



(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)



1-0026496

(51)^{2016.01} G06N 3/08; G06F 17/17; G06F 17/10;
G06F 17/15

(13) B

(21) 1-2018-04859

(22) 30/10/2018

(45) 25/11/2020 392

(43) 25/02/2019 371A

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội (VN)

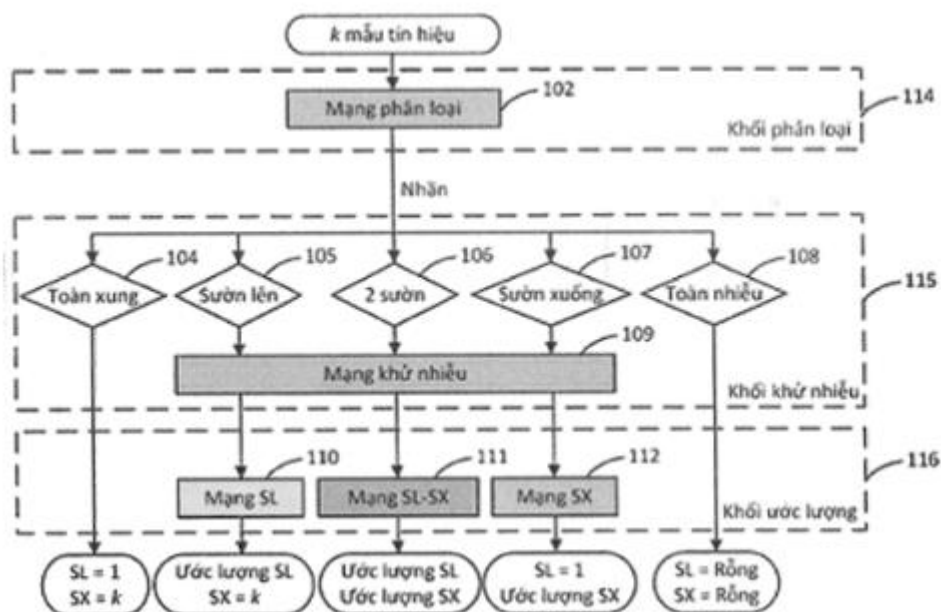
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Ngô Thành Đạt (VN); Nguyễn Quý Hà (VN); Đỗ Văn Lộng (VN); Nguyễn Trần Minh (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACI CO., LTD)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TỰ ĐỘNG PHÁT HIỆN DÂY XUNG THỪA TRONG DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN

(57) Sáng chế đề xuất một hệ thống và phương pháp tự động phát hiện dây xung thừa trong dữ liệu chuỗi thời gian sử dụng Học sâu. Phương pháp xác định dựa trên nguyên lý: một tín hiệu được chia thành các đoạn liên tiếp theo thời gian với một phần chồng lấn. Vị trí xuất hiện (sườn lên) hoặc/và vị trí kết thúc (sườn xuống) của xung, nếu có trong mỗi đoạn, sẽ được ước lượng bởi ba khối thành phần: khối phân loại, khối khử nhiễu, và khối ước lượng, trong đó, hoạt động mỗi khối dựa trên các mạng Noron tích chập thành phần.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới hệ thống và phương pháp tự động phát hiện một dãy xung xuất hiện thưa trong một tín hiệu chuỗi thời gian. Hệ thống sẽ chia tín hiệu thành các đoạn nhỏ, mỗi đoạn gồm tối đa một xung, và sử dụng một phương pháp dựa vào Học sâu (Deep Learning) để ước lượng thời điểm xuất hiện và thời điểm kết thúc của xung.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong thực tế có rất nhiều loại dữ liệu chuỗi thời gian bao hàm một dãy các xung tồn tại trong thời gian ngắn và giãn cách nhau. Ví dụ như cường độ xung thần kinh, cường độ tiết hóc-môn trong cơ thể, tín hiệu so-na, tín hiệu radar, v.v. Việc phân tích những loại dữ liệu quan trọng này đòi hỏi một quá trình tự động phát hiện xung, nhằm ước lượng thời điểm xuất hiện (sườn lên) và kết thúc (sườn xuống) của mỗi xung. Khó khăn của bài toán này nằm ở chỗ các xung có rất nhiều dạng khác nhau, độ rộng xung có thể biến thiên rất lớn, và tín hiệu thu được thường bị chìm trong nền nhiễu.

Các phương pháp hiện có dùng để phát hiện xung đều dựa vào việc lấy ngưỡng, trong đó trọng tâm là việc ước lượng nền nhiễu. Các phương pháp này có lợi điểm là thời gian tính toán nhanh và cho độ chính xác khá cao đối với các mức nhiễu vừa phải. Tuy nhiên, trong các môi trường nhiễu cực lớn, các phương pháp kể trên hoàn toàn không sử dụng được do các thuật toán ước lượng nền nhiễu không ổn định trong trường hợp này.

Trong khi đó, từ vài năm trở lại đây, Học sâu đang nổi lên như một công cụ cho hiệu quả vượt trội trong nhiều lĩnh vực khác nhau của xử lý tín hiệu và thị giác máy tính như phân loại ảnh, khôi phục ảnh, và phát hiện vật thể trong ảnh. Trên cơ sở những thành công đó, các tác giả đề xuất trong sáng chế này một hệ thống và phương pháp tự động phát hiện xung dựa vào Học sâu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích thứ nhất của sáng chế là đề xuất một hệ thống tự động phát hiện dây xung thừa, bao gồm ba khối: khối phân loại, khối khử nhiễu, và khối ước lượng, trong đó các khối thành phần khác biệt ở chỗ:

khối phân loại bao gồm mạng phân loại là một loại mạng nơ-ron tích chập (Convolutional Neural Networks, sau đây gọi là “mạng CNN”), có chức năng phân loại các đoạn tín hiệu đầu vào vào một trong năm nhãn;

khối khử nhiễu thành phần bao gồm tập năm nhãn và năm khối kiểm tra nhãn tương ứng: “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, “toàn xung”, “toàn nhiễu” và mạng khử nhiễu, thực hiện loại bỏ nhiễu ước lượng được ra khỏi thành phần tín hiệu đầu vào, từ đó thu được tín hiệu sạch;

khối ước lượng gồm có: mạng sườn lên – sườn xuống (sau đây gọi là mạng SL-SX), mạng sườn lên (sau đây gọi là mạng SL) và mạng sườn xuống (sau đây gọi là mạng SX), sử dụng đoạn tín hiệu đã lọc nhiễu để ước lượng vị trí sườn lên hoặc/và sườn xuống của xung.

Các khối chính của hệ thống được thực thi dựa trên hoạt động các mạng CNN chính, bao gồm mạng phân loại, mạng khử nhiễu, mạng SL, mạng SX, mạng SL-SX. Các mạng CNN được đào tạo sử dụng phương pháp dựa trên Học sâu. Cụ thể là, khối phân loại sẽ được thực thi bằng một mạng phân loại theo sau bởi một thuật toán phân loại thích nghi. Đầu ra của khối sẽ là một trong năm nhãn sau đây: “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, “toàn xung”, “toàn nhiễu”. Nếu đoạn tín hiệu được gán một trong ba nhãn đầu tiên, khối khử nhiễu được thực thi bằng một mạng CNN hồi quy: mạng khử nhiễu với đầu vào là đoạn tín hiệu nhiễu ban đầu và đầu ra là tín hiệu sạch. Cuối cùng, khối ước lượng được thực thi bằng ba mạng CNN hồi quy khác nhau: mạng SL-SX, mạng SL, và mạng SX. Đầu vào của các mạng này là tín hiệu đã khử nhiễu và đầu ra sẽ là một véc-tơ một hoặc hai chiều, tùy thuộc vào số lượng sườn xung có trong đoạn tín hiệu. Các mạng CNN: mạng SL, mạng SX, mạng SL-SX trong khối ước lượng sẽ dùng chung một kiến trúc, chỉ khác nhau về bộ trọng số và số chiều của đầu ra.

Mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất phương pháp tự động phát hiện dây xung thừa. Phương pháp đề xuất bao gồm các bước: bước 1: phân loại tín hiệu; bước 2: khử nhiễu tín hiệu; bước 3: ước lượng tham số vị trí xung tín hiệu.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ kiến trúc toàn bộ hệ thống tự động phát hiện xung;

Hình 2 là hình vẽ kiến trúc của khối nén-và-kích-hoạt trù mật DSE (Dense Squeeze-and-Excitation);

Hình 3 là hình vẽ kiến trúc của mạng phân loại;

Hình 4 là hình vẽ kiến trúc mạng khử nhiễu;

Hình 5 là hình vẽ kiến trúc chung của các mạng ước lượng;

Hình 6 là hình vẽ ví dụ về năm loại nhãn có thể gán cho một đoạn tín hiệu;

Hình 7 là hình vẽ ma trận nhầm lẫn (confusion matrix) của mạng phân loại trên tập dữ liệu kiểm thử;

Hình 8 là hình vẽ minh họa kết quả của mạng khử nhiễu trên một đoạn tín hiệu ví dụ;

Hình 9 là hình vẽ minh họa kết quả phát hiện xung trên một số đoạn dữ liệu khác nhau;

Hình 10 là hình vẽ minh họa các bước thực hiện sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hệ thống tự động phát hiện chuỗi xung thừa được đề xuất, tham chiếu hình 1 bao gồm ba khối chính: khối phân loại 114, khối khử nhiễu 115, và khối ước lượng 116.

- Khối phân loại 114.

Khối phân loại 114 bao gồm mạng CNN phân loại 102 có chức năng phân loại các đoạn tín hiệu đầu vào, vào một trong năm nhãn.

Đầu vào của khối là một đoạn tín hiệu gồm k mẫu được cắt ra từ một tín hiệu dài cộng thêm nhiễu. Các đoạn tín hiệu liên tiếp có tỉ lệ chồng lấn 50%. Đầu ra của khối phân loại 114 là hai tham số: ước lượng vị trí sườn lên (SL) và ước lượng vị trí sườn xuống (SX) của xung. Đoạn tín hiệu đầu vào có thể bao gồm toàn bộ một xung, một phần xung chỉ có sườn lên, một phần xung chỉ có sườn xuống, một phần của xung mà không có sườn lên hoặc sườn xuống, hoặc toàn bộ nhiễu. Các loại đầu vào này tương ứng với năm nhãn như tham chiếu tại hình 6, bao gồm: “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, “toàn xung”, và “toàn nhiễu”.

- Khối khử nhiễu 115.

Chức năng của khối khử nhiễu 115 là loại bỏ nhiễu ước lượng được, ra khỏi thành phần tín hiệu đầu vào, từ đó thu được tín hiệu sạch.

Khối khử nhiễu 115 thành phần bao gồm tập năm khối kiểm tra nhãn “2 sườn” 106, “sườn lên” 105, “sườn xuống” 107, “toàn xung” 104, “toàn nhiễu” 108 và mạng khử nhiễu 109.

Nếu đoạn tín hiệu được gán một trong ba nhãn đầu tiên, bao gồm: “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, khối khử nhiễu 115 được thực thi bằng một mạng CNN hồi quy: mạng khử nhiễu 109.

- Khối ước lượng 116.

Khối ước lượng 116 thành phần cấu thành gồm có: mạng SL-SX 111, mạng SL 110, và mạng SX 112. Chức năng của khối này sẽ trả về hai tham số:

- ✓ trả về hai tham số ước lượng SL và ước lượng SX nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “2 sườn”;
- ✓ trả về ước lượng SL và gán $SX = k$ nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “sườn lên”;
- ✓ trả về ước lượng SX và gán $SL = 1$ nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “sườn xuống”.

Các khối chính của hệ thống được thực thi dựa trên hoạt động các mạng CNN chính. Phần sau đây sẽ đề cập đến việc kết hợp năm mạng CNN khác nhau: mạng phân loại 102, mạng khử nhiễu 109, mạng SL 110, mạng SX 112, mạng SL-SX 111 sử dụng phương pháp dựa trên Học sâu, từ đó làm rõ hơn về cách thức tạo lập cũng như hoạt động của các khối nêu trên. Tất cả các mạng này đều được huấn luyện từ dữ liệu. Ưu điểm của hệ thống các mạng này là việc huấn luyện cho tất cả các khối mạng CNN 102, 109, 110, 111, và 112 đều chỉ cần thực hiện một lần duy nhất với dữ liệu có sẵn, không yêu cầu học trực tuyến (online) mỗi lần hệ thống hoạt động. Kiến trúc chi tiết của các mạng CNN sẽ được trình bày dưới đây.

- Khối nén-và-kích-hoạt trù mật DSE (sau đây gọi là khối DSE).

Đây là khối sẽ được dùng trong kiến trúc của tất cả năm mạng CNN đã nêu. Khối DSE được tạo thành nhờ sự kết hợp giữa một khối trù mật (DenseBlock) như trong bài báo “các mạng tích chập kết nối trù mật” (“Densely connected convolutional networks”) của G. Huang, Z. Liu, L. van der Maaten, và K. Q. Weinberger, trên kỷ yếu hội nghị CVPR 2017, trang 4700–4708, với một cơ chế Nén-và-Kích-hoạt (Squeeze-and-Excitation) như trong bài báo “các mạng nén-và-kích hoạt” (“Squeeze-and-Excitation networks”) của J. Hu, L. Shen, và G. Sun, trên kỷ yếu hội nghị CVPR 2018, trang 7132–7141. Khối trù mật có lợi điểm là làm thông luồng đạo hàm trong mạng và khuyến khích việc dùng lại đặc trưng, trong khi đó cơ chế nén-và-kích-hoạt sẽ đặt trọng số khác nhau cho các bản đồ đặc trưng (feature map), làm cho quá trình học của mạng hiệu quả hơn. Trong cả năm khối kiến trúc mạng CNN của hệ thống: khối phân loại 114, khối khử nhiễu 115 và khối ước lượng 116, khối nén-và-kích-hoạt trù mật đều được sử dụng với mục đích tối đa hóa những lợi điểm này, từ đó nâng cao hiệu năng đầu ra của các khối mạng CNN. Một khối DSE với n lớp tích chập sẽ được viết tắt là DSE- n . Kiến trúc của một khối DSE-3 được minh họa trong hình 2, bao gồm khối DSE với ba lớp tích chập.

Tham chiếu hình 2, đầu vào sẽ đi vào khối tổng hợp 202 gồm có tích chập (Convolution), chuẩn hoá theo mẻ (Batch Normalization), và hàm tuyến tính chuẩn hoá (Rectified Linear Unit). Đầu ra của khối này sẽ đi theo hai hướng: hướng thứ nhất sẽ đi vào khối nén-và-kích-hoạt, viết tắt là SE 203, có kiến trúc giống hệt như được mô tả trong

bài báo “các mạng nén-và-kích hoạt” đã dẫn. Hướng thứ hai sẽ được nhân theo từng thành phần với đầu ra của khối SE 203 thông qua khối nhân 204. Các khối tổng hợp, khối nén-và-kích-hoạt, và khối nhân sẽ được lặp lại ba lần, trong đó đầu ra của mỗi lần lặp sẽ được chồng lên nhau thông qua khối nối đặc trưng. Đầu ra chính là tập hợp của tất cả các đặc trưng đã được xuất ra sau mỗi vòng lặp. Ngoài khối DSE-3, các mạng CNN được đề cập còn sử dụng các khối DSE-4 và DSE-5, trong đó việc thực hiện chồng đầu ra thông qua khối nối đặc trưng ở hình 2 sẽ được lặp lại thêm một lần (đối với DSE-4) hoặc hai lần (đối với DSE-5).

- Mạng phân loại 102.

Tham chiếu hình 3, kiến trúc của mạng phân loại 102 như sau:

Trước hết, đầu vào là một đoạn tín hiệu có chiều dài cố định $k = 2000$ mẫu, sẽ đi vào khối nén-và-kích-hoạt trù mật DSE-3. Khối này có kiến trúc như mô tả trên, trong đó mỗi lớp tích chập sử dụng mười sáu bộ lọc cỡ 1×3 . Khối DSE-3 sẽ được tiếp nối bởi lớp 303, gồm duy nhất một bộ lọc cỡ 1×3 , lớp trải (Flatten) 304, lớp loại bỏ (Dropout) 305 với tỉ lệ loại bỏ trọng số là 0.5. Tiếp theo đó là hai lớp kết nối đủ (FC- Fully connected) mỗi lớp gồm một trăm hai mươi tám nơ-ron được kích hoạt bởi hàm ReLu (sau đây gọi là lớp FC-128 + ReLU) 306. Cuối cùng là lớp kết nối đủ gồm năm nơ-ron theo sau bởi hàm cực đại mềm (softmax function), sau đây gọi là lớp FC-5+Softmax. Đầu ra của mạng phân loại 102 là một véc-tơ gồm năm phần tử biểu thị xác suất gián đoạn tín hiệu cho năm nhãn tương ứng. Mạng phân loại 102 sẽ được huấn luyện bằng cách cực tiểu hoá hàm tổn thất entropy chéo (cross-entropy loss function). Nhãn của tín hiệu đầu vào sẽ được xác định bằng cách lấy cực đại của véc-tơ xác suất, tức là, nhãn nào có khả năng cao nhất sẽ được chọn.

Để thử nghiệm, mạng phân loại 102 đã được huấn luyện trên một tập dữ liệu gồm 500.000 ví dụ. Hình 7 minh hoạ ma trận nhầm lẫn của mạng phân loại 102 (sau khi huấn luyện) chạy trên một tập kiểm thử gồm 50.000 ví dụ. Độ chính xác toàn phần của việc phân loại trong trường hợp này rất cao, đạt 99.23%.

- Mạng khử nhiễu 109.

Tham chiếu hình 4, kiến trúc của mạng khử nhiễu 109 như sau:

Đầu vào của mạng là một đoạn tín hiệu bị nhiễu và đã được xác định thông qua mạng phân loại 102, chứa một sườn lên hoặc/và một sườn xuống. Đầu ra là phần nhiễu ước lượng có cùng cỡ với đầu vào; phần này sẽ được trừ đi khỏi đầu vào để thu được tín hiệu đã khử nhiễu. Mạng sẽ được huấn luyện bằng cách cực tiểu hoá sai số bình phương trung bình (mean squared error) giữa đầu ra của mạng và nhiễu thực tế đã biết từ mô phỏng.

Trong mạng này, tích hợp năm khối DSE-5 402, trong đó năm lớp tích chập của mỗi khối có lần lượt 32, 48, 64, 80, và 96 bộ lọc cỡ 1×7 . Theo sau mỗi khối DSE-5 là một lớp tích chập 403 bao gồm các bộ lọc 1×1 để giảm số lượng bản đồ đặc trưng ở đầu ra của mỗi khối DSE-5 xuống chỉ còn $1/5$. Tiếp theo hai lớp tích chập 1×1 đầu tiên là hai lớp giảm mẫu 404, mỗi lớp có chức năng lấy gộp cực đại (max pooling) với cửa sổ 1×2 . Hai lớp tích chập 1×1 tiếp theo được nối với hai lớp tăng mẫu 405, mỗi lớp bao gồm một phép nhân chập chuyển vị cỡ 1×7 với bước nhảy bằng 2. Điểm đặc biệt trong kiến trúc của mạng khử nhiễu 109 là hai đường nối tắt từ đầu vào của lớp giảm mẫu 404 sang đầu ra của lớp tăng mẫu 405 thông qua bộ cộng 406. Kiến trúc này tương tự như kiến trúc mã hoá-giải mã (Encoder-Decoder) được đề xuất trong bài báo “khôi phục ảnh sử dụng các mạng tích chập mã hoá-giải mã rất sâu với các nối tắt đối xứng” (“Image restoration using very deep convolutional encoder-decoder networks with symmetric skip connections”) của X.-J. Mao, C. Shen, và Y.-B. Yang, trên kỷ yếu hội nghị NIPS 2016, trang 1-9.

Để thử nghiệm, mạng khử nhiễu 109 đã được huấn luyện bằng một tập dữ liệu gồm 1.000.000 mẫu với tỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu (Signal-to-Noise Ratio hay SNR) nằm trong khoảng từ 0 dB đến 15 dB, sau đó chạy trên một tập khác gồm 150.000 mẫu. Kết quả là, mức SNR trung bình của tín hiệu sau khi được khử nhiễu đã tăng thêm khoảng 22 dB. Hình 9 minh hoạ kết quả khử nhiễu trên một đoạn tín hiệu cụ thể. Có thể thấy, mặc dù tín hiệu đầu vào khá nhiễu, mạng khử nhiễu 109 vẫn có thể xuất ra một tín hiệu gần giống tín hiệu sạch trên thực tế.

- Các mạng ước lượng sườn xung: mạng SL 110, mạng SL-SX 111, mạng SX 112:

Cả ba mạng: mạng SL 110, mạng SL-SX 111, mạng SX 112 (gọi chung là mạng ước lượng sườn xung) cùng chia sẻ một kiến trúc như mô tả trong hình 5. Đầu vào của mạng là một đoạn tín hiệu đã được khử nhiễu có chứa một sườn lên duy nhất (đối với SL), hoặc một sườn xuống duy nhất (đối với SX), hoặc một sườn lên và một sườn xuống (đối với SL-SX). Đầu ra của mạng là một số thực (đối với SL và SX) hoặc một véc-tơ hai chiều (đối với SL-SX). Các mạng ước lượng sườn xung sẽ được huấn luyện, trên các bộ dữ liệu khác nhau, bằng cách cực tiểu hoá sai số tuyệt đối trung bình (mean absolute error) giữa đầu ra của mạng và vị trí thực tế của sườn lên hoặc/và sườn xuống.

Trước tiên, đầu vào của mạng sẽ đi qua lớp tích chập toạ độ (Coordinate Convolution, viết tắt là CoorConv). Nhiệm vụ của lớp này là tạo ra thêm một kênh toạ độ, trong đó véc-tơ chỉ số $[1, 2, \dots, 2000]$ được chuẩn hoá thành véc-tơ số thực trong khoảng $[-1, 1]$. Véc-tơ này sẽ được đánh vào tín hiệu gốc để tạo thành một tín hiệu mới có hai kênh. Tín hiệu này, sau đó, sẽ đi qua ba khối DSE-4 503, 506, và 507. Khối DSE-4 503 sử dụng mười sáu bộ lọc trong mỗi lớp tích chập, khối DSE-4 506 sử dụng tám bộ lọc trong mỗi lớp tích chập, và khối DSE-4 507 sử dụng bốn bộ lọc trong mỗi lớp tích chập; tất cả các bộ lọc đều có cỡ 1×3 . Mỗi khối DSE-4 được nối với một lớp tích chập 504, trong đó các bộ lọc 1×3 được sử dụng để giảm số lượng bản đồ đặc trưng ở đầu ra của mỗi khối DSE-4 xuống chỉ còn $1/4$. Hai lớp tích chập 504 đầu tiên còn được nối với một lớp giảm mẫu 505, trong đó sử dụng gộp cực đại (max pooling) với cửa sổ 1×2 . Đầu ra của lớp tích chập 504 cuối cùng sẽ đi qua lớp trải (Flatten) 508 và sau đó là hai lớp kết nối đủ dùng một trăm hai mươi tám nơ-ron và hàm kích hoạt ReLU, sau đây gọi là lớp FC-128+ReLU 509. Lớp cuối cùng trong mạng là lớp FC có một nơ-ron (đối với SL và SX) hoặc hai nơ-ron (đối với SL-SX) và dùng hàm kích hoạt Sigmoid (dạng chữ S), sau đây gọi là lớp FC-1(2) + Sigmoid 510. Khi huấn luyện, vị trí thực tế của sườn lên và sườn xuống cũng phải được chuẩn hoá về khoảng $[0, 1]$.

Để thử nghiệm, các mạng ước lượng sườn xung được huấn luyện trên ba tập dữ liệu khác nhau, mỗi tập gồm 500.000 đoạn tín hiệu đã được khử nhiễu. Khi chạy trên ba

tập thử nghiệm, mỗi tập gồm 150.000 đoạn tín hiệu, các mạng SL, mạng SX, và mạng SL-SX cho kết quả sai số trung bình lần lượt là 2.06 mẫu, 2.07 mẫu, và 2.16 mẫu.

Tất cả các kiến trúc mạng CNN: mạng phân loại 102, mạng khử nhiễu 109, mạng SL 110, mạng SX 112, mạng SL-SX 111 mô tả trong sáng chế này đều có tính nguyên bản, được thiết kế dựa trên sự kết hợp những phương pháp mới nhất trong các nghiên cứu về Học sâu như: mạng trù mật (DenseNet), nén-và-kích-hoạt (Squeeze-and-Excitation), học thặng dư (Residual Learning), nối tắt (Skip Connections), và mạng tích chập tọa độ (Coordinate Convolution Net). Cách tiếp cận Học máy đề xuất trong sáng chế này có tính tổng quát cao, dùng được cho mọi loại dữ liệu chuỗi thời gian và mọi loại đặc tính xung mà không cần kiến thức chuyên biệt về dữ liệu. Khi dữ liệu thay đổi, ta chỉ cần huấn luyện lại các mạng CNN trên dữ liệu mới. Giả thiết duy nhất của phương pháp là dãy xung phải thưa, tức là các xung liên tiếp cách nhau một khoảng đủ lớn (so với độ rộng xung). Điều này đảm bảo mỗi đoạn tín hiệu khi được cắt ra chỉ chứa tối đa một xung.

Để đạt được mục đích thứ hai, sáng chế đề xuất phương pháp tự động phát hiện chuỗi xung thưa trong dữ liệu chuỗi thời gian. Phương pháp đề xuất sử dụng hệ thống tự động phát hiện chuỗi xung thưa trong dữ liệu chuỗi thời gian được đề cập trên. Theo đó, cần chuẩn bị cho hệ thống vận hành. Cụ thể, ta huấn luyện các mạng CNN bằng dữ liệu có sẵn, giúp cho các mạng CNN học được thuật toán xử lý các đoạn tín hiệu tương tự nhận được sau này. Đầu vào của bước chuẩn bị gồm có các đoạn tín hiệu thu rađa có chiều dài k mẫu, nội dung phù hợp với nội dung cần huấn luyện cho mỗi mạng trong các khối mạng CNN: mạng phân loại 102, mạng khử nhiễu 109, mạng SL 110, mạng SX 112, mạng SL-SX 111 và các đoạn nhãn dán (label) tương ứng thể hiện thông tin đúng đắn cần huấn luyện cho mạng CNN. Quá trình này được thực hiện trên máy tính với sự hỗ trợ của ngôn ngữ lập trình Python và các thư viện hỗ trợ lập trình Học sâu (ví dụ: Tensorflow, Keras). Đầu ra của bước này ta thu được các mạng CNN đã được huấn luyện và có thể thực hiện thuật toán mong muốn.

Sau giai đoạn chuẩn bị, khi hệ thống vận hành, phương pháp tự động phát hiện chuỗi xung thưa trong dữ liệu chuỗi thời gian.

Phương pháp tự động phát hiện chuỗi xung thừa trong dữ liệu chuỗi thời gian gồm có 3 bước. Bước 1: phân loại tín hiệu; bước 2: khử nhiễu tín hiệu; bước 3: ước lượng tham số vị trí xung tín hiệu. Cụ thể các bước được thực hiện như sau:

❖ Bước 1: Phân loại tín hiệu.

Bước phân loại tín hiệu thực hiện nhiệm vụ phân loại các tín hiệu đầu vào thành một trong năm dạng nhãn dán: “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, “toàn xung”, “toàn nhiễu”. Đầu vào của bước này là đoạn tín hiệu có chiều dài là k mẫu thu được từ thiết bị thu. Trong bước này dữ liệu sẽ được xử lý bởi khối phân loại 114 và kết quả thu được đầu ra là một trong năm nhãn dán “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, “toàn xung”, “toàn nhiễu” của đoạn tín hiệu.

Khối phân loại thực hiện phân loại thông qua hoạt động của mạng phân loại 102. Tín hiệu đầu vào đi vào khối DSE-3 302. Đầu ra của mạng phân loại là một véc-tơ gồm năm phần tử biểu thị xác suất gán đoạn tín hiệu cho năm nhãn tương ứng. Nhãn của tín hiệu đầu vào sẽ được xác định bằng cách lấy cực đại của véc-tơ xác suất, tức là, nhãn nào có khả năng cao nhất sẽ được chọn.

❖ Bước 2: Khử nhiễu tín hiệu.

Bước khử nhiễu tín hiệu thực hiện nhiệm vụ loại bỏ nhiễu ước lượng được từ đoạn tín hiệu. Đầu vào của bước này là đoạn tín hiệu có chiều dài k sau khi đã được xác định là có thành phần xung và nhận một trong ba nhãn: “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống” trong bước phân loại tín hiệu. Trong bước này dữ liệu sẽ được xử lý bởi khối khử nhiễu 115 và kết quả thu được đầu ra là đoạn tín hiệu có chiều dài k sau khi đã loại bỏ nhiễu ước lượng được.

Khối khử nhiễu 115 thực hiện khử nhiễu thông qua hoạt động của mạng khử nhiễu 109. Đầu vào của mạng là một đoạn tín hiệu bị nhiễu và đã được xác định, thông qua mạng phân loại 107. Đầu ra là phần nhiễu ước lượng có cùng cỡ với đầu vào; phần này sẽ được trừ đi khỏi đầu vào để thu được tín hiệu đã khử nhiễu.

Quá trình khử nhiễu thực hiện như sau: đầu tiên, tín hiệu đã được gán nhãn đi qua năm khối kiểm tra nhãn: “2 sườn” 106, “sườn lên” 105, “sườn xuống” 107, “toàn xung” 104, “toàn nhiễu” 108 và mạng khử nhiễu 109.

- ✓ nếu kết quả phân loại là nhãn “toàn nhiễu”, hệ thống sẽ trả về sườn lên (SL) và sườn xuống (SX) cùng bằng rỗng.
- ✓ Nếu kết quả phân loại là “toàn xung”, hệ thống sẽ trả về $SL = 1$ và $SX = k$, ứng với vị trí bắt đầu và kết thúc của đoạn tín hiệu.
- ✓ Nếu kết quả phân loại là một trong ba nhãn còn lại, bao gồm “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, tín hiệu ban đầu sẽ được ước lượng nhiễu và làm sạch.

Phần nhiễu được ước lượng có cùng cỡ với đầu vào và được trừ đi khỏi đầu vào để thu được tín hiệu đã khử nhiễu.

Tham chiếu hình 9, minh họa kết quả khử nhiễu trên một đoạn tín hiệu cụ thể. Có thể thấy, mặc dù tín hiệu đầu vào khá nhiễu, mạng khử nhiễu 109 vẫn có thể xuất ra một tín hiệu gần giống tín hiệu sạch trên thực tế.

❖ Bước 3: ước lượng tham số vị trí xung tín hiệu.

Bước ước lượng tham số vị trí xung tín hiệu có nhiệm vụ xuất ra vị trí SL và SX của xung có trong tín hiệu. Đầu vào của bước này là đoạn tín hiệu có chiều dài k sau khi đã được loại bỏ nhiễu ước lượng được trong bước khử nhiễu tín hiệu. Trong bước này dữ liệu sẽ được xử lý bởi khối ước lượng 116 và kết quả thu được đầu ra là tham số SL và SX thể hiện vị trí chuỗi xung trong đoạn tín hiệu.

Khối ước lượng 116 thực hiện ước lượng thông qua hoạt động của các mạng ước lượng sườn xung: mạng SL 110, mạng SL-SX 111, mạng SX 112. Đầu vào của mạng là một đoạn tín hiệu đã được khử nhiễu có chứa một sườn lên duy nhất (đối với SL), hoặc một sườn xuống duy nhất (đối với SX), hoặc một sườn lên và một sườn xuống (đối với SL-SX). Đầu ra của mạng là một số thực (đối với SL và SX) hoặc một véc-tơ hai chiều (đối với SL-SX).

Tín hiệu đầu vào đi qua lớp tích chập toạ độ 502, tạo ra thêm một kênh toạ độ, trong đó véc-tơ chỉ số $[1, 2, \dots, 2000]$ được chuẩn hoá thành véc-tơ số thực trong khoảng $[-1, 1]$. Véc-tơ này sẽ được đánh vào tín hiệu gốc để tạo thành một tín hiệu mới có hai kênh. Tín hiệu này, sau đó, sẽ đi qua ba khối DSE-4 503, 506, và 507 được nối với một lớp tích chập 504 thực hiện giảm số lượng bản đồ đặc trưng ở đầu ra của mỗi khối DSE-4 xuống chỉ còn $\frac{1}{4}$. Hai lớp tích chập 504 đầu tiên còn được nối với một lớp giảm mẫu, trong đó sử dụng gộp cực đại (max pooling) với cửa sổ 1×2 . Đầu ra của lớp tích chập 504 cuối cùng sẽ đi qua lớp trải (Flatten) 508, lớp FC-128+ReLU 509, lớp FC-1(2) + Sigmoid 510, tín hiệu đầu ra của các mạng ước lượng sườn xung luôn luôn nằm trong khoảng $[0, 1]$.

Các kết quả có thể thu được như sau:

- ✓ trả về hai tham số ước lượng SL và ước lượng SX nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “2 sườn”;
- ✓ trả về ước lượng SL và gán $SX = k$ nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “sườn lên”;
- ✓ trả về ước lượng SX và gán $SL = 1$ nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “sườn xuống”.

Một danh sách được sử dụng để lưu những vị trí (SL, SX) của xung ứng với mỗi đoạn tín hiệu. Các xung đè lên nhau sẽ được hợp nhất thành một xung duy nhất. Tham chiếu hình 9, trong đó các xung được ước lượng vị trí và đánh dấu; vị trí của các xung thật cũng được thêm vào để so sánh.

Kết thúc bước này thu được các tín hiệu ước lượng dãy xung thừa bằng việc sử dụng đoạn tín hiệu đã lọc nhiễu để ước lượng vị trí sườn lên hoặc/và sườn xuống của xung.

Sáng chế được mô tả chi tiết bằng cách sử dụng phương án được mô tả ở trên. Tuy nhiên, rõ ràng là đối với người hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sáng chế không bị giới hạn ở phương án được mô tả trong phần mô tả sáng chế. Sáng chế có thể được thực hiện ở chế độ cải biến hoặc thay đổi mà không nằm ngoài phạm vi sáng chế được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ. Vì vậy những gì được mô tả trong phần mô tả

sáng chế chỉ nhằm mục đích minh họa, và sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống tự động phát hiện dây xung thừa trong dữ liệu chuỗi thời gian bao gồm các khối: khối phân loại, khối khử nhiễu và khối ước lượng, trong đó các khối thành phần khác biệt ở chỗ:

khối phân loại bao gồm mạng CNN phân loại, có chức năng phân loại các đoạn tín hiệu đầu vào vào một trong năm nhãn gán cho đoạn tín hiệu đầu vào một trong năm nhãn sau: “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, “toàn xung” và “toàn nhiễu”;

khối khử nhiễu thành phần bao gồm tập năm nhãn ứng với năm khối kiểm tra nhãn “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, “toàn xung” và “toàn nhiễu” và mạng khử nhiễu; khối này chỉ được kích hoạt nếu đầu ra của khối phân loại là một trong các nhãn “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, thực hiện loại bỏ nhiễu ước lượng được ra khỏi thành phần tín hiệu đầu vào, từ đó thu được tín hiệu sạch;

khối ước lượng gồm có: mạng SL-SX, mạng SL (sườn lên), và mạng SX (sườn xuống), sử dụng đoạn tín hiệu đã lọc nhiễu để ước lượng vị trí sườn lên hoặc/và sườn xuống của xung.

2. Hệ thống tự động phát hiện dây xung thừa trong dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm 1, trong đó, hệ thống được thực thi bằng năm mạng nơ-ron tích chập: mạng phân loại thực thi khối phân loại, mạng khử nhiễu thực thi khối khử nhiễu, các mạng SL (sườn lên), mạng SX (sườn xuống) và mạng SL-SX cùng thực thi khối ước lượng;

kiến trúc của tất cả các mạng nơ-ron kể trên đều chứa khối nén-và-kích-hoạt trù mật (DSE), một khối DSE- n chứa n lớp tích chập; kiến trúc của năm mạng nơ-ron được đề xuất như sau:

mạng phân loại: bao gồm tuần tự một khối DSE-3, một lớp tích chập cỡ 1×3 , một lớp trải, một lớp loại bỏ, hai lớp kết nối đủ cỡ 128 và một lớp kết nối đủ cỡ 5;

mạng khử nhiễu: bao gồm năm khối DSE-5, 5 lớp tích chập 1×1 , hai lớp giảm mẫu, và hai lớp tăng mẫu; đầu vào của mỗi lớp giảm mẫu được nối tắt sang đầu ra của lớp tăng mẫu đối xứng với nó thông qua phép cộng;

các mạng ước lượng sườn xung: mạng SL, mạng SX và mạng SL-SX có chung một kiến trúc, bao gồm một khối tích chập toạ độ, ba khối DSE-4 theo sau bởi ba lớp tích chập 1×3 và xen giữa bởi hai lớp giảm mẫu, tiếp đó là một lớp trải, hai lớp FC-128+ReLU và cuối cùng là một lớp FC-1(2) + Sigmoid (đối với SL, SX) hoặc hai (đối với SL-SX).

3. Phương pháp tự động phát hiện dây xung thừa trong dữ liệu chuỗi thời gian đề xuất bao gồm các bước: bước 1: phân loại tín hiệu; bước 2: khử nhiễu tín hiệu; bước 3: ước lượng tham số vị trí xung tín hiệu, tại mỗi bước khác biệt ở chỗ:

bước 1: phân loại tín hiệu, thực hiện nhiệm vụ phân loại các tín hiệu đầu vào thành một trong năm dạng nhãn dán: “2 sườn”, “sườn lên”, “sườn xuống”, “toàn xung” và “toàn nhiễu” thông qua hoạt động của mạng phân loại;

bước 2: khử nhiễu tín hiệu, thực hiện nhiệm vụ loại bỏ nhiễu ước lượng được từ đoạn tín hiệu thông qua hoạt động của mạng khử nhiễu;

bước 3: ước lượng tham số vị trí xung tín hiệu, thực hiện ước lượng tham số vị trí xung tín hiệu có nhiệm vụ xuất ra vị trí SL và SX của xung có trong tín hiệu; được xử lý bởi khối ước lượng và kết quả thu được đầu ra là tham số SL và SX thể hiện vị trí chuỗi xung trong đoạn tín hiệu.

4. Phương pháp tự động phát hiện dây xung thừa trong dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm 3, trong đó, tại bước 1, đầu ra của mạng phân loại là một véc-tơ gồm năm phần tử biểu thị xác suất gán đoạn tín hiệu cho năm nhãn tương ứng được xác định bằng cách lấy cực đại của véc-tơ xác suất, và chọn nhãn nào có khả năng cao nhất.

5. Phương pháp tự động phát hiện dây xung thừa trong dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm 3, trong đó, tại bước 2, tín hiệu đã được gán nhãn đi qua năm khối kiểm tra nhãn, sau đó:

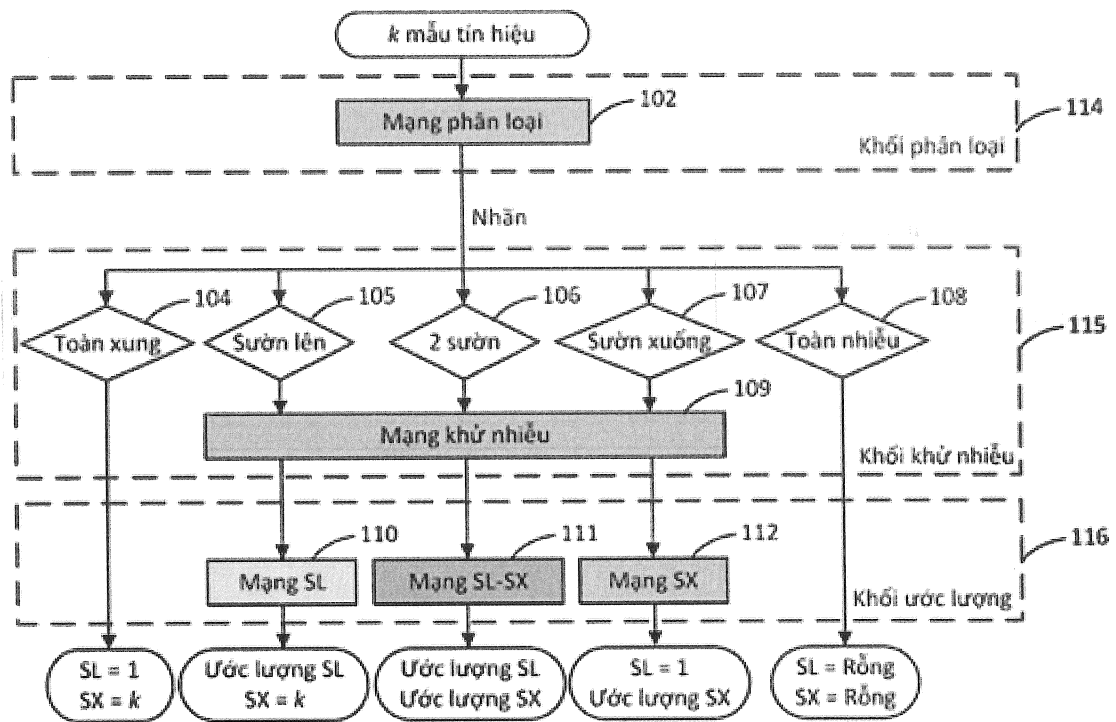
- nếu kết quả phân loại là nhãn “toàn nhiễu”, hệ thống sẽ trả về SL và SX cùng bằng rỗng;
- nếu kết quả phân loại là “toàn xung”, hệ thống sẽ trả về $SL = 1$ và $SX = k$, ứng với vị trí bắt đầu và kết thúc của đoạn tín hiệu;

tín hiệu ban đầu sẽ được ước lượng nhiều và làm sạch bằng cách trừ đi một phần nhiều ước lượng được.

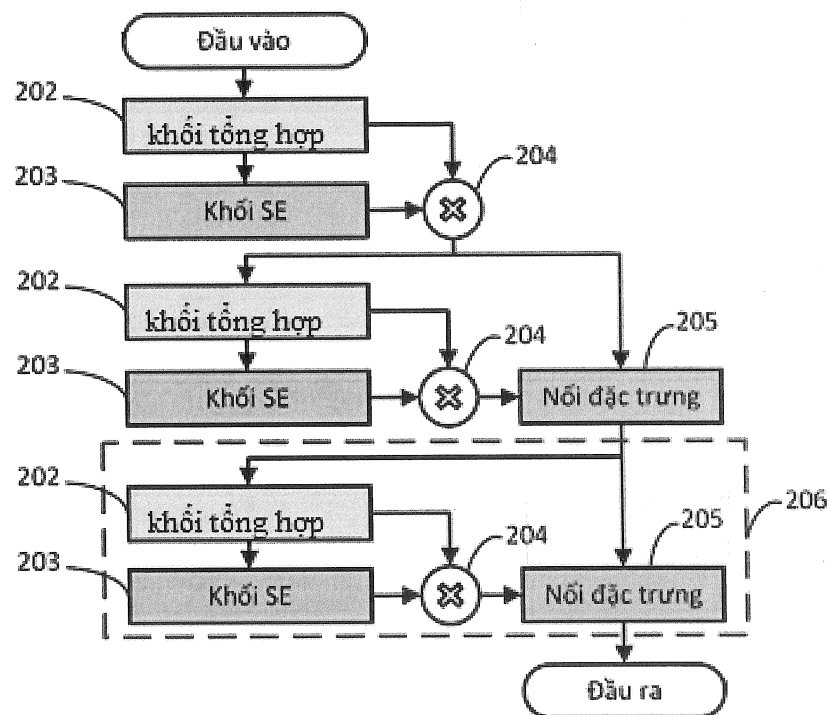
6. Phương pháp tự động phát hiện dây xung thừa trong dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm 3, trong đó, tại bước 3, các kết quả có thể thu được như sau:

- trả về hai tham số ước lượng SL và ước lượng SX nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “2 sườn”;
- trả về ước lượng SL và gán $SX = k$ nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “sườn lên”;
- trả về ước lượng SX và gán $SL = 1$ nếu nhãn của đoạn tín hiệu là “sườn xuống”;

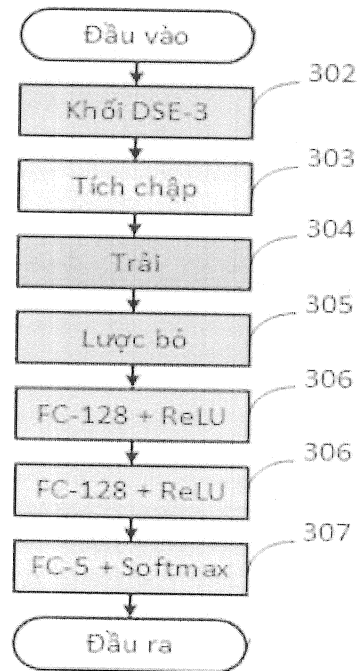
một danh sách được sử dụng để lưu những vị trí (SL, SX) của xung ứng với mỗi đoạn tín hiệu; các xung đè lên nhau sẽ được hợp nhất thành một xung duy nhất.



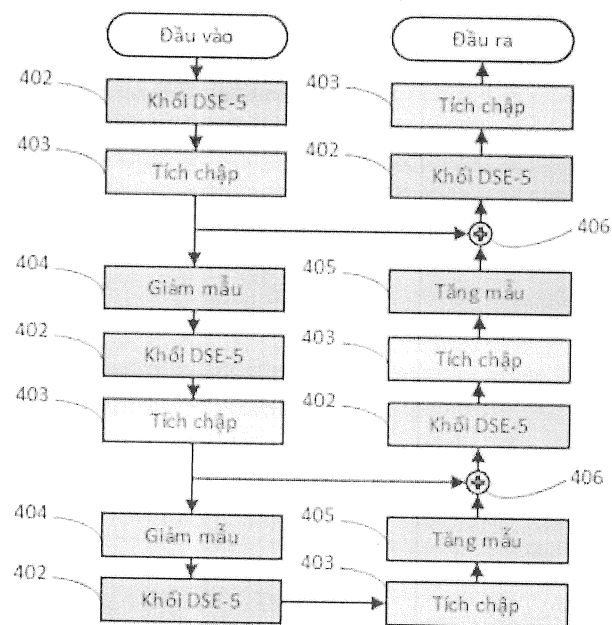
Hình 1



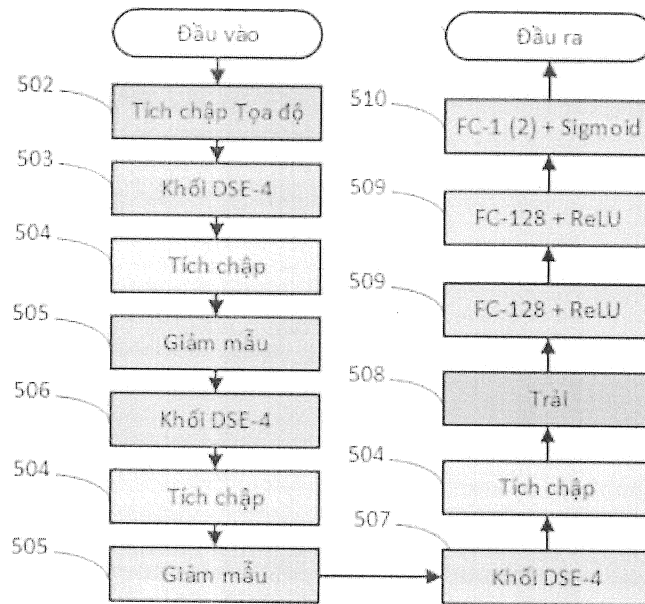
Hình 2



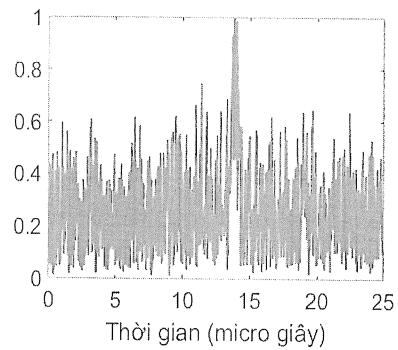
Hình 3



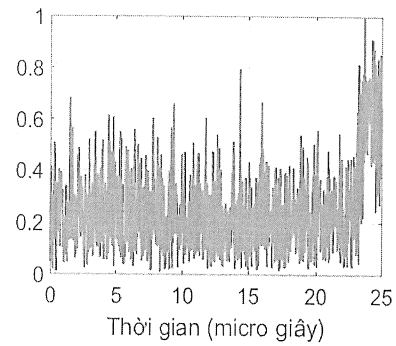
Hình 4



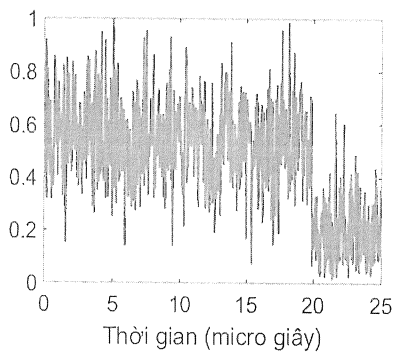
Hình 5



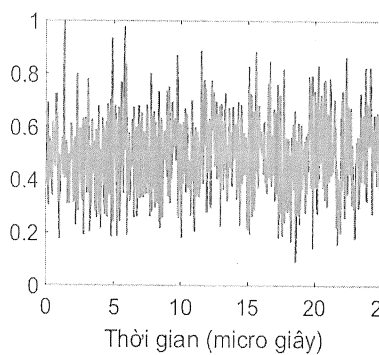
2 sườn



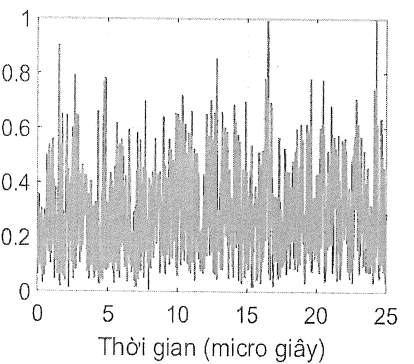
Sườn lên



Sườn xuống

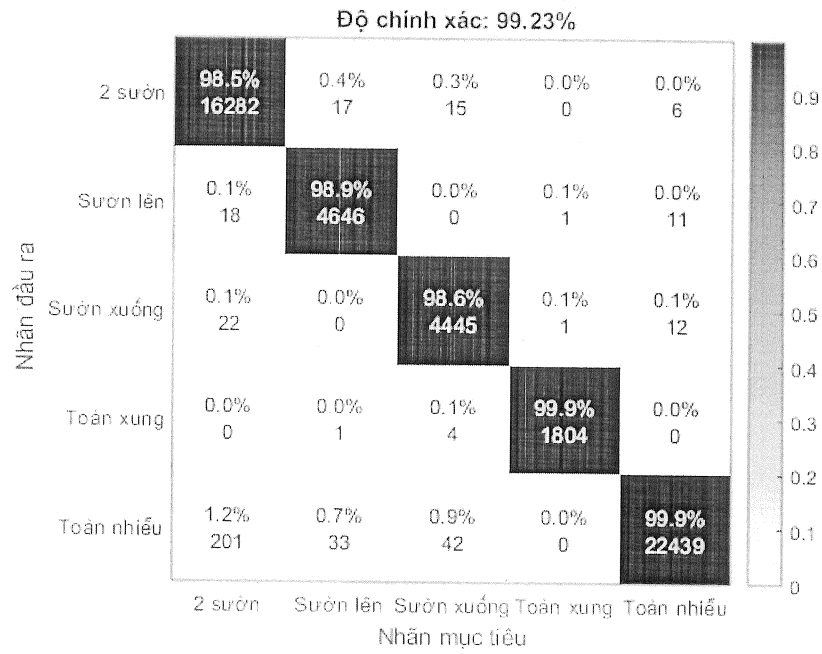


Toàn xung

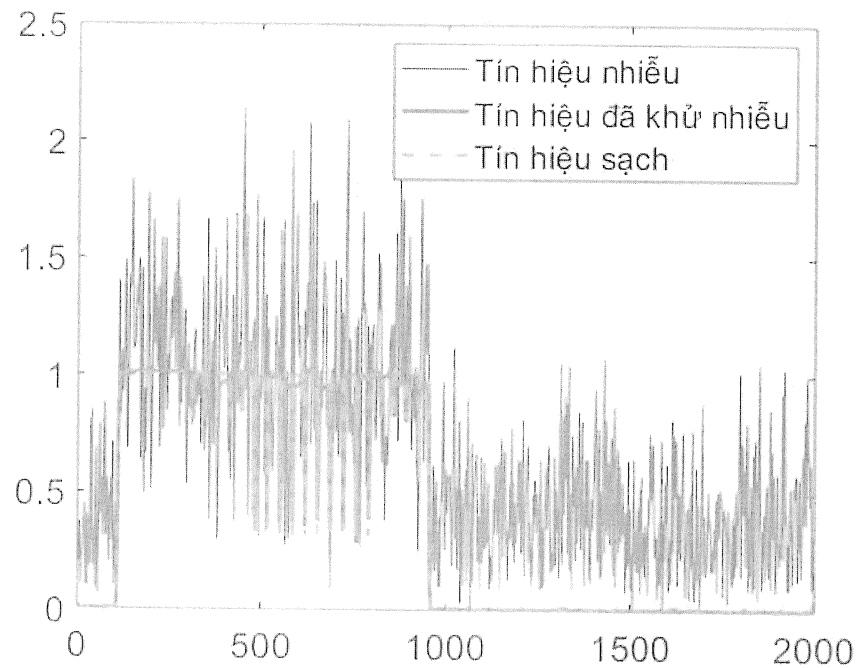


Toàn nhiễu

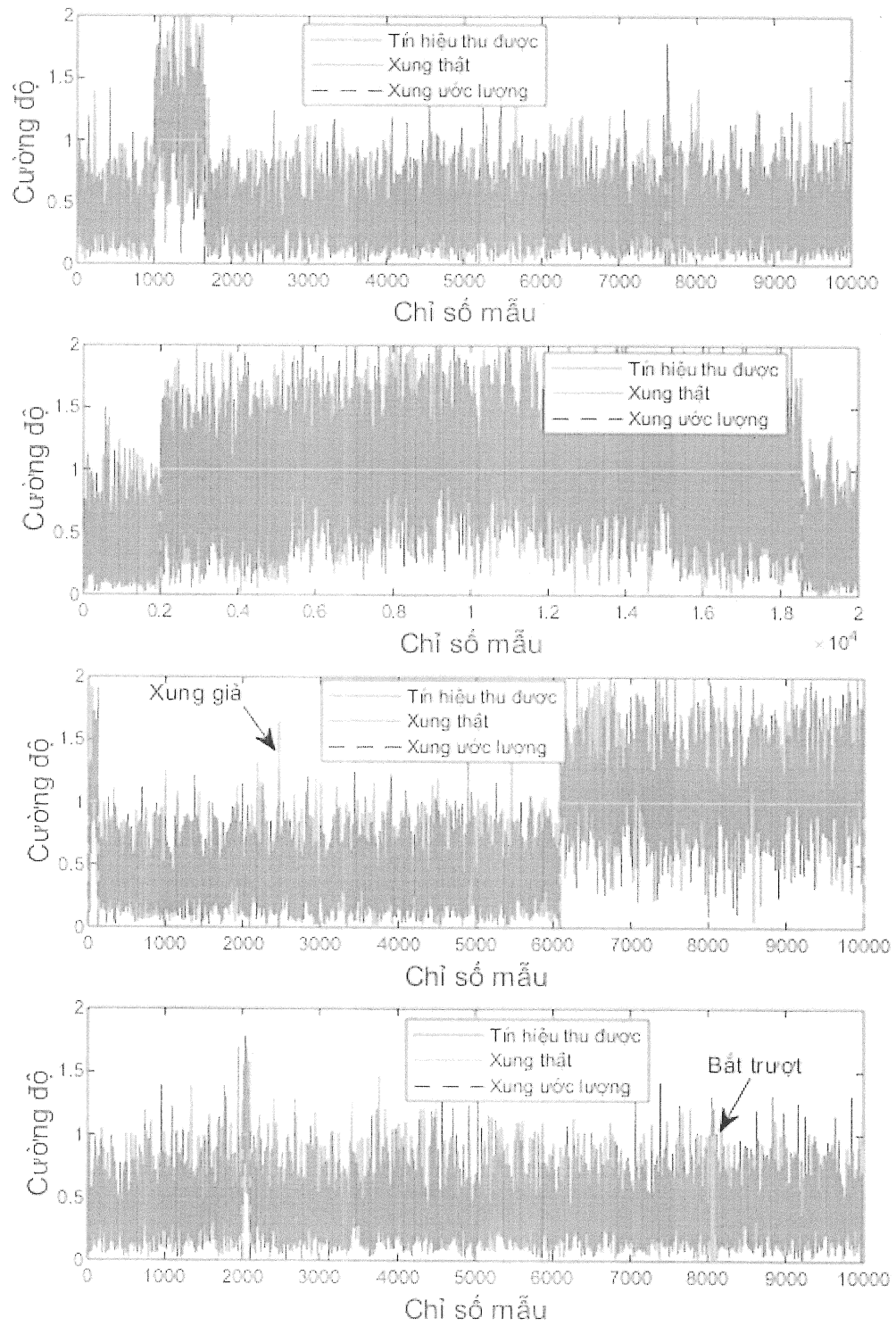
Hình 6



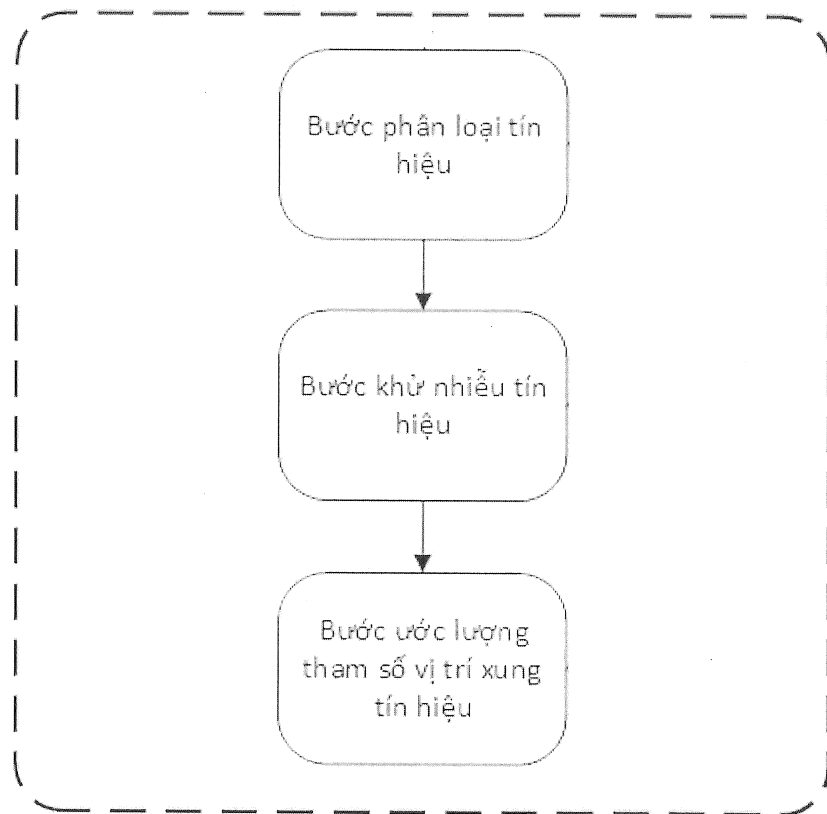
Hình 7



Hình 8



Hình 9

**Hình 10**