

<p align="center">MEMORIA CIENTÍFICO-TÉCNICA DE PROYECTOS MPICAP Convocatoria 2022/23 - «Proyectos de la Asignatura de MPICAP»</p>
--

Investigador Principal	Investigador Principal
Javier Meliá Sevilla	Salvador Chinesta Llobregat

TÍTULO DEL PROYECTO (ACRÓNIMO): Reconstrucción de Tomografía Computarizada de Rayos X mediante Métodos de Filtrado en LSQR

TITLE OF THE PROJECT (ACRONYM): Reconstruction of X-ray Computed Tomography by Filtering Methods in LSQR

2. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

2.1. Estado del arte y motivación

El estado del arte de los sistemas de reconstrucción de imágenes médicas ha experimentado un progreso significativo en los últimos años, gracias a los avances en tecnologías de aprendizaje automático y procesamiento de imágenes. Algunos de los desarrollos más recientes en este área incluyen:

- Deep learning: el aprendizaje profundo ha demostrado ser una herramienta poderosa para la reconstrucción de imágenes médicas, especialmente en la eliminación de ruido y la mejora de la resolución de las imágenes.
- Reconstrucción de imágenes a partir de datos incompletos: los sistemas de reconstrucción de imágenes están utilizando técnicas de aprendizaje automático para reconstruir imágenes a partir de datos incompletos o de baja calidad.
- Integración de diferentes modalidades de imagen: los sistemas de reconstrucción de imágenes están integrando diferentes modalidades de imagen, como tomografía computarizada (CT), resonancia magnética (MRI) y ecografía, para mejorar la precisión y la información de las imágenes.
- Visualización de datos médicos en 3D: los sistemas de reconstrucción de imágenes están utilizando técnicas de visualización en 3D para mejorar la comprensión y la presentación de las imágenes médicas.

En general, el estado del arte de los sistemas de reconstrucción de imágenes médicas continúa avanzando, ofreciendo una mayor precisión y eficiencia en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Esto puede tener un impacto significativo en la práctica médica y en la vida de las personas.

2.2. Resultados previos y contribuciones del grupo de trabajo

Para valorar el trabajo realizado, se utilizarán las siguientes métricas:

- MSE (mean square error)
- PSNR (peak signal-to-noise ratio)
- MAE (mean absolute error)

- SSIM (Structural Similarity Index)

	LSQR	LSQR-STF	LSQR-STF-FISTA
MAE	0.116859	0.020911	0.000231
MSE	0.029729	0.001484	0.000000
PSNR	21.577696	33.772536	71.943127
SSIM	0.217657	0.749491	0.999791

La contribución del grupo de trabajo será uniforme donde todo el mundo estará en todas la realización de las tareas, a excepción del titulado superior que aunque también estará presente en todas la tareas su principal labor es intentar la elaboración de adaptar el código a GPUs por su Trabajo Final de Máster.

2.3. Bibliografía

Yu, W., & Zeng, L. A novel weighted total difference based image reconstruction algorithm for few-view computed tomography. PLoS ONE. 2014.

Flores, L., Vidal, V., Mayo, P., Rodenas, F., & Verdú, G. Parallel CT Image Reconstruction based on GPUs. Radiation Physics and Chemistry. 2013.

Wang, Z., Bovik, A., Sheikh, H., & Simoncelli, E. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. IEEE Transactions on Image Processing. 2004.

3. OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

3.1. Descripción del grupo de trabajo

El grupo de trabajo, para llevar a cabo el mismo, consta de:

Categoría Plantilla UPV	Numero de Participantes	Coste directo por hora
Catedrático/a de Universidad	1	55,5
Doctor Contratado	2	31,45
Titulado Superior	1	24,99

Justificación de los participantes del grupo de trabajo:

Se necesitará un Catedrático, el cual, tendrá como función principal gestionar el grupo y será el responsable de la comunicación externa del equipo.

Los dos Doctores contratados, serán necesarios ya que son los que principalmente tendrán los conocimientos necesarios para poder abordar las diferentes tareas para completar el proyecto.

Por último, se necesitará un Titulado Superior, el cual llevará a cabo labores que no necesiten de unos conocimientos avanzados y que además podrá aportar ideas si este está realizando un Trabajo de Final de Máster.

3.2. Objetivos

Este proyecto presenta los siguientes objetivos:

- Reducir el coste computacional
- Preservar la calidad de la imagen reconstruida
- Reducir el número de proyecciones de rayos-X

Todo esto se pretende conseguir mediante la aplicación de un método basado en LSQR combinado con el filtrado mediante STF y la aceleración mediante FISTA.

El algoritmo se denomina LSQR-STF-FISTA, y se comparará con el método LSQR sin filtrado, y LSQR-STF (con filtrado).

3.3. Metodología: Tareas

El trabajo está formado por las siguientes tareas:

1. Adquisición de equipos

- La primera tarea consistirá en obtener todos los recursos materiales necesarios para el desarrollo del proyecto. Entre ellos se encuentran máquinas de rayos X y diferentes computadoras de alto rendimiento.

2. Probar las máquinas de rayos X.

- En esta fase, se pondrán a prueba las máquinas para ver qué tipo de datos nos devuelve para modelar el problema según sea necesario.

3. Verificación de los métodos existentes

- Utilizando los métodos LSQR y LSQR-STF, tratar de obtener resultados y marcar unos niveles de calidad que queramos obtener.

4. Implementación del método

- Una vez realizado el análisis previo, se pasará a implementar nuestro método sobre las máquinas que tenemos.

5. Validación y testeo del método implementado

- Una vez se haya realizado la implementación del método LSQR-STF-FISTA, se realizará unas fases de testeo y validación para comprobar los resultados con los métodos anteriores.

6. Adaptación a GPUs

- Una vez visto que el método funciona de la forma esperada, se puede pasar a tratar de buscar el mayor rendimiento posible, para esto, se adaptará el código para que pueda ser ejecutado en GPUs.

7. Comparativa de resultados entre LSQR sin filtrado, y LSQR-STF (con filtrado), LSQR.

- Con todos los códigos verificados y viendo sus resultados, se podrá realizar la comparativa tanto de tiempo computacional como de calidad de la imagen obtenida y por último el número de proyecciones de rayos X que se emiten.

8. Documentación del proyecto

- Se documentará todo el proyecto, mediante guías de uso, que estarán disponibles para investigadores y centros médicos.

9. Presentación del proyecto

- El proyecto será presentado en un congreso en A Coruña para la presentación de los resultados obtenidos.



La planificación inicial del proyecto tiene una duración aproximada de un año.

Durante este año, se realizarán las tareas vistas anteriormente.

Principalmente, seguirán el orden en el que se han descrito, aunque, algunas de ellas podrán iniciarse antes de que se finalice la tarea anterior.

Y también se dará el caso de la tarea 6, que se solapa junto con la tarea de implementación del método, tarea 4, ya que de esta forma será posible validar y verificar todo posteriormente.

En cuanto a la obtención de hitos, se han marcado los siguientes:

- 1. Tras finalizar la tarea 3, se deberá de presentar un dossier, en el que se tendrá que especificar cuales son los valores concretos en los que se pretende mejorar los sistemas ya existentes.
- 2. Tras finalizar la tarea 4, se deberá de entregar un método que ya esté implementado y que sea funcional.
- 3. Tras finalizar la tarea 7, se deberá de presentar un estudio de prestaciones, validando que los resultados obtenidos son mejores que con los métodos ya existentes.

3.5. Material disponible

La implementación de los algoritmos se realizará con Matlab, mediante una licencia proporcionada por la Universitat Politècnica de València.

Las pruebas del algoritmo, se realizan en un ordenador con una CPU de alto rendimiento, 64 GB de RAM, una GPU Nvidia RTX 4090 Ti y sistema operativo Linux.

A uno de los miembros del grupo de trabajo, se les proporcionará una portátil con unas características más modestas ya que se pretende que el trabajo se realice sobre el ordenador principal.

También se necesitarán máquinas de rayos X proporcionadas por la Universitat Politècnica de València.

4. IMPACTO CIENTÍFICO-TÉCNICO

4.1. Impacto de los resultados del proyecto

Mediante el desarrollo de este proyecto, se pretende obtener un método de reconstrucción de imágenes, el cual, sea más eficiente que los métodos ya existentes.

En concreto, se pretende conseguir un método que sea más rápido y que además presente resultados de mayor calidad, así como, disminuir la exposición a radiación de los pacientes.

4.2. Plan de internacionalización y difusión, previsión de publicaciones y acceso a datos abiertos

El proyecto estará disponible para su uso en toda Europa.

Además, durante la realización del proyecto, se realizarán diferentes publicaciones para dar a conocer el mismo y una vez terminado, si se sigue investigando la adaptación a GPUs se realizarán diferentes publicaciones sobre esto.

Por lo que respecta a los datos obtenidos durante la realización del proyecto, estos, se dejarán abiertos para que cualquier investigador pueda hacer uso de ellos.

4.3. Transferencia de tecnología y valorización de los resultados de la investigación

Con la obtención de este nuevo método, se podrían transferir muchos conocimientos a otros ámbitos de la industria tanto médica como otros tipos de industria, facilitando la realización de ciertos procesos.

Si la investigación concluye con los resultados esperados, pensamos que estaremos aportando una solución de gran valor por lo ya comentado, un gran aumento en la calidad de las imágenes obtenidas y una reducción en el tiempo.

4.4. Resumen del plan de gestión de datos

Dado que se necesitarán datos de pacientes, estos datos no pueden quedar públicos sin antes haber sido tratados. Es por esto, que los datos que tengan cierto nivel de confidencialidad, serán anonimizados, para que estos puedan ser tratados, posteriormente, sin llegar a tener ningún tipo de problema en cuanto a la ley de protección de datos.

Una vez se complete este tratamiento sobre los datos, estos se dejarán en un repositorio público para su libre uso.

5. IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO

5.1. Ventaja de la solución buscada

Mediante la implementación del método de reconstrucción de imágenes LSQR-STF-FISTA, se podrán reducir los tiempos en los que las imágenes obtenidas por rayos X son procesadas. Además, de obtener unos mejores tiempos también se ofrecerá una mejor calidad de imagen, lo que permitirá realizar mejores diagnósticos.

5.2. Impacto económico

Dado que se obtendrán mejores tiempos, esto permitirá un ahorro energético al sistema sanitario y además se podrá obtener una mayor utilización de las máquinas.

Además se reduciría la dosis radiactiva que el paciente recibe directamente reduciendo el número de vistas tomadas y esto supondrá menos sufrimiento de patologías debidas a la exposición de la radiación y menos tratamientos médicos.

5.3. Impacto Social

El hecho de obtener mejores tiempos, permitirá atender a más personas, además de, una reducción de costes, lo cual permitirá a más población beneficiarse de un mejor sistema de rayos X, el cual, en muchos casos podrá salvar vidas.

5.4. Aplicabilidad

El proyecto será beneficioso para toda la población sin distinción de género, incluso puede ser utilizado para el tratamiento de imagen en animales o fuera del ámbito sanitario se podría aplicar en empresas de análisis de calidad de productos mediante rayos X.

6. CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA LA EJECUCIÓN DE DETERMINADOS PROYECTOS (ANEXO III de la convocatoria)

A parte del personal indicado anteriormente, se necesitaría de la colaboración de personal médico, el cual, tendrá diferentes funciones, como podrían ser:

- Ayudar a interpretar los resultados obtenidos.
- Proporcionar datos para hacer pruebas con datos reales.

También se necesitaría de personas voluntarias, que estén dispuestas a ofrecer los datos obtenidos de sus análisis para poder tratarlos con nuestro método y ser compartidos posteriormente con la comunidad científica.