

Hệ thống Phân tích Hình ảnh Siêu âm Khớp Gối

1. Tổng quan

Hệ thống này được phát triển để hỗ trợ chẩn đoán tự động tình trạng viêm trong hình ảnh siêu âm khớp gối, sử dụng AI để phân tích và phân đoạn vùng viêm.

Tính năng chính:

- Trích xuất vị trí chụp từ hình ảnh siêu âm bằng OCR
- Phân loại viêm sử dụng 2 mô hình AI: MedViT và EfficientNet
- Phân đoạn vùng viêm bằng MedSAM khi phát hiện viêm
- Phân tích mức độ nghiêm trọng dựa trên diện tích vùng viêm

Cài đặt và Triển khai

Yêu cầu hệ thống:

- Python 3.11
- CUDA 12.4 / để cài natten cho medViT

Cài đặt dependencies:

```
pip install flask flask-cors torch torchvision
pip install numpy pillow scikit-image opencv-python
pip install segment-anything easyocr
pip install timm # cho MedViT
```

Cấu trúc thư mục:

```
project/
├── app.py           # File chính Flask app
├── MedViT.py        # Module MedViT model
├── ultrasound_dataset.py # Module xử lý dữ liệu
├── models/          # Thư mục chứa các mô hình đã train
│   ├── MedViT_large_knee2.pth
│   ├── efficientnet_b0_ultrasound_2_class.pth
│   └── medsam_model_best.pth
├── templates/       # Templates HTML
└── index_fastapi.html
```

```
|— uploads/          # Thư mục lưu ảnh upload
|— results/         # Thư mục lưu kết quả
```

2. Khởi chạy ứng dụng

Chạy server:

```
python app.py
```

Server sẽ chạy tại: <http://localhost:5000>

Kiểm tra tình trạng hệ thống:

```
curl http://localhost:5000/api/health
```

3. API Documentation

3.1. Health Check

Endpoint: [GET /api/health](http://localhost:5000/api/health)

Mô tả: Kiểm tra tình trạng hoạt động của các mô hình

Response:

```
{
  "status": "healthy",
  "models": {
    "medvit_classification": true,
    "efficientnet_classification": true,
    "medsam_segmentation": true,
    "ocr_reader": true
  },
  "device": "cuda"
}
```

3.2. Danh sách mô hình

Endpoint: [GET /api/models](http://localhost:5000/api/models)

Mô tả: Lấy danh sách các mô hình phân loại có sẵn

Response:

```
{
  "success": true,
  "models": [
    {
      "name": "medvit",
      "display_name": "MedViT Large",
      "description": "Medical Vision Transformer - Specialized for medical imaging"
    },
    {
      "name": "efficientnet",
      "display_name": "EfficientNet-B0",
      "description": "EfficientNet - Efficient convolutional neural network"
    }
  ],
  "default": "medvit"
}
```

3.3. Phân tích hình ảnh

Endpoint: **POST** /api/analyze

Mô tả: API chính để phân tích hình ảnh siêu âm

Parameters:

- **image**: File hình ảnh (multipart/form-data)
- **model**: Tên mô hình muốn sử dụng ("medvit" hoặc "efficientnet")

Response thành công:

```
{
  "success": true,
  "filename": "uuid_original_name.jpg",
  "image_size": [640, 480],
  "position": "suprapat-long",
  "anatomy_info": {
    "angle": "Góc chụp trước xương bánh chè - dọc (Suprapatellar Longitudinal)",
    "inflammation": "Viêm điểm bám gân tứ đầu - Khu vực có thể có dịch khớp",
    "fluid_location": "Túi dịch trên xương bánh chè (Suprapatellar bursa)"
  }
}
```

```

},
"model_used": "medvit",
"classification": {
  "has_inflammation": true,
  "confidence": 85.6,
  "label": "Viêm"
},
"segmentation": {
  "performed": true,
  "box_coords": [153, 113, 377, 214]
},
"inflammation_analysis": {
  "level": 2,
  "severity": "Trung bình",
  "ratio": 18.5,
  "color": "#ff8800",
  "pixels_count": 4520,
  "total_pixels": 24448
},
"images": {
  "original": "/uploads/uuid_original_name.jpg",
  "result": "/results/result_uuid_original_name.jpg"
}
}

```

4. Chi tiết các Module

4.1. Trích xuất vị trí (OCR)

Chức năng: Nhận diện tự động vị trí chụp siêu âm từ text trên hình ảnh

Các vị trí được hỗ trợ:

- **post-trans**: Posterior Transverse (sau - ngang)
- **suprapat-long**: Suprapatellar Longitudinal (trước xương bánh chè - dọc)

Quy trình:

1. Trích xuất vùng header (20% trên cùng của ảnh)
2. Áp dụng nhiều phương pháp tiền xử lý (contrast, threshold, invert)
3. Sử dụng EasyOCR để nhận diện text

4. Phân tích và khớp với các pattern vị trí

4.2. Phân loại viêm

MedViT (Medical Vision Transformer)

- Đặc điểm: Transformer chuyên dụng cho ảnh y tế
- Input: RGB image qua UltrasoundTransform
- Output: 2 classes (Viêm/Không viêm)

EfficientNet-B0

- Đặc điểm: CNN hiệu quả, pretrained trên ImageNet
- Input: RGB image resize về 224x224
- Output: 2 classes (Viêm/Không viêm)

4.3. Phân đoạn vùng viêm (MedSAM)

Khi nào thực hiện: Chỉ khi có viêm được phát hiện

Quy trình:

1. Resize ảnh về 1024x1024 cho model
2. Chọn bounding box tự động dựa trên kích thước ảnh
3. Sử dụng MedSAM để phân đoạn vùng viêm
4. Tạo mask overlay màu vàng trên ảnh gốc

Bounding boxes được định nghĩa sẵn:

```
BOX_DICT = {  
    (1024, 1024): (300, 300, 400, 400),  
    (640, 480): (153, 113, 377, 214),  
    (640, 452): (194, 128, 346, 185),  
    (1920, 1080): (500, 300, 400, 400),  
}
```

4.4. Phân tích mức độ nghiêm trọng

Cách tính:

- Tỷ lệ = (Số pixel được phân đoạn / Tổng pixel trong bounding box) $\times$ 100

Phân loại mức độ:

- Rất nhẹ (< 5%): Màu #ffdd00
- Nhẹ (5-15%): Màu #ffaa00
- Trung bình (15-25%): Màu #ff8800
- Nặng (> 25%): Màu #ff4444

5. Hướng dẫn sử dụng

1. Truy cập <http://localhost:5000>
2. Chọn mô hình phân loại (MedViT hoặc EfficientNet)
3. Upload hình ảnh siêu âm
4. Xem kết quả phân tích

6. Cấu hình

Thay đổi đường dẫn mô hình:

```
MEDVIT_CKPT_PATH = "path/to/your/medvit_model.pth"
EFFICIENTNET_CKPT_PATH = "path/to/your/efficientnet_model.pth"
MEDSAM_CKPT_PATH = "path/to/your/medsam_model.pth"
```

Tùy chỉnh bounding boxes:

Thêm kích thước ảnh mới vào **BOX_DICT**:

```
BOX_DICT[(your_width, your_height)] = (x, y, width, height)
```

Thay đổi ngưỡng phân loại mức độ:

```
# Trong hàm analyze_inflammation_severity()
if ratio > 30:      # Thay đổi từ 25
    severity = "Nặng"
elif ratio >= 20:  # Thay đổi từ 15
    severity = "Trung bình"
```