

1. **EUSAR'06, European Conference on Synthetic Aperture Radar, Dresden, Germany, May 16-18, 2006. 1 First Evaluations of Airborne InSAR Time-Series** Karlus A. C. de Macedo, Rolf Scheiber, Alberto Moreira **Microwaves and Radar Institute (DLR), Germany*** **The author holds a Grant from CAPES, Brazil**

1.1. Resumen

Para permitir el análisis de series temporales de imágenes SAR en el aire utilizando PS (Scatterers permanentes), este documento tiene dos objetivos principales. La primera es mostrar, de manera cuantitativa, que existe un compromiso entre el número de imágenes utilizadas para detectar PS, su probabilidad de ser detectado y su estabilidad. Esta compensación se deriva de las teorías de estimación y detección. El segundo objetivo es investigar la posibilidad del uso de dispersores permanentes para estimar las ondulaciones de fase no deseadas en los datos en el aire debido a errores de movimiento residual. Se propone una nueva técnica, la llamada PS-PGA, donde aplicamos el algoritmo de gradiente de fase en las PS para obtener estimaciones de longitud de onda inferior de los errores de movimiento residual tanto para el maestro como para los esclavos, por separado, de manera diferente a los enfoques actuales. La compensación de estos errores residuales conducirá a mediciones D-InSAR en el aire más confiables.

1.2. Introducción

Para compensar en interferogramas las contribuciones de fase no deseadas debido a los efectos atmosféricos, los errores DEM, [1] propone la técnica de Scatterer permanente (PS). La técnica PS implica la selección de dispersores estables en fase, estimación y compensación de la pantalla de fase atmosférica (APS), inversión de parámetros de deformación del terreno y errores DEM de una serie de datos SAR. Esta técnica se ha aplicado con éxito a datos espaciales en los que conjuntos de más de 30 imágenes a menudo están disponibles. Para una estimación confiable de APS utilizando la técnica PS, [2] muestra que se necesitan más de 20 imágenes. En este artículo investigamos por primera vez el uso de la técnica PS en datos aéreos. A diferencia del caso espacial, los efectos atmosféricos no son la principal fuente de contribución de fase no deseada en los datos aéreos. Para el caso aerotransportado, la precisión de las mediciones de fase se ve afectada principalmente por las desviaciones de la plataforma de la pista nominal. Después de una compensación de movimiento muy precisa [3], los errores de movimiento residual en el orden de 5-10 cm todavía están presentes en la imagen, lo que causa ondulaciones de fase significativas que convierten las aplicaciones D-InSAR (mediciones de longitud de onda inferior) con datos en el aire impracticables. Disponibilidad de grandes conjuntos de datos de plataformas en el aire, comenzamos nuestra investigación con un conjunto de 14 imágenes del sistema E-SAR adquiridas en el mismo día. Debido a la diferente naturaleza de los errores de fase entre el espacio y el aire, puede ser posible, de manera diferente a la estimación de APS, usar menos de 20 imágenes para estimar los errores de movimiento residual, como se mostrará. Para tener una selección robusta y confiable de PSs con 14 imágenes SAR, desarrollamos y proponemos un análisis cuantitativo del rendimiento de la selección de dispersores permanentes. Pero hasta ahora, no existe una relación cuantitativa que muestre la compensación entre el número de imágenes, la estabilidad de fase deseada y la detectabilidad de los dispersores permanentes seleccionados.

En la sección 2, derivamos una relación de compromiso del compromiso entre el número de imágenes para detectar candidatos PS, su estabilidad y su probabilidad de detección. En la sección 3, usamos los PS seleccionados para estimar las ondulaciones de fase no deseadas en los datos en el aire debido a

errores de movimiento residual. Proponemos una nueva técnica, la llamada PS-PGA, donde aplicamos el algoritmo de Gradiente de Fase en los PS para obtener estimaciones de longitud de onda sub del error de movimiento. Una discusión de los resultados se incluye en la Sección 4.

1.3. Selección de rendimiento

Ahora podemos analizar el rendimiento de la selección permanente de scat-terers en términos de estabilidad (el definido re PD) y detectibilidad (PAGES re y PAGES fa), para diferentes SNR (100 valores diferentes de SNR entre -3.4 a 23dB utilizados). Figura 2 muestra la probabilidad de detección para un umbral fijo y la variación del número de imágenes utilizadas. Vemos que cuanto mayor es el número de imágenes, más abrupta es la variación de la probabilidad de detección en función de la SNR. Esto significa que, cuando aumenta el número de imágenes, se realiza una selección muy precisa y se detecta casi todas las PS. Figura 2 b muestra la frecuencia de alarma falsa para un umbral fijo re $T = 0.2$ y variando el número de imágenes utilizadas. Vemos que cuanto mayor es el número de imágenes, menor es el pico de la tasa de falsas alarmas, así como el área debajo de la curva. Esto significa que, cuando aumenta el número de imágenes, se confunden menos dispersores y los que se seleccionan incorrectamente están muy cerca de ser un PS.

1.4. Los PS seleccionados en datos reales

El conjunto de datos utilizado para el primer análisis de series de tiempo se compone de 14 imágenes (banda L) adquiridas en el mismo día (11 de mayo de 1998) y líneas de base perpendiculares que van de -105 a 108 metros. Para una selección confiable de PS, figura 3 , el PAGES fa tiene que ser menor o igual 10 - 3 % Esta conclusión proviene del hecho de que al tomar una ventana de 100x100 píxeles sobre áreas homogéneas como el césped, tenemos alrededor de 30 PS seleccionados distribuidos al azar en el interior. Esto es 0.3 % del número total de dispersores. Al analizar el valor de amplitud en la ventana, no se encontró un pico prominente y la SNR es baja, lo que nos hace concluir que la selección de PS con PAGES fa = El 3 % no es robusto en áreas con vegetación. Por lo tanto, para 14 imágenes, la selección de PS (re PD = 0.25), sobre un área con vegetación, solo es posible estableciendo re $T = 0.06$ para tener PAGES fa 10 - 3 % pero pagando el precio de tener solo PAGES re = 17 %. Este rendimiento se puede ver en figura 3 Para verificar esto, analizamos los dispersores que pertenecen a una cerca a la derecha de la pista. Esta cerca tiene un alto SNR y tiene muchos PS con re PD 0.25. Vemos que por alrededor de 800 píxeles que pertenecen a la cerca, solo tenemos alrededor de 50 (7 %) que se detectan como PS con re $T = 0.06$. Otra indicación de la baja detectabilidad son los 9 reflectores de esquina ubicados en la imagen y marcados con círculos blancos. Cuatro de nueve esquinas son seleccionadas como PS

1.5. La técnica PS-PGA

a ventana es mayor que cierto umbral SNR T . Usamos como SNR T el valor que corresponde a re PD = 0.25 usando (3). Por el momento usamos una ventana de 25x25. El segundo criterio es verificar si el valor 3dB de la amplitud de la PS es igual o menor que la resolución teórica de la imagen. Usando estos criterios podemos estar seguros de que solo hay un dispersor principal dentro de la ventana. Aproximadamente el 50 % de los PS seleccionados resultaron ser IPS. El algoritmo PS-PGA se implementa para imágenes enfocadas en mapas de franjas al tomar cada uno de los IPS dentro de su ventana correspondiente, descomprimir el IPS y desarmarlo para obtener $\hat{k}(t)$ [7] Luego aplicamos el estimador de gradiente de fase

La técnica PS-PGA está destinada a ser utilizada para la estimación de errores de movimiento residual de los sistemas SAR en el aire. Después de la compensación de movimiento dependiente de la topografía y la apertura, PTA-MoComp [3], los errores residuales de movimiento (en el orden de 5 a 10 cm) todavía están presentes debido a las inexactitudes del DEM y del sistema de navegación que causan errores de

fase en el interferón final. gramo. Estos errores de fase residual hacen que las mediciones de D-INSAR sean poco prácticas. Trabajando con PS, nuestra estimación con PGA será muy robusta y precisa, lo que conducirá a una sincronización de fase, después de la integración (8), que puede alcanzar la precisión de sub-onda. Esa es la principal diferencia con la PGA convencional. En este último caso, la selección de los puntos que se utilizarán en la estimación se basa solo en el brillo del objetivo, lo que puede llevar a estimaciones inexactas cuando la mayoría de los objetivos eligen no ajustarse al modelo asumido (objetivo fuerte en WGN). PS-PGA requiere pasos de InSAR. Para identificar los PS, las imágenes deben estar bien enfocadas y estar sub-pixeladas registradas. Por lo tanto, PS-PGA no es intencionado para imágenes enfocadas, sino para estimar errores de fase a escala PS, es decir, subpíxeles [1], mejorando la precisión interferométrica. Figura 4 muestra la estimación del error de fase PS-PGA (rango medio) para la imagen maestra y uno de los esclavos del conjunto de datos de 14 imágenes. Como cada PS proporciona una estimación para una apertura sintética completa, no es necesaria una densidad muy alta de PS. Figura 4 también muestra el error de fase intererométrica entre ellos (hasta 30 grados en este caso). La compensación de este error de fase se puede hacer usando PTA-MoComp [3], independientemente para cada imagen. Otra técnica para la estimación del error de movimiento residual para pares interferométricos se describe en [8], pero en este enfoque no es posible la estimación independiente de los errores maestro y esclavo.

1.6. Conclusión

Se obtuvo un análisis de rendimiento de selección de PS. Este análisis estadístico es muy importante cuando se accede a la calidad y confiabilidad de los PS seleccionados. Además, los primeros resultados de la técnica PS-PGA propuesta aquí parecen muy prometedores y el estimador de PGA dependiente del rango se implementará en el siguiente paso. La adquisición de más interferogramas conducirá a más PS y a una reducción del error de estimación. Dado que PS-PGA está destinado a aplicaciones D-INSAR, una serie de adquisición a lo largo del tiempo no es una restricción ya que después de la compensación de errores de fase residual, Esta serie de tiempo se utilizará para estimar parámetros como velocidades de deformación del terreno y errores de DEM. El trabajo adicional consiste en evaluar la mejora de las mediciones de D-InSAR en el aire después de compensar los errores de movimiento residual estimados por PS-PGA y acceder a su precisión en función del número de PS.