**PHÂN LOẠI MỨC ĐỘ VIÊM KHỚP SỬ DỤNG K-MEANS KẾT HỢP CẢI THIỆN ĐỘ TƯƠNG PHẢN DỰA TRÊN KỸ THUẬT AIHT VÀ CLAE**

OSTEORTHRITIS CLASSIFICATION USING KMEAS AND CONTRAST IMPROVEMENT BASED ON COMBINING AIHT & CLAHE TECHNOLOGIES

***Đào Thị Dinh1, Nguyễn Hữu Phát1, Trần Hoàng Vũ2***

*1Trường Đại học Bách khoa Hà Nội,* [*dinhdt.hust93@gmail.com*](mailto:dinhdt.hust93@gmail.com)*;* [*phat.nguyenhuu@hust.edu.vn*](mailto:phat.nguyenhuu@hust.edu.vn)

*2Trường Cao đẳng Công nghệ - ĐHĐN;* *thvu@dct.udn.vn*

**Tóm tắt-** Bài báo này trình bày về kỹ thuật phân loại mức độ viêm khớp đầu gối tự động bằng máy tính, giúp hỗ trợ y bác sĩ trong việc chẩn đoán mức độ viêm khớp. Phương pháp được đề xuất thực hiện qua bốn bước: tiền xử lý, phân đoạn, khai thác các kiến trúc của ảnh, phân loại. Trong hệ thống này, kỹ thuật CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) và AIHT (Adaptive Inverse Hyperbolic Tangent) được sử dụng cho bước tiền xử lý nhằm tăng cường độ tương phản. Quá trình phân đoạn được thực hiện bởi thuật toán Gabor Kernel. Việc khai thác cấu trúc của ảnh được sử dụng thuật toán GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) để khai thác các tính năng như năng lượng, sự tương phản, sự tương đồng và sự đồng nhất của điểm ảnh để làm tập dữ liệu huấn luyện dùng cho việc phân loại mức độ viêm khớp.

**Từ khóa**: Phân loại viêm khớp; CLAHE; AIHT; Gabor Kernel; Kmeas; GLCM.

**Abstract-** This paper presents the technical classification of knee OA level automatically by computer, supporting doctors in diagnosing the extent of arthritis. The proposed method performed in four steps: image preprocessing, segmentation, exploiting the architecture, and character of image classification. In this system, technical CLAHE (Adaptive Histogram Equalization Contrast Limited) and AIHT (Adaptive Inverse Hyperbolic Tangent) are used for pre-treatment steps to enhance the contrast map. The process of segmentation is done by algorithms Gabor Kernel. The exploitation of the image structure using algorithm GLCMs (Gray Level Co-occurrence Matrix) exploits the features such as energy, correlation, contrast and Homogeneity of pixels to make the dataset training for the classification level of arthritis.

**Key word:** OSTEORTHRITIS CLASSIFICATION; CLAHE; AIHT; Gabor Kernel; Kmeas; GLCM.

# Đặt vấn đề

Viêm xương khớp là thuật ngữ chung chỉ chứng viêm ở các khớp. Viêm khớp xảy ra khi các khớp xương tiếp xúc với nhau ở một hoặc nhiều điểm tác động tiêu cực đến việc vận động các khớp xương. Viêm khớp gây ảnh hưởng đến sức khỏe cũng như sinh hoạt hằng ngày, và tỉ lệ người mắc bệnh viêm khớp ngày cành tăng. Do đó việc xác định điều trị bệnh viêm khớp ngày càng được quan tâm.

Theo thống kê, [1] thì khoảng 30% người trên 35 tuổi, khoảng 60% người trên 65 tuổi và khoảng 85% người trên 80 mắc các chứng bệnh viêm khớp. Bệnh lý này đang là thách thức với Việt Nam cả về mặt phương pháp điều trị, phòng ngừa cũng như chẩn đoán bệnh lý.

Có nhiều phương pháp thăm khám bệnh viêm khớp: thăm khám lâm sàng, xét nghiệm dịch khớp, nội soi khớp, chụp ảnh X-Ray,… Mỗi phương pháp có ưu điểm và nhược điểm riêng, tuy nhiên trong bài báo này sử dụng hình ảnh X-Ray làm dữ liệu đầu vào, do thực trạng tại Việt Nam khi chụp chiếu các bệnh liên quan đến xương khớp thường được chụp bằng phương pháp X-ray, và chi phí cho một lần chụp ít hơn các phương pháp khác.

Mục tiêu của bài báo là đưa ra hệ thống tự động phân loại mức độ viêm khớp đầu gối với độ chính xác cao, thời gian thực hiện nhanh dựa trên ảnh X-ray đầu gối.

# Giải pháp thực hiện

Các hình ảnh X-ray sử dụng được số hóa với kích thước 899x691. Phân loại mức độ viêm khớp theo 5 lớp: KL-1, KL-2, KL-3, KL-4, KL-5 được thực hiện theo bốn bước, được thể hiện ở hình 1.

## *Tiền xử lý*

Để tăng cường độ tương phản cho ảnh X-ray, [3] phương pháp được đề xuất sử dụng thuật toán AIHT kết hợp với CLAHE. AIHT là thuật toán có khả năng tăng cường độ tương phản ảnh toàn cục cho hình ảnh gốc, CLAHE là thuật toán tăng cường độ tương phản cục bộ hình ảnh. Kết hợp hai thuật toán này theo công thức:

 (1)

|  |  |
| --- | --- |
| Phương pháp ban đầu[2] | Phương pháp thực hiện |
| C:\Users\DinhDT\Desktop\C1.PNG | C:\Users\DinhDT\Desktop\C2.PNG |

***Hình 1***: *Các bước thực hiện*

* AIHT: Adaptive Inverse Hyperbolic Tangent

Thuật toán được đặc trưng bởi hai thông số: Độ sai lệch Bias(x) và độ lợi Gain(x) của ảnh I có kích thước M\*N.

(2)

Trong đó:

 (3) (4)

Khi đó, 

* CLAHE: Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization [4][5]

Thuật toán được đặc trưng bởi giá trị “Clip”, giá trị này riêng biệt cho mỗi phân vùng của ảnh, là một giá trị ngưỡng .

## *Phân đoạn, đo lường xác định cạnh vùng biên ảnh*

Trong xử lý ảnh, bộ lọc Gabor là bộ lọc tuyến tính thường được dùng để xác định biên, phân vùng ảnh, phân tích đặc trưng ảnh và phân lớp ảnh. Tần số và hướng là hai thông số đại diện cho bộ lọc Gabor.

### *Phân đoạn ảnh*

Mục đích của việc phân đoạn ảnh là tìm ra vùng ảnh cần được quan tâm để nâng cao chất lượng và xử lý. Được thực hiện bằng thuật toán Center of Mass và Row Sum Graph.

Tính giá trị trung tâm của ảnh theo giá trị ngưỡng

 (5)

 (6)

Với I() = , Sum() là tổng số điểm ảnh có giá trị bằng .

### *Ước lượng hướng của đường biên ảnh*

Mục đích của bước này là xác định hướng phân vùng điểm ảnh. Bước này rất quan trọng trong việc áp dụng bộ lọc Gabor [6], được thực hiện như sau:

Bước 1: Chia ảnh I thành các khối kích thước WxW, tâm của mỗi ô có tọa độ (i,j).

Bước 2: Ở mỗi ô, có tâm điểm (i,j), dùng toán tử Sobel để tính gradient ∂x(i,j) và ∂y(i,j) tại mỗi điểm (i,j).

Bước 3: Ước lượng ở mỗi ô có tâm điểm (i,j) theo phương trình sau:

 (7)

 (8)

 (9)

là hướng cục bộ của khối có tâm là I(i,j).

### *Nâng cao chất lượng ảnh bằng bộ lọc Gabor*

Tính toán hướng cục bộ của ảnh theo 2.2.2, sau đó bộ lọc Gabor được thực hiện như sau:



Trong đó: S(x,y) là một hàm sin phức, là hàm Gaussian hai chiều.

Hàm sin phức:

 (10)

Trong đó: là tần số không gian, P là pha của hình sin.



 (11)

Trong đó :

 (12)

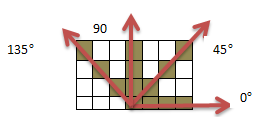
 (13)

Hình ảnh X-Ray thu được thường chịu tác động bởi nhiều yếu tố, do đó việc nâng cao chất lượng hình ảnh để thực hiện xác định cấu trúc của ảnh cần được thực hiện. Bộ lọc Gabor có công dụng hữu ích khi trong cả miền thời gian và miền tần số, qua đó trích được các đặc điểm đặc trưng của ảnh được trình bày mục 2.3.

## *Khai thác các đặc điểm cấu trúc của ảnh*

Haralick đã đề xuất 14 tính năng đặc trưng của ảnh từ ma trận đồng hiện mức xám GLCM ( Gray Level Co-occurrence Matrix) có thể được sử dụng phân lớp kết cấu ảnh [7].

Một ảnh I có nhiều ma trận H(i,j) phụ thuộc vào khoảng cách d và hướng , được thể hiện hình 2.



***Hình 2:*** *Mối quan hệ không gian của các điểm ảnh trong ma trận hai chiều*

Trong hệ thống này chỉ sử dụng bốn tính năng phù hợp cho bài toán: độ tương phản (contrast), năng lượng (energy), độ tương đồng (Correlation), tính đồng nhất (Homogeneity).

* Đặc trưng về độ tương phản: độ tương phản F2 được tính như sau:

 (14)

Giá trị này cho biết số lượng điểm ảnh có mức xám biến đổi cục bộ trong ảnh.

* Đặc trưng về năng lượng: năng lượng F1 được tính như sau:

 (15)

Giá trị này đánh giá tính đồng nhất cục bộ trong ảnh.

* Đặc trưng về độ tương đồng: độ tương đồng F3 được tính như sau:

 (16)

Trong đó:

 (17)

 (18)

 (19)

 (20)

Các giá trị : là các giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của tổng hàng và cột của ma trận H.

Giá trị này đánh giá sự phụ thuộc tuyến tính mức độ xám của các điểm ảnh lân cận nhau.

* Đặc trưng về tính đồng nhất: tính đồng nhất F4 được tính theo công thức sau:

 (21)

Giá trị này đánh giá tính dày đặc của ma trận hiện diện mức xám GLCM.

## *Phân loại bằng thuật toán K-Means*

Ý tưởng chính của thuật toán K-Means: phân nhóm các đối tượng theo K nhóm được chỉ định trước, sao cho tổng bình phương khoảng cách từ đối tượng đến trung tâm của nhóm là nhỏ nhất. Tuy nhiên, hiệu quả của thuật toán được quyết định bởi số nhóm K và trung tâm của mỗi nhóm được khởi tạo ban đầu. Trong bài báo này, một phương pháp được đề xuất nhằm cải thiện hiệu quả sử dụng thuật toán K-Means.

Bài toán đặt ra: Có X= đối tượng cần phân cụm theo K= lớp, thuật toán K-Mean được thực hiện như sau:

Bước 1: Chia K nhóm theo sự biến đổi tuyến tính của một thuộc tính.

Bước 2: Khởi tạo trung K đối tượng trung tâm cho K cụm, chọn giá trị bất kỳ trong khoảng giá trị của mỗi trường.

Bước 3: Tính khoảng cách giữa các đối tượng đến K cụm.

(22)

Nhóm các đối tượng vào nhóm mới theo khoảng cách.

Bước 4: Cập nhật lại trọng tâm của

 (23)

Bước 5: Tính , so sánh , giá trị ngưỡng đủ bé để không có sự thay đổi nhóm của các đối tượng.

Nếu đúng, dừng lại.

Nếu sai, quay lại bước 3.

Bước 6: Hiển thị kết quả phân nhóm

Sự cải tiến của thuật toán trong bài báo đã sắp theo sự tuyến tính của một thuộc tính, làm cho việc quá trình phân loại được thực hiện nhanh hơn.

# Kết quả

Ảnh được đưa vào xử lý có định dạng ảnh Bitmap, có kích thước 955 x 672.

## *Tiền xử lý ảnh, nâng cao độ tương phản ảnh*

Sau khi thực hiện tiền xử lý ảnh ban đầu hình 3, kết quả được thể hiện hình 5, 6, 7, 8.

Qua kết quả histogram của bằng chứng tốt hơn, hình 7 có độ tương phản 602, còn hình ảnh 5 có độ tương phản 339. Thông số này được xác định bằng thuật toán GLCM.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\source code\clahe.aiht\mau1CA.bmp | C:\Users\DinhDT\Desktop\bd.bmp |
| ***Hình 3:*** *Ảnh ban đầu* | ***Hình 4:*** *Histogram của ảnh ban đầu* |
| D:\source code\clahe\mau1C.bmp | C:\Users\DinhDT\Desktop\bdc.bmp |
| ***Hình 5:*** *Ảnh tăng cường độ tương phản CLAHE* | ***Hình 6:*** *Histogram của ảnh tăng cường độ tương phản CLAHE* |
| D:\source code\clahe.aiht\mau1CA.bmp | C:\Users\DinhDT\Desktop\baca.bmp |
| ***Hình7:*** *Ảnh tăng cường độ tương phản 0,5\*CLAHE 0,5\* AIHT* | ***Hình 8:*** *Histogram ảnh tăng cường độ tương 0,5\*CLAHE 0,5\* AIHT* |

## *Phân đoạn, ước lương đo lường đường biên ảnh*

Bộ lọc Gabor sử dụng các thông số: =8, =0, W=3, N=4, kết quả được thể hiện ở hình 9 và hình 10 ứng với quá trình tiền xử lý tương ứng.

|  |  |
| --- | --- |
| F:\doanImage\gabor.CA\mau20GaborCA.bmp | F:\doanImage\gabor.C\mau20GaborC.bmp |
| ***Hình 9:*** *Ảnh tăng cường độ tương phản 0,5\*CLAHE 0,5\*AIHT sau khi thực hiện bộ lọc Gabor* | ***Hình 10:*** *Ảnh áp dụng bộ lọc Gabor với ảnh được xử lý với CLAHE* |

## *Xác định cấu trúc điểm ảnh*

Sau khi ước lượng đường biên ảnh, kết quả thực hiện phần 3.2. Trong phần này kết quả phân tích cấu trúc của ảnh được thể hiện thông qua các bảng 1 đến bảng 8.

### *Cấu trúc điểm ảnh khi tiền xử lý bằng CLAHE*

***Bảng 1:*** *Cấu trúc của ảnh với 0, và d=1 với sử dụng CLAHE tiền xử lý.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mẫu ảnh** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| 1 | 3376,919 | 0,015 | 0,172 | 0,535 |
| 2 | 6994,520 | 0,017 | 0,160 | 0,257 |
| 3 | 3878,823 | 0,008 | 0,133 | 0,453 |
| 4 | 5703,475 | 0,045 | 0,239 | 0,351 |
| 5 | 5811,904 | 0,019 | 0,173 | 0,324 |

***Bảng 2:*** *Cấu trúc của ảnh 45, và d=1 với sử dụng CLAHE tiền xử lý*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mẫu ảnh** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| 1 | 5903,389 | 0,014 | 0,152 | 0,278 |
| 2 | 4471,085 | 0,011 | 0,148 | 0,388 |
| 3 | 8059,771 | 0,012 | 0,139 | 0,151 |
| 4 | 4981,660 | 0,005 | 0,112 | 0,300 |
| 5 | 4943,808 | 0,005 | 0,113 | 0,289 |

***Bảng 3:*** *Cấu trúc của ảnh với 90, và d=1 với sử dụng CLAHE tiền xử lý*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mẫu ảnh** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| 1 | 5903,389 | 0,014 | 0,152 | 0,278 |
| 2 | 4471,085 | 0,011 | 0,148 | 0,388 |
| 3 | 8059,771 | 0,012 | 0,139 | 0,151 |
| 4 | 4981,660 | 0,005 | 0,112 | 0,300 |
| 5 | 4943,808 | 0,005 | 0,113 | 0,289 |

***Bảng 4:*** *Cấu trúc của ảnh với 135, và d=1 với sử dụng CLAHE tiền xử lý*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mẫu ảnh** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| 1 | 5903,389 | 0,014 | 0,152 | 0,278 |
| 2 | 4471,085 | 0,011 | 0,148 | 0,388 |
| 3 | 8059,771 | 0,012 | 0,139 | 0,151 |
| 4 | 4981,660 | 0,005 | 0,112 | 0,300 |
| 5 | 4943,808 | 0,005 | 0,112 | 0,289 |

### *Cấu trúc điểm ảnh khi tiền xử lý bằng sự kết hợp CLAHE và AIHT*

***Bảng 5:*** *Cấu trúc của ảnh với 0, và d=1 với sử dụng CLAHE AIHT tiền xử lý*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mẫu ảnh** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| 1 | 7268,373 | 0,028 | 0,125 | 0,191 |
| 2 | 7072,718 | 0,026 | 0,136 | 0,188 |
| 3 | 8230,648 | 0,026 | 0,084 | 0,182 |
| 4 | 6787,454 | 0,019 | 0,104 | 0,164 |
| 5 | 6724,801 | 0,018 | 0,103 | 0,163 |

***Bảng 6:*** *Cấu trúc của ảnh với 45, và d=1, sử dụng CLAHE AIHT tiền xử lý*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mẫu**  **ảnh** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| 1 | 5967,726 | 0,008 | 0,124 | 0,293 |
| 2 | 4516,105 | 0,006 | 0,118 | 0,404 |
| 3 | 8020,267 | 0,007 | 0,111 | 0,165 |
| 4 | 5018,739 | 0,002 | 0,089 | 0,317 |
| 5 | 4985,157 | 0,002 | 0,089 | 0,307 |

***Bảng 7:*** *Cấu trúc của ảnh với 90, và d=1, sử dụng CLAHE AIHT tiền xử lý*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mẫu ảnh** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| 1 | 2760,878 | 0,018 | 0,185 | 0,668 |
| 2 | 1922,943 | 0,014 | 0,178 | 0,745 |
| 3 | 4574,944 | 0,018 | 0,172 | 0,517 |
| 4 | 2081,049 | 0,006 | 0,141 | 0,714 |
| 5 | 2045,431 | 0,007 | 0,143 | 0,713 |

***Bảng 8:*** *Cấu trúc của ảnh với135, và d=1, sử dụng CLAHE AIHT tiền xử lý*

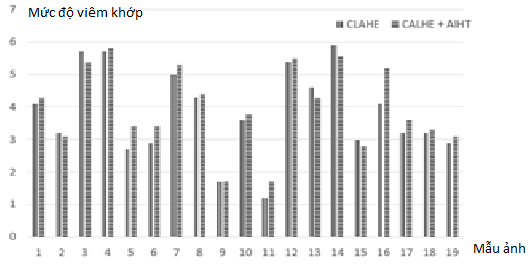
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mẫu**  **ảnh** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| 1 | 5967,726 | 0,008 | 0,124 | 0,293 |
| 2 | 4516,105 | 0,006 | 0,118 | 0,404 |
| 3 | 8020,267 | 0,007 | 0,111 | 0,166 |
| 4 | 5018,739 | 0,002 | 0,089 | 0,317 |
| 5 | 4985,157 | 0,002 | 0,089 | 0,307 |

Qua các bảng 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 có thể nhận thấy sự thay đổi các đặc điểm cấu trúc của ảnh không theo một qui luật nhất định, rất khó để phân loại dữ liệu một cách trực quan, phương pháp được đề xuất để phân loại nhóm dữ liệu- phân loại mức độ viêm khớp là sử dụng thuật toán K-Means.

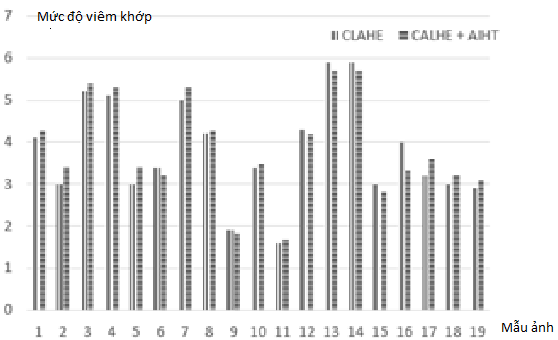
## *Phân loại mức độ viêm khớp*

Phương thức đánh giá phân loại dựa trên thuật toán K-means, đánh giá sự khác nhau và tính hiệu quả khi thực hiện hai phương pháp tiền xử lý khác nhau như đã đề cập trong mục 2.1 và kết quả của quá trình tiền xử lý ở mục 3.1.

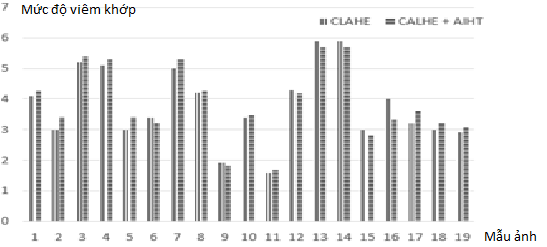
Kết quả phân loại mức độ viêm khớp lấy dữ liệu đầu vào là tập kết quả cấu trúc ảnh phần 3.3. Kết quả phân loại mức độ viêm khớp và kết quả so sánh với hai quá trình tiền xử lý khác nhau được thể hiện ở hình 11, hình 12, hình 13.



***Hình 11:*** *So sánh kết quả phân loại mức độ viêm khớp khi áp dụng hai thuật toán tiền xử lý khác nhau và thuật toán GLCM với các thông số = và d = 1*



***Hình 12:*** *So sánh kết quả phân loại mức độ viêm khớp khi áp dụng hai thuật toán tiền xử lý khác nhau và thuật toán GLCM với các thông số = và d = 1.*



***Hình 13:*** *So sánh kết quả phân loại mức độ viêm khớp khi áp dụng hai thuật toán tiền xử lý khác nhau và thuật toán GLCM với các thông số = và d = 1.*

Qua các hình11, 12, 13 thấy rằng kết quả phân loại mức độ viêm khớp khi áp dụng hai phương thức tiền xử lý ảnh khác nhau cho kết quả tương đối giống nhau, tuy nhiên vẫn có sự sai lệch của một số đối tượng, thường là sự nhầm lẫn giữa phân lớp 2 với lớp 3, và lớp 3 với lớp 4.

## Bàn luận

### *Tiền xử lý*

Việc nâng độ tương phản ảnh X-ray làm cho hình ảnh được chuẩn hóa. Nếu không sử dụng thuật toán CLAHE cũng như việc kết hợp với thuật toán AIHT, các giá trị điểm ảnh lân cận nhau có sự thay đổi lớn dẫn đến việc xử lý hình ảnh của các quá trình sau gặp khó khăn.

### *Phân đoạn, đo lường xác định cạnh vùng biên ảnh*

Vị trí của không gian chung được phát hiện bởi các bộ lọc Gabor. Gabor là bộ lọc đặc biệt thích hợp để phân đoạn kết cấu vì nó có đặc tính khác nhau. Các thí nghiệm đã chỉ ra rằng Gabor chức năng có thể được điều chỉnh để một phạm vi hẹp các tần số ở bất cứ đâu trong miền tần số.

### *Xác định cấu trúc của ảnh*

Các giá trị xác định cấu trúc của ảnh thực hiện với thuật toán GLCM kết quả thể hiện bảng 1, bảng 2, bảng 3, bảng 4, bảng 5, bảng 6, bảng 7, bảng 8. Cho biết tính chất của ảnh, và được làm dữ liệu cho việc phân loại dữ liệu.

### *Phân loại mức độ viêm khớp ảnh*

Việc áp dụng thuật toán K-Means để xác định mức độ viêm viêm khớp ảnh mang lại kết quả đánh giá tương đối khả quan, tuy nhiên thời gian thực hiện thuật toán còn lớn cũng như độ phức tạp cao, và vẫn còn sự sai lệch kết quả đánh giá.

# Kết luận

Bài báo này tập trung vào việc nghiên cứu thuật toán cải thiện độ tương phản của ảnh y học, do hình ảnh được tạo ra bằng phương pháp chụp ảnh X-ray thường có độ tương phản thấp do nhiều yếu tố tác động. Trong mỗi bước thực hiện, đều trình bày cơ sở lý thuyết, quá trình thực hiện, kết quả và đánh giá.

**Lời cảm ơn**

Trong nghiên cứu này, chúng tôi nhận được sự hỗ trợ nguồn ảnh từ Bệnh viên đa khoa tỉnh Ninh Bình.

# Tài liệu tham khảo

[1] <http://iccmedical.vn/index.php/vi/viem-khp/100-nhung-kien-thuc-co-ban-ve-viem-xuong-khop-man-tinh.html>

[2] “Osteoarthritis Classification Using Self Organizing Map Based on Gabor Kernel and Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization”, [Lilik Anifah](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Anifah%20L%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=23525188),1,2,\* [I Ketut Eddy Purnama](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Purnama%20IK%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=23525188),1 [Mochamad Hariadi](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Hariadi%20M%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=23525188),1 and [Mauridhi Hery Purnomo](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Purnomo%20MH%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=23525188)1 , NCBI, 2013.

[3] Cheng-Yi Yu1, Hsueh-Yi Lin1, Yen-Chieh Ouyang2 and Tzu-Wei Yu3, Modulated AIHT Image Contrast Enhancement Algorithm based on Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization, , 1 Jun. 2013

[4] Modified Clahe: An Adaptive Algorithm Forcontrast Enhancement Of Aerial, Medicaland Underwater Imagesjharna Majumdar1, Santhosh Kumar K L21, Dean R&D, Prof& Head CSE (PG), Nitte Meenakshi Institute of Technology, Bangalore, India.

[5] http://imagej.net/Enhance\_Local\_Contrast\_(CLAHE)

[6] Movellan J R. “on Gabor Filters” [Accessed: December 22th];chapter 2, UCSF Comprehensive Cancer Center, Available[: http://mplab.ucsd.edu/tutorials/gabor.pdf](file:///C:\Users\DinhDT\Downloads\:%20http:\mplab.ucsd.edu\tutorials\gabor.pdf)

[7] Haralick R M, Shanmugam K, Haralick R M, Shanmugam K. “Textural features for image classification” IEEE Trans. Syst. Man. Cybern. 1973 Nov; SMC-3:610–621.

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\DinhDT\Desktop\IMG20160131125016.jpg | **Đào Thị Dinh**  Học hàm, học vị: tại Đại học Bách Khoa Hà Nội.  Tên cơ quan:  Viện Điện tử viễn thông, ĐH Bách Khoa Hà nội  Điện thoại : +84 01687969166  Email: dinhdt.hust93@gmail.com             20111330@student.hut.edu.vn |