

1. Ventana de muestreo de Knab para la interpolación de datos InSAR-Knab Sampling Window for InSARData Interpolation Maurizio Migliaccio, Senior Member, IEEE , Ferdinando Nunziata, Student Member, IEEE ,Felice Bruno, and Francesco Casu

1.1. Resumen

El procesamiento de radar de apertura sintética interferométrica requiere la interpolación de una imagen esclava en una imagen maestra. Dado que las señales que requieren interpolación son limitadas tanto en tiempo como en ancho de banda, la ventana de muestreo de Knab proporciona un núcleo de interpolación casi óptimo y viable. Se muestra su rendimiento en términos de preservación de coherencia y error de fase interferométrica como una función del número de muestras retenidas y el factor de sobremuestreo.

1.2. Introducción

El procesamiento de radar de apertura sintética interferométrica requiere la interpolación de una imagen esclava en una imagen maestra. Dado que las señales que requieren interpolación son limitadas tanto en tiempo como en ancho de banda, la ventana de muestreo de Knab proporciona un núcleo de interpolación casi óptimo y viable. Se muestra su rendimiento en términos de preservación de coherencia y error de fase interferométrica como una función del número de muestras retenidas y el factor de sobremuestreo.

En esta carta, se presenta un estudio numérico sobre la efectividad del esquema de interpolación que se utiliza para interpolar la imagen SAR esclava en la imagen SAR maestra. Se proporciona un estudio paramétrico sobre la efectividad de la ventana de muestreo de Knab [5] - [7] como núcleo de interpolación, considerando los parámetros como el número de muestras de la banda L y factor de sobremuestreo . A efectos de comparación, también se proporciona el rendimiento de los esquemas de interpolación clásicos basados en una función sinc truncada [8], y se ve que el núcleo de interpolación Knab proporciona una mejor explotación del sobremuestreo

1.3. Antecedentes

Desde un punto de vista teórico, la selección del mejor núcleo de interpolación depende de las características de la señal electromagnética a interpolar, y cuando se trata de una señal de banda limitada, el teorema de muestreo de Shannon – Whittaker – Kotel’nikov [8] es ser explotado Establece que una señal de banda limitada se puede reconstruir completamente a partir de muestras uniformes si se adquieren al menos a la frecuencia de Nyquist [8]. ¡Esta declaración, sobre un dominio abierto, implica un número infinito de muestras de datos! En todos los casos reales, solo hay disponible un número finito de muestras. Desde el punto de vista de la aplicación, debe tenerse en cuenta que la mayoría de las imágenes SAR se caracterizan por áreas heterogéneas, es decir, los escenarios de dispersión son diferentes a nivel macroscópico, lo que implica que las áreas son físicamente no correlacionado. Por todas las razones antes mencionadas, el problema que realmente está en cuestión es la interpolación de señales truncadas de banda limitada. Una solución, que mostraremos que proporciona un buen rendimiento, es el núcleo de la ventana de muestreo de Knab [7].

Se ha demostrado que el esquema de interpolación basado en el núcleo de la ventana de muestreo de Knab es superior a los clásicos, y es posible minimizar la degradación de la coherencia incluso cuando se retiene un número limitado de muestras. Físicamente, esto puede explicarse simplemente porque el

núcleo de muestreo Knab se adapta a .

1.4. Resultado numérico

En esta sección, se presenta y discute un estudio numérico basado en el esquema de interpolación interferométrica al que se hace referencia en la Sección II. El estudio analiza el esquema de interpolación basado en la ventana de muestreo de Knab en función del factor de sobremuestreo y del número de muestras retenidas L . Para enfatizar la relevancia del nuevo enfoque, también se presenta un análisis comparativo con el esquema de interpolación clásico basado en el sinc truncado.

El código original se ha desarrollado en MatLab 7.1 utilizando la nueva integración numérica basada en la cuadrícula adaptativa Lobatto. De acuerdo con [4] y [5], el sistema SAR se modela como $H(f) = \text{rect}(f/B)$. Los esquemas de interpolación se evalúan objetivamente mediante la coherencia después de la interpolación.

El esquema de interpolación basado en la ventana de muestreo de Knab tiene un comportamiento monótono, lo que indica su capacidad para aprovechar al máximo el sobremuestreo.

no garantiza mejores resultados. Curva de coherencia C muestra primero un rápido aumento y luego un comportamiento de saturación. Esto significa que el nuevo enfoque es capaz de mejorar el resultado clásico, incluso a pequeña escala valores. En la Fig. 2, se muestra el caso que es relevante para ocho puntos. Aunque todos los comentarios que son relevantes para la Fig. 1 todavía se aplican, en este caso, un comportamiento oscilatorio más pronunciado de las curvas que son relevantes para el esquema de interpolación basado en el seno truncado se experimenta. Además, como se esperaba, el esquema de interpolación basado en la ventana de muestreo de Knab logra mejores resultados tanto con respecto a la sinc truncada de ocho puntos como a la ventana de muestreo de Knab de seis puntos.

se pueden obtener resultados muy notables mediante un muestreo pequeño y / o un pequeño número de muestras retenidas. Todos estos son congruentes con el estudio que se presenta en [6]. Finalmente, para proporcionar un resumen cuantitativo simple de todos estos resultados, en la Tabla I, el factor de sobremuestreo requerido se incluye para proporcionar, en el caso de sinc truncado y en el caso de la ventana de muestreo de Knab, un error de fase interferométrica, respectivamente. Este análisis muestra que el esquema de interpolación basado en el sinc truncado nunca es capaz de proporcionar un error menor que 3.

1.5. Experimentos

Se realizó un experimento con datos reales para confirmar las predicciones teóricas. Los datos de SAR del área de la bahía de Napoli en Italia, que fueron adquiridos por el primer satélite europeo de teledetección (ERS-1) el 30 de agosto de 1995, se procesaron para obtener una imagen compleja de 20000 de aspecto único \times 4800 muestras (no se muestra para ahorrar espacio). La imagen SAR corresponde a un área muy heterogénea que incluye mar y tierra. El área de tierra de la escena SAR comprende el área de Flegrean, el volcán Vesubio, la ciudad de Napoli, estructuras artificiales y áreas agrícolas y con vegetación. Para evaluar solo el error de fase interferométrica debido al esquema de interpolación, el procedimiento que se aplica sobre estos datos sigue la lógica que se detalla en [4]: La señal compleja de sobremuestreadores de banda limitada se filtra por un factor (aquí, 10). Esta señal es la señal de referencia de [4]. Luego, la señal de referencia se muestrea por el mismo factor. Tal señal es interpolada y comparada con la de referencia. Los errores de fase interferométrica se han evaluado para los casos de seis a 12 puntos (no se muestra para ahorrar espacio). Se considera el esquema de interpolación basado en el sinc truncado y los núcleos de la ventana de muestreo de Knab. En la Tabla II, el error de fase rms resultante y los teóricos están listados. Los resultados experimentales y teóricos son congruentes pero no idénticos. Esto puede explicarse físicamente porque los datos SAR

reales se caracterizan por la heterogeneidad de dispersión y la hipótesis estadística entre píxeles ,no es estrictamente aplicable.

Estos resultados confirman claramente que el esquema de interpolación basado en la ventana de muestreo de Knab es mejor y que el beneficio cuantitativo, como se esperaba, está relacionado con el escenario de dispersión.

Los requisitos computacionales del nuevo esquema de interpolación son, como con cualquier interpolación lineal, una función de la longitud del núcleo y no de los pesos del núcleo en sí. Por lo tanto, no se requiere potencia de procesamiento adicional para el muestreo de Knab win-dow en comparación con los interpoladores clásicos.

1.6. Conclusión

Se ha proporcionado un estudio sobre el uso de la ventana de muestreo de Knab para la interpolación de datos InSAR. Los resultados muestran que se puede lograr un rendimiento muy bueno incluso con un factor de sobremuestreo limitado y / o con pocas muestras retenidas. La interpolación de Knab se implementa actualmente en el procesador InSAR del Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico-dell'Ambiente y también en aperturas sintéticas interferométricas.