

Resumen

Esta tesis presenta una serie de contribuciones metodológicas y tecnológicas que abordan las limitaciones fundamentales de la tomografía fotoacústica (PAT) y apoyan su avance hacia la adopción clínica. La investigación sigue tres líneas interdependientes: procesamiento avanzado de señales, desarrollo de nuevos agentes de contraste y estrategias de adquisición simplificadas.

Primero, se introduce una metodología novedosa para evaluar la resolución espacial en imágenes PAT basada en el Criterio de Rayleigh. Este enfoque proporciona una caracterización de resolución espacial más precisa que las métricas convencionales, especialmente cuando se utilizan algoritmos avanzados de conformación de imagen. Los resultados resaltan las limitaciones del enfoque de la función de dispersión de puntos (PSF) comúnmente utilizado y enfatizan la necesidad de herramientas de evaluación del desempeño más sólidas.

En segundo lugar, la tesis investiga las nanopartículas de marco orgánico covalente (nCOF) libres de porfirina, como nuevos agentes de contraste exógenos para PAT. Estas nanopartículas demostraron respuestas fotoacústicas fuertes y dependientes de la concentración. Su biocompatibilidad, biodegradabilidad y fotoestabilidad las posicionan como candidatos prometedores para diagnósticos basados en PAT más seguros y efectivos.

En tercer lugar, la contribución central de este trabajo implica el desarrollo de estrategias de codificación espacio-temporal diseñadas para reducir la complejidad del hardware y mejorar las capacidades de imagen. Se exploraron dos enfoques: medios de acoplamiento de scattering acústico para lograr imágenes de superresolución con absorbentes dinámicos, y cavidades reverberantes equipadas con Difusores de Residuos Cuadráticos que codifican la información angular para la reconstrucción tridimensional. Estos métodos permitieron obtener imágenes de alta resolución con un número significativamente menor de detectores y ofrecer alternativas rentables a los sistemas tradicionales.

En conjunto, estas contribuciones mejoran la confiabilidad, la seguridad y la implementación de bajo coste de los sistemas PAT. Al unir la mejora del contraste basada en nanomateriales con el procesamiento avanzado y la simplificación del hardware, esta tesis apoya el desarrollo de soluciones eficientes y clínicamente aplicables.