|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  | Universidad Nacional de Asunción  Facultad Politécnica |  |
|  |  | Ingeniería en Informática  *Propuesta de Proyecto Final de Carrera* |  |
|  |  | **Framework para selección de imagen radiográfica mejorada mediante optimización multiobjetivo** |  |
|  |  | **19/09/2020** |  |

# SÍNTESIS DEL PROYECTO

## TÍTULO INICIAL DEL PROYECTO

|  |
| --- |
| Framework para selección de imagen radiográfica mejorada mediante optimización multiobjetivo |

SINTETIZAR EL PROYECTO EN TRES PALABRAS CLAVE

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Imagen radiográfica |  | Optimización Multiobjetivo |  | Enjambre de partículas |

## DURACIÓN DEL PROYECTO

|  |  |
| --- | --- |
| 6 | **MESES** |

## DATOS DE LOS ESTUDIANTES Y DEL ASESOR DEL PROYECTO

|  |  |
| --- | --- |
| **NOMBRE DEL ASESOR:** José Luis Vázquez Noguera | |
| **Email:** jlvazquez@pol.una.py | **Teléfono:** |
| **CARGO:** | FIRMA: |

|  |  |
| --- | --- |
| **NOMBRE DEL ASESOR:** Diego Pedro Pinto-Roa | |
| **Email:** dpinto@pol.una.py | **Teléfono:** |
| **CARGO:** | FIRMA: |

|  |  |
| --- | --- |
| **NOMBRE DEL ALUMNO:** Luhana Aracelli González Zarza | |
| **CI:** 4.184.702 | **PLAN DE ESTUDIOS:** 2008 |
| **Email:** lulu08zarza@fpuna.edu.py | **Teléfono:** 0983 251251 |
| **AÑO DE INGRESO:** 2014 | FIRMA: |

|  |  |
| --- | --- |
| **NOMBRE DEL ALUMNO:** Alan Mathías Ruiz Díaz Nodari | |
| **CI:** 4.387.338 | **PLAN DE ESTUDIOS:** 2008 |
| **Email:** alan0dari@fpuna.edu.py | **Teléfono:** 0981 299013 |
| **AÑO DE INGRESO:** 2014 | FIRMA: |

## RESUMEN DEL PROYECTO

Las imágenes radiográficas sufren de varios problemas tales como: bajo contraste, ruido y opacidad [1]. Un tratamiento específico es necesario en cada región acorde a lo que se quiera visualizar [2]. Estos problemas pueden afectar a la precisión del diagnóstico que brinde un médico. Un algoritmo de mejora de contraste muy utilizado que puede resolver este problema es la Ecualización de Histograma Adaptativo con Límite de Contraste (CLAHE, por sus siglas en inglés) [3]. Una mejora de contraste en una radiografía hace más visibles a los huesos, determinando su integridad y disposición como también puede resaltar los tejidos blandos que rodean a los huesos. Una mejora excesiva de contraste puede derivar a una distorsión de la imagen y pérdida de detalles que pueden representar tejidos blandos o huesos [3]. Para que esto no suceda, se deben variar y controlar dos atributos de la imagen radiográfica: la entropía y la similitud estructural, los cuales miden el detalle de imagen y el cambio en su información estructural, respectivamente.

La entropía es usada para medir la preservación de detalle de la imagen [4], y el índice de similaridad estructural (SSIM, por sus siglas en inglés) es usado para medir la similaridad de información estructural entre la imagen mejorada y la imagen original [5]; estos dos atributos son inversamente proporcionales. La condición de óptimo que tomamos para una imagen radiográfica mejorada en contraste es: haber pasado por un proceso de mejora de contraste, aumentando la entropía sin perder significativamente información estructural. Por ende, las funciones objetivo son maximizar tanto la entropía como el SSIM. El método CLAHE tiene dos parámetros de entrada: el tamaño de la región contextual a procesar y un valor nominal que se usa como límite de mejora. Al variar estos parámetros, se producen imágenes mejoradas en contraste, pero con distintos valores de entropía y SSIM. No existen valores fijos o recomendados para estos dos parámetros de CLAHE tales que siempre produzcan las mejores imágenes de salida en términos de contraste para imágenes radiográficas. Para encontrar los parámetros de entrada que puedan satisfacer la condición de óptimo en una imagen radiográfica utilizamos la Optimización Multiobjetivo por Enjambre de Partículas con Velocidad Controlada (SMPSO, por sus siglas inglés) [6]. El Enjambre de Partículas (PSO, por sus siglas en inglés) [7] es un proceso evolutivo que genera y compara partículas o soluciones (para este caso, una partícula o solución es considerada como los valores de parámetros de entrada de CLAHE), donde cada partícula generada debe ser mejor que la anterior a través de la dominancia; imitando así el movimiento de un enjambre de insectos o aves hacia una dirección. Este proceso evolutivo produce como salida un conjunto de partículas o soluciones no dominadas denominado Frente Pareto o Conjunto Pareto. Se puede decir que todas las soluciones en el Frente Pareto son candidatas para la aplicación de CLAHE, pero se deja al profesional médico en imágenes el rol de examinar una a una de las imágenes mejoradas en las que se aplica el método CLAHE usando como parámetros de entrada las soluciones del Frente Pareto y elegir la radiografía que le provea de suficiente utilidad según su criterio.

El objetivo de este trabajo consiste en extender ese estudio, de manera a obtener una única solución en lugar de un conjunto y que esta solución sea de máxima utilidad al profesional médico.

## OBJETIVOS DEL PROYECTO.

### OBJETIVOS GENERALES

Desarrollar una herramienta que proporcione imágenes radiográficas con mejor calidad visual a través de optimización multiobjetivo y métodos de decisión multicriterio, de manera que el profesional médico pueda tener un mejor panorama de la situación del paciente al momento de elaborar un diagnóstico.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

* Identificar métricas de evaluación de calidad de imágenes en relación de compromiso.
* Implementar un método de mejora de imágenes médicas y un método de optimización multiobjetivo para mejorar las imágenes utilizando las métricas de evaluación de calidad identificados.
* Identificar diferentes criterios de selección de soluciones de Frente Pareto.
* Analizar métodos de selección multicriterio aplicado al Frente Pareto generado por el método de mejora.
* Comparar las soluciones obtenidas por los métodos de selección multicriterio con los criterios de un especialista en imágenes radiográficas.

# FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

## PROBLEMA E HIPÓTESIS

### ¿CUÁL ES EL PROBLEMA U OPORTUNIDAD?

Actualmente, en el estado del arte se contempla el procesamiento de imágenes a través de procesos evolutivos multiobjetivo [1], el cual lanza como resultado un conjunto de soluciones óptimas sin tener como resultado final una única solución.

La oportunidad que se presenta es complementar el trabajo mencionado a través de soluciones a problemas de decisión multicriterio [8] logrando una única solución final que sea relevante para un profesional médico del área de imágenes radiográficas. De forma conjunta, se presenta como una herramienta novedosa en el procesamiento de imágenes radiográficas.

### ¿CUÁL ES LA SOLUCIÓN PROPUESTA POR EL PROYECTO DE INVESTIGACION?

Integrar métodos de decisión a posteriori multicriterio aplicados a un conjunto de soluciones que cumplen la condición de óptimo, generadas a partir de un algoritmo evolutivo de enjambre de partículas para así obtener una única imagen radiográfica.

### ¿CUÁL ES LA HIPÓTESIS DEL PROYECTO?

La imagen radiográfica final seleccionada por la herramienta propuesta es la misma que la elegida por un profesional médico en el área de imágenes radiográficas, sobre el mismo conjunto de imágenes candidatas.

La herramienta propuesta es una alternativa válida en cuanto a la mejora de imágenes radiográficas con relación a los métodos tradicionales.

La naturaleza de las imágenes radiográficas limita el área de elección de una posible solución final válida.

## ANTECEDENTES

Imagen que contiene texto, mapa

Descripción generada automáticamenteLas imágenes radiográficas suelen ser de bajo contraste, oscuras y ruidosas. Un tratamiento específico es necesario para cada región de acuerdo con lo que se debe visualizar. En un escenario de mejora de contraste hay varios atributos que se ven afectados. La entropía y el índice de similaridad estructural son dos atributos cuya relación con la variación de contraste es notable. Un exceso de mejora de la entropía introduce ruido degradando la imagen. La similitud estructural, por otro lado, tiene en cuenta que la degradación de la imagen se percibe como un cambio en su información estructural y está representada por el SSIM. La ecualización del histograma aumenta la entropía y al mismo tiempo distorsiona la imagen. Por lo tanto, la entropía y SSIM son inversamente proporcionales. En el área de imágenes médicas, el método CLAHE ha mostrado excelentes resultados en cuanto a mejora de contraste. El objetivo en la mejora de contraste de una imagen radiográfica es maximizar la preservación del detalle sin perder significativamente la información estructural de la imagen; esto se traduce en mantener un valor de entropía alto mientras que el SSIM no descienda a los valores que distorsionen la imagen. Los algoritmos evolutivos tienen la propiedad de generar y mantener soluciones aptas en términos de eficiencia, por lo cual pueden aplicarse para resolver problemas donde el resultado depende de lo que se recibe como parámetro de entrada. El algoritmo metaheurístico SMPSO es de naturaleza evolutiva, por ende, posee la característica de ir mejorando la solución en cada iteración y conservar las mejores soluciones optimizando más de un objetivo a la vez. Como los parámetros del CLAHE que nos brinden la solución esperada son desconocidos, por medio del SMPSO podemos descubrir esos parámetros de manera eficiente. En el estado del arte se contemplan procesos evolutivos aplicados a imágenes radiográficas generando un conjunto de soluciones óptimas [1]. En el trabajo mencionado se plantea tomar como entrada una imagen radiográfica a mejorar, a la misma se le aplica el método CLAHE con distintos parámetros de entrada los cuales son variados iterativamente en el algoritmo evolutivo SMPSO-CLAHE, como resultado de esto se obtiene un Frente Pareto con las soluciones candidatas. Posteriormente se presenta este conjunto de soluciones al experto médico sobre el cual el mismo debe tomar una decisión, todo este proceso se ilustra en la Figura 1; teniendo esto como base, complementamos el flujo con la adición de un control de desborde de parámetros del método CLAHE durante el proceso evolutivo y como salida del flujo se obtiene una única solución a través de métodos de decisión a posteriori multicriterio. Por último, consideramos de suma importancia contar con la validación médica correspondiente de los resultados.

Figura 1. Descripción del flujo existente desarrollado en el estado del arte.

## METODOLOGÍA

En primer lugar, obtenemos una lista de atributos disponibles que usualmente tienen un significativo impacto visual en imágenes en escala de grises, de acuerdo con eso estudiamos la relación que tienen entre sí estos atributos en el proceso de mejora de contraste y para así determinar la combinación de atributos que represente una métrica de evaluación de calidad para imágenes radiográficas. Se prevé un tiempo estimado de 1 semana para esta tarea.

Seguidamente, analizamos las técnicas de mejora de contraste en el estado del arte cuyo rendimiento en imágenes radiográficas sea conveniente. Consideramos algoritmos de optimización multiobjetivo presentes en el estado del arte que puedan aceptar como entrada una imagen y como mecanismo de iteración la técnica de mejora de contraste. Así podremos observar las posibles soluciones de un Frente Pareto y evaluarlas según las métricas de calidad identificadas. Se prevé un tiempo estimado de 2 meses para esta tarea.

Posteriormente, tenemos en cuenta los criterios de un experto en imágenes radiográficas y buscamos reflejar esos criterios en términos de los atributos visuales que consideramos como métricas de evaluación. Se prevé un tiempo estimado de 2 semanas para esta tarea.

Una vez teniendo el conjunto de soluciones candidatas en el Frente Pareto que cumplan con la condición de óptimo para los atributos visuales de la radiografía, examinamos el estado del arte en busca de métodos de toma de decisión multicriterio filtrando aquellos que son adecuados para la naturaleza del problema planteado de acuerdo con su complejidad y categorización en la manera de selección. Se implementarán estos métodos ajustando la entrada de estos al Frente Pareto producido por el algoritmo de optimización y el resultado esperado debe ser una imagen mejorada única para cada método de decisión. Se prevé un tiempo estimado de 2 meses para esta tarea.

Por último, exponemos las soluciones seleccionadas por cada método de decisión a un experto de imágenes radiográficas de modo a evaluar y comparar aquellos métodos que coincidieron con su criterio profesional. Se esperan hallar patrones que permitan la deducción sobre qué características propias de los métodos de decisión hacen que estos se alineen con la opinión del experto. Se prevé un tiempo estimado de 1 mes para esta tarea.

## RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

* Lograr el mapeo del frente Pareto producido por el SMPSO a una matriz de decisión íntegra cuyo contenido sirva de base para el análisis de toma de decisiones.
* Los métodos de decisión basados en operaciones matemáticas tengan por lo menos 80% de coincidencia con la elección de un profesional médico del área de imágenes.
* Obtener ventajas de cada método de decisión que proporcionen información tal para determinar la conveniencia de cada uno al aplicarlo a imágenes radiográficas.
* El flujo de procesamiento propuesto sobre las imágenes es un método válido para la mejora de imágenes en general.

# PLANEAMIENTO DEL PROYECTO

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tarea/Semana** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** |
| A | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| B |  | X | X | X | X | X | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X | X | X | X | X |  |  |  |  |
| E |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | X |

A – Selección de atributos a tener en cuenta para la evaluación de calidad de la radiografía.

B – Estudio e implementación de técnicas de mejora de contraste y algoritmo de optimización multiobjetivo.

C – Identificación de criterios de selección de radiografías con un experto.

D – Estudio e implementación de métodos de decisión multicriterio aplicado al Frente Pareto generado.

E – Comparación y análisis de resultados finales.

# TEMARIO TENTATIVO DEL REPORTE TÉCNICO FINAL

**CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN**:

* Descripción de la naturaleza de las imágenes radiográficas.
* Descripción de los atributos visuales de una imagen radiográfica que inciden en el diagnóstico médico.
* Introducción a la mejora de contraste y técnica a utilizar.
* Justificación del uso de algoritmos de optimización multiobjetivo para variación de parámetros de entrada de la técnica de mejora de contraste.
* Introducción a los métodos de toma de decisión multicriterio como solución a la problemática.
* Contribución del artículo.

**CAPÍTULO 2 – FLUJO PROPUESTO**:

* Exposición de los componentes y etapas por las que debe recorrer una imagen radiográfica a través de la herramienta propuesta.

**CAPÍTULO 3 – MARCO TEÓRICO**:

* Definiciones, antecedentes, ecuaciones, pseudocódigos, relación con el trabajo propuesto para los siguientes ítems:
  + Métricas de evaluación.
  + Técnica de mejora de contraste.
  + Algoritmo de optimización multiobjetivo.
  + Métodos de toma de decisión multicriterio.

**CAPÍTULO 5 – EXPERIMENTACIÓN:**

* Definición y justificación de valores de parámetros a utilizar para las pruebas.
* Descripción de los tipos de imágenes radiográficas a procesar.
* Datos de entrada y resultados obtenidos.
* Resultados gráficos de las etapas de procesamiento de la herramienta.
* Tablas de comparación para los resultados.
* Presentación de los resultados de cada método de decisión al experto y posterior registro detallado de su observación.

**CAPÍTULO 6 – CONCLUSIONES:**

* Ventajas y desventajas de cada método de decisión desde la perspectiva del problema.
* Determinación del método de decisión que mejor se adapta al objetivo general.
* Observaciones generales finales del experimento.

**CAPÍTULO 7 – REFERENCIAS:**

* Referencias bibliográficas.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | L. G. More, M. A. Brizuela, H. L. Ayala, D. P. Pinto-Roa, J. L. V. Noguera, "Parameter tuning of clahe based on multiobjective optimization to achieve different contrast levels in medical images", Image Processing (ICIP) 2015 IEEE International Conference on, pp. 4644-4648, 2015; doi: http://dx.doi.org/10.1109/ICIP.2015.7351687. |
| [2] | L. G. More, M. A. Brizuela, J. L. Vázquez Noguera, D. P. Pinto-Roa, H. Legal Ayala, "Particle swarm optimization applied to parameter tuning of clahe based on entropy and structural similarity index", Proceedings of the 3rd. Conference of Computational Interdisciplinary Sciences, Oct 2014.. |
| [3] | S.M. Pizer, E.P. Amburn, J.D. Austin, R. Cromartie, A. Geselowitz, T. Greer, B.T.H. Romeny, J.B. Zimmerman, Adaptive histogram equalization and its variations, Comput. Vision Graph. Image Process. 39 (1987) 355–368; doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0734-189X(87)80186-X. |
| [4] | D.-Y. Tsai, Y. Lee, and E. Matsuyama, “Information entropy measure for evaluation of image quality,” Journal of digital imaging, vol. 21, no. 3, pp. 338–347, 2008. |
| [5] | Wang, Zhou; Bovik, A.C.; Sheikh, H.R.; Simoncelli, E.P. (2004-04-01). "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity". IEEE Transactions on Image Processing. 13 (4): 600–612. Bibcode:2004ITIP...13..600W. CiteSeerX 10.1.1.2.5689. doi:10.1109/TIP.2003.819861. ISSN 1057-7149. |
| [6] | A. J. Nebro, J. J. Durillo, J. Garcia-Nieto, C. A. C. Coello, F. Luna, E. Alba, "SMPSO: A new PSO-based metaheuristic for multiobjective optimization", Proc. IEEE Symp. Comput. Intell. MultiCriteria Decision-Making, pp. 66-73, Mar./Apr. 2009; doi: http://dx.doi.org / 10.1109/MCDM.2009.4938830. |
| [7] | Kennedy, J.; Eberhart, R. (1995). «Particle Swarm Optimization». Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks IV. pp. 1942-1948. |
| [8] | Bragge, J.; Korhonen, P.; Wallenius, H.; Wallenius, J. (2010). Bibliometric Analysis of Multiple Criteria Decision Making/Multiattribute Utility Theory. IXX International MCDM Conference Proceedings, (Eds.) M. Ehrgott, B. Naujoks, T. Stewart, and J. Wallenius. Springer, Berlin. 634. pp. 259–268. doi:10.1007/978-3-642-04045-0\_22. ISBN 978-3-642-04044-3. |
| [9] | Parsopoulos, K.; Vrahatis, M. (2002). "Particle swarm optimization method in multiobjective problems". Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing (SAC). pp. 603–607. doi:10.1145/508791.508907 |