



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11) 
2-0002240

(51)⁷ **G06N 3/02, G01S 7/02**

(13) **Y**

(21) 2-2019-00361

(22) 26.06.2017

(67) 1-2017-02398

(45) 27.01.2020 382

(43) 27.11.2017 356

(73) **TẬP ĐOÀN VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)**

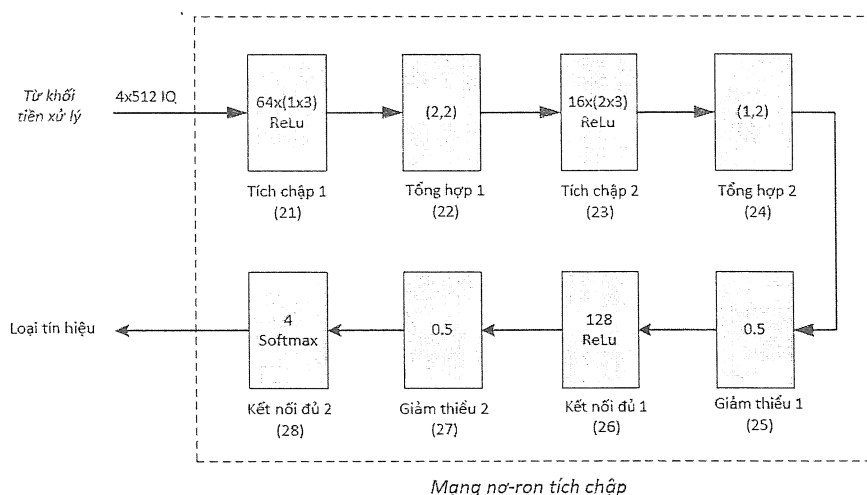
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) **Phan Công Mạnh (VN), Nguyễn Phan Khánh Hà (VN), Nguyễn Thái Bình (VN), Đào Vũ Kiên (VN)**

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

(54) **HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG PHÂN LOẠI TÍN HIỆU VÔ TUYẾN SỬ DỤNG CÔNG
NGHỆ HỌC SÂU**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập tới hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu. Hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu bao gồm các khối: khối thu thập dữ liệu, khối tiền xử lý; khối mạng nơ-ron tích chập và khối thực thi mô hình. Hệ thống đề xuất được thực hiện dựa trên nguyên lý: dữ liệu thô về tín hiệu thu thập từ các nguồn tín hiệu vô tuyến khác nhau từ khối thu thập dữ liệu được đưa qua khối tiền xử lý trong khối huấn luyện để thực hiện các thao tác xử lý dữ liệu cho phù hợp với đầu vào khối mạng nơ-ron tích chập. Dữ liệu sau khi được xử lý ở khối tiền xử lý sẽ được đưa vào mạng nơ-ron tích chập phục vụ quá trình huấn luyện. Kết quả của quá trình huấn luyện là mô hình học sâu có khả năng phân loại các loại tín hiệu. Sau đó mô hình này được nạp vào khối thực thi. Khối thực thi nhận dữ liệu tín hiệu từ các nguồn tín hiệu, thực hiện tính toán và tự động phân loại các loại tín hiệu vô tuyến khác nhau.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập tới hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu được ứng dụng trong lĩnh vực truy cập phổ động (Dynamic Spectrum Access) cũng như vô tuyến nhận thức (Cognitive Radio). Công nghệ học sâu giúp đơn giản hóa quá trình thực thi, tránh được thời gian và nhân lực cho việc tạo các đặc trưng tín hiệu.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Việc nhận dạng điều chế tín hiệu giúp cung cấp thêm thông tin về cách thức truyền thông và loại nguồn phát tín hiệu, từ đó giúp tránh gây nhiễu sóng cũng như tối ưu cấp phát phổ tín hiệu. Từ trước tới nay, bài toán này được giải quyết dựa trên việc xây dựng các đặc trưng của tín hiệu như: độ thay đổi biên độ tức thời, độ lệch chuẩn pha tức thời, độ đối xứng phổ,... Các đặc trưng này sau đó sẽ có hai hướng để xử lý tiếp: đưa qua các cơ cấu phân loại như cây quyết định (decision tree), hoặc sử dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo dùng mạng nơ-ron truyền thẳng (feed-forward neural network) để đưa ra loại điều chế của tín hiệu.

Các phương pháp phân loại dựa trên các đặc trưng có những nhược điểm sau. Thứ nhất, việc xây dựng các đặc trưng này cần rất nhiều kinh nghiệm, tốn kém và mất thời gian. Thứ hai, để xây dựng các đặc trưng cần phải ước lượng các tham số liên quan (ví dụ để đo độ đối xứng phổ cần ước lượng tần số trung tâm) trong khi việc ước lượng tham số không phải lúc nào cũng đạt độ chính xác cần thiết. Thứ ba, các đặc trưng thường không ổn định trong các điều kiện môi trường thu khác nhau, dẫn đến việc chọn ngưỡng tín hiệu để phân loại tín hiệu khó khăn và kết quả phân loại không ổn định. Phương pháp sử dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo với mạng nơ-ron truyền thẳng nói trên vẫn còn hạn chế là vẫn phải tính toán các đặc trưng tín hiệu.

Như vậy các phương pháp hiện tại chưa tận dụng việc xây dựng các đặc trưng một cách tự động ngay trên dữ liệu đầu vào thô dùng công nghệ học sâu. Việc học các đặc trưng dùng công nghệ học sâu đã được áp dụng thành công trong các lĩnh vực nhận dạng ảnh và nhận dạng giọng nói. Tuy nhiên, việc áp dụng công nghệ này trong lĩnh vực vô tuyến nói chung và phân loại dạng điều chế nói riêng vẫn còn hạn chế.

Do đó, để khắc phục được các hạn chế đã được đề cập nêu trên, tác giả đã đề xuất một hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu với các đặc điểm ưu việt như: các đặc trưng tín hiệu được tự động học từ tín hiệu IQ (In-phase and Quadrature signals là dữ liệu thô, được hiểu là tín hiệu đồng pha (I) và tín hiệu trực pha (Q)) đầu vào giúp đơn giản hóa quá trình thực thi, tránh được thời gian và nhân lực cho việc tạo các đặc trưng tín hiệu. Mô hình có tính khái quát hóa cao, có khả năng mở rộng cho các tín hiệu khác mà không phải xây dựng lại từ đầu. Giải pháp hữu ích còn đề xuất phương pháp mang lại độ chính xác cao hơn so với các phương pháp truyền thống, đặc biệt là trong các môi trường nhiễu cao.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích thứ nhất của giải pháp hữu ích là đề xuất một hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu bao gồm các khối: khối thu thập dữ liệu, khối tiền xử lý, khối mạng nơ-ron tích chập và khối thực thi mô hình.

Hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu theo giải pháp hữu ích được thực hiện theo nguyên lý: dữ liệu thô về tín hiệu thu thập từ các nguồn tín hiệu vô tuyến khác nhau từ khối thu thập dữ liệu được đưa qua khối tiền xử lý trong khối huấn luyện để thực hiện các thao tác xử lý dữ liệu cho phù hợp với đầu vào khối mạng nơ-ron tích chập. Dữ liệu sau khi được xử lý ở khối tiền xử lý sẽ được đưa vào mạng nơ-ron tích chập phục vụ quá trình huấn luyện. Kết quả của quá trình huấn luyện là mô hình học sâu có khả năng phân loại các loại tín hiệu. Sau đó mô hình này được nạp vào khối thực thi. Khối thực thi nhận dữ liệu tín hiệu từ các nguồn tín hiệu, thực hiện tính toán và tự động phân loại các loại tín hiệu vô tuyến khác nhau.

Việc bố trí các khối trong hệ thống phụ thuộc vào yêu cầu sử dụng cũng như điều kiện về thiết bị. Các khối thu thập dữ liệu, khối huấn luyện và khối thực thi có thể được bố trí trên ba thiết bị riêng biệt hoặc trên cùng một thiết bị hoặc khối thu thập dữ liệu và khối thực thi bố trí trên cùng một thiết bị, trong khi khối huấn luyện được bố trí trên một thiết bị khác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến;

Hình 2 là hình vẽ mô tả cấu trúc mạng nơ-ron tích chập;

Hình 3 là hình vẽ hàm đơn vị tuyến tính hiệu chỉnh (ReLU);

Hình 4 là hình vẽ quy trình huấn luyện mạng nơ-ron.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Mô tả chi tiết về giải pháp hữu ích này sẽ được trình bày cụ thể dưới đây, tuy nhiên cũng cần hiểu rằng các mô tả được trình bày chỉ đơn thuần là hình mẫu của giải pháp hữu ích, nó có thể được thể hiện dưới nhiều hình thức khác nhau. Vì thế, các chi tiết về chức năng cụ thể được trình bày dưới đây không được hiểu một cách hạn chế, chúng cũng chỉ là cơ sở cho những đề xuất khác.

Mục đích thứ nhất của giải pháp hữu ích là đề xuất được hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu. Hệ thống theo giải pháp hữu ích bao gồm các khối: khối thu thập dữ liệu 11, khối tiền xử lý 12-a; khối mạng nơ-ron tích chập 12-b và khối thực thi 13.

Tham chiếu vào hình 1, khối thu thập dữ liệu 11 có nhiệm vụ thu thập, xây dựng cơ sở dữ liệu tín hiệu thô từ các nguồn tín hiệu vô tuyến khác nhau để cung cấp cho khối huấn

luyện 12. Khối thu thập dữ liệu 11 có thể thu thập dữ liệu từ các nguồn khác nhau như từ các hệ thống trinh sát, từ các cơ sở dữ liệu về các loại tín hiệu sẵn có.

Tham chiếu vào hình 1, khối tiền xử lý 12-a có đầu vào là dữ liệu IQ từ khối thu thập dữ liệu 11. Dữ liệu này đi qua các bước tiền xử lý sau: loại bỏ các điểm dị thường trong dữ liệu IQ; tính biến đổi nhanh Fourier (Fast Fourier Transform hay viết tắt là FFT) để chuyển tín hiệu từ miền thời gian sang miền tần số; chuẩn hóa dữ liệu IQ và biến đổi Fourier về khoảng $[-1,1]$. Đầu ra khối tiền xử lý 12-a là sự kết hợp giữa tín hiệu IQ chuẩn hóa và biến đổi Fourier chuẩn hóa, những dữ liệu này sẽ là đầu vào của mạng nơ-ron tích chập 12-b.

Tham chiếu vào hình 2, khối mạng nơ-ron tích chập 12-b bao gồm các lớp sau:

Lớp tích chập 1 21 bao gồm 64 bộ lọc kích thước (1×3) . Tín hiệu đầu vào kích thước (4×512) được tích chập với các bộ lọc này. Kết quả sẽ là 64 bản đồ đặc trưng kích thước (4×510) . Sau đó các bản đồ đặc trưng này được đưa qua khối tuyến tính hiệu chỉnh (Rectified Linear Unit hay viết tắt là ReLu). Phép biến đổi ReLu được mô tả ở hình 3.

Lớp tổng hợp 1 22: ở lớp này, cửa sổ trượt $(2, 2)$ di chuyển khắp bản đồ đặc trưng (4×510) , lấy giá trị lớn nhất trong các giá trị của cửa sổ trượt. Kết quả là bản đồ đặc trưng kích thước (2×255) . Nghĩa là kích thước mỗi chiều của bản đồ giảm đi 2 lần.

Lớp tích chập 2 23: lớp này bao gồm 16 bộ lọc kích thước (2×3) và phép biến đổi tuyến tính hiệu chỉnh ReLu.

Lớp tổng hợp 2 24: ở lớp này, cửa sổ trượt có kích thước $(1, 2)$. Như vậy đầu ra của lớp này sẽ giữ nguyên kích thước hàng và giảm kích thước cột đi 2 lần.

Lớp giảm thiểu 1 25: lớp này loại bỏ một cách ngẫu nhiên 50% trọng số.

Lớp kết nối đủ 1 26: lớp này bao gồm 128 nơ-ron. Đầu vào và trọng số của lớp này được nhân với nhau dùng phép nhân ma trận. Sau đó kết quả được đưa qua phép biến đổi tuyến tính hiệu chỉnh ReLu.

Lớp giảm thiểu 2 27: lớp này loại bỏ một cách ngẫu nhiên 50% trọng số.

Lớp kết nối đủ 2 28: lớp này bao gồm 4 nơ-ron và phép biến đổi xác suất cực đại (soft-max). Phép biến đổi soft-max xác định xác suất dự đoán loại tín hiệu. Soft-max được mô tả ở phương trình 1:

$$\sigma(\mathbf{z})_j = \frac{e^{z_j}}{\sum_{k=1}^K e^{z_k}} \quad (1)$$

trong đó $\mathbf{z}$ là véc tơ gồm K phần tử, z_k là phần tử thứ k.

Tham chiếu vào hình 1, khối thực thi 13 thực hiện tự động phân loại tín hiệu vô tuyến đầu vào. Khối thực thi 13 nhận tín hiệu từ các nguồn khác nhau, sử dụng mô hình học sâu 12-b là đầu ra của khối huấn luyện 12 để thực hiện tính toán kết quả dạng tín hiệu thu nhận được.

Hệ thống theo giải pháp hữu ích được thực hiện theo quy trình như sau: dữ liệu thô về tín hiệu thu thập từ các nguồn tín hiệu vô tuyến khác nhau từ khối thu thập dữ liệu được đưa qua khối tiền xử lý trong khối huấn luyện để thực hiện các thao tác xử lý dữ liệu cho phù hợp với đầu vào khối mạng nơ-ron tích chập. Dữ liệu sau khi được xử lý ở khối tiền xử lý sẽ được đưa vào mạng nơ-ron tích chập phục vụ quá trình huấn luyện. Kết quả của quá trình huấn luyện là mô hình học sâu có khả năng phân loại các loại tín hiệu. Sau đó mô hình này được nạp vào khối thực thi. Khối thực thi nhận dữ liệu tín hiệu từ các nguồn tín hiệu, thực hiện tính toán và tự động phân loại các loại tín hiệu vô tuyến khác nhau.

Việc bố trí các khối trong hệ thống phụ thuộc vào yêu cầu sử dụng cũng như điều kiện về thiết bị. Các khối thu thập dữ liệu, khối huấn luyện và khối thực thi có thể được bố trí trên ba thiết bị riêng biệt hoặc trên cùng một thiết bị hoặc khối thu thập dữ liệu và khối thực thi bố trí trên cùng một thiết bị, trong khi khối huấn luyện được bố trí trên một thiết bị khác.

Hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu của giải pháp hữu ích như đã đề cập trên được vận hành thông qua các bước: bước 1: tạo tập dữ liệu huấn luyện; bước 2: huấn luyện mạng nơ-ron; bước 3: phân loại và hiển thị tín hiệu. Cụ thể,

Bước 1: tạo tập dữ liệu huấn luyện.

Tín hiệu vô tuyến từ các nguồn khác nhau được thu thập sử dụng khối thu thập dữ liệu 11.

Hàng trăm ngàn đến hàng triệu dữ liệu với đủ các dạng khác nhau được thu thập để đảm bảo quá trình huấn luyện thành công.

Sau khi nhận tín hiệu, khối thu thập dữ liệu 11 sẽ phân tích và đánh dấu mỗi loại tín hiệu thuộc loại tín hiệu nào. Như vậy tập dữ liệu huấn luyện sẽ bao gồm rất nhiều các tín hiệu khác nhau và loại tín hiệu tương ứng. Dữ liệu tại đây chính là nguồn dữ liệu để mô hình mạng nơ-ron sẽ học.

Bước 2: huấn luyện mạng nơ-ron.

Sau khi tạo lập dữ liệu huấn luyện, quá trình huấn luyện được thực hiện theo quy trình (tham khảo hình 4):

Thứ nhất, khởi tạo bộ trọng số cho mạng nơ-ron tích chập.

Thứ hai, mỗi tín hiệu đầu vào đi qua các lớp của mạng nơ-ron tích chập 12-b. Đầu ra của mô hình này là một loại tín hiệu thực. Tín hiệu này được so sánh với loại tín hiệu được đánh dấu.

Thứ ba, sai lệch giữa loại tín hiệu thực và loại tín hiệu mong muốn được dùng để hiệu chỉnh bộ trọng số của mạng nơ-ron tích chập (2-b).

Sau khi quá trình huấn luyện kết thúc, mô hình mạng nơ-ron tích chập 12-b đã học được thông tin từ các loại tín hiệu, có khả năng phân loại chính xác các loại tín hiệu trong tập dữ liệu huấn luyện. Mô hình mạng này được lưu trữ phục vụ cho quá trình thực thi.

Bước 3: phân loại và hiển thị tín hiệu.

Tín hiệu được đưa qua mô hình mạng nơ-ron tích chập đã được huấn luyện. Mô hình này sẽ xuất ra loại tín hiệu tương ứng để hiển thị.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu bao gồm các khối:

khối thu thập dữ liệu: có nhiệm vụ thu thập, xây dựng cơ sở dữ liệu tín hiệu thô là các tín hiệu từ các nguồn tín hiệu vô tuyến khác nhau để cung cấp cho khối huấn luyện;

khối huấn luyện: bao gồm khối tiền xử lý và khối mạng nơ-ron tích chập, trong đó tại khối huấn luyện thực hiện huấn luyện mô hình học sâu có tín hiệu đầu vào bao gồm tín hiệu IQ (In-phase and Quadrature signals là dữ liệu thô, được hiểu là tín hiệu đồng pha (I) và tín hiệu trực pha (Q)) và biến đổi Fourier của tín hiệu IQ đi các các lớp thuộc khối mạng nơ-ron tích chập, cụ thể:

lớp tích chập 1 bao gồm sáu tư bộ lọc kích thước (1x3), tín hiệu đầu vào kích thước (4x512) được tích chập với các bộ lọc này, sau đó kết quả sẽ là sáu tư bản đồ đặc trưng kích thước (4x510), sau đó các bản đồ đặc trưng này được đưa qua phép biến đổi tuyến tính hiệu chỉnh ReLu;

lớp tổng hợp 1: cửa sổ trượt (2, 2) di chuyển khắp bản đồ đặc trưng (4x510), lấy giá trị lớn nhất trong các giá trị của cửa sổ trượt;

lớp tích chập 2: lớp này bao gồm 16 bộ lọc kích thước (2x3) và phép biến đổi phi tuyến ReLu;

lớp tổng hợp 2: cửa sổ trượt có kích thước (1, 2), như vậy đầu ra của lớp này sẽ giữ nguyên kích thước hàng và kích thước cột giảm đi 2 lần;

lớp giảm thiểu 1: loại bỏ một cách ngẫu nhiên 50% trọng số;

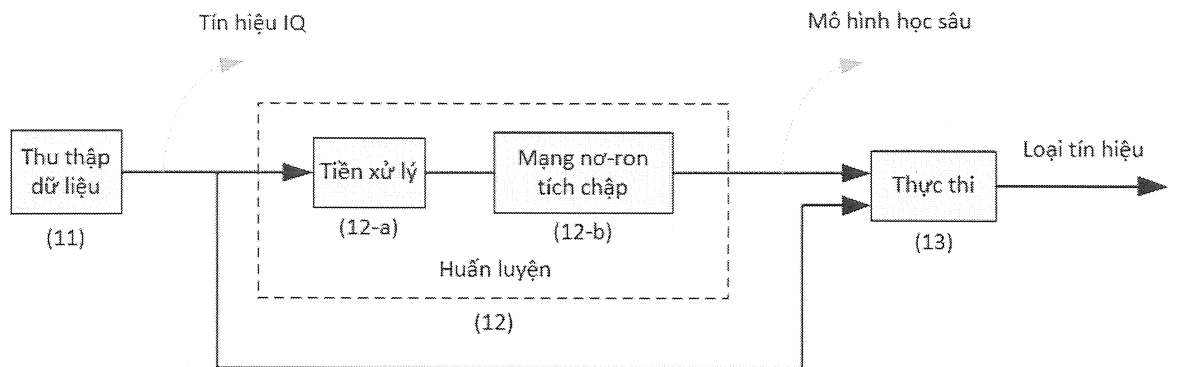
lớp kết nối đủ 1: gồm 128 nơ-ron;

lớp giảm 2: loại bỏ một cách ngẫu nhiên 50% trọng số;

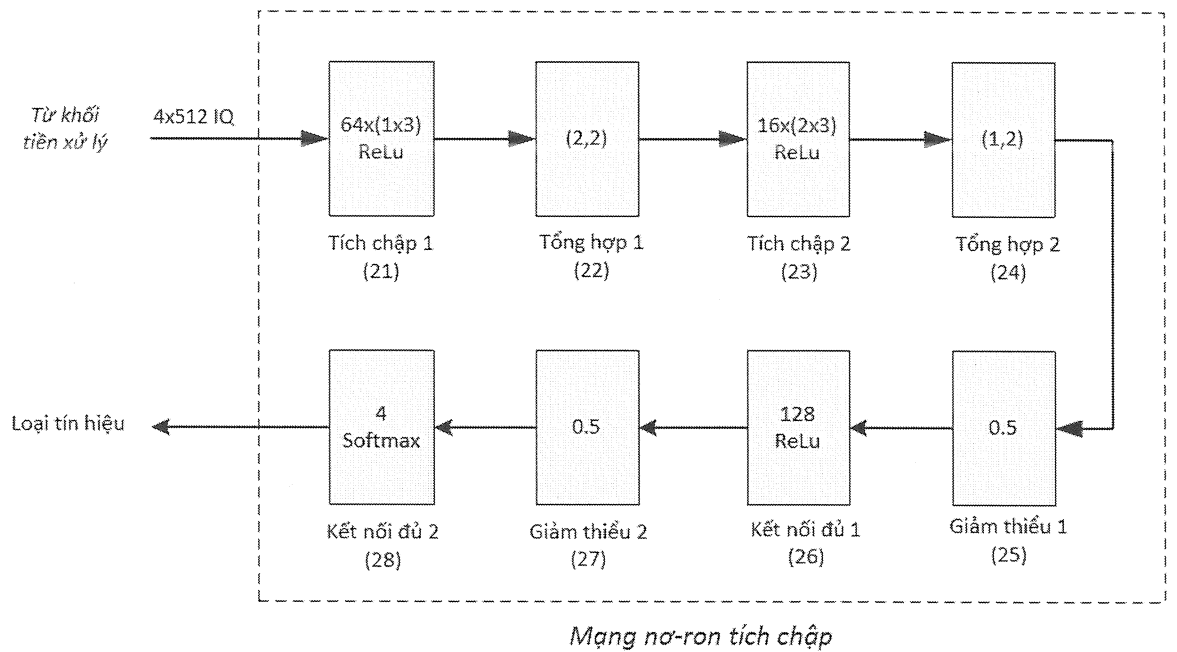
lớp kết nối đủ 2: lớp này bao gồm 4 nơ-ron và phép biến đổi xác suất cực đại (softmax);

khối thực thi.

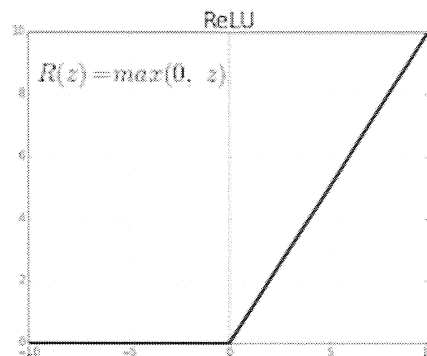
2. Hệ thống tự động phân loại tín hiệu vô tuyến sử dụng công nghệ học sâu theo điểm 1, trong đó việc bố trí các khối trong hệ thống phụ thuộc vào yêu cầu sử dụng cũng như điều kiện về thiết bị, các khối thu thập dữ liệu, khối huấn luyện và khối thực thi có thể được bố trí trên ba thiết bị riêng biệt hoặc trên cùng một thiết bị hoặc khối thu thập dữ liệu và khối thực thi bố trí trên cùng một thiết bị, trong khi khối huấn luyện được bố trí trên một thiết bị khác.



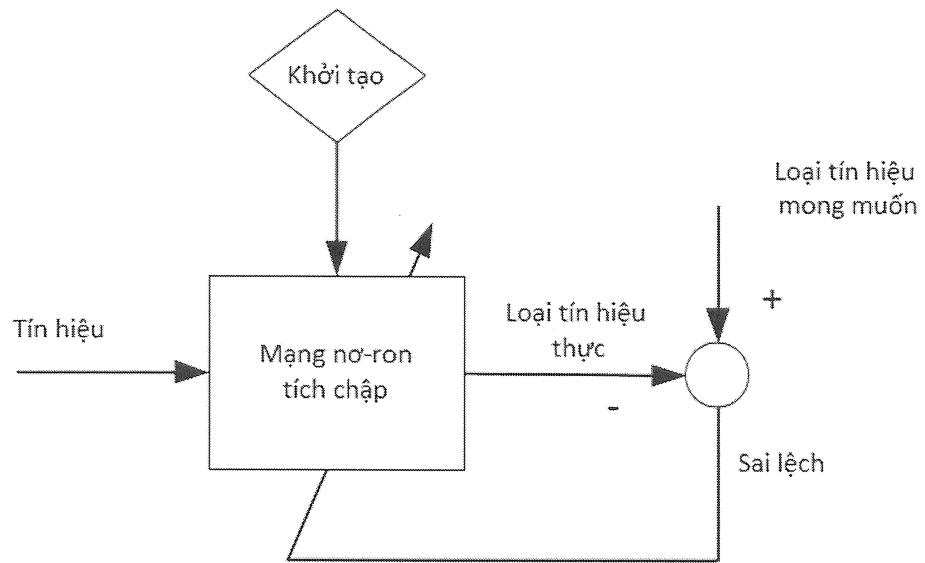
Hình 1



Hình 2



Hình 3



Hình 4