

Xử lý ảnh truyền thống

1. Kỹ thuật Phân đoạn dựa trên Ngưỡng (Thresholding)

Mục tiêu là biến đổi ảnh xám thành ảnh nhị phân dựa trên một giá trị ngưỡng . Các bước thực hiện bao gồm:

- **Ngưỡng toàn cục (Global Thresholding):** Sử dụng một giá trị ngưỡng duy nhất cho toàn bộ ảnh. Các phương pháp cụ thể bao gồm:

- **Otsu's Method:** Xác định ngưỡng tối ưu bằng cách tối đa hóa phương sai giữa mức xám của đối tượng và nền.

- **Ngưỡng lặp (Iterative Thresholding):** Điều chỉnh ngưỡng liên tục dựa trên giá trị xám trung bình của tiền cảnh và hậu cảnh cho đến khi sự thay đổi đạt mức tối thiểu.

- **Ngưỡng cục bộ (Local Thresholding):** Phân loại từng điểm ảnh dựa trên các đặc điểm của các điểm ảnh xung quanh nó (như độ sáng, độ tương phản) để xử lý các ảnh có ánh sáng không đồng đều.

2. Phân đoạn dựa trên Cạnh (Edge-Based Segmentation)

Nguồn tài liệu mô tả quy trình thực hiện theo một chuỗi các bước xác định rõ ràng:

1. **Tiền xử lý ảnh (Pre-processing):** Chuẩn bị ảnh để phân tích.

2. **Phát hiện cạnh (Edge detection):** Nhận diện các ranh giới tiềm năng (sử dụng các toán tử như Sobel, Prewitt, Canny).

3. **Triệt tiêu không cực đại (Non-maximum suppression):** Tinh lọc các cạnh để giữ lại những cạnh quan trọng nhất.

4. **Đặt ngưỡng (Thresholding):** Chuyển đổi ảnh gradient thành định dạng nhị phân để tách biệt rõ cạnh.

5. **Hậu xử lý (Post-processing):** Tinh chỉnh các cạnh đã phân đoạn (ví dụ: lắp đầy khoảng trống).

6. **Phân đoạn ảnh cuối cùng:** Chia ảnh thành các phân đoạn dựa trên các cạnh đã xử lý.

3. Phân đoạn dựa trên Vùng (Region-Based Segmentation)

Nguồn tài liệu nêu chi tiết các bước cho hai phương pháp chính:

- **Tăng trưởng vùng từ hạt giống (Seeded Region Growing - SRG):**

1. Chọn các điểm hạt giống (seed points) dựa trên độ sáng, màu sắc hoặc kết cấu.

2. Xác định tiêu chí tăng trưởng (ví dụ: ngưỡng về sự khác biệt màu sắc).

3. Mở rộng vùng bằng cách xem xét các điểm ảnh xung quanh hạt giống.

4. Lặp lại quá trình cho đến khi không còn điểm ảnh nào có thể kết nạp thêm vào vùng.

- **Chia và Trộn (Split and Merge):**

1. Chia vùng hiện tại thành 4 phần bằng nhau nếu nó không thỏa mãn điều kiện đồng nhất.

2. Trộn các vùng lân cận nếu chúng thỏa mãn điều kiện đồng nhất để tạo thành một vùng duy nhất.

3. Lặp lại cho đến khi không thể chia hoặc trộn thêm.
4. Phân đoạn dựa trên Cụm (Clustering-Based Segmentation)

Kỹ thuật này nhóm các điểm ảnh có đặc điểm tương đồng vào các cụm. Có hai nhóm chính:

- **Phân cụm phân cấp (Hierarchical Clustering):** Sử dụng sơ đồ hình cây (dendrogram) để thực hiện theo cách tiếp cận từ dưới lên (Agglomerative) hoặc từ trên xuống (Divisive).
- **Phân cụm phân mảnh (Partitional Clustering):** Phân loại dữ liệu bằng cách tối ưu hóa một hàm mục tiêu (như khoảng cách Euclidean). Bao gồm cụm mờ (Fuzzy c-means) và cụm cứng (k-means).

5. Phân đoạn dựa trên Đồ thị (Graphic-Based Segmentation)

Coi ảnh như một đồ thị, trong đó các điểm ảnh là đỉnh () và mối quan hệ lân cận là cạnh (). Các bước chính bao gồm:

- **Cây khung tối thiểu (MST):** Sử dụng thuật toán Kruskal hoặc Prim để xây dựng cây kết nối mọi đỉnh với chi phí thấp nhất.
- **Cắt đồ thị (Graph Cuts):** Chuyển đổi ảnh thành đồ thị, trong đó nguồn () đại diện cho đối tượng quan tâm và đích () đại diện cho nền.
- **Trường ngẫu nhiên Markov (MRF):** Mô hình hóa việc dán nhãn pixel dưới dạng ước lượng Bayes.
- **Phương pháp đường đi ngắn nhất:** Tìm lộ trình hiệu quả nhất giữa các đỉnh bằng các thuật toán như Dijkstra hoặc Bellman-Ford.

➡ Xử lý dùng thêm mô hình

1. Giai đoạn Tiền xử lý (Data Preprocessing)

Trước khi đưa vào mô hình, dữ liệu hình ảnh (như MRI) cần được xử lý để tăng hiệu quả huấn luyện:

- **Chuyển đổi dữ liệu:** Các hình ảnh y tế định dạng 3D (như NIFTI) được cắt thành các lát ảnh **2D** theo chiều dọc.
- **Chuẩn hóa kích thước:** Mọi hình ảnh được thay đổi kích thước về mức thống nhất, ví dụ **880x880** đối với ảnh cột sống hoặc **256x256** đối với ảnh não để đảm bảo tính đồng bộ đầu vào.
- **Chuẩn hóa và Định mức:** Thực hiện trừ giá trị trung bình và chia cho độ lệch chuẩn (standardization), sau đó đưa giá trị pixel về khoảng **0 đến 1**.
- **Tăng cường dữ liệu (Data Augmentation):** Sử dụng các kỹ thuật như trộn ngẫu nhiên thứ tự ảnh, thêm nhiễu (noise), làm mờ (blur), tạo chuyển động giả (motion) và bóng ma (ghost) để mô hình bền bỉ hơn với các sai sót của thiết bị y tế.

2. Cấu trúc mô hình xử lý (Architecture)

ResUNet++ xử lý ảnh thông qua cấu trúc Encoder-Decoder đối xứng được nâng cấp bởi các khối chức năng:

- **Downsampling (Mã hóa):** Sử dụng các **khối dư (Residual blocks)** để bảo tồn các đặc trưng hình ảnh quan trọng khi mạng đi sâu hơn, giúp giải quyết vấn đề triệt tiêu đạo hàm.
- **Bridge (Cầu nối ASPP):** Sử dụng khối **Atrous Spatial Pyramidal Pooling (ASPP)** nối giữa encoder và decoder. Khối này dùng các tích chập giãn (dilated convolutions) để thu thập thông tin ở nhiều quy mô khác nhau cùng lúc, giúp nhận diện các khối u có kích thước biến thiên.
- **Upsampling (Giải mã) và Chú ý:** Tích hợp **cơ chế chú ý (Attention unit)** và các khối SE (Squeeze and Excitation) để tập trung vào các vùng mục tiêu quan trọng và loại bỏ nhiễu từ nền ảnh.

3. Quy trình Huấn luyện (Training)

Việc xử lý và học từ ảnh được tối ưu hóa qua các thiết lập:

- **Hàm mất mát:** Thay vì các hàm truyền thống, ResUNet++ thường sử dụng **Dice Loss** hoặc **Jaccard Loss** để xử lý tình trạng mất cân bằng giữa vùng mục tiêu (thường rất nhỏ) và nền ảnh.
- **Bộ tối ưu hóa:** Sử dụng **Adam** hoặc **NAdam** (kết hợp Adam với momentum Nesterov) để cập nhật tham số hiệu quả và ổn định hơn.
- **Kiểm soát:** Áp dụng các kỹ thuật như **EarlyStopping** (dừng sớm), lưu điểm kiểm soát mô hình tốt nhất (Model Checkpointing) và tự động giảm tốc độ học (Learning Rate Reduction).

4. Quy trình Thực thi thực tế (Inference Workflow)

Khi áp dụng vào chẩn đoán (ví dụ khối u não), quy trình xử lý ảnh diễn ra theo hai bước:

1. **Phân loại (Classification):** Sử dụng mô hình để phát hiện xem khối u có tồn tại trong ảnh hay không.
2. **Phân đoạn (Segmentation):** Nếu có khối u, ResUNet++ sẽ tiến hành khoanh vùng và xác định ranh giới chính xác của nó.
3. **Tương tác (HCI):** Kết quả sau đó được hiển thị thông qua các giao diện tương tác Người - Máy (HCI) để bác sĩ có thể quan sát, tương tác và đưa ra quyết định lâm sàng chính xác.