

Proposal of a hybrid method of preprocessing X-ray images of the pelvic structure

Laura Jovani Estacio Cerquin, Bch¹, Eveling Gloria Castro Gutierrez, Msc², Javier Delgado Obando, Dr³.

¹Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peril, lestacio@unsa.edu.pe

²Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peril, ecastro@unsa.edu.pe

³Universidad Austral, Valdivia, Chile, jdelgado@uach.cl

Abstract— Currently, pattern recognition is gaining considerable attention in various areas as it is a multidisciplinary knowledge founded in the field of image processing. The applications of pattern recognition in medicine consider image processing as an essential step for the creation of a diagnostic system, which can assist medical specialists. One of the relevant stages in image processing is the preprocessing stage. This paper aims to choose a method of preprocessing X-ray images of the pelvic structure, which enables us to eliminate the characteristics that hinder image processing in a later stage. In addition, the application of this method must be careful to preserve important details (e.g., edges and textures) of the pelvic structure in order to obtain a high-quality image that can be processed efficiently. The analysis of the methods considered herein allowed us to propose a hybrid method comprising two analyzed methods, whose result exhibits a PSNR equal to 38.6437. Our results reveal that an image whose quality is higher than those obtained using other individual methods can be obtained using the proposed method.

Keywords— X-ray images, histogram equalization, CLAHE, guided filter, Wiener filter.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.252>

ISBN: 978-0-9993443-0-9

ISSN: 2414-6390

Propuesta de un Método Híbrido de Pre Procesamiento de Imágenes de Rayos X de la Estructura Pélvica.

Laura Jovani Estacio Cerquin, Bch¹, Eveling Gloria Castro Gutierrez, Msc ², Javier Delgado Obando, Dr³.

¹Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, lestacio@unsa.edu.pe

²Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, ecastro@unsa.edu.pe

³Universidad Austral, Valdivia, Chile, jdelgado@uach.cl

Abstract— Hoy en día el reconocimiento de patrones está obteniendo un gran interés en diversas áreas; por ser un conocimiento multidisciplinario, fundado en el campo del procesamiento de imágenes. Las aplicaciones de reconocimiento de patrones en el área de medicina, consideran al procesamiento de imágenes como un paso imprescindible para la creación de un sistema de diagnóstico, que pueda asistir al médico especialista. Una de las etapas relevantes dentro de este procesamiento de imágenes, es la etapa de pre procesamiento.

El objetivo del presente trabajo es elegir un método de pre procesamiento de imágenes de rayos X (Rx) de la estructura pélvica que permita eliminar características que dificultan el procesamiento de la imagen, en etapa posterior. Asimismo, la aplicación de estos métodos debe tener cuidado en preservar detalles importantes (bordes, textura, etc.) de la estructura pélvica; para así obtener una imagen con mayor calidad para ser procesada de manera eficiente. El análisis de los métodos, nos permitieron proponer un método híbrido compuesto por dos métodos analizados, cuyo resultado tiene un PSNR igual a 38.6437, demostrando obtener una imagen de mayor calidad para etapas posteriores respecto a los otros métodos individuales.

Keywords—x-ray images, Histogram Equalization, CLAHE, Guided Filter, Wiener Filter.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el reconocimiento de patrones ha ido cobrando gran interés en diversas áreas; principalmente por ser un campo multidisciplinario, fundado en el campo de procesamiento de imágenes.

En aplicaciones del área médica, el procesamiento de imágenes es considerado un paso vital para la creación de un sistema de diagnóstico; de manera que este sistema pueda asistir al médico especialista actuando como una segunda opinión.

Una de las etapas cruciales dentro del procesamiento de imágenes es la etapa de pre procesamiento.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.252>
ISBN: 978-0-9993443-0-9
ISSN: 2414-6390

La etapa de pre procesamiento de imágenes médicas, independientemente de que sean imágenes de rayos X (Rx), tomografías computarizadas (CT) o imágenes de resonancia magnética (MRI), permite procesar la información obtenida de las imágenes de manera más fácil; ayudando en aspectos como:

- Corrección de deficiencias en la adquisición de datos para resultados satisfactorios en etapas posteriores [1] y
- Reducción o eliminación del nivel de ruido contenido en la imagen [2].

El presente trabajo tiene como objetivo analizar métodos de pre procesamiento y determinar cuáles obtienen una imagen de mejor calidad de la estructura pélvica; de modo que se pueda corregir imperfecciones obtenidas en las imágenes de rayos X para su posterior procesamiento.

De esta manera, las imágenes de mejor calidad se pueden entregar a etapas posteriores para su procesamiento eliminando las características que podrían ralentizar y complicar los procesos posteriores.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección II se propone un esquema general que presenta en resumen la etapa del pre procesamiento; en la sección III se encuentra el análisis de los cuatro métodos de pre procesamiento: (a) Método de Ecuilización de Histograma(HE), (b) Ecuilización de Histograma Adaptativo de Contraste Limitado (CLAHE), (c) Filtro Guiado (Guided Filter) y (d) Filtro Wiener (Wiener Filter), presentando sus algoritmos e imágenes resultantes luego del pre procesamiento.

En la sección IV se explican los resultados obtenidos del análisis de los algoritmos, en la sección V se propone el método híbrido de acuerdo a los resultados obtenidos. En la sección VI finalmente se presentan las conclusiones.

II. ESQUEMA GENERAL

En proyectos de procesamiento de imágenes, se considera importante la etapa de pre procesamiento de imágenes, para mejorar las imágenes de entrada para etapas posteriores como por ejemplo la etapa de segmentación de detección de fracturas de la estructura pélvica, el cual es la segunda etapa de un proyecto de asistencia al diagnóstico médico para detectar fracturas pélvicas, que se propone como continuación del presente trabajo.

Mientras tanto en el este estudio se compara cuatro métodos de pre procesamiento, los cuales han sido seleccionados de acuerdo a características dadas por la literatura [3-10], considerando que fueron los que mejor se adaptaron a la estructura pélvica.

Para realizar el presente estudio se elaboró el esquema que se observa en la Fig. 1, siendo éste el esquema a seguir.

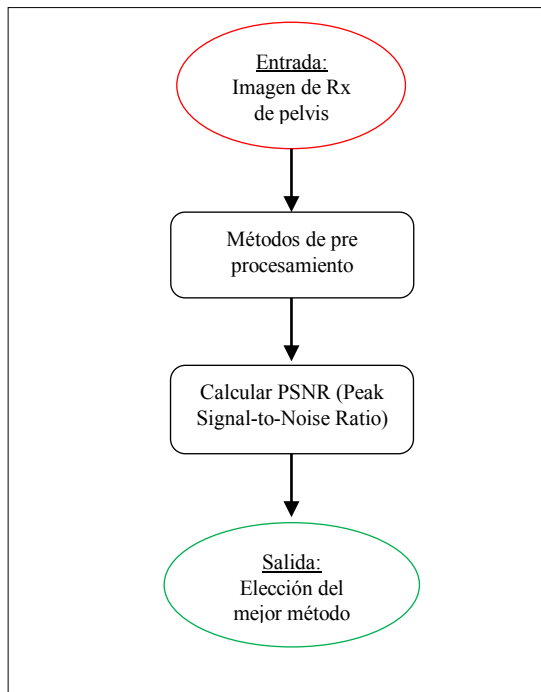


Fig. 1 Esquema de elección del método de pre procesamiento.

Se realizaron los siguientes pasos:

- 1) Se proporcionó como entrada una imagen de rayos X de la estructura pélvica.
- 2) Se mejoró la calidad de la imagen:
 - 2.1) Implementando cada uno de los métodos elegidos de acuerdo a la literatura.
 - 2.2) Analizando los resultados de imágenes mediante Peak signal-to-noise ratio (PSNR).
- 3) Se evaluaron la característica de eficiencia del método de acuerdo a la imagen de respuesta obtenida.
- 4) Finalmente, se propuso el método de pre procesamiento adecuado para la estructura pélvica.

III. MÉTODOS

En esta sección se presentan la revisión y análisis de los métodos encontrados en la literatura, los cuales son adecuados al caso de estudio. Realizándose posteriormente el análisis de los resultados de la implementación.

Se consideró que los métodos elegidos debieron preservar detalles importantes (bordes, textura, etc.) de la estructura pélvica; para obtener una imagen con mayor calidad.

A continuación, se presentan los métodos analizados:

A. Método de Ecuación de Histograma(HE)

Este método se basa en el histograma obtenido a partir de la imagen de rayos X. Un histograma es la representación gráfica de cómo se encuentran distribuidos los píxeles de la imagen de acuerdo a su intensidad.

De acuerdo a [5], HE es el tercer método con mayor precisión en cuanto a la magnificación de contraste de una imagen de rayos X. En el proceso de implementación del algoritmo de HE (ver Algoritmo 1) y evaluación del HE representado en la Fig.2, se descubrió una mejora en la apariencia de la imagen de rayos X produciendo una distribución más uniforme de la intensidad mediante el ajuste del contraste de la imagen.

Algoritmo 1. Ecuación de Histogramas (HE).

Entrada: imagen de Rx imagen_original.

Salida: imagen de Rx filtrada imagen_respuesta.

- 1: imagen_original ← imagen de Rx.
- 2: imagen_gris ← convertir imagen escalaGris(imagen_original)
- 3: histograma ← cálculo del histograma getHistograma(imagen_gris)
- 4: normalización ← funcionNormalizacion(histograma)
- 5: ecualización ← ecualizacionHistograma(histograma)
- 6: imagen_respuesta ← sustituir nivel gris getNivelGris(ecualización)

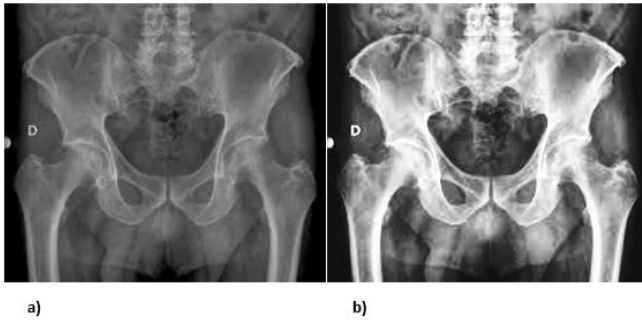


Fig. 2 Comparación de imágenes de rayos X de la pelvis. (a) Imagen original de la estructura pélvica (Tamaño de imagen: 349 x 300 píxeles). (b) Imagen de respuesta obtenida después de aplicar el método de pre procesamiento HE.

Sin embargo, nos percatamos que este método presenta una ligera desventaja con respecto a las imágenes de dimensiones menores o iguales a 400x300 píxeles, esta desventaja se refiere a la pérdida de información en bordes importantes de la estructura pélvica; ya que no se controla de manera adecuada el incremento de contraste en áreas donde hay mayor iluminación.

B. Ecuación de Histograma Adaptativo de Contraste Limitado (CLAHE)

Este método de acuerdo a la literatura [5], [6] ha demostrado tener resultados satisfactorios en cuanto a precisión en el pre procesamiento de imágenes de rayos X.

CLAHE se enfoca en utilizar pequeñas regiones de la imagen y construir para cada una de ellas un histograma que posteriormente será mejorado mediante ecualización de histogramas adaptado; permitiendo conservar información importante de la textura del hueso pélvico. El algoritmo se puede ver en el Algoritmo 2.

Algoritmo 2. Ecuación de Histograma de Contraste Limitado (CLAHE)

Entrada: imagen de Rx imagen_original.

Salida: imagen de Rx filtrada imagen_respuesta.

- 1: imagen_original \leftarrow imagen de Rx
- 2: imagen_gris \leftarrow convertir imagen escalaGris(imagen_original)
- 3: dividir en celdas la imagen grid(imagen_gris, nro_bins)
- 4: **entrada:** k=0. Inicializar histograma de cada celda
 - Evaluar cada celda de la imagen.
 - Mientras** k <= nro_bins **hacer**
 - K = k + 1
 - histograma \leftarrow getHistograma(imagen_gris)
 - cdf \leftarrow función de distribución acumulativa cdf(histograma)
 - ecualización \leftarrow ecualizacionHistograma (histograma, cdf)
 - Fin Mientras**
- 5: imagen_respuesta \leftarrow sustituir nivel gris getNivelGris(ecualización)

Como se puede observar en la Fig.3, la imagen de respuesta después de aplicar el método CLAHE proporciona

mayores detalles de la textura e intensidad que se encuentra dentro del hueso.

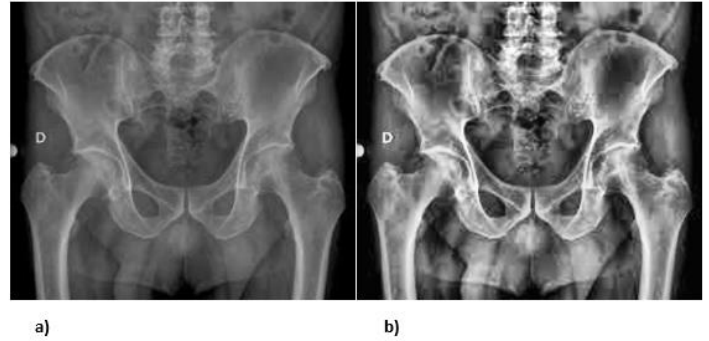


Fig. 3 Comparación de imágenes de rayos X de la pelvis. (a) Imagen original de la estructura pélvica (Tamaño de imagen: 349 x 300 píxeles). (b) Imagen de respuesta obtenida después de aplicar el método de pre procesamiento CLAHE.

C. Filtro Guiado (Guided Filter)

Este método de acuerdo a [7] y [8] es considerado uno de los métodos de pre procesamiento más completos para la eliminación de ruido y detección de bordes en una imagen de rayos X.

Debido a que en la entrada no solo analiza la imagen original sino además analiza una imagen adicional que sirve como guía para poder obtener mejores resultados.

Por otro lado, [9] indica que es mejor que el filtro bilateral en la preservación de bordes ya que no tiene limitaciones de inversión de gradiente y lo más importante es su costo computacional O(N), en el Algoritmo 3 se presenta el algoritmo del mismo y en la Fig.4, se presenta el resultado de su procesamiento.

Algoritmo 3. Filtro Guiado

Entrada: imagen de Rx imagen_original.

Salida: imagen de Rx filtrada imagen_respuesta.

- 1: imagen_original \leftarrow imagen de Rx
- imagen_guia \leftarrow imagen de Rx guía
- 2: imagen_gris_original \leftarrow convertir imagen escalaGris(imagen_original)
- imagen_gris_guia \leftarrow convertir imagen escalaGris(imagen_guia)
- 3: promedio_imagen_original \leftarrow filtro_promedio(imagen_gris_original)
- promedio_imagen_guia \leftarrow filtro_promedio(imagen_gris_guia)
- 4: correlacion_imagen_original \leftarrow filtro_promedio(imagen_original)
- correlacion_imagen_original_guia \leftarrow filtro_promedio(imagen_original, imagen_guia)
- 5: varianza \leftarrow varianza entre la correlación y el promedio de la imagen guía
- 6: covarianza \leftarrow covarianza entre la correlación de la imagen original y la imagen guía con el promedio de la imagen original y la imagen guía
- 7: imagen_original_aux \leftarrow filtro_promedio(varianza)
- imagen_guia_aux \leftarrow filtro_promedio(covarianza)
- 8: imagen_respuesta \leftarrow imagen_original_aux * imagen_original + imagen_guia_aux

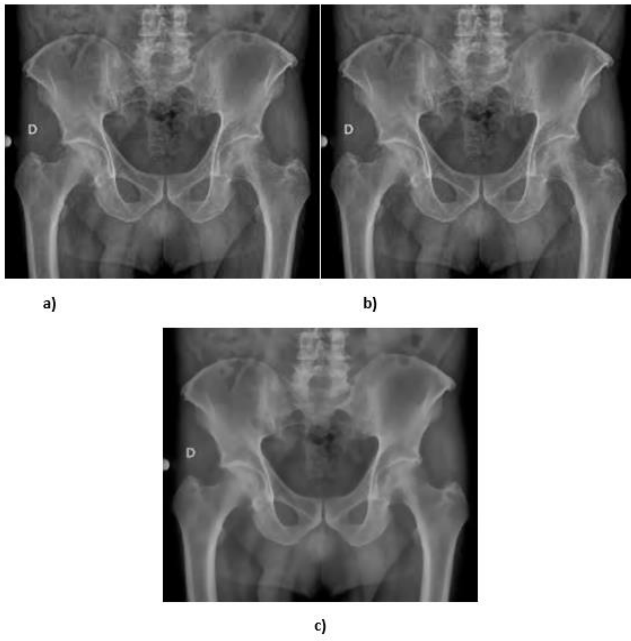


Fig. 4 Comparación de imágenes de rayos X de la pelvis. (a) Imagen original de la estructura pélvica (Tamaño de imagen: 349 x 300 píxeles), (b) Imagen de guía; la imagen de guía puede ser la imagen original u otra imagen pero que tenga las mismas dimensiones que la imagen original, (c) Imagen de respuesta obtenida después de aplicar el método de pre procesamiento Filtro Guiado

D. Filtro Wiener (Wiener Filter)

El filtro Wiener de acuerdo a [10] es más efectivo que el filtro mediana (Median Filter) no sólo en áreas de baja frecuencia sino también en áreas con alta frecuencia, adicionalmente preserva bordes mientras elimina ruido.

A diferencia del filtro mediana; [10] indica que el filtro Wiener no sólo es efectivo con ruido de impulso sino también con ruido gaussiano. El algoritmo del Filtro Wiener se presenta en el Algoritmo 4.

Algoritmo 4. Filtro Wiener

Entrada: imagen de Rx imagen_original.

Salida: imagen de Rx filtrada imagen_respuesta.

- 1: imagen_original \leftarrow imagen de Rx
- 2: imagen_gris \leftarrow convertir imagen escalaGris(imagen_original)
- 3: imagen_estimada \leftarrow estimación(imagen_gris)
error \leftarrow error_medio_cuadratico_min(imagen_gris, imagen_estimada)
- 4: calcular el espectro de potencia de ruido de la imagen estimada
- 5: calcular el espectro de potencia de la imagen original
- 6: imagen_respuesta \leftarrow sus_nivelgris(imagen_estimada, imagen_original)

El resultado de la imagen procesada luego de aplicar el Filtro Wiener se puede observar en la Fig. 5.

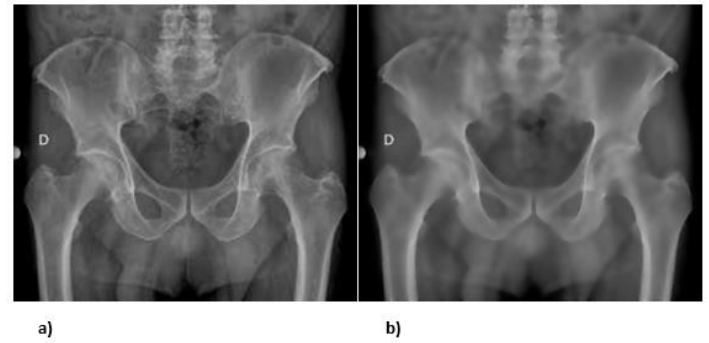


Fig. 5 Comparación de imágenes de rayos X de la pelvis. (a) Imagen original de la estructura pélvica (Tamaño de imagen: 349 x 300 píxeles). (b) Imagen de respuesta obtenida después de aplicar el método de pre procesamiento Filtro Wiener

IV. RESULTADOS

Para analizar la calidad de la imagen de respuesta, después de aplicar cada uno de los métodos de pre procesamiento se revisó la literatura y se utilizó la métrica Peak signal-to-noise ratio (PSNR).

El PSNR [10], es calculado generalmente en escala logarítmica; es un uso métrico para medir la calidad de cualquier imagen reconstruida, restaurada o corrompida con respecto a su imagen de referencia o imagen ground truth.

Por consiguiente, las imágenes de entrada del presente trabajo cumplen con las características antes mencionadas debido a que las imágenes de rayos X, carecen de nitidez respecto a su imagen de referencia.

De este modo, un PSNR alto significa buena calidad de la imagen y un PSNR bajo significa mala calidad de la imagen.

Cabe destacar que el PSNR está usando un término denominado Error Cuadrático Medio (MSE) en el denominador. Por lo tanto, si es bajo el error (MSE), alto será el PSNR.

Los valores de PSNR para cada imagen de respuesta están representados en la siguiente Tabla 1.

TABLA I
LOS VALORES PEAK SIGNAL-TO-NOISE RATIO (PSNR) PARA CADA IMAGEN DE RESPUESTA PROCESADA POR LOS MÉTODOS PROPUESTOS

MÉTRICA	MÉTODO DE PRE PROCESAMIENTO	VALOR
PSNR	Ecuador de Histograma	12.3238
	CLAHE	15.5707
	Filtro Guiado	35.5740
	Filtro Wiener	35.6324

Como se puede observar el método CLAHE es el segundo con menor PSNR; sin embargo, este método visualmente conserva detalles finos que se encuentran dentro del hueso.

Por otro lado, el método Wiener es el que nos proporciona un mayor PSNR, sin embargo, visualmente puede distorsionar o suavizar demasiado la imagen en regiones importantes del hueso pélvico.

El segundo método que proporciona un mejor PSNR es el método del Filtro Guiado, teniendo la ventaja de no distorsionar la imagen original.

V. MÉTODO HÍBRIDO PROPUESTO

En la sección anterior se demostró que existen dos métodos con resultados óptimos en cuanto a: (a) resaltar y conservar las características como detalles finos de las imágenes de rayos x de la estructura pélvica - CLAHE y (b) el otro método que obtiene un segundo mayor PSNR – Filtro Guiado.

Luego de implementar la combinación de los métodos anteriores para poder obtener mejores resultados, se desarrolló un método híbrido que involucra la aplicación de éstos dos métodos.

Para la implementación se tiene como base el método del Filtro Guiado, al cual se le proporciona como entrada la imagen guía, que es una imagen pre procesada con el filtro CLAHE; la imagen obtenida luego del pre procesamiento alcanzó un PSNR de 38.6437, como se observa en la Fig.6.

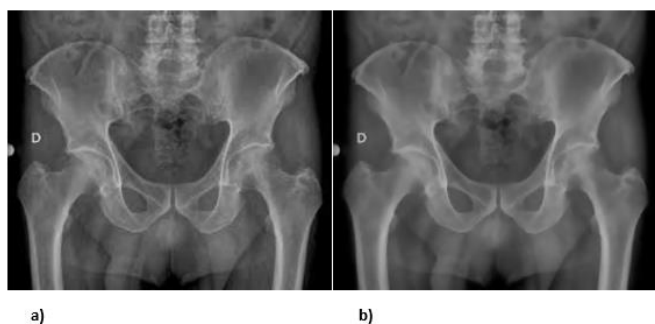


Fig. 6 Comparación de imágenes de rayos X de la pelvis. (a) Imagen original de la estructura pélvica (Tamaño de imagen: 349 x 300 píxeles). (b) Imagen de respuesta obtenida después de aplicar el método de pre procesamiento Filtro Guiado y el método CLAHE.

VI. CONCLUSIONES

Después de la implementación de los métodos analizados y luego de las evaluaciones de las imágenes realizadas podemos concluir que:

El método más apropiado que corrige la deficiencia en la adquisición de imágenes de Rx y reduce o elimina el nivel de ruido contenido en las imágenes, es el que involucra la combinación de los métodos: a) Filtro guiado y b) CLAHE como imagen de guía.

Este método propuesto presenta una mayor calidad en la imagen, considerando el PSNR obtenido, siendo este de 38.6437. De esta manera, cuantitativamente es mejor para una segunda etapa del procesamiento de imágenes.

Finalmente, el método híbrido propuesto se implementa con el fin de conservar la información relevante encontrada dentro del hueso pélvico (CLAHE) mientras se mantienen el borde o contorno global del hueso pélvico (Filtro guiado).

RECONOCIMIENTO

La Tesis de Pregrado de la Bach. Laura Estacio C., está siendo financiada por el Contrato de Subvención N° 70-2016-UNSA. Resolución Dirección Ejecutiva N° 071-2016-FONDECYT-DE. Convenio Cienciaactiva – UNSA.

REFERENCIAS

- [1] Y. Alginahi, "Preprocessing techniques in character recognition," Character Recognition, Minoru Mori, 2010.
- [2] M. Pandey, M. Bhatia, and A. Bansal, "An anatomization of noise removal techniques on medical image," 2016 21st International Conference on Innovation and Challenges in Cyber Security (ICICCS-INBUSH), pp. 224–229, 2016.
- [3] V. I. Edeh, O. A. Olowoyeye, N. K. Irurhe, L. C. Abonyi, R. A. Arogundade, G. O. Awosanya, C. U. Eze, and O. D. Omiyi, "Common factors affecting radiographic diagnostic quality in x-ray facilities in lagos," Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences, vol. 43, pp. 108–111, 2012.

- [4] P. Ramamurthy, "Factors controlling the quality of radiography and the quality assurance," National Tuberculosis Institute (NTI), Bangalore, vol. 31, pp. 37–41, 1995.
- [5] I. A. M. Ikhsan, A. Hussain, M. A. Zulkifley, N. M. Tahir, and A. Mustapha, "An analysis of x-ray image enhancement methods for vertebral bone segmentation," 2014 IEEE 10th International Colloquium on Signal Processing & its Applications (CSPA 2014), pp. 208–211, 2014.
- [6] J. Majumdar and S. K. K. L., "Modified clahe: An adaptive algorithm for contrast en-hancement of aerial, medical and underwater images," International Journal of Computer Engineerin & Technology (IJCET), vol. 5, pp. 32–47, 2014.
- [7] S. Kazemina, N. Karimi, B. Mirmahboub, S. M. R. Soroushmehr, S. Samavi, and K. Najarian, "Bone extraction in x-ray images by analysis of line fluctuations," 2015 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 882–886, 2015.
- [8] D. E. Mezeni and L. Saranovac, "Fast self-guided filter with decimated box filters," INFOTEH- JAHORINA, vol. 15, pp. 633–638, 2016.
- [9] K. He, J. Sun, and X.Tang, "Guided image filtering," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 35, pp. 1–13, 2013.
- [10] L. Wang, J. Lu, Y. Li, T. Yahagi, and T. Okamoto, "Noise removal for medical images in wavelet domain," Electrical Engineering in Japan, vol. 163, pp. 37–46, 2008.