



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0053725

(51)^{2020.01} A61B 5/02; G06N 3/02; A61B 8/06

(13) B

(21) 1-2022-01963

(22) 29/03/2022

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/07/2022 412A

(73) TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ - ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI (VN)

Nhà E3, 144 Xuân Thủy, phường Dịch Vọng Hậu, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Trần Quốc Long (VN); Lê Sỹ Vinh (VN); Lê Tuấn Thành (VN); Lê Phạm Văn Linh (VN); Nguyễn Minh Tuấn (VN); Trần Minh Đức (VN); Nguyễn Văn Phi (VN).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ Bình Minh (SUNRISE IP CO.,LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐO TỰ ĐỘNG CHỈ SỐ PHÂN SUẤT TỔNG MÁU TRỰC TIẾP
TỪ DỮ LIỆU VIDEO SIÊU ÂM TÌM

(21) 1-2022-01963

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp đo tự động giá trị phân suất tổng máu từ dữ liệu là video siêu âm tim bằng mô hình học sâu. Theo đó, chỉ số phân suất tổng máu được đo như sau: đầu tiên, dữ liệu đầu vào là video siêu âm tim được cho qua quá trình tiền xử lý dữ liệu để tạo thành các đoạn video ngắn hơn có độ dài xác định nhằm chuẩn bị đầu vào chuẩn cho các mô hình học sâu; sau đó, dữ liệu đã được chuẩn bị (bao gồm các đoạn video) được đưa vào các mô hình học máy đã được huấn luyện trước đó để đo ra giá trị dự đoán về phân suất tổng máu cho từng đoạn dữ liệu đầu vào; cuối cùng, các giá trị dự đoán về phân suất tổng máu của mỗi đoạn dữ liệu đầu vào được mỗi mô hình đưa ra sẽ được kết hợp lại để đưa ra giá trị dự đoán cuối cùng bằng cách lấy trung bình tất cả các kết quả dự đoán. Giá trị phân suất tổng máu được mô hình đưa ra nhằm giúp tự động đo nhanh hơn chỉ số này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp đo tự động chỉ số của tim, cụ thể hơn là chỉ số phân suất tổng máu trực tiếp từ dữ liệu đầu vào là video siêu âm tim, theo đó, cung cấp một phương pháp đo tự động, hỗ trợ cho các bác sĩ trong trường hợp bệnh viện thiếu đi các máy móc truyền thống để đo chỉ số này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hình 1 là hình vẽ thể hiện một video siêu âm tim thông thường, được dùng để đo chỉ số phân suất tổng máu.

Hiện nay, các phương pháp tự động đo chỉ số phân suất tổng máu (trên các hình vẽ, giá trị của chỉ số này được ký hiệu là giá trị EF) thông thường mô phỏng lại quá trình thực hiện việc đo này của các bác sĩ, bao gồm việc phân vùng cho tâm thất trái từ dữ liệu video đầu vào, tiếp đó là lựa chọn thời điểm tâm trái lớn nhất và nhỏ nhất và cuối cùng là trích xuất các giá trị hình thái của tâm thất trái tại hai thời điểm này để đo chỉ số phân suất tổng máu. Như được minh họa trên Hình 2, đối với phương pháp tự động đo chỉ số phân suất tổng máu, các bước thông thường được áp dụng như sau:

Bước 1: Tiền xử lý dữ liệu video đầu vào

Bước này bao gồm việc chuẩn hóa dữ liệu đầu vào cho các khung hình ảnh của video đầu vào. Sau khi tiền xử lý xong, các khung hình sẽ được phân vùng ra tâm thất trái một cách tự động thông qua việc áp dụng mô hình học sâu.

Bước 2: Đưa các khung hình đã được tiền xử lý qua mô hình học sâu để thực hiện việc phân vùng tâm thất trái.

Việc phân vùng này đòi hỏi mô hình học sâu đã được huấn luyện trước. Quá trình huấn luyện mô hình học sâu M được thực hiện theo thuật toán học có giám sát, và sử dụng phương pháp tối ưu dựa vào kỹ thuật xuống đồi theo đạo hàm. Khi mô hình học sâu đã được huấn luyện, hình ảnh 2D siêu âm tim khi đã được tiền xử lý là t được cho qua mô hình M. Mô hình sẽ trả ra kết quả phân vùng là một hình ảnh 2D gồm mặt nạ phân vùng cho tâm thất trái.

Bước 3: Trích xuất các thông tin về hình thái của tâm thất trái

Sau khi tất cả các hình ảnh trong video đầu vào đã được đưa qua mô hình học sâu để trích xuất ra các phân vùng tâm thất trái. Quá trình trích xuất các thông tin về hình thái của tâm thất trái sẽ được tiến hành. Quá trình này trích xuất ra các thông tin về 3 điểm là điểm mỏm tim, 2 điểm đáy tim, thông tin về đường bao tâm thất trái và diện tích phân vùng tâm thất trái.

Bước 4: Tính giá trị của chỉ số phân suất tổng máu

Sau khi có các thông tin về hình thái của quả tim, phương pháp sẽ lựa chọn ra thời điểm tâm thu và thời điểm tâm trương dựa theo diện tích của tâm thất trái lúc lớn nhất và lúc nhỏ nhất. Sau khi đã có được các khung hình tại thời điểm tâm thu và thời điểm tâm trương. Thông tin về hình thái của tâm thất trái đã được trích xuất trước đó được sử dụng để tính thể tích của tâm thất trái tại thời điểm cuối tâm thu là LVESV và thể tích tại thời điểm cuối tâm trương là LVEDV. Cuối cùng, giá trị của chỉ số phân suất tổng máu LVEF được tính dựa theo thể tích tâm thất trái tại hai thời điểm cuối tâm trương và cuối tâm thu như sau $LVEF = ((LVEDV - LVESV) / LVEDV) * 100\%$.

Phương pháp này đã cung cấp được một phương pháp tự động đo chỉ số phân suất tổng máu từ dữ liệu đầu vào là video siêu âm tim, hỗ trợ các bác sĩ trong các điều kiện thiếu các máy móc hiện đại để đo chỉ số này. Phương pháp này đã áp dụng sự tiến bộ của các mô hình học sâu để hỗ trợ phân vùng tâm thất trái một cách tự động và chính xác.

Trong thực tế, để nâng cao độ chính xác cho mô hình học sâu phân vùng tâm thất trái, cần có rất nhiều dữ liệu hình ảnh siêu âm tim được gán nhãn về vùng tâm thất trái để huấn luyện. Dữ liệu này, trong một video, không chỉ cần gán nhãn hai khung hình tại thời điểm cuối tâm thu và cuối tâm trương mà còn cần gán nhãn các khung hình tại những thời điểm khác nữa để làm phong phú cho dữ liệu. Tuy nhiên, điều này thực sự rất tốn kém về cả công sức và thời gian của các bác sĩ.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất một phương pháp trực tiếp, bỏ qua các bước mô phỏng lại quá trình của con người, từ dữ liệu siêu âm tim đầu vào để đo chính xác giá trị phân suất tổng máu. Phương pháp này làm giảm sự phụ thuộc vào dữ liệu là hình ảnh siêu âm tim được gán nhãn phân vùng tâm thất trái. Do vậy giảm đi công sức của các bác sĩ trong quá trình chuẩn bị dữ liệu để huấn luyện mô hình.

Để đạt được mục tiêu này, sáng chế đề xuất phương pháp sử dụng mô hình học sâu dự đoán trực tiếp giá trị của chỉ số phân suất tổng máu LVEF từ dữ liệu là đoạn video siêu âm tim (dưới đây còn được gọi là “clip siêu âm tim”, “đoạn clip” hoặc “clip”). Phương pháp này dựa trên sự thành công gần đây của các mô hình học sâu trong việc thực hiện các tác vụ khác nhau khi được cung cấp một lượng lớn dữ liệu huấn luyện đầu vào. Cụ thể hơn, sáng chế đề xuất:

[1]. Phương pháp đo tự động chỉ số phân suất tổng máu trực tiếp từ dữ liệu video siêu âm tim đầu vào, áp dụng mô hình học sâu trực tiếp dự đoán ra chỉ số phân suất tổng máu, bao gồm các quá trình:

(i) tiền xử lý và chuẩn bị dữ liệu, bao gồm các bước:

(i1) chia video siêu âm tim đầu vào thành các đoạn clip liên tục ngắn hơn với độ dài mỗi đoạn là n khung hình được xác định trước và cố định, để làm đầu vào cho các mô hình học sâu ở bước tiếp theo;

(i2) thực hiện tăng cường dữ liệu, nếu dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình huấn luyện mô hình ở bước (ii1) dưới đây, nếu không thì chuyển đến bước (i3), trong đó việc tăng cường dữ liệu được thực hiện bằng cách cắt ngẫu nhiên một vùng từ trên clip và cộng thêm nhiễu Gaussian cho clip, sau đó dữ liệu được chuẩn hóa về khoảng giá trị 0 - 1;

(i3) chuẩn hóa dữ liệu cho các clip sao cho giá trị các điểm ảnh trong các clip nằm trong khoảng 0 đến 1, nếu dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình dự đoán ở bước (ii2) dưới đây;

(i4) lựa chọn ngẫu nhiên clip trong số các clip đã được xử lý ở bước (i2) và giá trị phân suất tổng máu để đưa ra làm dữ liệu huấn luyện mô hình, trong trường hợp chuẩn bị dữ liệu cho quá trình huấn luyện mô hình, và

đưa ra tất cả các clip đã được chuẩn bị ở bước (i3), trong trường hợp chuẩn bị dữ liệu cho quá trình dự đoán;

(ii) dự đoán chỉ số phân suất tổng máu dựa vào các mô hình học sâu đã được huấn luyện, bao gồm các bước:

(ii1) huấn luyện mô hình học sâu là các mạng nơ ron tích chập 3 chiều 3DCNN, sử dụng thuật toán huấn luyện dựa vào kỹ thuật gradient descent để dự đoán tục tiếp giá trị phân suất tổng máu, và

(ii2) đưa các dữ liệu đã được xử lý, ở bước (i3) và đưa ra ở bước (i4), vào các mô hình học sâu đã được huấn luyện trước ở bước (ii1) để đưa ra các giá trị dự đoán phân suất tổng máu; và

(iii) kết hợp các giá trị dự đoán thu được từ các mô hình bằng cách lấy trung bình các kết quả để đưa ra giá trị dự đoán cuối cùng về chỉ số phân suất tổng máu cho video siêu âm tim đầu vào.

[2]. Phương pháp theo mục [1], trong đó ở bước (i1) chia video siêu âm tim đầu vào thành các đoạn clip, giá trị của n thường được xác định là 32.

[3]. Phương pháp theo mục [1] hoặc mục [2], trong đó quá trình (ii1) huấn luyện mô hình học sâu bao gồm các bước:

đưa dữ liệu là clip đã được tiền xử lý, ở bước (i2) và đưa ra ở bước (i4), vào trong mô hình 3DCNN;

đưa ra dự đoán về giá trị phân suất tổng máu y' bởi mô hình 3DCNN;

đo lỗi, trong đó giá trị dự đoán y' sẽ được đo lỗi so với giá trị thật y dựa vào hàm lỗi bình phương $MSE = (y' - y)^2$;

sử dụng giá trị lỗi để tính đạo hàm và cập nhật trọng số cho mô hình 3DCNN dựa vào thuật toán huấn luyện Adam với tốc độ học là 0,001; và

lặp lại các bước nêu trên đến khi giá trị lỗi hội tụ, thu được các mô hình học sâu 3DCNN được huấn luyện.

[4]. Phương pháp theo mục bất kỳ trong số các mục nêu trên, trong đó quá trình (iii) kết hợp các giá trị dự đoán được thực hiện như sau:

tổng hợp các giá trị dự đoán của các mô hình cho các clip đầu vào;

tính trung bình cộng các giá trị dự đoán phân suất tổng máu;

giải chuẩn hóa dữ liệu để thu được giá trị dự đoán phân suất tổng máu cuối cùng; và

đưa ra giá trị dự đoán phân suất tổng máu cuối cùng cho video siêu âm đầu vào.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 thể hiện dữ liệu đầu vào của phương pháp là video siêu âm tim của một bệnh nhân.

Hình 2 là mô tả về phương pháp đo chỉ số phân suất tổng máu thông dụng, có dựa vào các mô hình học máy để tự động thực hiện các tác vụ như tự động phân vùng tâm thất trái, trích xuất khung hình mà tâm thất lớn nhất và nhỏ nhất cũng như đo các thuộc tính hình học của tâm thất tại hai khung hình này để từ đó đo ra giá trị phân suất tổng máu.

Hình 3 là mô tả chung về toàn bộ phương pháp đo tự động chỉ số phân suất tổng máu, bao gồm quá trình tiền xử lý, sử dụng các mô hình học sâu để đo giá trị phân suất tổng máu trên từng đoạn video và kết hợp các dự đoán từ mô hình để đưa ra kết quả dự đoán cuối cùng.

Hình 4 là mô tả về quá trình huấn luyện mô hình học sâu 3DCNN được sử dụng để dự đoán trực tiếp giá trị phân suất tổng máu từ clip siêu âm tim đầu vào.

Hình 5 là mô tả về quá trình suy luận của mô hình học sâu 3DCNN đã được huấn luyện trước đó để đưa ra dự đoán về giá trị phân suất tổng máu.

Hình 6 là mô tả quá trình tiền xử lý và chuẩn bị dữ liệu cho quá trình huấn luyện cũng như dự đoán của các mô hình.

Hình 7 là mô tả về quá trình kết hợp các dự đoán từ các mô hình học sâu cũng như giải chuẩn hóa để đưa ra giá trị dự đoán phân suất tổng máu cuối cùng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các phương án thực hiện ưu tiên của phương pháp theo sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn có dựa vào hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, lưu ý rằng phạm vi của sáng chế không chỉ giới hạn ở các phương án thực hiện ưu tiên được mô tả dưới đây dưới dạng ví dụ minh họa cho sáng chế và cần hiểu rằng phạm vi của sáng chế bao gồm tất cả các cải biến, các thay đổi tương đương khác của chúng.

Như được thể hiện trên Hình 3, phương pháp đo tự động chỉ số phân suất tổng máu trực tiếp từ dữ liệu video siêu âm tim đầu vào, áp dụng mô hình học sâu trực tiếp dự đoán ra chỉ số phân suất tổng máu theo sáng chế bao gồm các quá trình: (i) tiền xử lý và chuẩn bị dữ liệu; (ii) dự đoán chỉ số phân suất tổng máu dựa vào các mô hình học sâu đã được huấn luyện; và (iii) Kết hợp các giá trị dự đoán thu được từ các mô hình bằng cách lấy trung bình các kết quả để đưa ra giá trị dự đoán cuối cùng về chỉ số phân suất tổng máu cho video siêu âm tim đầu vào.

Như được thể hiện trên Hình 6, quá trình (i) tiền xử lý và chuẩn bị dữ liệu, bao gồm các bước:

(i1) Chia video siêu âm tìm đầu vào thành các đoạn clip ngắn liên tục với độ dài mỗi đoạn là n khung hình với n được xác định trước và cố định, để làm đầu vào cho các mô hình học sâu ở bước tiếp theo.

Độ dài n của mỗi đoạn clip phụ thuộc vào dữ liệu thống kê về độ dài video siêu âm tìm, sức mạnh của phần cứng triển khai và thường được chọn là bội số của 2. Thông thường, số khung hình n được chọn là 32 hoặc 64. Với một số n xác định, video được chia thành các đoạn clip liên tiếp có độ dài mỗi đoạn là n khung hình. Số lượng m các đoạn clip được tính theo công thức $m = \text{độ dài video} // n$ (chia lấy nguyên). Phần dư của video sau khi chia thành m đoạn clip ngắn hơn cũng sẽ được bỏ đi.

Theo một phương án thực hiện, giá trị của n là 32.

(i2) Thực hiện tăng cường dữ liệu, nếu dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình huấn luyện mô hình ở bước (ii1) dưới đây, nếu không thì chuyển đến bước (i3), trong đó việc tăng cường dữ liệu được thực hiện bằng cách cắt ngẫu nhiên một vùng từ trên clip và cộng thêm nhiễu Gaussian cho clip, sau đó dữ liệu được chuẩn hóa về khoảng giá trị 0 – 1.

Đối với dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình huấn luyện mô hình, một clip sẽ được lựa chọn ngẫu nhiên ra từ trong các clip đã được chia ở bước trước (i1) với xác suất được lựa chọn tuân theo phân phối chuẩn. Sau đó, clip này sẽ được đưa vào bước tăng cường dữ liệu nhằm mục đích tăng thêm độ phong phú cho dữ liệu huấn luyện và sau đó được đưa qua quá trình chuẩn hóa dữ liệu. Trong bước tăng cường dữ liệu, clip được thực hiện cắt (crop) ngẫu nhiên một vùng và sau đó cộng thêm một lượng nhiễu ngẫu nhiên tuân theo phân phối chuẩn Gaussian theo công thức:

$$clip = clip \oplus \varepsilon$$

Trong đó:

- clip là đoạn dữ liệu siêu âm tim với n khung hình
- ε là nhiễu ngẫu nhiên tuân theo phân phối Gaussian

Sau đó, dữ liệu được chuẩn hóa về khoảng giá trị 0 – 1 dựa theo công thức:

$$\text{clip} = (\text{clip} - \min(\text{clip})) / (\max(\text{clip}) - \min(\text{clip}))$$

Trong đó:

- clip là đoạn dữ liệu siêu âm tim với n khung hình
- min() là hàm lấy giá trị nhỏ nhất
- max() là hàm lấy giá trị lớn nhất

Đối với dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình huấn luyện, cần thêm việc chuẩn hóa giá trị phân suất tổng máu y tương ứng của mỗi video siêu âm tim. Giá trị phân suất tổng máu y này được chuẩn hóa về khoảng 0 – 1 dựa vào công thức:

$$y = (y - \min_y) / (\max_y - \min_y)$$

trong đó max_y và min_y là các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất mà chỉ số phân suất tổng máu có thể có.

Phương pháp theo sáng chế lựa chọn hai giá trị này là max_y = 100 và min_y = 0. Sau khi đã tiến hành chuẩn hóa, phương pháp theo sáng chế chuẩn bị các cặp (clip, y) với clip và y là các dữ liệu clip siêu âm tim và phân suất tổng máu đã được chuẩn hóa và mỗi clip siêu âm tim sẽ có giá trị phân suất tổng máu của video siêu âm tim mà clip đó được tách ra.

(i3) Chuẩn hóa dữ liệu cho các clip sao cho giá trị các điểm ảnh trong các clip nằm trong khoảng 0 đến 1, nếu dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình dự đoán ở bước (ii2) dưới đây.

Đối với dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình dự đoán, các clip được phân tách từ bước (i1) nêu trên chỉ cần đưa qua quá trình chuẩn hóa dữ liệu về khoảng giá trị 0 – 1.

(i4) Lựa chọn ngẫu nhiên clip trong số các clip đã được xử lý ở bước (i2) và giá trị phân suất tổng máu để đưa ra làm dữ liệu huấn luyện mô hình, trong trường hợp chuẩn bị dữ liệu cho quá trình huấn luyện mô hình, và

đưa ra tất cả các clip đã được chuẩn bị ở bước (i3), trong trường hợp chuẩn bị dữ liệu cho quá trình dự đoán.

(ii) Dự đoán chỉ số phân suất tổng máu dựa vào các mô hình học sâu đã được huấn luyện, bao gồm các bước:

(ii1) Huấn luyện mô hình học sâu là các mạng nơ ron tích chập 3 chiều 3DCNN, sử dụng thuật toán huấn luyện dựa vào kỹ thuật Gradient Descent để dự đoán trực tiếp giá trị phân suất tổng máu.

Mô hình học sâu được lựa chọn để dự đoán trực tiếp giá trị phân suất tổng máu là mô hình mạng nơ ron tích chập 3D CNN, bao gồm các lớp tích chập 3 chiều xếp nối tiếp với các lớp batchnorm và hàm kích hoạt ReLU. Phương pháp lựa chọn sử dụng kiến trúc của các mô hình mạng nơ ron tích chập 3 chiều là MC3, R3D và R(2+1)D. Đối với các mô hình này, lớp cuối của mỗi mô hình sẽ được thay thế bằng một lớp kết nối đầy đủ với đầu ra là 1 giá trị. Các mô hình được khởi tạo với trọng số w chính là trọng số của các mô hình được huấn luyện trên tập dữ liệu video phổ biến khác.

Quá trình huấn luyện các mô hình học sâu sử dụng thuật toán tối ưu Adam dựa theo kỹ thuật Gradient Decesnt. Trong quá trình huấn luyện, các clip được tiền xử lý sẽ được lựa chọn ngẫu nhiên và đưa qua mô hình. Mô hình với các lớp tích chập, batchnorm và các hàm kích hoạt xếp xen kẽ sẽ đo giá trị đầu ra y' là dự đoán cho chỉ số phân suất tổng máu tương ứng y cho mỗi clip đầu vào. Sau đó, hàm lỗi là hàm lỗi bình phương (mean square error - MSE) được sử dụng để tính lỗi giữa giá trị dự đoán y' và giá trị chính xác y theo công thức:

$$MSE = (y' - y)^2$$

Sau đó, các trọng số w của mô hình được cập nhật theo thuật toán Adam với tham số học (learning rate) được xác định là 0,001.

Theo một phương án thực hiện, như được thể hiện trên Hình 4, quá trình huấn luyện cho các mô hình học sâu 3DCNN bao gồm các bước:

đưa dữ liệu là clip đã được tiền xử lý, ở bước (i2) và đưa ra ở bước (i4), vào trong mô hình 3DCNN;

đưa ra dự đoán về giá trị phân suất tổng máu y' bởi mô hình 3DCNN;

đo lỗi, trong đó giá trị dự đoán y' sẽ được đo lỗi so với giá trị thật y dựa vào hàm lỗi bình phương $MSE = (y' - y)^2$;

sử dụng giá trị lỗi để tính đạo hàm và cập nhật trọng số cho mô hình 3DCNN dựa vào thuật toán huấn luyện Adam với tốc độ học là 0,001; và

lặp lại các bước nêu trên đến khi giá trị lỗi hội tụ, thu được các mô hình học sâu 3DCNN được huấn luyện.

(ii2) Đưa các dữ liệu đã được xử lý, ở bước (i3) và đưa ra ở bước (i4), vào các mô hình học sâu đã được huấn luyện trước ở bước (ii1) để đưa ra các giá trị dự đoán phân suất tổng máu.

Sau khi có các mô hình học sâu 3DCNN được huấn luyện, phương pháp theo sáng chế sử dụng các mô hình này để đưa ra dự đoán cho tất cả các clip được đưa ra từ quá trình tiền xử lý và chuẩn bị dữ liệu, ở bước (i3) và đưa ra ở bước (i4). Một cách cụ thể, mỗi clip từ video đầu vào sẽ được đưa qua các mô hình đã được huấn luyện trước đó để đưa ra các giá trị dự đoán y' . Quá trình này được thực hiện cho tất cả các đoạn clip được trích xuất ra từ video đầu vào.

Theo một phương án thực hiện, như được thể hiện trên Hình 5, sau khi đã huấn luyện các mô hình 3DCNN, quá trình dự đoán được thực hiện bao gồm các bước:

đưa dữ liệu là clip đã được tiền xử lý, ở bước (i3) và đưa ra ở bước (i4), qua mô hình đã được huấn luyện;

đo và đưa ra kết quả dự đoán y' bởi mô hình đã được huấn luyện;

lập lại các bước nêu trên cho tất cả các clip được đưa ra từ quá trình tiền xử lý và chuẩn bị dữ liệu, ở bước (i3) và đưa ra ở bước (i4), và tất cả các mô hình đã được huấn luyện ở bước (ii1) để thu được các giá trị dự đoán phân suất tổng máu cho một ca.

(iii) Kết hợp các giá trị dự đoán thu được từ các mô hình bằng cách lấy trung bình các kết quả để đưa ra giá trị dự đoán cuối cùng về chỉ số phân suất tổng máu cho video siêu âm tim đầu vào.

Theo một phương án thực hiện, như được thể hiện trên Hình 7, quá trình kết hợp các giá trị về phân suất tổng máu thu được ở quá trình dự đoán được thực hiện như sau:

tổng hợp các giá trị dự đoán của các mô hình cho các clip đầu vào;
tính trung bình cộng các giá trị dự đoán phân suất tổng máu;
giải chuẩn hóa dữ liệu để thu được giá trị dự đoán phân suất tổng máu cuối cùng; và
đưa ra giá trị dự đoán phân suất tổng máu cuối cùng cho video siêu âm đầu vào.

Quá trình này kết hợp kết quả và đưa ra dự đoán cuối cho giá trị phân suất tổng máu. Sau khi có được các giá trị dự đoán phân suất tổng máu y' của các clip được các mô hình đã được huấn luyện đưa ra, phương pháp theo sáng chế sử dụng cách kết hợp các giá trị dự đoán này để đưa ra dự đoán cuối cùng. Cách kết hợp phổ biến được sử dụng chính là lấy trung bình các giá trị dự đoán y' của các mô hình. Cụ thể, giá trị dự đoán cuối cùng $y_predict$ được tính theo công thức

$$y_predict = \text{Average}(y'_1, \dots, y'_n)$$

Giá trị $y_predict$ lúc này vẫn nằm trong khoảng giá trị 0 – 1. Giá trị được giải chuẩn hóa theo công thức:

$$y_predict = (y_predict + y_min) * (y_max - y_min)$$

Trong đó $y_{\max}$ và $y_{\min}$ lần lượt mang giá trị là 100 và 0. Giá trị cuối cùng này chính là giá trị dự đoán của mô hình và được đưa ra như là giá trị dự đoán phân suất tổng máu cho dữ liệu video siêu âm tim đầu vào của bệnh nhân.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp đo tự động chỉ số phân suất tổng máu trực tiếp từ dữ liệu video siêu âm tim đầu vào, áp dụng mô hình học sâu trực tiếp dự đoán ra chỉ số phân suất tổng máu, bao gồm các quá trình:

(i) tiền xử lý và chuẩn bị dữ liệu, bao gồm các bước:

(i1) chia video siêu âm tim đầu vào thành các đoạn clip liên tục ngắn hơn với độ dài mỗi đoạn là n khung hình được xác định trước và cố định, để làm đầu vào cho các mô hình học sâu ở bước tiếp theo;

(i2) thực hiện tăng cường dữ liệu, nếu dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình huấn luyện mô hình ở bước (ii1) dưới đây, nếu không thì chuyển đến bước (i3), trong đó việc tăng cường dữ liệu được thực hiện bằng cách cắt ngẫu nhiên một vùng từ trên clip và cộng thêm nhiễu Gaussian cho clip, sau đó dữ liệu được chuẩn hóa về khoảng giá trị 0 - 1;

(i3) chuẩn hóa dữ liệu cho các clip sao cho giá trị các điểm ảnh trong các clip nằm trong khoảng 0 đến 1, nếu dữ liệu được chuẩn bị cho quá trình dự đoán ở bước (ii2) dưới đây;

(i4) lựa chọn ngẫu nhiên clip trong số các clip đã được xử lý ở bước (i2) và giá trị phân suất tổng máu để đưa ra làm dữ liệu huấn luyện mô hình, trong trường hợp chuẩn bị dữ liệu cho quá trình huấn luyện mô hình, và

đưa ra tất cả các clip đã được chuẩn bị ở bước (i3), trong trường hợp chuẩn bị dữ liệu cho quá trình dự đoán;

(ii) dự đoán chỉ số phân suất tổng máu dựa vào các mô hình học sâu đã được huấn luyện, bao gồm các bước:

(ii1) huấn luyện mô hình học sâu là các mạng nơ ron tích chập 3 chiều 3DCNN, sử dụng thuật toán huấn luyện dựa vào kỹ thuật Gradient Descent để dự đoán trực tiếp giá trị phân suất tổng máu, và

(ii2) đưa các dữ liệu đã được xử lý, ở bước (i3) và đưa ra ở bước (i4), vào các mô hình học sâu đã được huấn luyện trước ở bước (ii1) để đưa ra các giá trị dự đoán phân suất tổng máu; và

(iii) kết hợp các giá trị dự đoán thu được từ các mô hình bằng cách lấy trung bình các kết quả để đưa ra giá trị dự đoán cuối cùng về chỉ số phân suất tổng máu cho video siêu âm tim đầu vào.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ở bước (i1) chia video siêu âm tim đầu vào thành các đoạn clip, giá trị của n thường được xác định là 32.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó quá trình (ii1) huấn luyện mô hình học sâu bao gồm các bước:

đưa dữ liệu là clip đã được tiền xử lý, ở bước (i2) và đưa ra ở bước (i4), vào trong mô hình 3DCNN;

đưa ra dự đoán về giá trị phân suất tổng máu y' bởi mô hình 3DCNN;

đo lỗi, trong đó giá trị dự đoán y' sẽ được đo lỗi so với giá trị thật y dựa vào hàm lỗi bình phương $MSE = (y' - y)^2$;

sử dụng giá trị lỗi để tính đạo hàm và cập nhật trọng số cho mô hình 3DCNN dựa vào thuật toán huấn luyện Adam với tốc độ học là 0,001; và

lặp lại các bước nêu trên đến khi giá trị lỗi hội tụ, thu được các mô hình học sâu 3DCNN được huấn luyện.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó quá trình (iii) kết hợp các giá trị dự đoán được thực hiện như sau:

tổng hợp các giá trị dự đoán của các mô hình cho các clip đầu vào;

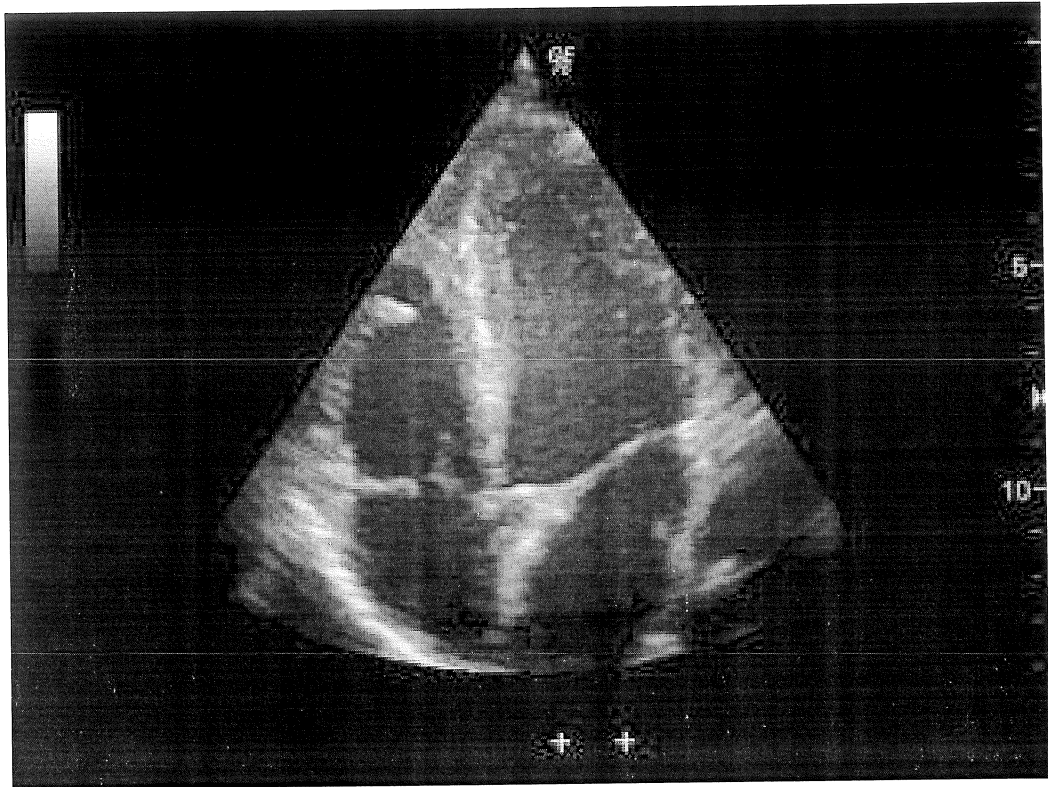
tính trung bình cộng các giá trị dự đoán phân suất tổng máu;

giải chuẩn hóa dữ liệu để thu được giá trị dự đoán phân suất tổng máu cuối cùng; và

đưa ra giá trị dự đoán phân suất tổng máu cuối cùng cho video siêu âm đầu vào.

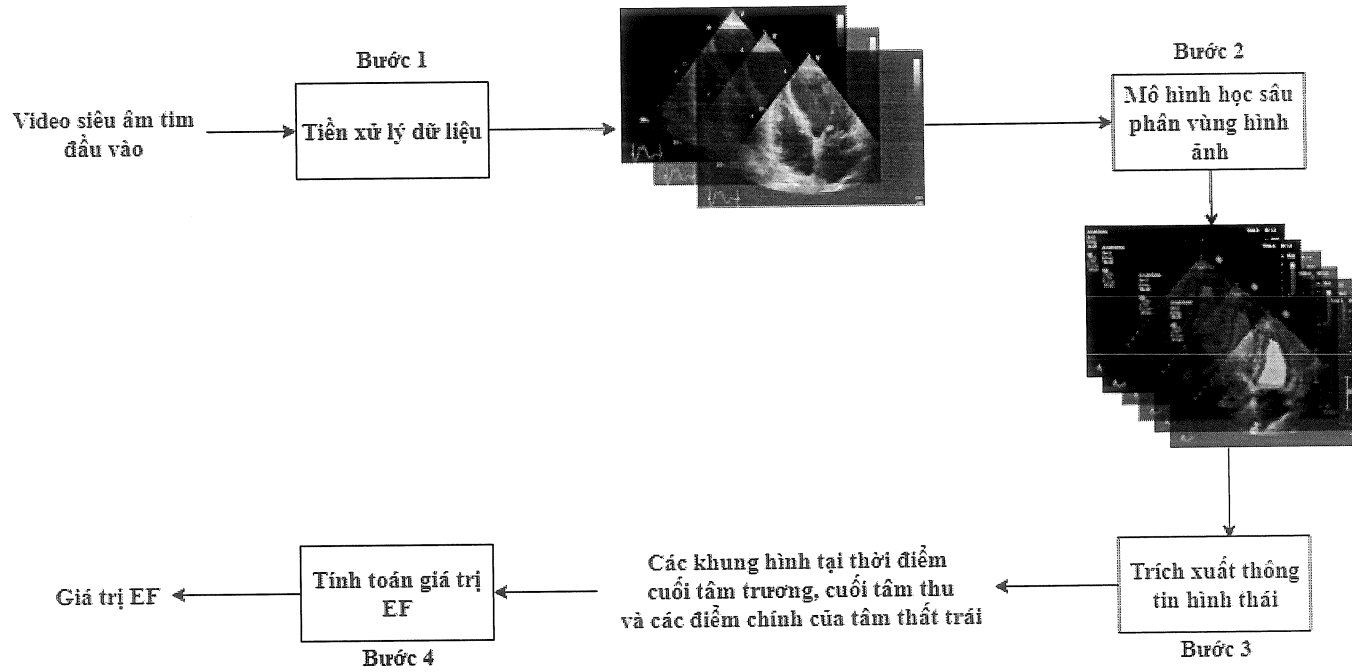
1/7

HÌNH 1



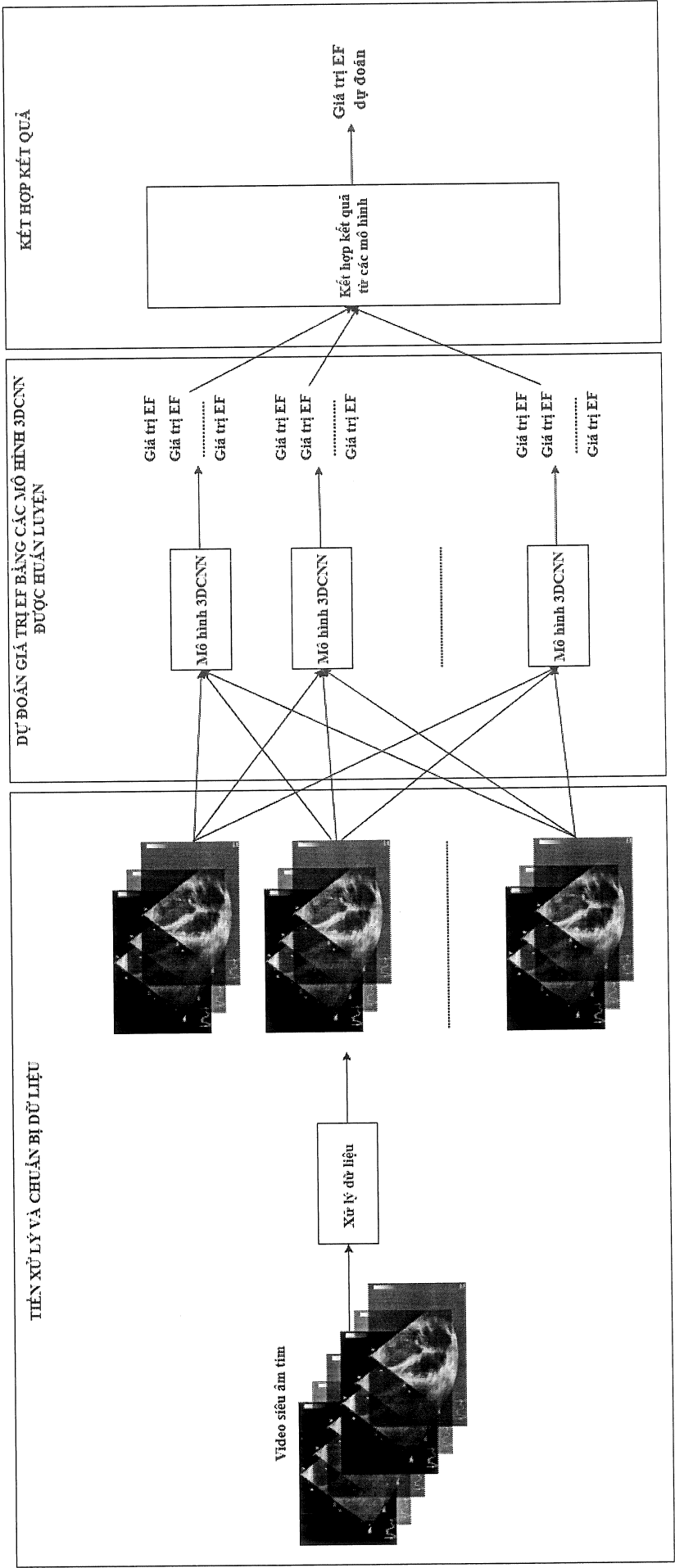
2/7

HÌNH 2



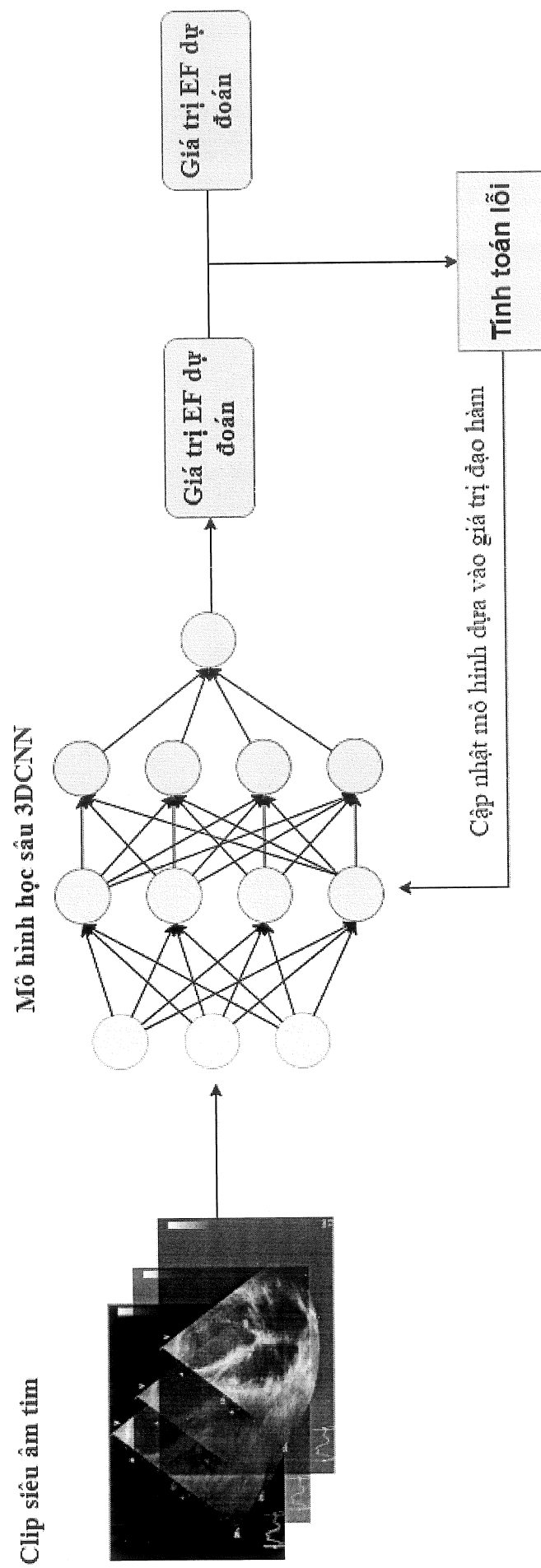
3/7

HÌNH 3



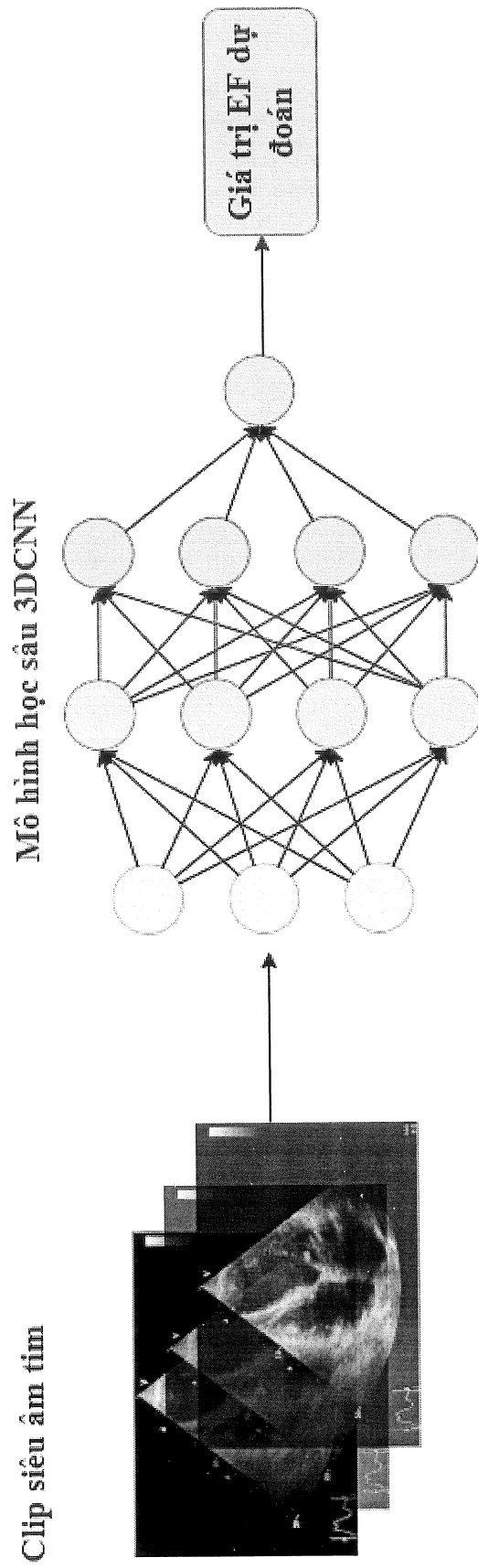
4/7

HÌNH 4

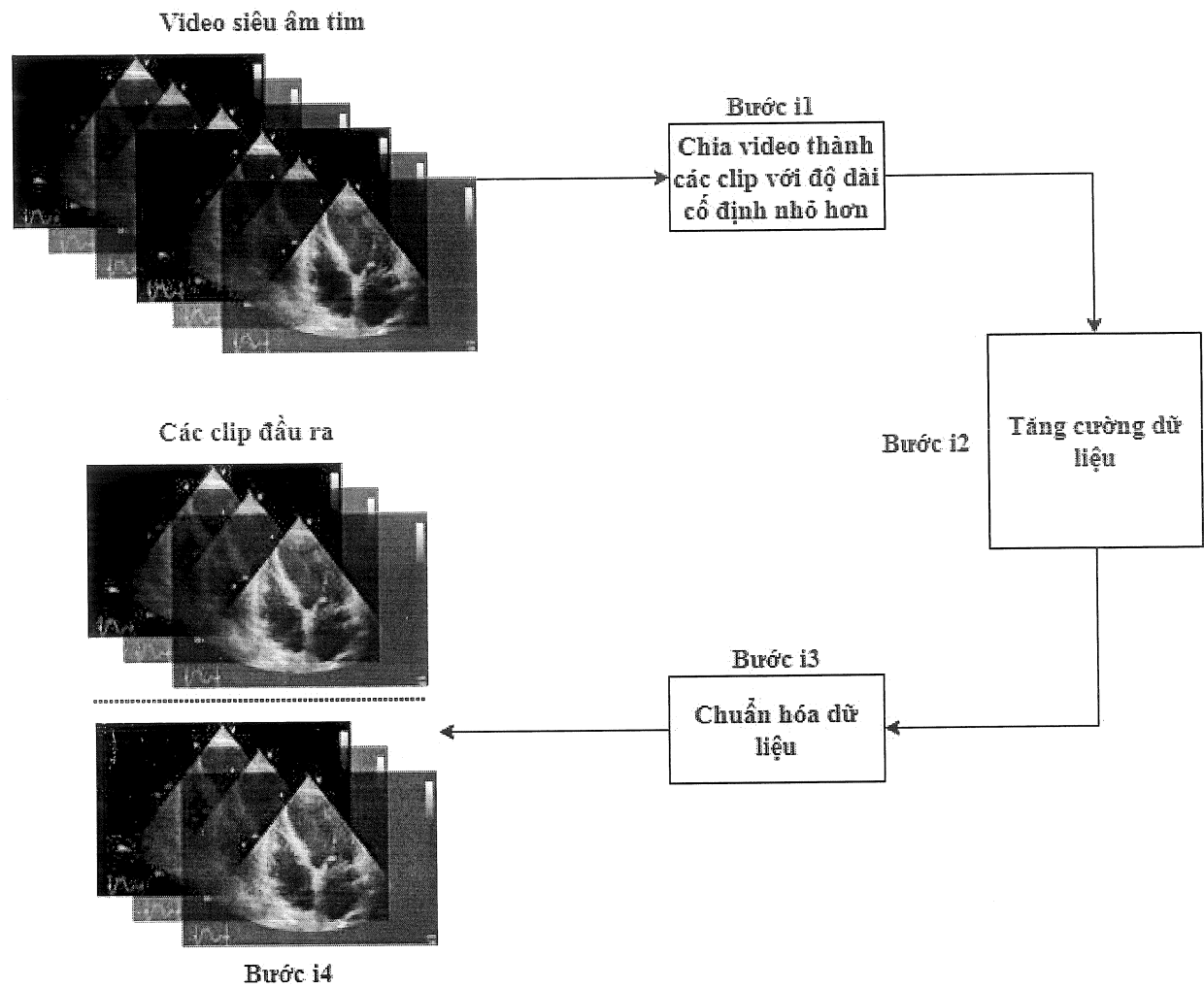


5/7

HÌNH 5



HÌNH 6



7/7

HÌNH 7

