

ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ИНФОРМАТИКИЙН ХҮРЭЭЛЭН

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ
БҮТЭЭЛ №6

УЛААНБААТАР
2004 ОН

Синтетик Апертуртай Радарын Полариметрийн болон Интерферометрийн Өгөгдлийн Анхдагч Боловсруулалт

Д.Амарсайхан, М.Ганзориг

Оршил

XXI зууны эхэн үеэс синтетик апертуртай радарын (САР) полариметрийн болон интерферометрийн аргууд нэн эрчимтэй хөгжиж, радарын тандан судалгааны шинэ чиглэл болон хөгжиж байгаа бөгөөд уг аргууд нь байгалийн ба хүний гараар бий болсон объектуудыг хамгийн үнэн зөв ангилах, газрын гадаргыг 3-хэмжээст огторгуйд дүрслэх, улмаар олон эх сурвалжийн мэдээг нэгтгэн нийлмэл судалгаа явуулах зэрэгт түлхүү ашиглагдаж байна.

Туйлшралын 4 төрлийг (НН, VV, HV, VH) ашигладаг радарын системийг полариметрийн систем гэж нэрлэх ба харин гадаргын тухай мэдээг агаар-сансрын өөр, өөр байрлалаас хүлээн авч, байрлалаас шалтгаалан гарах фазын ялгааг ашиглан гадаргын тоон загвар (ГТЗ) байгуулдаг системийг интерферометрийн САР гэдэг. Зайнаас тандах судлалын (ЗТС) уламжлалт мэдээтэй харьцуулахад (уламжлалт мэдээ нь голдуу градацын утгаар илэрхийлэгдсэн байдаг) полариметрийн болон интерферометрийн САР-ын мэдээ нь комплекс форматаар илэрхийлэгддэг бөгөөд тухайн пиксел тус бүрийн амплитуд болон фазын тухай мэдээллийг агуулдгаараа онцлог юм.

Энэхүү өгүүллийн зорилго нь комплекс форматаар илэрхийлэгдсэн полариметрийн болон интерферометрийн САР-ын анхдагч өгөгдлийг хэрхэн боловсруулж дүрс мэдээ болгон хувиргах, улмаар анхдагч боловсруулалт хийх аргазүйн тухай өгүүлэхэд оршино.

Аргазүй

Анхдагч комплекс өгөгдлийг дүрс зураг болгон хувиргах тусгай аргазүй байдаг бөгөөд хувиргалтын үйлдлийн дарааллыг Зураг 1-д харуулав. САР-ын эцсийн бүтээгдэхүүнүүд болох кохиренс болон амплитуд зургуудыг гарган авахын тулд дараахь үйлдлүүдийг гүйцэтгэнэ. Үүнд:

1. Эхлээд интерферометрийн мэдээ тус бүр дээр жигд тархсан олон тооны (практикт энэ зорилгоор олон зуун цэгийг сонгодог) тулгуур цэгүүдийг дагуулын орбитын параметрийн тусламжтайгаар тодорхойлж (энэ нь голдуу автоматаар тодорхойлогдоно), байрзүйн холболт хийх бөгөөд холболтын үеийн дундаж квадрат алдаа хамгийн бага байх шаардлагатай.
2. Зургийн кохиренсыг тооцоолно. Кохиренсийг тодорхойлохын тулд амплитуд болон фазын тухай мэдээг ашиглах бөгөөд байрзүйн холболт хийгдсэн зургийн хос комплекс утга (S_1, S_2) бүрийн хувьд кохиренс нь дараахь байдлаар илэрхийлэгдэнэ:

$$\gamma = \frac{\langle S_1 S_2^* \rangle}{\sqrt{\langle S_1 S_1^* \rangle \cdot \langle S_2 S_2^* \rangle}}$$

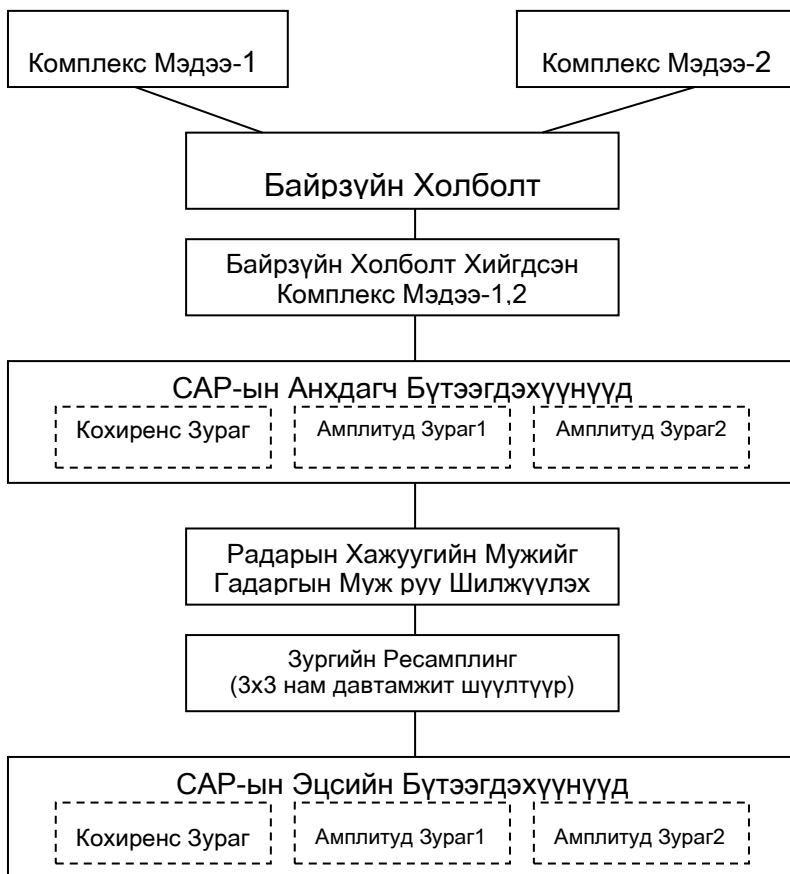
Үүнд:

< > - дундажлагдсан дүн,
* - дүрсийн комплекс хэсэг.

Практикт кохиренсийг тодорхойлохдоо үнэлгээний аргыг ашигладаг бөгөөд аливаа комплекс зургийн кохиренсийг голдуу $M \times N$ хэмжээтэй дундаж шүүлтүүрийг хэрэглэн дараахь томъёог ашиглан тооцоолдог:

$$\hat{\gamma} = \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_1(i, j) S_2^*(i, j) \right) \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_1(i, j) S_2^*(i, j) \right)^* \right]}{\left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_1(i, j) S_1^*(i, j) \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_2(i, j) S_2^*(i, j) \right)^{\frac{1}{2}}}$$

3. Комплекс мэдээ тус бүрийн модулийг тооцоолж амплитуд зургуудыг гарган авна.
4. Комплекс мэдээ нь радарын хажуугийн мужаар илэрхийлэгдсэн байдаг ба геометрийн хувьд өндөр нарийвчлал бүхий зураг гарган авахын тулд түүнийг гадаргын мужийн зураг болгон хувиргах шаардлагатай. Иймээс хажуугийн мужаар илэрхийлэгдсэн зургуудыг гадаргын мужийн зургууд болгон хувиргана.



Зураг 4.13. Анхдагч комплекс мэдээг дүрс зураг болгон хувиргах аргазүй.

5. САР-ын эцсийн бүтээгдэхүүний хэмжээ квадрат матриц маягаар илэрхийлэгдэх ёстой бөгөөд ийм зураг гарган авахын тулд 3×3 хэмжээтэй нам давтамжит шүүлтүүрийг хэрэглэн зургийн интерполяцын аргыг ашиглана.

Ганц туйлшралыг ашигладаг радарын системтэй харьцуулахад полариметрийн САР-ын давуу тал нь бүх л боломжит туйлшралыг ашигладагт байдаг бөгөөд ингэснээр, аль нэг туйлшралын мэдээн дээр тодроогүй биет, юмс нөгөө туйлшралын мэдээн дээр тодрох явдал цөөнгүй байдгаас гадна, полариметрийн мэдээ нь олон хэмжээсээр илэрхийлэгддэг учир боловсруулалт, дүн шинжилгээ хийх асар их боломжийг бий болгодог. Полариметрийн арга хөгжсөнөөр дүрсийн энтропи дээр тулгуурласан ангиллын арга хөгжсөн бөгөөд улмаар, энтропи дээр тулгуурласан ангиллын арга Вишертийн ангиллын арга, энтропи дээр тулгуурласан ньюрал сүлжээний аргууд хөгжиж байна. Үүнээс гадна, полариметрийн САР-ын мэдээг боловсруулахад олон хэмжээст тоон өгөгдлийг боловсруулдаг уламжлалт аргуудыг ч өргөнөөр ашиглаж болохоос гадна, сарнилын матриц дээр тулгуурласан төрөл бүрийн аргуудыг ч ашиглах боломжтой. Ялангуяа, сарнилын матриц дээр тулгуурласан зарим аргаар полариметрийн мэдээг боловсруулахад хялбар бөгөөд ихээхэн үр дүнтэй байдаг. Ийм аргуудын нэгд Паулийн матриц багтах бөгөөд полариметрийн мэдээний хувьд уг матриц нь дараахь байдлаар илэрхийлэгдэнэ:

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{hh} & S_{hv} \\ S_{vh} & S_{vv} \end{bmatrix}$$

Үүнд:

S_{hh} - хөндлөн, хөндлөн туйлшрал,
 S_{hv} - хөндлөн, босоо туйлшрал,
 S_{vh} - босоо, хөндлөн туйлшрал,
 S_{vv} - босоо, босоо туйлшрал.

Дээрхи матрицад $S_{hv}=S_{vh}$ гэж үзвэл, S-матриц нь дараахь хэлбэрийн Паулийн матриц маягаар илэрхийлэгдэнэ:

$$\bar{k}_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_{hh} + S_{vv} \\ S_{hh} - S_{vv} \\ 2S_{hv} \end{bmatrix}$$

Полариметрийн мэдээг Паулийн матриц хэлбэрээр илэрхийлэхэд, уг матриц дахь элементүүдийг сарнилын механизмтай шууд уялдуулан тайлал хийж болдог. Тухайлбал, Паулийн матрицын эхний элемент буюу Паулийн Компонент (ПК) 1 нь шууд сарнилыг, ПК2 нь булангийн ойлтын сарнилыг, харин ПК3 нь 45 градус хазайсан булангийн ойлтын сарнилыг илэрхийлдэг. Паулийн матрицын энэхүү чанарыг полариметрийн мэдээн дээр дүрслэгдсэн янз бүрийн биесийн спектр тодролыг сайжруулах, мөн түүнчлэн полариметрийн мэдээний чанарыг шалгах зэрэгт ашиглаж болдог.

Интерферометрийн дагуулын мэдээг ашиглан гадаргын тоон загвар (ГТЗ) байгуулахдаа, эхлээд комплекс зургууд хоорондын кохиренсыг тодорхойлж, дараа нь интерферограммыг байгуулж, улмаар ГТЗ-ыг байгуулдаг. ГТЗ-ыг байгуулах гол арга нь радарын антеннд буцаж бүртгэгдсэн 2 сигналын фазын ялгааг тодорхойлох зарчим дээр тулгуурласан байдаг ба интерферометрийн фазыг (ϕ) дараахь маягаар тодорхойлно:

$$\phi = \frac{4\pi(R_1 - R_2)}{\lambda}$$

Үүнд:

R_1, R_2 - радарын 2 антенн тус бүрээс тухайн цэг хүртэлх зай,
 λ - долгионы урт.

Одоо үед, полариметрийн болон интерферометрийн мэдээг зэрэг хүлээн авдаг SAR-ын систем зөвхөн агаарын түвшинд (тухайлбал, Японы Pi-SAR, Германы E-SAR зэрэг системүүд) байгаа бөгөөд ирээдүйд сансрын түвшингийн ийм систем бий болно гэдэгт эрдэмтэд итгэлтэй байна. Гэхдээ, полариметрийн болон интерферометрийн мэдээг тус, тусдаа хүлээн авдаг дагуулууд бий болж байгаа бөгөөд эдгээрийн тоонд Европын Сансрын Агентлагийн хөөргөсөн ENVISAT (полариметрийн мэдээ хүлээн авдаг), Канадын Radarsat-2 (интерферометрийн мэдээ хүлээн авдаг) зэрэг дагуулууд зүй ёсоор багтана. Удахгүй ШУА-ийн ИХ нь Германы Тандан Судлахуйн Төвтэй хамтран явуулж байгаа судалгааны хүрээнд Монгол орны зарим нутгийн ENVISAT дагуулын мэдээг хүлээн авах бөгөөд тэдгээр мэдээллийг дээр дурьдсан аргаар боловсруулах болно. Мөн түүнчлэн, ERS-1 SAR, ERS-2 SAR дагуулууд нь эх дэлхийн тухай мэдээг 1 хоногийн зайтайгаар хүлээн авдаг ба гадаргын тухай мэдээг өөр, өөр байрлалаас хүлээн авдаг учир, байрлалаас шалтгаалан гарах фазын ялгааг нь ашиглан ГТЗ-ыг байгуулж болдог.

Дүгнэлт

Энэхүү өгүүлэлд, одоо үед ЗТС-н мэдээний хэрэглэгч болон судлаачдын дунд ашиглаж эхэлж байгаа (комплекс форматаар илэрхийлэгдсэн) полариметрийн болон интерферометрийн SAR-ын анхдагч өгөгдлийг хэрхэн боловсруулж дүрс мэдээ болгон хувиргах, улмаар анхдагч боловсруулалт хийх аргазүйн тухай өгүүлэхийг зорьсон бөгөөд энэхүү зорилгоор SAR-ын эцсийн бүтээгдэхүүнүүд болох кохиренс болон амплитуд зургуудыг хэрхэн гарган авах, мөн түүнчлэн анхдагч боловсруулалтад ашиглагддаг Паулийн матрицын тухай тус тус өгүүлэв.

Ном Зүй

1. Amarsaikhan, D. and Sato, M., 2003, Evaluation of the PiSAR data for land cover discrimination, Proceedings of the Asian Conference on Remote Sensing and International Symposium on Remote Sensing, pp.763-766, Busan, Korea, November 2003.

2. Amarsaikhan, D. and Sato, M., 2003, Fusion of polarization components of the Pi-SAR data, CD-ROM Proceedings of the SAR Workshop, Niigata, pp.1-10, August 2003, Japan.
3. Amarsaikhan, D. and Sato, M., 2004, Validation of the Pi-SAR data for land cover mapping, Journal of the Remote Sensing Society of Japan, No.2, Vol.24, pp.133-139.
4. Amarsaikhan, D. and Sato, M., 2004, Rule-based Classification of X- and L-band Pi-SAR data, A Paper Submitted to the *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*.