

Super-resolución en microscopía de fluorescencia: el algoritmo MSSR

Contacto: Federico Lecumberry, Esley Torres

Uno de los algoritmos recientemente desarrollados es *Mean-Shift Super Resolution* (MSSR) [1], el cual está basado en la Media Desplazada (MS, mean shift, por sus siglas en inglés)[2,3]. MSSR permite hacer SRM a partir de una sola imagen (ver Figura 1). Su basamento teórico yace en el hecho de que el vector MS da una medida local de la homogeneidad de una región de la imagen especificada y a su vez permite mitigar el ruido. MSSR también cuenta con el procesamiento temporal de secuencias de imágenes (ver Figura 2).

La aplicación del algoritmo MSSR está directamente relacionada con la mejora de resolución de imágenes obtenidas a través de microscopios. Debido a que los microscopios ópticos están limitados en resolución por el fenómeno de la difracción de la luz, implica que estructuras de tamaño menor a 200-300 nm no puedan ser diferenciadas entre sí. Para la mejora de la resolución mediante el procesamiento digital de imágenes es común utilizar una secuencia de imágenes de la misma escena de estudio. MSSR permite superar este límite con el procesamiento de una sola imagen (análisis espacial) y a su vez logra mitigar el ruido de fondo. Esto hace que sea un método factible en cuanto el tiempo de cómputo y calidad de la imagen. Adicionalmente MSSR permite procesar secuencias de imágenes (análisis temporal) obteniendo resultados similares a sus algoritmos análogos reportados en la literatura.

El objetivo del presente proyecto es la implementación y evaluación del algoritmo MSSR para llevar a cabo el análisis espacial. Para ello se cuenta con imágenes limitadas por difracción.

Como ejercicio de evaluación adicional se pedirá al alumno que implemente el análisis temporal de MSSR (ver Figura 2).

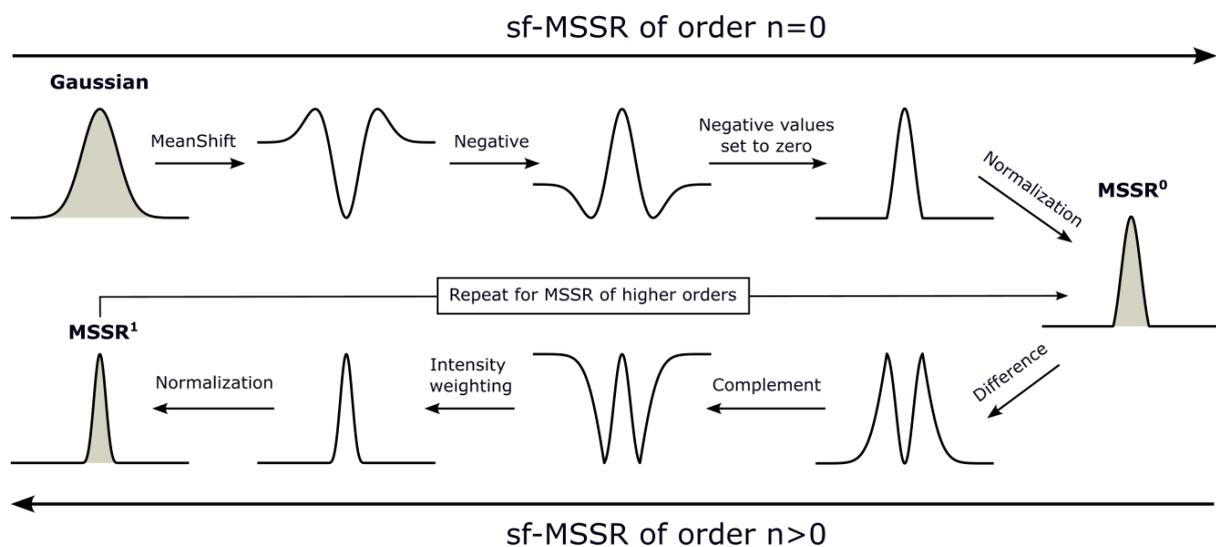


Figura 1. Pasos del análisis espacial del algoritmo MSSR.

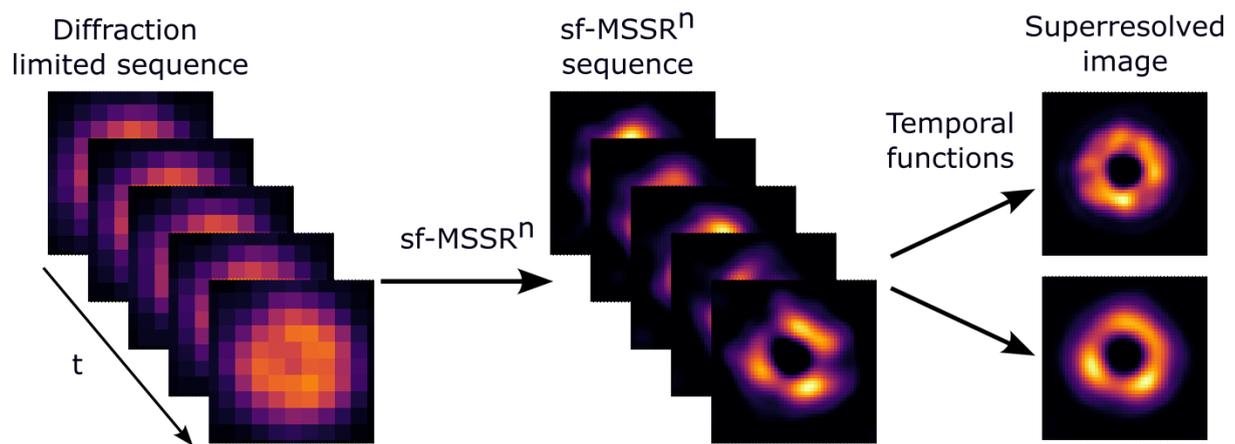


Figura 2. Pasos del análisis temporal de MSSR. Ejemplo de resultados de análisis espacial y temporal con MSSR en el procesamiento de estructuras de litografía láser con forma de anillo.

MSSR pseudo-código para el procesamiento de una sola imagen

Datos y parámetros

Data: Imagen I

Parámetros: amplification, hs, order

MSSR de orden cero ($n=0$)

- Aplicar MS a imagen I
- Aplicar función negativa
- Valores negativos llevarlos a cero
- Normalización con máximo valor 1.
- Establecer $MSSR^0$

Result: $MSSR^0$

MSSR de órdenes superiores ($n>0$)

- Aplicar diferencia: $I - MSSR^0$
- Hallar complemento
- Ponderación de intensidad
- Normalización
- $MSSR^1$
- Para aplicar order mayor sustituir I por $MSSR^0$ y $MSSR^0$ por $MSSR^1$
- Para aplicar order n sustituir $MSSR^{n-2}$ por $MSSR^{n-1}$ y $MSSR^{n-1}$ por $MSSR^n$

Resultado: MSSRⁿ

Bibliografía

1. Torres-García, E., Pinto-Cámara, R., Linares, A. et al. Extending resolution within a single imaging frame. Nat Commun 13, 7452 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34693-9>.
2. Teoría de MS para el procesamiento de imágenes: Comaniciu, D. and Meer, P. Mean shift: a robust approach toward feature space analysis. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 24 (5), 603-619 (2002). <https://ieeexplore.ieee.org/document/1000236>.
3. Implementación de MS en python: <https://github.com/Pranshu258/meanshift>.