

# 1. Robust Estimation of Radar Reflectivities in Multibaseline InSAR

## 1.1. Resumen

Examinamos cómo explotar de manera confiable la diversidad de línea base de un radar de apertura sintética interferométrica multicanal (InSAR) sistema para superar el problema de la escala. En la práctica, los vectores de dirección de referencia serán imprecisos, lo que dará como resultado una matriz mala calibración. Proponemos un enfoque no paramétrico de multilook basado en la sólida formación de haz de Capon (RCB, formación de haz de Capon), lo que permite la incertidumbre en los vectores de dirección.

## 1.2. Introducción

Radar de apertura sintética interferométrica (InSAR) es una técnica poderosa y cada vez más amplia permitiendo la estimación del terreno tridimensional imágenes, con alta resolución espacial y altura exactitud. Por lo general, un InSAR (línea de base única) el sistema adquiere dos imágenes SAR complejas de dos antenas ligeramente separadas por una (única) vía transversal línea de base [1, 2]. Usando la diferencia de fase entre los ecos recogidos por las dos antenas de la interferómetro, la llamada fase interferométrica  $\phi$ , se puede determinar con precisión el ángulo de elevación  $\theta$  y como resultado la altura del terreno para cada píxel correspondiente a la misma área de tierra en ambas imágenes. Desafortunadamente, la técnica sufre de la fenómeno de escala que aparece cuando la imagen la escena contiene áreas muy inclinadas o discontinuas superficies [1, 2]; ver también la Fig. 1. En estas condiciones, la señal recibida es la superposición de los ecos salpicado de los diversos parches de terreno que están mapeados en la misma resolución de rango-azimut celular pero tienen diferentes ángulos de elevación [2]. Un InSAR multibaseline el sistema tiene la capacidad de resolver las múltiples fuentes a lo largo del ángulo de elevación, y varios enfoques ha sido sugerido en la literatura [3—8]. En [3], Se sugirió un enfoque de formación de haces para resolver este problema. Sin embargo, la formación de haces sufre de problemas bien conocidos de resolución y fugas, y en general, no es posible obtener una gran cantidad general línea de base con suficientes muestras coherentes para alcanzar el resolución deseada en elevación [9]. Después, también se consideraron técnicas de superresolución [4, 6, 10]. Un problema adicional es el hecho de que las fuentes de retrodispersión no pueden representarse como objetivos puntuales, debido a su naturaleza extendida [1, 2]. La señal retrodispersada se ve afectada por el llamado fenómeno moteado, que puede estar bien modelado como un estocástico multiplicativo de valor complejo proceso. Para contrarrestar los efectos nocivos de la moteado, a menudo es ventajoso procesar más de datos de un vistazo, combinando varias observaciones de la misma área del terreno [1]. Esto se hizo en [11], donde el algoritmo APES se extendió para manejar multilook datos, y en [12], donde el Capón, mínimos cuadrados, Se aplicaron los algoritmos root-MUSIC y RELAX al problema multibaseline. Como es bien sabido, los métodos de capón y APES dependientes de datos tener una mejor resolución y una interferencia mucho mejor capacidad de rechazo que el estándar independiente de datos formador de haces, siempre que el vector de dirección de la matriz correspondiente a la señal de interés es con precisión conocido. Sin embargo, si los vectores de dirección son inciertos, que debido a errores de calibración de matriz es el típico.

## 1.3. Descripción del modelo

Considere un interferómetro multibaseline cross-track sistema con  $K$  centros de fase bidireccionales alineados a formar una matriz [6, 12, 15]. La distancia entre el centro de la primera y última fase en la matriz representa la longitud de línea de base general  $B$ , como se muestra en la Fig. 1. A aumentar la precisión en presencia de moteado, múltiple las miradas se recogen de adyacentes homogéneos píxeles o de múltiples observaciones obtenidas por partición de la abertura sintética [1, 2]. Típicamente, un

número muy limitado de apariencias  $N$  está disponible. las amplitudes complejas de los píxeles de la  $n$ -ésima mirada correspondiente a la misma área fotografiada en el suelo, recogido en los centros de fase  $K$  de la matriz de antenas en presencia de escala, se modelan como...

es el número de fuentes de retrodispersión extendidas, es decir, el número de parches de terreno ubicados sobre en la misma celda de resolución de azimut de rango, que tiene Diferentes elevaciones. Suponemos aquí que  $N_s$  es conocido, señalando que diferentes métodos para estimar  $N_s$  tienen discutido en [18] y [19]. El parámetro  $\mu_m$  tiene valor real y es positivo y denota la media contribución de intensidad de píxeles del parche  $m$ th; es se supone que no cambia de una mirada a otra, pero ser dependiente de la fuente. Este parámetro es la textura, o reflectividad de radar, y puede considerarse como una escala sección transversal del radar normalizada [14]. Como en [6], nosotros considerar las reflectividades como deterministas desconocidas parámetros. Además, las fases interferométricas  $f_{mg}$  se definen como la diferencia de fase entre el dos centros de fase más lejanos. Están relacionados en un mapeo uno a uno con el ángulo de elevación del  $m$ th terreno parche  $m$  y a la frecuencia espacial  $m$  as

## 1.4. Ejemplo Numerico

donde  $(\cdot)^*$  denota conjugado,  $K$  es el número de centros de fase en el sistema InSAR y  $b_m = B/B_{cm}$  es la línea de base normalizada en relación con el parche  $m$ th, con  $B_{cm}$  que denota la línea de base crítica, es decir, el separación espacial para la cual el término  $m$ th moteado considerado de forma aislada está completamente relacionado con la decoración en los extremos de la matriz; depende de parámetros del sistema de radar y en la pendiente local del parche  $n$ -ésimo [1]. Esta correlación triangular la secuencia es el modelo básico de moteado utilizado en SAR interferometría para objetivos extendidos planos [1, 2]. A lo largo de estas simulaciones, asumimos un caso con dos fuentes presentes ( $N_s = 2$ ). La elección de  $K$  en sistemas prácticos / champañas es una compensación entre costo, resolución de Rayleigh a lo largo del ángulo de elevación, rango de altura inequívoco y posible temporal descorrelación en sistemas de repetición de paso. Aquí, generalmente  $K = 8$  se adopta como un valor medio representativo tanto en el aire como en el espacio existente o planificado sistemas [4, 5, 7, 21—23], pero también examinamos cómo funcionan los métodos para otro número de fases centros. Además, suponemos que los valores.

Afortunadamente, el MRCB es robusto a la elección de  $\sigma^2$  también [17], es decir, el método es robusto al impacto de una falta de coincidencia entre las perturbaciones supuestas y las reales. Esta robustez se ve en la Fig. 4, donde el RMSE se muestra como una función de múltiplos de  $\sigma^2$ ; aquí, ambos  $\sigma^2$  i?  $B = \frac{3}{2} \text{ i? } B = 0:002$  implica  $\sigma^2 = 0:32$ , pero como se ve en la figura se puede permitir que la elección de  $\sigma^2$  varíe en un amplio rango de valores sin significativamente afectando la calidad de las estimaciones. sin embargo, el la elección de  $\sigma^2$  determinará el rango de búsqueda para  $\sigma$ , utilizado en la minimización en (27) [17]; en nuestra experiencia debido a la naturaleza aproximada de varmaxf [ea ('m)] ig, a menudo es mejor permitir un poco más grande rango de búsqueda superior a  $\sigma$ , de lo que se propone en [17]. En estas simulaciones, hemos permitido  $\sigma$  a 5 veces mayor rango de búsqueda, extendiendo la parte superior permitida límite de  $\sigma$ , en comparación con el utilizado en [17]. Además, examinamos cómo una perturbación menor afectar el desempeño de los diferentes estimadores. Las figs. 5—9 muestran el RMSE de la segunda reflectividad estimaciones para la separación de fase interferométrica variable, número de miradas ( $N$ ), línea de base normalizada ( $b_2$ ), número de centros de fase ( $K$ ) y SNR. Aquí,  $\frac{3}{2} \text{ i? } B = \frac{3}{2} \text{ i? } B = 0:002$ . Como se muestra en la Fig. 5, es evidente cómo el formador de haces convencional se degrada más allá del Límite de resolución de Rayleigh, y cómo la propuesta MRCB generalmente funciona mejor que ambos formador de haces y MSCB; el precio pagado es algo.

## 1.5. Conclusión

En este trabajo, aplicamos el RCB(robust Capon beamforming, haz de capón robusto) reciente en el escenario InSAR multibaseline que presenta una matriz modelo de error para esta aplicación específica.

Además, También ampliamos el enfoque robusto al mínimo estimador de cuadrados de las amplitudes de señal. Nosotros encontramos que cuando hay errores de matriz, el rendimiento de el método robusto de Capon a menudo es preferible a ambos el capón estándar y los enfoques de formación de haces.