحديد نمط بخار الماء | 527-523 |  | N |
| 581-538 | 43 000 | {541,26، 542,35، 550,90، 556,98} (HNO3)، {544,99، 566,29، 571,0} (O3)، 556,93 (H2O)، 575,4 (ClO) | تحديد نمط بخار الماء | 542-538 | HNO3، O3، H2O، ClO | N، L |
| 629,7-611,7 | 18 000 | 620,7 (H2O)، 624,27 (ClO2)، {624,34، 624,89، 625,84، 626,17} (SO2)، {624,48، 624,78} (HNO3)، 624,77 (81BrO)، 624,8 (CH3CN)، 624,98 (H37Cl)، 625,04 (H2O2)، {625,07، 628,46} (HOCl)، 625,37 (O3)، 625,66 (HO2)، 625,92 (H35Cl)، 627,18 (CH3Cl)، 627,77 (O18O) | تحديد نمط بخار الماء، أكسجين |  | أكسجين، H2O، ClO2، SO2، HNO3، BrO، CH3CN، (H37Cl)، H2O2، HOCl، O3، HO2، H35Cl، CH3Cl، O18O | L |
| 654-634 | 20 000 | 635,87 (HOCl)، 647,1 (H218O)، 649,24 (SO2)، 649,45 (ClO)، 649,7 (HO2)، 650,18 (81BrO)، 650,28 (HNO3)، 650,73 (O3)، 651,77 (NO)، 652,83 (N2O) | قناة جناح لتحديد نمط بخار الماء | 651-634,8 | HOCl، H218O، SO2، ClO، HO2، BrO، HNO3، O3، NO، N2O | L، N |

الجـدول 2 *(تتمة)*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نطاق (نطاقات) الترددات  (GHz) | مجمل عرض النطاق اللازم (MHz) | الخط الطيفي (الخطوط الطيفية)  (GHz)  (انظر الجدول 3) | القياسات | | | أسلوب المسح النمطي N، C، (1)L |
| الأرصاد الجوية - ظواهر المناخ | النافذة (GHz) | كيمياء |
| 692-656,9 | 35 100 | 658 (H2O)، 660,49 (HO2)، 687,7 (ClO)، 688,5 (CH3Cl)، 691,47 (CO) | تحديد نمط بخار الماء، سحاب | 689,5-676,5 | H2O، HO2، ClO، CH3Cl، CO | L، N، C |
| 717,4-713,4 | 4 000 | 715,4 (O2) | أكسجين |  | O2 | L |
| 733-729 | 4 000 | 731 (HNO3)،  731,18 (O18O) | أكسجين |  | HNO3، O18O | L |
| 754-750 | 4 000 | 752 (H2O) | ماء |  | H2O | L |
| 775,8-771,8 | 4 000 | 773,8 (O2) | أكسجين |  | O2 | L |
| 845,15-823,15 | 22 000 | 834,15 (O2) | أكسجين |  | O2 | N، C، L |
| 854-850 | 4 000 | 852 (NO) |  |  | NO | L |
| 861,9-857,9 | 4 000 | 859,9 (H2O) | ماء |  | H2O | L |
| 882-866 | 16 000 |  | سحاب، نافذة |  |  | N، C |
| 927,17-905,17 | 22 000 | 916,17 (H2O) | ماء |  | H2O | N، L |
| 956-951 | 5 000 | 952 (NO)، 955 (O18O) | أكسجين |  | NO، O18O | L |
| 972,31-968,31 | 4 000 | 970,3 (H2O) | ماء |  | H2O | L |
| 989,9-985,9 | 4 000 | 987,9 (H2O) | ماء |  | H2O | L |
| (1) N: نظير السمت، تركز أساليب مسح نظير السمت على السبر أو مشاهدة سطح الأرض في زوايا ورود عمودية تقريباً. وينتهي المسح عند السطح أو في مستويات متنوعة في الغلاف الجوي وفقاً لدوال الترجيح. L: طرف، تشاهد أساليب مسح الطرف الغلاف الجوي "على الحافة" وتنتهي في الفضاء وليس على السطح، وبالتالي فإن ترجيحها صفر على السطح وفي حده الأقصى في ذروة نقطة المماس. C: مخروطي، تشاهد أساليب المسح المخروطي سطح الأرض بتدوير الهوائي بزاوية تخالُف من اتجاه نظير السمت. | | | | | | |

الجـدول 3

الجزيئات الرئيسية للاستشعار المنفعل عن بعد ما دون GHz 1 000

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| الجزيء | الاسم الكيماوي | الجزيء | الاسم الكيماوي | الجزيء | الاسم الكيماوي |
| BrO | أول أكسيد البروم | CH3Cl | كلوريد الميثيل | CH3CN | الأسيتونيتريل |
| ClO | أول أكسيد الكلور | ClO2 | ثاني أكسيد الكلور | CO | أول أكسيد الكربون |
| H35Cl | كلوريد الهيدروجين | HCN | زرنيخ الهيدروجين | HDO | أكسيد الديوتيريوم البروتيوم |
| HNO3 | حمض النيتريك | H2O | ماء | H218O |  |
| HO2 | فوق أكسيد الهيدروجين | H2O2 | ماء الأوكسجين | HOCl | حمض تحت الكلور |
| NO | أكسيد النيتريك | N2O | أكسيد النيتروز | O3 | الأوزون |

الملحق 1

اختيار ترددات الاستشعار المنفعل عن بعد بالسواتل

# 1 مقدمة

تُبث طاقة الترددات الصغرية وتُمتص على سطح الأرض وفي الغلاف الجوي فوقه. وتتغير خصائص الإرسال في الغلاف الجوي الممتص حسب التردد كما يتضح في الشكلين 1أ و1ب. ويبين هذان الشكلان القيم المحسوبة للتوهين على مسير سمتي باتجاه واحد (زاوية الارتفاع °90) للأكسجين وبخار الماء ومكونات ثانوية. وهذه الحسابات هي لمسير بين سطح الأرض وساتل. وتظهر هذه الحسابات نطاقات الترددات التي يكون الغلاف الجوي مسدوداً أمامها فتعجز عن اختراقه، ونطاقات ترددات أخرى يكاد يكون الغلاف الجوي مفتوحاً أمامها. ففي سبر نظير السمت على سبيل المثال، يمكن استخدام المناطق أو النوافذ شبه المفتوحة لرصد ظواهر على سطح الأرض، فيما تُستخدم المناطق المسدودة لرصد الغلاف الجوي.

الشـكل 1أ

التوهين السمتي الجوي مقابل التردد، GHz 275-1



أكسجين

بخار الماء المداري

بخار الماء في المناطق شبه القطبية

مكونات ثانوية

التردد (GHz)

توهين السمت (dB)

وتستخلص حرارة لمعان السطح وحرارة الغلاف الجوي بنقاط على طول المسير وكذلك معاملات الامتصاص من قياسات حرارة الهوائي *TA*. وتعتمد حرارة لمعان السطح ومعاملات الامتصاص على خصائص طبيعية للسطح أو الغلاف الجوي الذي تجري دراسته. ولا يمكن بمجرد رصد تردد واحد تقدير معلمة فيزيائية واحدة. لذلك، قبل أن يتسنى التوصل إلى حلول، ينبغي رصد عدة ترددات في نفس الوقت ودمج النتائج بنماذج لتغير حرارة لمعان السطح وتغير معاملات الامتصاص حسب الترددات وحسب المعلمات الفيزيائية.

الشـكل 1ب

التوهين السمتي الجوي مقابل التردد، GHz 1 000-275



أكسجين

بخار الماء المداري

بخار الماء في المناطق شبه القطبية

مكونات ثانوية

التردد (GHz)

توهين السمت (dB)

ويتم اختيار الترددات لأجهزة الاستشعار المنفعل عن بعد بالترددات الصغرية أساساً حسب الظاهرة المزمع قياسها. ويكون الاختيار محدوداً بالنسبة لبعض التطبيقات وخاصة قياسات الإشعاعات بالترددات الصغرية لغازات الغلاف الجوي؛ ويتوقف على ترددات الخطوط الطيفية لهذه الغازات. وفي حالات أخرى يكون مدى الترددات التي تستند إليها دراسة هذه الظواهر أكثر اتساعاً.

# 2 قياسات الغلاف الجوي

لا يحدث التوهين بسبب الغلاف الجوي في طبقة واحدة وبدرجة حرارة ثابتة. وتتوقف غالباً القيمة المقيسة لحرارة الهوائي على حرارة الجو في المجال حيث يقل التوهين الإجمالي في المسير إلى الساتل عن dB 10 ولا تتوقف كثيراً على حرارة الغلاف الجوي في المناطق حيث يبلغ التوهين قيماً ضئيلة أو تكون قيمته الإجمالية كبيرة بالمسير حتى الساتل. ويمكن قياس الحرارة على ارتفاعات أو مسافات مختلفة على طول مسير باختيار ترددات على حدود مناطق مسدودة بقيم توهين مختلفة تعطي دالات مرجحة أو معاملات ضرب مختلفة للحرارة الجوية *T(s)* في نقطة معينة.

ويمكن اختيار عدد من الترددات المختلفة للتوصل إلى مجموعة معقولة من دالات الترجيح لقياسات حرارة الغلاف الجوي وبخار الماء والأوزون وأوكسيد الكلورين والأكسيد النيتري وأول أكسيد الكربون. وبالنسبة لقياسات الجزيئيات الأربعة الأخيرة فليس لكل خط بنية دقيقة بشكل كاف كما في نطاق تحديد نمط حرارة O2 وعرض النطاق لا يكفي كما هو الحال في نطاق بخار الماء البالغ حوالي GHz 22,235 بحيث يمكن قياس البيانات الوصفية على خط واحد مع مراعاة القيود التي يفرضها الساتل فيما يتعلق بوقت الدمج. لذلك هناك حاجة إلى قياسات بعدة خطوط حتى يمكن الحصول على معلومات تحديد نمط بشأن هذه العناصر المكونة.

ويمكن الحصول حالياً على البيانات الوصفية للحرارة الجوية من أجهزة سبر تُحمل جواً وتقيس في أطياف ما تحت الحمراء (IR) وصغرية الموجة (ويبلغ الامتصاص الأكسجيني GHz 60).

وإذا ما قورنت بتقنيات الأشعة ما تحت الحمراء (IR)، لعل القدرة العاملة في كل الأحوال الجوية (قدرة جهاز الاستشعار المحمول جواً على "النظر" عبر أكثرية السحب) هي أهم خاصية تقدمها التقنيات بموجة صغرية. وهذا عنصر أساسي للتنبؤ العملياتي بالطقس وتطبيقات العلوم الجوية نظراً إلى أن أكثر من %60 من سطح الأرض في المتوسط مغطى بالسحب بشكل كامل وفقط %5 من أي نقطة Km2 20×20(بما يقابل الاستبانة الفضائية النمطية للمسابر العاملة بالأشعة ما تحت الحمراء) خال من السحب. وتعيق هذه الحالة بشدة تشغيل المسابر العاملة بالأشعة ما تحت الحمراء التي لا يكون لها إلا نفاذ صغير أو لا نفاذ على الإطلاق إلى مناطق واسعة عالية النشاط في الأرصاد الجوية.

والمنطقة العريضة المسدودة ما بين GHz 50 وGHz 66 تتكون من عدد من خطوط الامتصاص الضيقة (المسدودة) ويمكن إجراء عمليات رصد إما على حواف مجمع الخطوط أو في الوديان بين الخطوط. ويقل كمون الطيف المقبل لامتصاص O2 حول التردد GHz 118 بسبب بنيته الخاصة (أحادية اللون مقارنة بالتركيبة الغنية متعددة الألوان على مقربة من GHz 60) ويتأثر بدرجة أكبر بالتوهين الذي تسببه الرطوبة الجوية.

ويمكن أن تؤدي السحب والأمطار إلى المزيد من التوهين عند ظهورها على طول المسير. ويمكن استشعار الأمطار والسحب في نوافذ الغلاف الجوي بين 5 وGHz 150. وهناك حاجة إلى إجراء عدة رصدات على مدى ترددات واسع لفصل الأمطار عن السحب وفصل آثارها عن البث المنبعث من سطح الأرض.

ويمكن استخدام هندسة سبر حافة الغلاف الجوي الأعلى، أي رصد الغلاف الجوي على خط المماس، من جهاز ساتلي أو محمول جواً لاستخراج البيانات الوصفية لتركيز أنواع التتبع المفيدة لاستقصاء كيمياء الغلاف الجوي. وسبر حافة الغلاف الجوي الأعلى أكثر حساسية ويتيح استبانة عمودية أعلى بالمقارنة مع سبر نظير السمت. وفي الترددات القريبة من GHz 500 فأعلى بأطوال الموجة ما دون الملليمترية، يمكن الهبوط بالسبر إلى طبقة الستراتوسفير السفلى. وفي الترددات ذات أطوال الموجة الملليمترية، ولا سيما ما بين 180 وGHz 360، يمكن التوغل في الهبوط بالسبر، أي وصولاً إلى طبقة التروبوسفير العليا.

# 3 القياسات في البر والبحر

يُرسل البث الصادر من سطح الأرض عبر الغلاف الجوي إلى الساتل. وإذا ارتفعت قيم التوهين، تعذر الاستشعار بهذا البث. وحتى يمكن قياس حرارة الطبقات السفلى للغلاف الجوي ينبغي أن يكون التوهين ضعيفاً؛ وفي هذه الحالة، ينبغي دمج بث سطح الأرض والغلاف الجوي حتى يمكن الاستشعار عن بعد بحرارة أدنى طبقة للغلاف الجوي. وينبغي إجراء قياسات إضافية داخل قنوات النوافذ للفصل بين نمطين من المساهمات. ويتناسب بث السطح مع الحرارة والبثية على السطح. وتتوقف هذه الخصائص على طبيعة العزل الكهربائي للأرض ومدى خشونة الأرض. وإذا ما قلت هذه البثية عن واحد، تُرسل إشعاعات من السطح وتنتثر. وتصدر هذه الإشعاعات المنتثرة من بث إلى الأسفل يأتي من الغلاف الجوي فوق السطح. وعندما تكون قناة النافذة بقيم توهين ضئيلة تكون الإشعاعات غير ملحوظة؛ وفي غير ذلك من الحالات تؤخذ قيمتها في الاعتبار من أجل التوصل إلى حل.

ولا تتغير حرارة لمعان السطح حسب التردد بنفس سرعة تغير البث من خطوط الامتصاص الجوي. وبما أن تأثير خصائص السطح يتغير ببطء حسب التردد فإن تحديد قيم هذه الخصائص يتطلب إجراء عدة رصدات في نفس الوقت على مدى ترددات واسع في النوافذ الجوية. ولا يمكن التفرقة بين المعلمات المختلفة إلا في حالة اختلاف تغير هذه المعلمات حسب التردد. وإن حرارة اللمعان في سطح المحيط تتوقف على درجة الملوحة والحرارة والرياح. ويعدل هبوب الرياح حرارة اللمعان إذ تجعل السطح خشناً فيعلوه الزبد الذي تختلف خصائص العزل الكهربائي فيه عن خصائص الماء. وتقاس الملوحة على أفضل وجه عند ترددات أدنى من GHz 3، وعندما تلزم الدقة العالية جداً في القياس يجري القياس بأدنى من GHz 1,5. ويجري قياس حرارة سطح البحر على أفضل وجه بين 3 وGHz 10 ويكون التردد الأمثل قريب من GHz 5. وتؤثر الرياح على الرصد في جميع الترددات، لكن أفضل القياسات تتم فوق GHz 15.

وإن لطبقات الجليد أو النفط العائمة على سطح البحر خصائص عزل كهربائي تختلف عن خصائص الماء مما يسمح باستشعارها عن بعد نتيجة تغير حرارة اللمعان. ويمكن أن تؤدي البقع النفطية إلى تغير حرارة اللمعان فوق GHz 30 بمقدار يزيد على K 50 ويمكن لطبقة الجليد أن تؤدي إلى تغير الحرارة بمقدار يزيد على K 50 في مدى الترددات من 1 إلى GHz 40. ورغم أنه يمكن لطبقات الجليد أو النفط العائمة أن تفضي إلى تغير كبير في حرارة اللمعان، يجب إجراء عدد من الرصدات في كل نافذة في الغلاف الجوي لفصل آثار الجليد و النفط عن آثار الأمطار والسحب.

ويمكن كشف محتوى الرطوبة في الطبقات السطحية بترددات الموجات الصغرية. وتتغير حرارة لمعان الثلج والتربة بتغير محتوى الرطوبة والتردد. وعموماً كلما كان التردد أدنى، كانت الطبقة التي يُستشعر بها عن بعد أكثر سماكة. وبما أن الرطوبة على السطح مرتبطة ببيانات الرطوبة الوصفية تحت السطح فقد يكون من المفيد إجراء رصدات في ترددات أعلى. وعند استشعار الجليد الذائب عن بعد بالقرب من السطح توفر رصدات بالتردد GHz 37 أو أعلى معظم المعلومات المطلوبة. وتكون أفضل الترددات تحت GHz 3 عند استشعار التربة عن بعد، خاصة التربة المغطاة بطبقة نباتية. وعملياً، ينبغي إجراء الاستشعار عن بعد بعدة ترددات بحيث يمكن تصنيف الأسطح وفقاً لدرجة خشونتها أو التغطية النباتية أو عمر طبقة الجليد البحري إلخ، هذا من ناحية، وقياس معلمات مثل سمك الجليد أو محتوى الرطوبة، من ناحية أخرى.

الملحق 2

العوامل المرتبطة بتحديد عروض النطاقات المطلوبة

# 1 حساسية مستقبلات قياس الإشعاع

إن مستقبل قياس الإشعاع هو جهاز لقياس الإشعاعات الحرارية التي يجمعها الهوائي الخاص به والضوضاء الحرارية الناتجة عن مستقبِل قياس الإشعاع. وبدمج الإشارة المستقبَلة يمكن خفض تغيرات الضوضاء العشوائية وإجراء تقييم دقيق لمجموع قدرات الضوضاء الحرارية للمستقبل والضوضاء الحرارية للإشعاعات الخارجية. وبتحويل قدرة الضوضاء في كل وحدة عرض النطاق إلى حرارة ضوضاء مكافئة، يمكن التعبير عن مدى تأثير الدمج في خفض نسبة عدم التيقن من القياس وذلك بالمعادلة التالية:



حيث تكون:

: استبانة قياس الإشعاع (عدم التيقن الفعال بشأن تقدير الضوضاء الإجمالية في النظام، *TA + TN )*

α: ثابت نظام الاستقبال، 1 ≤، حسب تصميم النظام

*TA*: حرارة الهوائي

*TN*: حرارة ضوضاء المستقبل

*B*: الاستبانة الطيفية لمقياس الإشعاع الطيفي أو عرض النطاق قناة قياس إشعاع واحدة

τ: مدة الدمج.

ويعتمد ثابت نظام الاستقبال، α، على نوع نظام الكشف. ولمجمل مقاييس قدرة الإشعاع التي تستخدمها أجهزة الاستشعار في خدمة استكشاف الأرض الساتلية، لا تقل قيمة هذا الثابت عن الواحد. وفي الممارسة العملية، يقترب هذا الثابت كثيراً من قيمة واحد في معظم مقاييس قدرة الإشعاع الحديثة.

وعندما يزيد طول الموجة عن cm 3 يمكن الحصول على حرارة ضوضاء بالمستقبل تقل عن K 150 بمكبرات معلمات بالحالة الصلبة. وعندما يقل طول الموجة عن cm 3 فإنه يستعمل عادة مستقبل فوقي بحرارة ضوضاء تقدر بعدة مئات من الدرجات عند cm 3 وبحوالي K 2000 عند mm 3. وسيسمح تحسين ترانزستور الحركة الإلكترونية العالية باستعمال مكبرات أولية قليلة الضوضاء بنسبة حرارة لضوضاء المستقبل تبلغ K 300 عند mm 5.

وبالإضافة إلى تحسين حرارة ضوضاء المستقبل باستعمال مكبرات أولية قليلة الضوضاء يمكن أيضاً تخفيض عدم التيقن  (أي زيادة الحساسية) في أجهزة قياس الإشعاع المحمولة بالسواتل بزيادة عرض النطاق المستعمل وباستعمال تشكيلات خاصة للمقياس تسمح بالتوصل إلى الوقت الأمثل للدمج. وحسب الاستبانة الفضائية المطلوبة يقتصر وقت دمج مقاييس الإشعاع المحمول بسواتل المدارات المنخفضة على عدة ثوان على الأكثر بسبب السرعة النسبية للسواتل.

# 2 خصائص أجهزة الاستشعار المنفعل عن بعد

إن جهاز الاستشعار النمطي المستخدم لقياس العديد من المظاهر في الغلاف الجوي وسطح الأرض هو جهاز استشعار ماسح. ويمكن تحسين عرض التغطية وتضييق عرض النطاق من خلال استخدام أجهزة استشعار مكنسة الدفع. ويمكن خفض قيم Δ*Te* من خلال استخدام أجهزة استشعار مكنسة الدفع بفضل إمكانية إطالة وقت الدمج في كل رصدة.

وتحدَد متطلبات عرض النطاق لجهاز استشعار منفعل عن بعد يقيس الغازات النزرة في الغلاف الجوي بعروض خطوط الغازات المرصودة وبفرصة رصد عدد من خطوط الغازات نفسها أو المختلفة في النافذة عينها.

ويعتمد عرض خطوط انبعاث الغازات في الغلاف الجوي على الضغط أساساً. ويملي هذا الاعتماد متطلبات الحد الأدنى من عرض النطاق (والاستبانة أيضاً). فعلى مستوى الأرض، تكون عروض الخطوط بواقع بضعة غيغاهرتزات. وفي طبقة الستراتوسفير، تضيق إلى ميغا هرتزات قليلة. ونظراً لاتساع عروض هذه الخطوط في المناطق الأقل ارتفاعاً، فإن أجهزة سبر حافة الغلاف الجوي الأعلى العاملة بالموجات الميلليمترية (أعلى من GHz 100) تتطلب عروض نطاق واسعة جداً بواقع GHz 10.

وقد أجريت دراسات لتحديد المتطلبات اللازمة لحساسية الاستشعار والاستبانة المكانية ووقت التكامل والاستبانة الطيفية. وترد هذه المتطلبات في التوصية ITU‑R RS.2017.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. \* أدخلت لجنة الدراسات 7 للاتصالات الراديوية عام 2010 تعديلات صياغية في هذه التوصية طبقاً للقرار ITU-R 1. [↑](#footnote-ref-1)