

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

TRỊNH THỊ MINH NGUYỆT

**ỨNG DỤNG MẠNG RESERVOIR TRONG NHẬN
DẠNG VÀ ĐIỀU KHIỂN**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Thái nguyên - 2014

MỞ ĐẦU

Tính cấp thiết của đề tài: Việc ứng dụng mạng nơ-ron trong nhận dạng và đặc biệt trong lĩnh vực điều khiển còn gặp phải nhiều khó khăn như vấn đề tìm nghiệm tối ưu toàn cục, tốc độ học, khả năng đáp ứng tính năng thời gian thực của hệ thống. Tuy nhiên trong những năm gần đây đã ra đời một loại mạng nơ-ron mới với phương pháp huấn luyện đơn giản và nhanh hơn. Mạng mới này có tên gọi khác nhau gồm: Reservoir Computing Networks (RCN), Echo State Networks (ESN) và Liquid State Machines (LSM). Nhưng về bản chất là giống nhau. Để đơn giản và tiện lợi trong quá trình nghiên cứu, tôi gọi tên mạng này là mạng Reservoir.

Trong thực tế mạng reservoir đã được ứng dụng thành công trong dự đoán chuỗi thời gian hỗn loạn không có nhiễu và bài toán thích nghi nhanh, nhưng chưa được ứng dụng vào lĩnh vực nhận dạng hệ thống và thiết kế bộ điều khiển dựa trên cơ sở mạng này.

Mạng reservoir là một ý tưởng nghiên cứu tương đối mới và vẫn còn nhiều vấn đề mở và hướng nghiên cứu trong tương lai. Xuất phát từ lý do đó nên tôi đã tự đề xuất hướng nghiên cứu và chọn đề tài: “ Ứng dụng mạng Reservoir trong nhận dạng và điều khiển”.

Mục tiêu chính của đề tài: Nâng cao phương pháp huấn luyện mạng reservoir và ứng dụng để nhận dạng hệ thống và thiết kế bộ điều khiển nơ-ron.

Đề tài " Ứng dụng mạng Reservoir trong nhận dạng và điều khiển" nhằm phát triển một phương pháp huấn luyện mạng mới sử dụng các công cụ, thiết bị nghiên cứu như: Máy tính, phần mềm Matlab, Neural Network Toolbox 2013.

Việc nghiên cứu ứng dụng mạng Reservoir trong nhận dạng và điều khiển đòi hỏi phải có những hiểu biết nhất định về mạng nơ ron, sử dụng phần mềm matlab.

Kết quả dự kiến cần đạt được:

- Khai thác công cụ Neural Networks Toolbox trong Matlab 2013, viết tài liệu hướng dẫn sử dụng công cụ này.
- Viết chương trình huấn luyện cho mạng reservoir trong Matlab.
- So sánh kết quả huấn luyện mạng reservoir với các tham số mạng ban đầu khác nhau cho một số đối tượng thử nghiệm.
- Đề xuất phương pháp chọn tham số ban đầu cho mạng reservoir.
- Đề xuất phương pháp huấn luyện mạng reservoir.
- Viết chương trình nhận dạng hệ thống và huấn luyện bộ điều khiển trên cơ sở mạng reservoir trong Matlab và kiểm chứng chất lượng điều khiển trên đối tượng thực là mô hình cánh tay máy 1 bậc tự do.

Phương pháp nghiên cứu: Nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm:

Nghiên cứu lý thuyết:

- Nghiên cứu mạng reservoir, Viết chương trình huấn luyện cho mạng reservoir trong Matlab.
- Mô hình hóa và huấn luyện mạng trên cơ sở phần mềm Matlab, Neural Networks Toolbox bản 2013.
- Viết chương trình nhận dạng hệ thống và huấn luyện bộ điều khiển trên cơ sở mạng reservoir trong Matlab.

Nghiên cứu thực nghiệm

- Chạy thử nghiệm chương trình trên Matlab.
- Thực nghiệm trên mô hình vật lý để kiểm nghiệm và hoàn thiện cấu trúc và tham số bộ điều khiển.
- Ứng dụng nhận dạng và điều khiển các hệ thống trong phòng thí nghiệm như cánh tay máy

Đề tài sẽ trình bày theo những nội dung sau:

Chương I: Giới thiệu về mạng Reservoir

Chương II: Tìm hiểu công cụ mạng nơ ron trong Matlab

Chương III: Ứng dụng mạng Reservoir trong nhận dạng hệ thống

Chương IV: Điều khiển cánh tay máy 1 bậc tự do trong phòng thí nghiệm

Kết quả và kiến nghị

Chương 1

GIỚI THIỆU MẠNG RESERVOIR

Mạng Reservoir là một khái niệm mới trong lĩnh vực mạng nơ-ron. Về cơ bản cấu trúc mạng reservoir không có gì khác biệt so với các mạng nơ-ron khác, nhưng về phương pháp huấn luyện mạng thì có sự khác biệt trong quá trình học. Trong chương này tôi sẽ giới thiệu cấu trúc mạng nơ-ron từ cơ bản tới phức tạp, các ký hiệu và khái niệm cơ bản. Trên cơ sở đó tôi sẽ trình bày cấu trúc và phương pháp huấn luyện mạng reservoir.

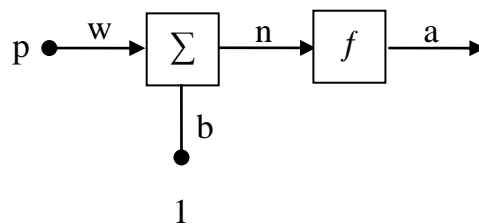
1.1 Cấu trúc mạng nơ-ron

Trong phần này tôi sẽ giới thiệu cấu trúc, khái niệm của một nơ-ron, một lớp nơ-ron, nhiều lớp nơ-ron và mạng hồi qui. Đồng thời để đơn giản cho việc theo dõi và mô tả về sau, tôi cũng đưa ra một số qui ước chung.

Tôi sẽ sử dụng công cụ Neural Networks trong Matlab để mô tả và huấn luyện mạng. Do đó các ký hiệu, khái niệm và cấu trúc sẽ theo như định nghĩa của Matlab/Neural Network Toolbox.

1.1.1 Cấu trúc mạng 1 nơ - ron 1 đầu vào

Một nơ ron với một đầu vào có sơ đồ cấu trúc như hình 1.1.



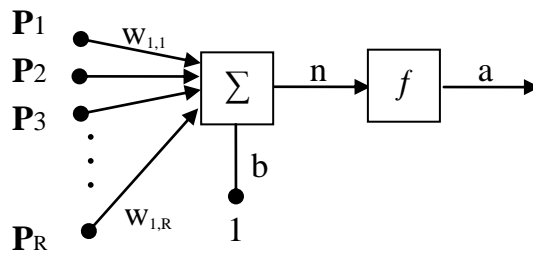
Hình 1.1. Cấu trúc cơ bản của một nơ - ron (1 đầu vào)

Cấu trúc cơ bản của một nơ ron gồm: đầu vào p , và đầu ra a , w là trọng số, Σ là bộ tổng, b là ngưỡng, f là hàm truyền.

Quan hệ vào ra của 1 nơ ron là:

$$a = f(wp + b) \quad (1.1)$$

1.1.2 Cấu trúc mạng 1 nơron nhiều đầu vào



$$a = f(wp + b)$$

Hình 1.2. Cấu trúc cơ bản của một nơ - ron nhiều đầu vào

Hình 1.2 là sơ sồ cấu trúc của 1 nơ-ron có nhiều đầu vào. Nơ ron có R tín hiệu đầu vào biểu diễn dưới dạng rút gọn được thể hiện như trên hình 1.3.

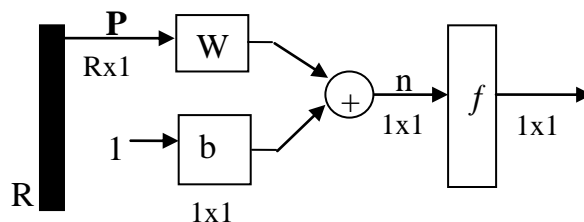
Trong đó: b là bias; n là tổng trọng, f là hàm truyền, a là đầu ra của nơ ron; $\mathbf{p} = [p_1 \ p_2 \ \dots \ p_R]$ là véc tơ đầu vào, $\mathbf{W} = [w_{1,1} \ w_{1,2} \ \dots \ w_{1,R}]$ là véc tơ trọng số đầu vào.

$$n = w_{1,1} p_1 + w_{1,2} p_2 + \dots + w_{1,R} p_R + b \quad (1.2)$$

$$n = \mathbf{W} * \mathbf{p} + b$$

$$a = f(wp + b) \quad (1.3)$$

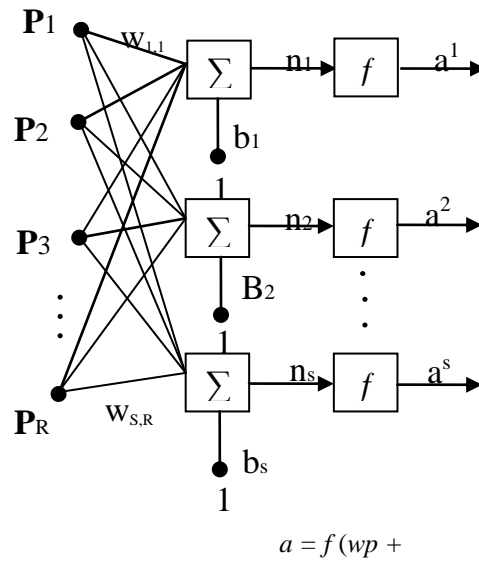
Mô hình thu gọn của nơ ron:



Hình 1.3. Mô hình nơ ron thu gọn (nhiều đầu vào)

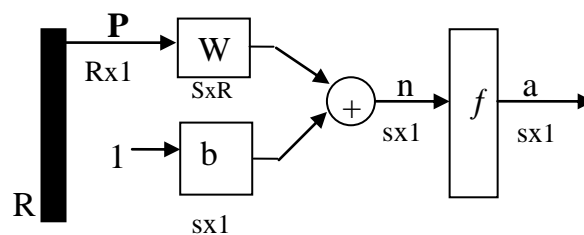
1.1.3 Cấu trúc 1 lớp nơ-ron

Mô hình một lớp có S nơ-ron với R đầu vào như hình vẽ 1.4.



Hình 1.4: Mô hình 1 lớp nơ-ron

Trong đó mỗi phần tử của véc tơ đầu vào \mathbf{p} được nối với mỗi nơ-ron tương ứng qua ma trận trọng số \mathbf{W} ; f là hàm truyền; \mathbf{p} là véc tơ đầu vào có dạng véc tơ cột ($R \times 1$); \mathbf{a} là đầu ra của lớp nơ-ron có dạng véc tơ cột ($S \times 1$) và ma trận trọng số có dạng:



Hình 1.5: Mô hình một lớp nơ-ron

$$W = \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \dots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \dots & w_{2,R} \\ \dots & & & \\ w_{S,1} & w_{S,2} & \dots & w_{S,R} \end{bmatrix} \quad (1.4)$$

Các thành phần cơ bản của một nơron nhân tạo bao gồm:

♦ **Tập các đầu vào:** Là các tín hiệu vào (*input signals*) của nơron, các tín hiệu này thường được đưa vào dưới dạng một vector N chiều.

♦ **Tập các liên kết:** Mỗi liên kết được thể hiện bởi một trọng số (gọi là trọng số liên kết – *Synaptic weight*). Trọng số liên kết giữa tín hiệu vào thứ j với nơron k thường được kí hiệu là w_{kj} . Thông thường, các trọng số này được khởi tạo một cách ngẫu nhiên ở thời điểm khởi tạo mạng và được cập nhật liên tục trong quá trình huấn luyện mạng (epoch).

♦ **Bộ tổng** (*Summing function*): Thường dùng để tính tổng của tích các đầu vào với trọng số liên kết của nó.

♦ **Ngưỡng** (còn gọi là một độ lệch - *bias*): Ngưỡng này thường được đưa vào như một thành phần của hàm truyền.

♦ **Hàm truyền** (*Transfer function*) : Hàm này được dùng để giới hạn phạm vi đầu ra của mỗi nơron. Nó nhận đầu vào là kết quả của hàm tổng và ngưỡng đã cho. Các hàm truyền rất đa dạng, có thể là các hàm tuyến tính hoặc phi tuyến. Việc lựa chọn hàm truyền nào là tùy thuộc vào từng bài toán và kinh nghiệm của người thiết kế mạng. Một số hàm truyền thường sử dụng trong các mô hình mạng nơron được đưa ra trong bảng 1 .

♦ **Đầu ra:** Là tín hiệu đầu ra của một nơron, với mỗi nơron sẽ có tối đa là một đầu ra.

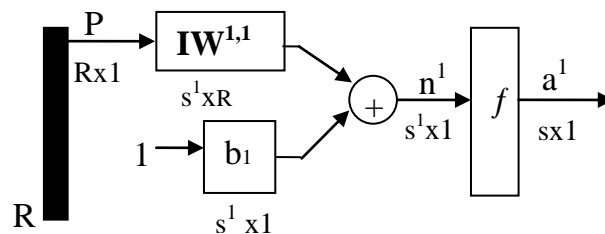
Xét về mặt toán học, cấu trúc của một nơron k , được mô tả bằng cặp biểu thức sau:

$$a = f(wp + b)$$

trong đó: x_1, x_2, \dots, x_p : là các tín hiệu vào; $(w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{kp})$ là các trọng số liên kết của nơon thứ k ; u_k là hàm tổng; b_k là một ngưỡng; f là hàm truyền và y_k là tín hiệu đầu ra của nơon.

Gọi ma trận trọng số liên kết với lớp vào là ma trận trọng số đầu vào IW . Gọi ma trận trọng số liên kết giữa 2 lớp LW . Quy ước ký hiệu chỉ số lớp nguồn là chỉ số thứ hai và chỉ số lớp đích thực là chỉ số thứ nhất.

Ví dụ: LW^{ij} là ma trận trọng số liên kết từ lớp nguồn j đến lớp đích i .



Hình 1.6: Mạng 1 lớp rút gọn

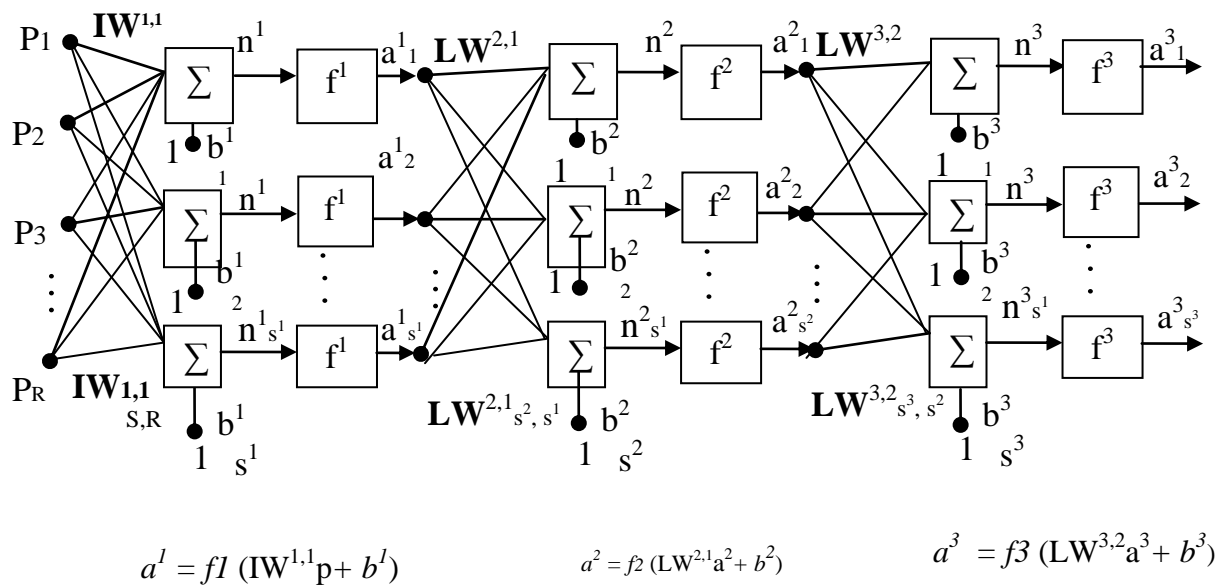
Đầu ra của nơon được tính như sau:

$$a^l = f(IW^{l,1} p + b^l)$$

1.1.4 Mạng nhiều lớp

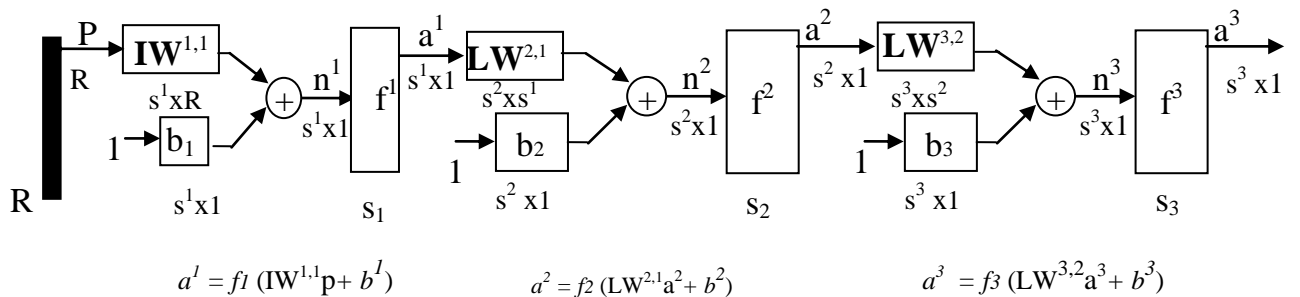
Hình 1.7 mô tả mô hình của mạng nơon truyền thẳng 3 lớp. Mỗi lớp có ma trận trọng số IW, LW , véc tơ bias b và véc tơ tín hiệu đầu ra a . Tín hiệu đầu ra mỗi lớp a^i , p là véc tơ tín hiệu vào, f^i là hàm truyền ($i=1,2,3$). Từ đó có được tín hiệu ra là a^3 có dạng:

$$a^3 = f^3(LW^{3,2} f^2(LW^{2,1} f^1(IW^{1,1} p + b^1) + b^2) + b^3)$$



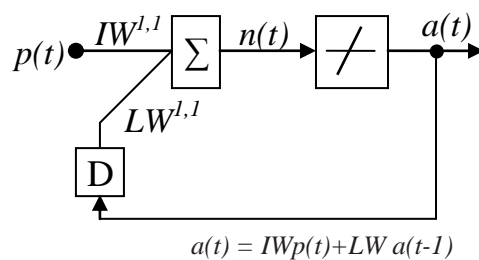
Hình 1.7: Mô hình của mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp

Mô hình rút gọn như hình 1.8.

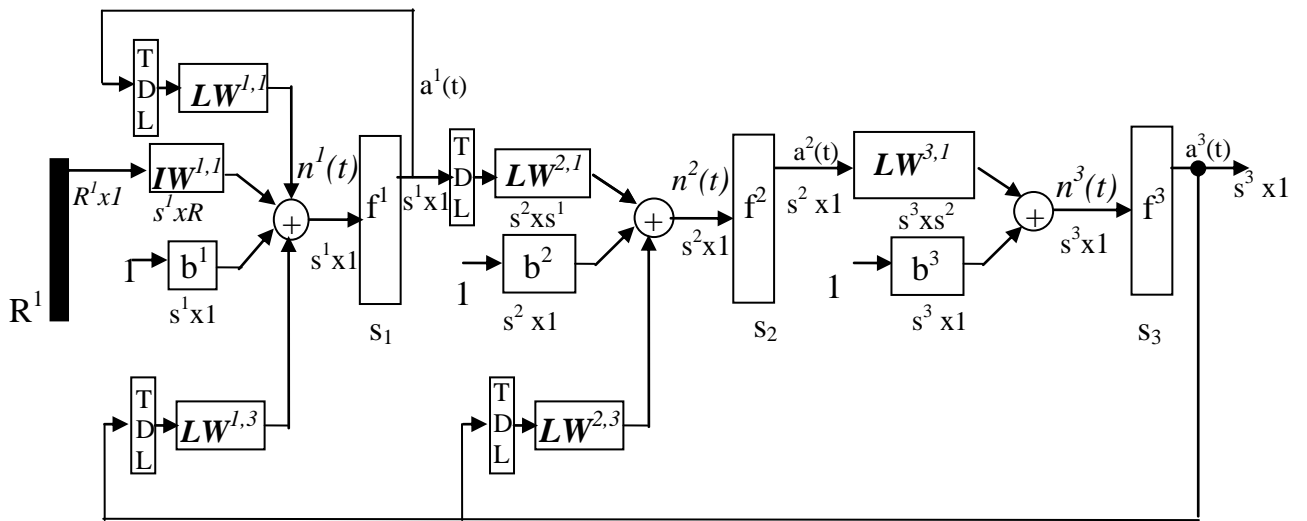


Hình 1.8: Mô hình của mạng nơ ron truyền thẳng ba lớp thu gọn

1.1.5 Mạng một nơ ron hồi quy



Hình 1.9: Mô hình 1 nơ ron hồi quy



Hình 1.10: Mô hình mạng hồi quy nhiều lớp

Trong đó khối **TDL** là khâu trễ

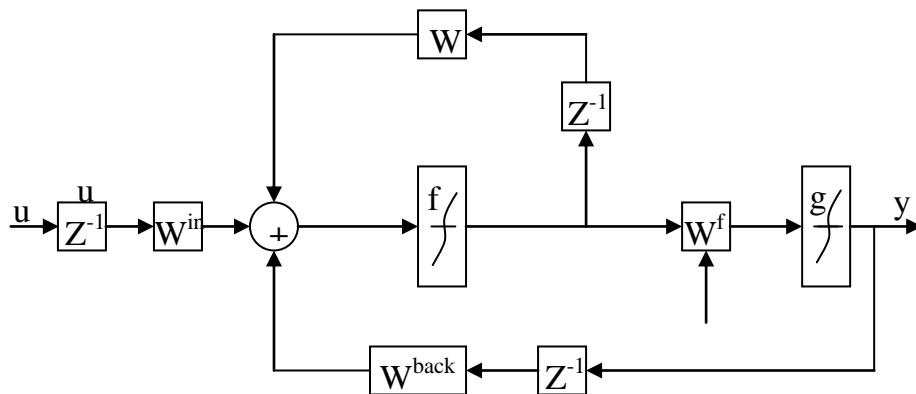
1.2 Mạng Reservoir

Mạng Reservoir có quan hệ vào ra như sau:

$$x_{k+1} = f(W^{in}u_k + Wx_k + W^{back}y_k) \quad (1.5)$$

$$y_k = W^f x_k \quad (1.6)$$

Về cơ bản mạng Reservoir có cấu trúc giống như mạng nơ ron thông thường, nhưng không có bias.



Hình 1.11: Mạng Reservoir