التوصية ITU-R RS.577-6*

نطاقات الترددات وعروض النطاق المطلوبة والمستخدمة للمحاسيس النشيطة على متن السواتل والعاملة في خدمات استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) وخدمات أبحاث الفضاء (النشيطة)

(2006-1997-1995-1994-1990-1986-1982)

مجال النطاق

تتناول هذه التوصية الترددات وعروض النطاق المفضلة لخمسة أنماط أساسية للمحاسيس النشيطة على متن السواتل. ومع أن المناقشة في الملحق 2 تركز أساساً على الرصد من الأرض يعتقد عموماً أن تقنيات القياس صالحة أيضاً انطلاقاً من كواكب أخرى. لذلك تشمل هذه التوصية خدمات الاستكشاف الساتلي من الأرض (النشيطة)، وخدمات البحوث الفضائية (النشيطة) على حد سواء.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن أجهزة التحسس النشيطة بالموجات الصغرية على متن السواتل هي الأجهزة الوحيدة التي يمكن أن تعطي معلومات بشأن الخصائص المادية للأرض وكواكب أخرى؛

ب) أن تحسس مختلف الخصائص المادية يتطلب استعمال ترددات مختلفة؛

ج) أن الاستبانة الفضائية للقياسات تحدد عرض النطاق المطلوب؛

د) أنه يلزم في كثير من الأحيان إجراء قياسات في نفس الوقت بعدد من الترددات للتمييز بين الخصائص المختلفة؛

هـ) أنه يمكن عموماً تقاسم النطاقات الموزعة لخدمة التحديد الراديوي للموقع بين أجهزة التحسس النشيطة بالموجات الصغرية العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) وخدمة أبحاث الفضاء (النشيطة) على متن السواتل ورادارات الأرض العاملة في خدمة التحديد الراداري للموقع (انظر التوصية ITU-R RS.516)،

توصي

1 بأن تتمشى الترددات المفضلة وعروض النطاق المطلوبة للتحسس النشيط عن بعد مع الملحق 1؛

2 بأن تستخدم نطاقات الترددات وعروض النطاق الواردة في الجدول 1 لأغراض قياسات التحسس النشيط عن بعد للأرض من أجل:

- رطوبة التربة؛
- خرائط الحياة النباتية؛

* أدخلت لجنة الدراسة 7 للاتصالات الراديوية بعض التعديلات الصياغية على هذه التوصية.

- توزع الجليد وعمقه ونسبة الماء في الجليد؛
- الخرائط الجيولوجية؛
- خرائط استعمال التربة؛
- محيط وعمق ونوع وعمر الثلوج؛
- بنية الموج بالمحيط؛
- سرعة واتجاه الرياح فوق المحيط؛
- خارطة الدوران بالمحيطات (التيارات والدوامات)؛
- مواقع انسكاب البترول على سطح المحيطات؛
- خارطة المساحة الأرضية؛
- معدل الهواطل؛
- ارتفاع السحب وانتشارها؛
- الضغط بسطح الأرض؛
- تقييس الكتلة الحيوية في الغابات الاستوائية.

الجدول 1

نطاقات الترددات كما هي موزعة في المادة 5 من لوائح الراديو	عروض نطاق التطبيقات				
	مقياس الانتشار	مقياس الارتفاع	المصورات	رادار الهواطل	رادار معالم السحب
MHz 438-432			MHz 6		
MHz 1 300-1 215	kHz 500-5		MHz 85-20		
MHz 3 300-3 100		MHz 200	MHz 200-20		
MHz 5 570-5 250	kHz 500-5	MHz 320	MHz 320-20		
MHz 8 650-8 550	kHz 500-5	MHz 100	MHz 100-20		
MHz 9 800-9 500	kHz 5-500	MHz 300	MHz 300-20		
GHz 13,75-13,25	kHz 500-5	MHz 500		MHz 14-0,6	
GHz 17,3-17,2	kHz 500-5			MHz 14-0,6	
GHz 24,25-24,05				MHz 14-0,6	
GHz 36-35,5	kHz 500-5	MHz 500		MHz 14-0,6	
GHz 79-78					MHz 10-0,3
GHz 94,1-94					MHz 10-0,3
GHz 134-133,5					MHz 10-0,3
GHz 238-237,9					MHz 10-0,3

الملحق 1

العوامل المرتبطة بتحديد نطاقات الترددات وعروض النطاقات المطلوبة للتحسس النشيط على متن السواتل

1 المقدمة

إن أجهزة التحسس النشيط على خلاف أجهزة التحسس المنفعل تضيء "الشيء" الذي تتم ملاحظته وتتلقى الطاقة التي يعكسها هذا "الشيء".

وهناك خمسة أنماط أساسية لأجهزة التحسس:

- مقياس الانتثار؛
- مقياس الارتفاع؛
- المصورات؛
- رادارات الهواطل؛
- رادارات معالم السحب.

يستعمل مقياس الانتثار لدراسة خشونة السطح بمناطق واسعة وفوق MHz 300، يقيس هذا الجهاز كثافة انعكاس خشونة السطح التي يمكن تقسيمها إلى فئات تتدرج من السطح الناعم إلى السطح شديد الخشونة. وبالقرب من MHz 200 يتوقف الانعكاس على ثابتة العزل الكهربائي للشيء؛ وبالترددات الأدنى يتوقف الانعكاس أساساً على الإيصالية الكهربائية. وتسمح الترددات الأدنى باختراق سطح الأرض لدراسة التشكيلات الباطنية فيها.

وقد أدى رادار مقياس الارتفاع إلى تحديد ثلاثة أساليب تشغيلية للأنظمة القائمة. ويرتكز أحد هذه الأساليب على استعمال حزمة بفتحة ضيقة جداً (2 mrad) ونبضة سريعة جداً (2 ns). ويستخلص الارتفاع من مدة الانتشار في الاتجاهين من الجبهة الأمامية للنبضة الصادرة. إن تقنية ضغط النبضة مماثلة لتقنية النبضات قصيرة المدة التي يتولد عنها نبضة أطول بتشكيل التردد؛ ويتم ضغط إشارة الصدى وهي إشارة بنطاق عريض فتصبح نبضة قصيرة المدة تتبين جبهتها الأمامية. أما الأسلوب الثالث فيقتضي وجود هوائي بأبعاد متوسطة ونظام لاستقرار المركبة الفضائية. وتنتج إشارة صدى الرادار الواصلة من النظير بتقنية تبويب متزامنة. وفي هذا النظام يحصل على معلومة الارتفاع ليس بتحسس الجبهة الأمامية للنبضة قصيرة المدة ولكن بقياس مركز الجزء الأول من إشارة الرادار.

وتحقق أنظمة التصوير بالرادار استبانة عالية بالصور، ويلزم ذلك في الجيولوجيا وتصوير المحيطات والزراعة. وحتى يكون التصوير من الفضاء واضحاً بشكل كاف يستعمل رادار بفتحة تركيبية وهو يسمح بتنفيذ تطبيقات كثيرة بما أنه يحقق الوضوح بغض النظر عن المسافة. ويمكن استعمال رادارات دوبلر للمسح في مجال الرصد الجوي.

ينبغي معرفة التوزيع الإجمالي للهواطل والسحب من أجل فهم الاختلافات المناخية على الصعيد العالمي والتنبؤ بها. تتميز أجهزة التحسس بالموجات الصغرية بمزايا واضحة بالنسبة إلى أجهزة التحسس المرئية/العاملة بالأشعة تحت الحمراء، ذلك لأنها قادرة على التوغل في تغطية السحب وبالتالي الإدلاء بمعلومات مباشرة عن حجم الأمطار والسحب. إن أجهزة التحسس النشيطة مفيدة بشكل خاص، إذ تعد الأجهزة الوحيدة التي يمكنها توفير معطيات متعلقة بالبنية العمودية للأمطار والسحب، وبذلك فهي

ضرورية لدراسة الدورة المحيطية العامة والنتائج الإشعاعية. كما يمكنها توفير معلومات كمية بشأن الهواطل والسحب بمعزل عن خصائص الإشعاعات بالموجات الصغرية للسطوح العميقة.

إن التحسس النشيط عن بعد في منطقة الموجات الصغرية له عدة مزايا بالمقارنة بالتحسس في منطقة الطيف المرئية والتحسس المنفعل بالموجات الصغرية. فبالإضافة إلى عدة متغيرات أرضية وبحرية وجوية (مثل رطوبة النبات وارتفاع السحب) فهو يسمح باختراق الطبقات السطحية والنباتية ويمكن أداؤه في كل وقت ليلاً ونهاراً باستبانة فضائية عالية (رادار بفتحة تركيبية (SAR)) وتوضيح بعض الملامح بتعديل زاوية الإضاءة كما يمكن أداؤه في مدى ترددات كثيرة بغض النظر عن الانبعاثات الراجعة لظواهر النطاق الضيق.

تضيء أجهزة التحسس النشيطة الظاهرة التي يجري ملاحظتها وتقيس الطاقة المنعكسة. وحتى يمكن جمع المعطيات المتعلقة بسطح الأرض من الفضاء ينبغي للإشارة الصادرة عن جهاز التحسس أن تخترق الغلاف الجوي مرتين. ونتيجة ذلك فإن خصائص امتصاص وانتشار الموجات الكهرمغنطيسية بالجو تعتبر من العوامل الحاسمة عند اختيار المناطق الطيفية المناسبة للتحسس النشيط عن بعد.

وبما أن التوهين الجوي الحاد محدود بأقصر الأطوال للموجات فإن تشغيل أجهزة التحسس يتم تحت نطاق امتصاص الأوكسجين (GHz 60) مع تجنب الاقتراب من خط امتصاص بخار الماء (GHz 22).

ويمكن أن يشكل الانتشار الكهرمغنطيسي بالهواطل والسحب مشكلة أصعب من مشكلة الامتصاص بالجو. ذلك أن الصدى من قطرات الماء يزداد بزيادة قطر كل قطرة وينقص بزيادة طول الموجة. هكذا يكون الصدى ضعيفاً كلما زاد طول الموجة لكن الهواطل تؤدي إلى أصداء أقوى مع زيادة قطر قطرات المطر.

وفيما يلي دراسة جوانب مختلفة للبحث في مجال التحسس النشيط في علاقته باختيار الترددات لقياس المتغيرات المتعلقة بالأرض من الفضاء. وتجدر الإشارة عند تحديد أفضل الترددات إلى أن اتساع مدى الاستجابة بالتردد للظواهر المدروسة كثيراً ما يقتضي إجراء القياسات في نفس الوقت على عدة ترددات حتى يمكن التمييز بين أصداء الرادار القادمة من مصادر مختلفة.

ويعتبر صدى الرادار من أي سطح متوقفاً على تردد الرادار وخشونة السطح وخصائص العزل الكهربائي وزاوية الورود والشكل والتركيب الصغري للطبقات دون السطح. وفي كل من التطبيقات المبينة، تتأثر بشدة الطاقة المعكوسة نحو جهاز التحسس على الأقل بآلية واحدة للانتشار المرتد المقترن بالظاهرة المقاسة. ويحدث ذلك عموماً بالنسبة: لحالة المحيط (المستعملة في دراسة تكوين المحيط والرياح فوق سطح البحار)؛ وامتصاص الأوكسجين (لتحديد ضغط السطح فوق المحيطات)؛ وتغير مدى خشونة السطح وثابتة العزل الكهربائي (لدراسة خصائص الثلج والجليد والتربة).

2 التحسس النشيط عن بعد المطبق على المحيطات والرياح البحرية

تجري دراسات المحيطات بالتحسس النشيط عن بعد أساساً لتحديد بنية الأمواج وقياس الرياح عند سطح المياه ودراسة التيارات البحرية. وبشكل عام تتوقف طاقة الترددات الصغرية المعكوسة على حالة البحر، وبصورة أدق يمكن القول إن صدى الرادار متوقف على الانعراج الراجع لموجات الثقالة الكبرى والتموج الشعري الضعيف المرتبط بالضغط السطحي المتراكب مع الأمواج الكبرى والرغاوي. وتتوقف الطاقة المعكوسة الراجعة لكل أثر من هذه الآثار الملاحظة بالتحسس النشيط على حالة البحر وتقنية القياس المستعملة.

وتثبت الدراسات بعدة ترددات في المدى 3-30 GHz أنه عندما يكون الورود طبيعياً تقريباً تسود أمواج الثقالة الشديدة. وعندما تتجاوز زاوية الورود 20° تسود الموجات الشعرية. لذلك فإنه حتى يمكن تحديد حالة البحر (المتوقفة على التموجات بسبب النسيم) وحجم واتجاه أمواج الثقالة التي تستمر طويلاً (عند اهتياج البحر) يستعمل مفهوم المكون المزدوج. وعند دراسة الرياح بسطح المحيط (وله دور هام عند وضع نماذج التنبؤ بالأحوال الجوية) يرى أن حالة المحيط تسمح بتعرف المتغيرات المتعلقة بالرياح لأن التموجات البسيطة التي تنقل الطاقة الكينتيكية من الرياح إلى البحر تعتبر متوازنة تقريباً مع الرياح. وباستعمال

الترددات والاستقطاب وزوايا الورود المتغير أمكن استخلاص بعض التفاصيل المتعلقة بالرياح بسطح المحيط وارتفاع الموج الدلالي والمتوسط التربيعي لميل الأمواج وهذه نتائج لا يمكن الحصول عليها بالتحسس المنفعل عن بعد. وتشير التجارب إلى أنه يمكن الحصول على حساسية جيدة لسرعة الرياح بالترددات القريبة من 14 GHz وأن الحساسية لسرعة الرياح محدودة عند 1,3 GHz.

إن استعمال الرادارات بفتحة تركيبية واعد فيما يتعلق بقياس هيكل البحر الهائج (الارتفاع المتوسط الدلالي للأمواج). وهناك تصميم يستند إلى استعمال 4 نطاقات تردد بين 1 و10 GHz وثلاث استقطابات مع إمكانية توسيع منطقة الاستكشاف وزوايا ورود عدة. إن طبقات البترول المسكوب في المحيطات تقضي على التموجات مما يسمح بتعرف وجود هذه الطبقات بواسطة رادارات تصويرية بالموجات الصغرية.

ونجح استعمال مقياس الارتفاع من عدد من السواتل فوق المحيطات المختلفة. وعند إجراء دراسة المحيطات ينبغي استعمال مقياس ارتفاع بدقة قياس إجمالية تتجاوز 2 cm. وحتى تتحقق هذه الدقة يجب القضاء على الأخطاء في قياس المسافات التي تسببها الإلكترونات الأيونوسفيرية (22 cm عند 13,5 GHz). ويسمح نطاق القياس هذا بترددين بالقضاء على عدم التيقن من قياس المسافات بسبب الأيونوسفير. كما يسمح بإجراء قياسات دقيقة على مساحات متواصلة للتركيب الإلكتروني لأيونوسفير، وهذه قياسات غير متوفرة بالنسبة لمناطق واسعة من المحيطات. ويمكن أن يكون التردد الثاني المستعمل للقياس بمنطقة من الطيف تقع على أكثر من أثمون بالنطاق 13,25 - 13,75 GHz. ويمكن اختيار التردد الآخر حول 5 GHz وأن يكون التردد الرئيسي بالقرب من 14 GHz. ويرى أنه سيستعمل على الأجل الطويل ترددات أعلى حول 35 GHz.

ويتضح من ذلك أن هناك عدة ترددات مفيدة لإجراء التحسس النشيط عن بعد لدراسة تركيب موجات المحيطات. وبالنظر إلى الدينامية الهائلة لسرعة الرياح وعدم وجود آثار جوية نسبياً، يبدو أن هناك اتفاقاً على استعمال ترددات بالقرب من 10 إلى 15 GHz لقياس سرعة الرياح.

3 التحسس النشيط للأسطح المغطاة بالثلج

تشير الأبحاث أنه يمكن إجراء التحسس النشيط بالموجات الصغرية بدرجات متفاوتة لخصائص الثلج التالية: نوع الثلج (جديد، قديم، إلخ.) وخشونته وتركزه وحجمه وعدد طبقاته والثقوب المائية والانجراف والسمات السطحية وخصائص الضغط والسمك والتغير في طبيعة وتوزع الأنواع. واستناداً إلى هذه الأبحاث اتضح أن التردد في النطاق 3-30 GHz هو أفضل تردد لتحديد أنواع الثلج البحري. ويمكن الاستعانة برادار النطاق 3-30 GHz لتسوية الالتباس الناتج عن قياس الثلج الرقيق خاصة إذا استعملت أيضاً رادارات النطاق 3-30 GHz. ويجري حالياً دراسة الترددات الأعلى.

إن أهم تطبيقات التحسس النشيط بالموجات الصغرية للمحيطات من الفضاء هناك الرادار بالفتحة التركيبية SAR ورادار قياس الارتفاع ورادار قياس الانتشار. وتم إجراء البحث الساتلي أساساً برادار SAR عند 1,3 GHz. ويشير التصوير برادار الفتحة التركيبية والفضاء (1,3 GHz و9,1 GHz) إلى أنه في بعض الحالات، بما في ذلك رسم خرائط الثلوج البحرية، تفضل قناة تردد أعلى. ورغم أن تفسير صور الثلوج البحرية يكون أفضل باستعمال ترددات أعلى إلا أن التردد عند 1,3 GHz قد أثبت كفاءته. واستخدم مقياس الارتفاع لقياس معلمات الثلوج البحرية وسمك الطبقة الثلجية بمنطقة جرينلند (Greenland).

ويلاحظ، في الوقت الحالي، أن التحسس عن بعد للأرض من الفضاء يقتصر بوجه عام على طبقة سطحية رفيعة، بينما تتطلب مسائل كثيرة مرتبطة بالمناخ أو موارد الأرض أو مراقبة المخاطر معلومات من طبقات أكثر عمقاً. وتتيح الرادارات العاملة في نطاقات تقترب من 435 MHz، وفي ظروف معينة، إمكانية التصوير من خلال الطبقات الثلجية حتى القاع (الصخرة) الذي قد يتجاوز عمقه 4 كيلومترات. ولكي يتسنى نمذجة دينامية الصفائح الثلجية وتوازن الكتلة على الصعيد العالمي (تراكم الجليد والخسائر الناجمة عن الذوبان وانشقاق الجبال الثلجية) عبر فترات أكثر طولاً (100 إلى 000 100 سنة) فإن من الأهمية الأساسية بمكان أن تكون هناك تغطية كاملة للصفائح الثلجية في الدائرة القطبية الجنوبية مشفوعة بملاحظات متجانسة النوعية، ويمكن تحقيق ذلك على أفضل نحو باستخدام منصة على متن مركبة فضائية تستخدم مثل هذا المسبار لثلج الأعماق.

4 ملاحظات الأرصاد الجوية

إن المعلومات المكتسبة في مجال قياس الهواطل وخصائص العواصف ومجالات الضغط من الأرض ومن الطائرات لوضع نماذج التنبؤ بالأحوال الجوية أصبحت تكتسب أيضاً بالأنظمة الساتلية. وتستند هذه التقنيات إلى دراسة تعديلات دليل الانكسار بالجو الصافي نتيجة آثار الأمطار أو التأثير الانعكاسي التفاضلي للصدى بترددات مختلفة. وأثناء الدراسات التي تمت برادار باستقطاب متعامد وتغطية بحزمة ضيقة بترددات مختلفة بين 2 و37,5 GHz، أمكن قياس نسبة الهواطل وكثافتها وتوزعها وحجم قطرات المطر والضغط السطحي فوق المحيطات وكذلك حركة الرياح أثناء العواصف. وهناك عدة عوامل تقيد اختيار التردد. وينبغي اختيار نطاقات تتوافق مع الحساسية للهواطل ولكنها لا تغرق بصدى الأرض عند زوايا الرؤية. ويمكن فقط بحزمة استكشاف آنية موجهة إلى الأسفل (بالمقارنة بالحزمة المروحية في جميع الاتجاهات أو الحزمة العابرة للمسير) أن تستخلص كثافة الهواطل من خلال تقديرات مقياس الارتفاع للطبقات الجليدية. ويمكن بتقنيات قياس التوهين بسبب الهواطل باستعمال تردد واحد وعدة ترددات تحديد نسبة الهواطل من السواتل.

ويفضل تردد يقترب من 94 GHz ويستعمل للرادارات المحمولة جواً لتحديد المظهر الجانبي للغيوم بناء على العوامل التالية: انعكاسية غيمية دنيا قابلة للكشف، والانتشار والانتثار والاستبانة وتداخل حزمة الهوائي والعمل السابق والتكنولوجيا. إن انعكاسية غيوم الحالة البحرية التي تكون مهمة جداً لتحديد ميزانية إشعاع الأرض قد تصل إلى −30 dBZ وهي سوية تكون 70 dB أقل من انعكاسية المطر (10 mm/h). ويكون هدف المهمة لتحديد المظهر الجانبي للغيوم التي تحمل جواً قياس المظهر الجانبي لانعكاسية كل الغيوم في مجال رؤية تبلغ انعكاسيته −30 dBZ. وثمة حاجة إلى تردد بالقرب من 94 GHz لتقييس سوية الانعكاسية في حين يتم التقيد بأهداف استبانة المسير. وقد تم عمل كبير في ميدان العمل الاختباري على شكل تطوير الأنظمة القائمة على الأرض والأنظمة الرادارية المحمولة جواً وتجميع المعطيات بالقرب من 94 GHz. وإضافة إلى تطوير العتاد تم عمل حاسوبي من أجل دراسة تصرف الناثرات من غير نمط رايلي بالقرب من 94 GHz.

5 التحسس النشيط للغطاء النباتي ولرطوبة التربة

ظهر اهتمام بالتحسس النشيط لرطوبة التربة بعد أن ثبت أن الاستبانة الفضائية للتحسس المنفعل محدودة. وتتوقف قدرة الموجات الصغرية للرادار المنعكسة من الأرض على مدى الخشونة وخصائص العزل الكهربائي للتربة والغطاء النباتي وورود حزمة الموجات الصغرية الصادرة. وتشير التجارب الأولية بالمختبرات إلى أن رطوبة التربة تعدل قدرة الانعكاس وتؤدي إلى تغير خصائص العزل الكهربائي، وأن استعمال زوايا ورود أدنى من 45° يمكن أن يسهل التمييز بين الصدى الراجع إلى الخشونة والصدى الراجع إلى الرطوبة. وتشير الدراسات التي تمت بترددات 4,7 و5,9 و13,3 GHz إلى أن مقياس الانتثار المشغل بالساتل على 4,7 GHz بزوايا ورود بين 5° و17° يسمح بالتمييز بالقدر الكافي بين الصدى الراجع لرطوبة التربة والصدى الراجع إلى الغطاء النباتي أو الخشونة. ومع ذلك ينبغي استعمال ترددات أخرى لمراعاة عامل الغطاء النباتي أو قياس الطبقات السفلى للتربة، عند الاقتضاء.

ومن ناحية أخرى، تم دراسة التغطية النباتية كهدف خاصة في إطار تجارب تعرف المحاصيل حيث يصبح صدى التربة عاملاً مظلماً. وتم استعمال أجهزة التصوير وقياس الانتثار وكانت الطاقة التي يعكسها الغطاء النباتي مرتبطة بالخشونة والرطوبة وخصائص العزل الكهربائي للنباتات وزاوية الرؤية. وتشير النتائج التي تم التوصل إليها إلى أن سواتل التحسس النشيط تسمح بتعرف المحاصيل والغابات وأساليب استعمال التربة (المراعي والغابات إلخ.) وخصائص الأحواض المائية. واتضح من الملاحظات التي تمت بزوايا ورود مرتفعة (للحد من صدى التربة ما أمكن) وبطيف واستقطاب متعددين ونماذج عدة لوقت الملاحظة أن أفضل النتائج كانت بالترددات التالية 1,3 و5,9 و9,0 و9,4 و13 و16 و35 GHz. ويمكن تحسين تصنيف المحاصيل إذا ما تم مراعاة فترات النمو وباستعمال ترددات مختلفة وبإعادة القياسات عدة مرات بأسابيع مختلفة.

بسبب الدخول المتزايد في النباتات الكثيفة على مقربة من 400 MHz وزيادة معلومات الانتثار على مقربة من 400 MHz استخدمت رادارات محمولة جواً في المناطق الاستوائية حيث تميل النباتات إلى أن تكون الأكثر كثافة من أجل المساعدة في

قياس الكتلة الحيوية في الغابات الاستوائية. ولم تطبق هذه الرادارات على تحليل التشجير واندثار الغابات فحسب وإنما من أجل قياس الكتلة الحيوية الشجرية فوق الأرض. وفي مواقع متعددة في الغابات الشمالية والمعتدلة على مقربة من 400 MHz أدت معطيات الاستقطاب أفقية–أفقية وأفقية–عمودية وعمودية–عمودية إلى تقديرات بمجموع الكتلة الحيوية الجافة فوق الأرض ضمن 12% إلى 27% من الكتلة الحيوية الفعلية وذلك يتوقف على تعقد الغابة. ففي الغابات الاستوائية يمكن على مقربة من 400 MHz أن يساعد الرادار في تقييم الكتلة الحيوية الغابية وأن يوفر نتائج لا تحقق بأية وسيلة أخرى حتى وإن كانت سويات الكتلة الحيوية تفوق بكثير 20 kg/m^2.

إن الدخول السطحي على مقربة من 400 MHz يكون أعمق من الدخول على مقربة من 1250 MHz بعامل 8 على 10 ويكون الأكثر ملاءمة لدراسات الدخول الأرضي. وقد يكون من الممكن استخدام رادارات مصورة على مقربة من 400 MHz من أجل تحضير وثائق بالتاريخ الجيولوجي وبتغير المناخ في أوسع الصحارى في العالم باستخدام خرائط أنظمة نهرية جوفية وطوبوغرافيتها المحيطة وبنمذجة تكتونيات على الصعيد الإقليمي في المناطق نصف الجافة من العالم عن طريق استخدام خرائط للسطح والتركيبات الجيولوجية الجوفية مثل الهوات والتصدعات كالقعيرات والحنيرات.

6 متطلبات عرض النطاق للتحسس النشيط

يتوقف متطلبات عرض النطاق اللازم للتحسس النشيط على الجهاز المستعمل: رادار بفتحة تركيبية أو رادار بفتحة حقيقية أو مقياس انتثار أو مقياس ارتفاع أو رادار أمطار وغيوم. وفي جميع الحالات يتوقف عرض النطاق على الاستبانة من حيث المسافة اللازمة ويعطى بالمعادلة التالية:

$$B = \frac{1}{\tau} = \frac{c}{2\Delta R} \quad (1)$$

حيث تكون:

B: عرض النطاق (Hz)؛

τ: مدة النبضة المكافئة (تعادل عكس عرض نطاق الضغط) (s)؛

c: سرعة الضوء (m/s)؛

ΔR: استبانة المسافة على طول حزمة الرادار (m).

تجدر الإشارة إلى أن استبانة المسافة على سطح الرادارات الجانبية تعطى بالصيغة $\Delta R/\cos\theta_d$، حيث θ_d هي زاوية التسديد أو زاوية الارتفاع عند سطح الأرض. وعلى سبيل المثال، فإن نطاق عرض قدرته 100 MHz يعطي قيمة تبلغ 1,5 متراً لاستبانة المسافة على طول حزمة الرادار، (ΔR)، بزاوية انخفاض تبلغ 60 درجة، واستبانة المسافة هذه على السطح $\Delta R/\cos\theta_d$ تبلغ 3 أمتار. وفي حالة كشف الهواطل والسحب حيث ينبغي الحصول على عدد كبير من العينات المستقلة خلال فترة وجيزة من الإرسال عند كل موقع للمسح، يمكن استعمال تقنية خفة الترددات. وفي هذه الحالة ينبغي أن يكون عرض النطاق الإجمالي للرادار مساوياً إلى $N_f \times B$ على الأقل (N_f هو عدد قنوات التردد في نظام خفة التردد)، مع مراعاة تباعد التردد اللازم لعزل قنوات مستقبِل الرادار.

وختاماً، يلائم عرض نطاق بنسبة 100 MHz معظم تطبيقات أجهزة التحسس بالموجات الصغرية المحمولة على مركبة فضائية يستخدمها العلماء باستثناء مقاييس الارتفاع، التي تتطلب نطاقات عرض أكبر.

7 التحسس النشيط: ملخص الترددات المفضلة وعروض النطاق المطلوبة

تتقدم سريعاً تقنيات التحسس النشيط عن بعد بالموجات الصغرية، ورغم أن هناك مسائل كثيرة غير معلومة بعد، إلا أنه يمكن حالياً تحديد مجموعة من الترددات المفضلة التي تفي بقيود القياسات وتسمح بالقياس متعدد الترددات المستعمل للتمييز بين

الإشارات القادمة من مصادر مختلفة. ولأسباب تتعلق بالتقاسم، ينبغي بالضرورة أن تكون نطاقات التردد المحددة خصيصاً للتحسس النشيط جزءاً من النطاقات المستعملة بالتقاسم مع خدمة تحديد الموقع بالراديو. هكذا تكون الترددات المفضلة لقياسات التحسس النشيط عن بعد بالسواتل حول 435 MHz و1 و3 و5 و10 و14 و17 و35 و78 و94 و133 و238 GHz. ويكون عرض النطاق 100 MHz العرض المناسب لتطبيقات التحسس النشيط عن بعد غير قياس الارتفاع الذي يتطلب عرض نطاق قد يصل إلى 500 MHz لتحقيق الدقة اللازمة، ولكن في الوقت الحالي لا يمكن استعمال مثل هذا العرض ما عدا في النطاق الموزع للتحسس النشيط بالقرب من 14 و35 GHz. وإن استعمال نطاق آخر بعرض 500 MHz يسمح بتحقيق دقة ذات 2 cm في حالة تطبيق قياس الارتفاع في مجال علم المحيطات. وهناك نطاق ترددي آخر يسمح ببلوغ هذه الدقة يبلغ حوالي 5 GHz. وعرض نطاق حده الأدنى 6 MHz بالقرب من تردد 435 MHz يعتبر كافياً لتطبيقات تستخدم الرادار SAR من أجل التقييسات لرطوبة الأرض والكتلة الحيوية ولتوثيق التاريخ الجيولوجي والتغير المناخي، عن طريق قياس حجم وسماكة الصفائح الثلجية العالمية، ووضع خرائط للمناطق القاحلة وشبه القاحلة الواقعة تحت السطح مباشرة.

_____