

Deconvolución con super-resolución en imágenes de microscopía por superposición de fuentes virtuales

- Micaela Toscani,¹ Sandra Martínez,² Oscar E. Martínez¹

¹Laboratorio de Fotónica, IIBM, Facultad de Ingeniería UBA, Conicet

²Instituto de Investigaciones Matemáticas Luis A. Santaló, Universidad de Buenos Aires, CONICET

Recientemente desarrollamos un nuevo algoritmo de deconvolución con super-resolución para imágenes únicas denominado SUPPOSE[1]. El método se basa en suponer que la estructura real presente en la imagen (por ejemplo, la distribución de fluoróforos en una muestra fluorescente) puede modelarse como una superposición de N fuentes puntuales de igual intensidad α , llamadas fuentes virtuales. Este enfoque simplifica el problema de la deconvolución basado en encontrar la intensidad en cada posición y lo reduce a simplemente encontrar las posiciones de las fuentes virtuales, que son variables sin restricciones. Dado que todas las fuentes virtuales tienen la misma intensidad, diferentes niveles de señal en la imagen se reconstruyen acumulando una mayor o menor cantidad de fuentes virtuales en esa zona. Tras estimar la respuesta impulsiva del sistema y habiendo elegido un valor para N y α , hallamos las posiciones de las fuentes virtuales minimizando una función objetivo. Utilizamos un algoritmo genético para resolver el problema de optimización matemática y encontrar las posiciones de las fuentes virtuales. El método se ha aplicado para super-resolver imágenes de microscopía de fluorescencia[2,3]. Pusimos a prueba el método con imágenes sintéticas y experimentales, determinamos el alcance de la exactitud, precisión y resolución del mismo y cómo estos parámetros se modifican ante diferentes relaciones de señal-ruido en la imagen. Las imágenes sintéticas fueron construidas suponiendo una resolución de campo amplio de 236 nm, los resultados obtenidos tras procesar este conjunto de datos demuestran que es posible mediante SUPPOSE lograr resoluciones de 75 nm con una exactitud de 20 nm y una precisión de 10 nm. Utilizamos imágenes biológicas experimentales para verificar los resultados de la simulación. Adquirimos imágenes de filamentos de actina presentes en una muestra de células endoteliales de arteria pulmonar bovina (BPAE). Tras procesarlas con SUPPOSE obtuvimos una precisión de 37 nm, ligeramente superior a los valores alcanzados en imágenes sintéticas para los mismos niveles de ruido.

Referencias:

- [1] Martínez, S., Toscani, M., Martínez, O. E. *Superresolution method for a single widefield image deconvolution by superposition of point sources*, Journal of Microscopy, **275**, 51 (2019).
- [2] Toscani, M., Martínez, S., Martínez, O. E. *Single image deconvolution with super-resolution using the suppose algorithm*, In Single Molecule Spectroscopy and Superresolution Imaging XII **10884**, 1088415 (2019).
- [3] Toscani, M., Martínez, S. *Solving the boundary artifact for the enhanced deconvolution algorithm SUPPOSE applied to fluorescence microscopy*, Computer Optics **45**, 418 (2021).