

**BỘ CÔNG THƯƠNG**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN NGHIÊN CỨU ĐIỆN TỬ, TIN HỌC, TỰ ĐỘNG HOÁ**

---

**HÀ MẠNH ĐÀO**

**VỀ MỘT PHƯƠNG PHÁP MỚI ĐIỀU KHIỂN MŨYỌN,  
KHÓA KÊNH TẦN SỐ MẠNG DI ĐỘNG TẾ BÀO**

**Chuyên ngành: KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ**

**Mã số : 62.52.70.01**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**HÀ NỘI – 2011**

Công trình được hoàn thành tại:

**Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa**

Người hướng dẫn khoa học:

PGS. TS Thái Quang Vinh

Phản biện 1: PGS. TS Đinh Thế Cường

Phản biện 2: PGS. TS Phan Hữu Huân

Phản biện 3: PGS. TS Nguyễn Chấn Hùng

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Viện họp tại:.....

Vào hồi ..... giờ ..... ngày ..... tháng ..... năm 20.....

Có thể tìm hiểu luận án tại các thư viện:

...Thư viện Quốc Gia Việt Nam.....

...Thư viện VIELINA .....

...Thư viện Viện Công nghệ Thông tin(IOIT).....

## PHẦN MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của luận án

Một bài toán quan trọng xuyên suốt qua mọi thế hệ mạng di động tế bào là làm thế nào sử dụng phổ tần số (kênh) cấp giới hạn cho mỗi mạng hiệu quả, nhất là trong các mạng thế hệ mới. Các chiến lược gán kênh (cấp phát kênh) cho phép giải quyết vấn đề này. Có 3 loại thuật toán gán kênh khác nhau là: Gán kênh cố định (FCA), gán kênh động (DCA) và gán kênh lai ghép (HCA). Mỗi loại thuật toán đều có những ưu, nhược điểm khác nhau.

Nhưng do trong thực tế tải lưu lượng mạng di động tế bào phân bố không đồng đều theo không gian và biến đổi theo thời gian. Giải pháp hiệu quả nhất giải quyết vấn đề này là thực hiện mượn kênh với sự ràng buộc nhiễu vô tuyến. Vì cơ chế mượn kênh cho phép tế bào có tải nặng có thể mượn kênh từ tế bào khác có tải nhẹ hơn nhằm tăng dung lượng kênh phục vụ và cân bằng trạng thái tải mạng di động tế bào. Một vấn đề mấu chốt trong các thuật toán mượn kênh là làm thế nào xác định được trạng thái tải tế bào ?

Các thuật toán mượn kênh truyền thống thường sử dụng một số ngưỡng cố định để phân biệt trạng thái tải của mỗi tế bào. Hạn chế trong các thuật toán này là dễ gây ra hiệu ứng quả bóng bàn (ping-pong), do tải dao động xung quanh ngưỡng gây lãng phí một lượng đáng kể tài nguyên mạng do thực hiện trao đổi nhiều thông điệp qua lại giữa các tế bào. Mặt khác trong hệ thống di động, số cuộc gọi đến và thời gian thực hiện cuộc gọi là bất định, không biết trước. Để khắc phục hạn chế này cần có một cơ chế dự báo phù hợp hơn, hiệu quả hơn mà chủ yếu dựa trên cơ sở các phương pháp tính toán thông minh.

Đề tài “*Về một phương pháp mới điều khiển mượn, khóa kênh tần số mạng di động tế bào*” được thực hiện trong khuôn khổ luận án tiến sỹ kỹ thuật, chuyên ngành kỹ thuật điện tử, nhằm đưa ra một giải pháp mượn, khóa kênh phù hợp hơn để giải quyết tối ưu vấn đề sử dụng hiệu quả phổ tần số được cấp giới hạn cho mạng di động tế bào.

### 2. Mục tiêu của luận án

Luận án tập trung nghiên cứu ba vấn đề chính. *Vấn đề thứ nhất* là so sánh và đánh giá các phương pháp mượn khóa kênh truyền thống, phương pháp mượn kênh FDCBS, NFDCBS để vạch ra những điểm hạn chế của các phương pháp này, từ đó đề xuất phương pháp cải tiến. *Vấn đề thứ hai* là đề xuất phương pháp mới sử dụng phép đo subsethood và chứng minh phương pháp mới hiệu quả hơn các phương pháp cũ và cải tiến. *Vấn đề thứ ba* là đề xuất mô hình mô phỏng và thu kết quả, đánh giá phương pháp mới.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu ở đây là kết hợp nhuần nhuyễn giữa nghiên cứu lý thuyết về kiến trúc, nguyên tắc hoạt động cũng như cơ chế mượn,

khóa kênh tần số của mạng di động tế bào với việc mô phỏng bằng chương trình máy tính để kiểm chứng, đánh giá hiệu quả hoạt động của các cải tiến mượn, khóa kênh tần số và các đề xuất mới điều khiển mượn, khóa kênh tần số trong mạng di động tế bào.

#### **4. Các đóng góp của luận án**

Luận án nghiên cứu đóng góp được các kết quả chính sau:

- ❖ Khảo sát kỹ các thuật toán mượn, khóa kênh truyền thống và thông minh, nhất là thuật toán mượn kênh động trên cơ sở bộ điều khiển logic mờ (FDCBS) và mạng nơ ron mờ (NFDCBS) của tác giả Yao-Tien Wang.
- ❖ Thực hiện một số cải tiến đối với thuật toán FDCBS và NFDCBS.
- ❖ Đề xuất phương pháp mượn, khóa kênh động phân tán trên cơ sở bộ điều khiển mạng nơ ron mờ sử dụng phép đo Subsethood.

#### **5. Bố cục của luận án**

Bố cục luận án gồm phần mở đầu, bốn chương nội dung, phần kết luận, danh mục công trình công bố, danh mục các tài liệu tham khảo và phụ lục.

**Chương 1** giới thiệu tổng quan mô hình mạng di động tế bào và các phương pháp gán kênh, mượn khóa kênh truyền thống và chỉ ra những hạn chế của các phương pháp này.

**Chương 2** đi sâu khảo sát các phương pháp mượn kênh FDCBS trên cơ sở logic mờ và NFDCBS trên cơ sở mạng nơ ron mờ, từ đó đề xuất một số cải tiến đối với NFDCBS.

**Chương 3** trình bày phương pháp mượn khóa, kênh mới sử dụng bộ điều khiển nơ ron mờ với phép đo subsethood DBNFS.

**Chương 4** trình bày mô hình mô phỏng thuật toán, thực hiện phát sinh tập dữ liệu huấn luyện, huấn luyện mạng nơ ron, thực hiện chạy mô phỏng các thuật toán mượn, khóa kênh với các tham số giả định, sau đó phân tích, đánh giá kết quả thu được.

Cuối cùng, phần kết luận nêu những đóng góp của luận án, hướng phát triển và những vấn đề quan tâm của tác giả luận án.

## **Chương 1. TỔNG QUAN MẠNG DI ĐỘNG TẾ BÀO VÀ CÁC THUẬT TOÁN MƯỢN, KHOÁ KÊNH**

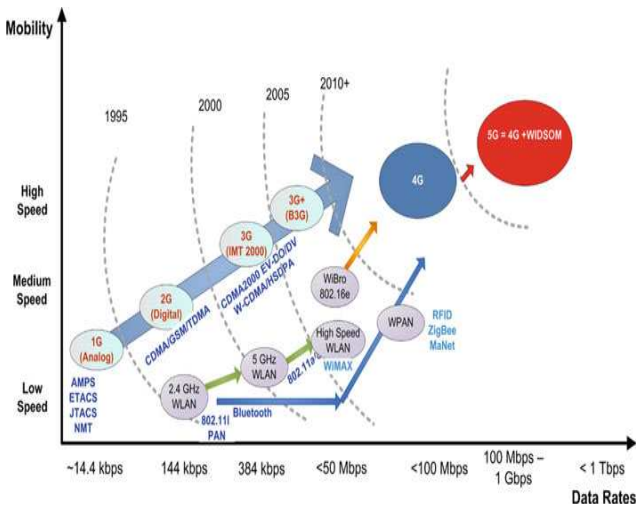
### **1.1. Mở đầu**

Mạng thông tin di động tế bào đã trải qua nhiều thế hệ: 1G, 2-2.5G, 3G, 4G và hiện nay đang nghiên cứu 5G [1]. Hình 1.1. cho thấy sự tiến hóa của các thế hệ đều nhằm tăng tốc độ dữ liệu, tăng khả năng di động và khả năng dịch vụ mạng di động tế bào.

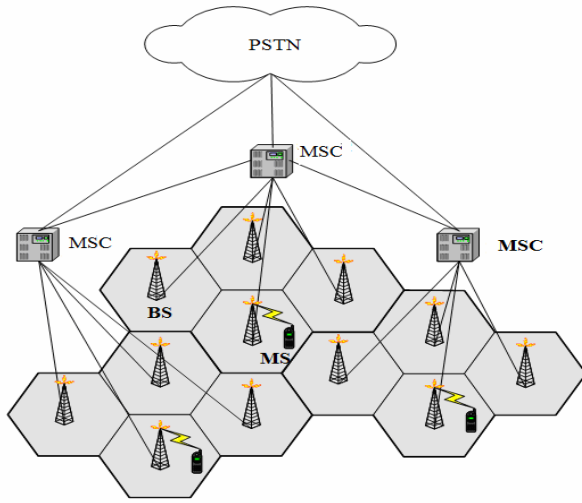
### **1.2. Mô hình mạng di động tế bào**

#### **1.2.1. Khái niệm tế bào**

Khái niệm tế bào xuất phát từ các hệ thống mạng của Bell theo chuẩn AMPS, đó là một kiến trúc mạng được tổ hợp từ các tế bào hình lục lăng (Hình 1.2).



Hình 1.1: Sự phát triển qua các thế hệ của mạng di động tế bào



Hình 1.2: Mạng di động tế bào

Một hệ thống di động tế bào có 3 thành phần chính: trạm cơ sở BS, trạm di động MS, trung tâm chuyển mạch MSC (MTSO). Với các mạng di động tế bào thế hệ mới cũng có cấu trúc tương tự. Để duy trì cuộc gọi khi MS di chuyển từ tế bào này sang tế bào lân cận phải thực hiện quá trình chuyển giao (handoff).

## 1.2.2. Kênh, cấp phát kênh và tái sử dụng kênh

### 1.2.2.1. Kênh truyền thông

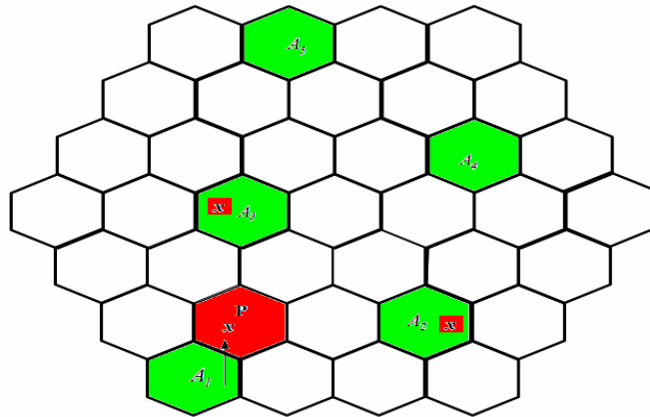
Kênh truyền thông trong mạng di động tế bào có thể sử dụng các phương pháp đa truy cập mạng khác nhau hoặc kết hợp các phương pháp đa truy cập mạng với nhau. Gọi  $S_i(k)$  là tập thứ  $i$  các thuê bao mà có thể liên lạc với nhau bằng việc cùng sử dụng tần số  $k$ . Do những đặc tính vật lý của môi trường truyền sóng vô tuyến, cùng tần số  $k$  này có thể được tái sử dụng đồng thời bởi tập thứ  $j$  khác nếu thuê bao của tập  $i$  và  $j$  cách nhau một khoảng đáng kể. Tất cả các thuê bao mà sử dụng cùng tần số như vậy được coi là các *tập đồng kênh*. Khoảng cách nhỏ nhất mà các *tập đồng kênh* có thể được tái sử dụng với nhiễu gây ra có thể chấp nhận được gọi là “*khoảng cách tái sử dụng đồng kênh*”. Khoảng cách nhỏ nhất đảm bảo rằng mức tỉ số tín hiệu trên nhiễu (CNIR) ở mỗi tập đồng kênh lớn hơn một ngưỡng xác định. CNIR trung bình mà thuê bao thu được được xác

định bởi công thức: 
$$CNIR = \frac{P_t d_t^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^N P_i d_i^{-\alpha} + N_0} \quad (1.2)$$

### 1.3. Các thuật toán mượn/khoá kênh

#### 1.3.1. Mượn, khoá kênh

Khái niệm mượn kênh chỉ tới việc một tế bào có thể mượn kênh từ các tế bào lân cận của nó hoặc mượn kênh từ vùng này tới vùng khác trong tế bào. Sự mượn kênh xảy ra khi một tế bào quá tải trong khi các tế bào lân cận có tải nhẹ hơn hoặc khi cần thực hiện cân bằng tải trong mạng. Từ đó tăng dung lượng



Hình 1.8: Mượn kênh và khoá kênh

kênh cho mạng dẫn đến tăng chất lượng dịch vụ cho toàn hệ thống. Khi một tế bào thực hiện mượn một kênh từ tế bào lân cận thì kênh cho mượn phải không ảnh hưởng nhiều đến các kênh đang được sử dụng, chính vì vậy mà kênh mượn của tế bào cho mượn cần phải được khoá tại các tế bào đồng kênh của tế bào đó. Ví dụ như trong hình 1.8, Khi tế bào P mượn kênh x từ tế bào  $A_1$  để phục vụ cuộc gọi trong P, tế bào  $A_2$  và  $A_3$  là những tế bào đồng kênh với  $A_1$  sẽ không được phép dùng kênh x nữa vì nó nằm trong phạm vi nhiễu đồng kênh của P. Từ đó kênh x trong các tế bào đồng kênh này phải được khoá để tránh nhiễu cho tế bào P khi P đang sử dụng kênh mượn x từ  $A_1$ .

#### 1.3.2. Thuật toán mượn, khoá kênh

- Thuật toán mượn, khoá kênh đơn giản
- Các thuật toán mượn, khoá kênh lai ghép
- Thuật toán thử trực tiếp
- Thuật toán cân bằng tải động mượn kênh chọn lọc
- Thuật toán cân bằng tải động mượn kênh chọn lọc phân tán
- Thuật toán mượn, khoá kênh thích nghi

### 1.4. Nhận xét các thuật toán mượn, khoá kênh

Từ việc khảo sát các thuật toán mượn khoá kênh truyền thống, luận án cho thấy đa số các thuật toán truyền thống đều sử dụng giá trị ngưỡng để phân biệt trạng thái tải của tế bào. Điều này dễ gây cho hệ thống mất ổn định vì trạng thái tải của các tế bào dao động xung quanh ngưỡng (hiệu

ứng quả bóng bàn) và truyền nhiều thông điệp không cần thiết. Mặt khác việc xác định giá trị ngưỡng quá phức tạp và tốn thời gian, số cuộc gọi tới và thời gian thực hiện cuộc gọi không biết trước, vì vậy cần có một cơ chế dự báo phù hợp hơn, hiệu quả hơn.

## Chương 2. MƯỢN, KHÓA KÊNH ĐỘNG TRÊN CƠ SỞ BỘ ĐIỀU KHIỂN LOGIC MỜ VÀ MẠNG NƠ RON

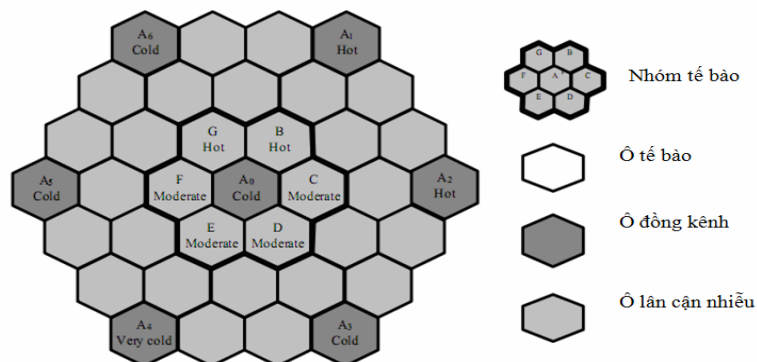
### 2.1. Mở đầu

Yao-Tien Wang đã phát triển thuật toán mượn kênh FDCBS trên cơ sở bộ điều khiển logic mờ và NFDCBS sử dụng mạng nơ ron mờ để khắc phục hạn chế của các thuật toán truyền thống. NFDCBS cho phép phát sinh tập luật tự động nên ít phụ thuộc vào tri thức chuyên gia lĩnh vực hơn thuật toán FDCBS. Trên cơ sở đó luận án đề xuất một số cải tiến thuật toán NFDCBS.

### 2.2. Thuật toán mượn kênh FDCBS và NFDCBS

#### 2.2.1. Mô hình hệ thống mạng di động tế bào

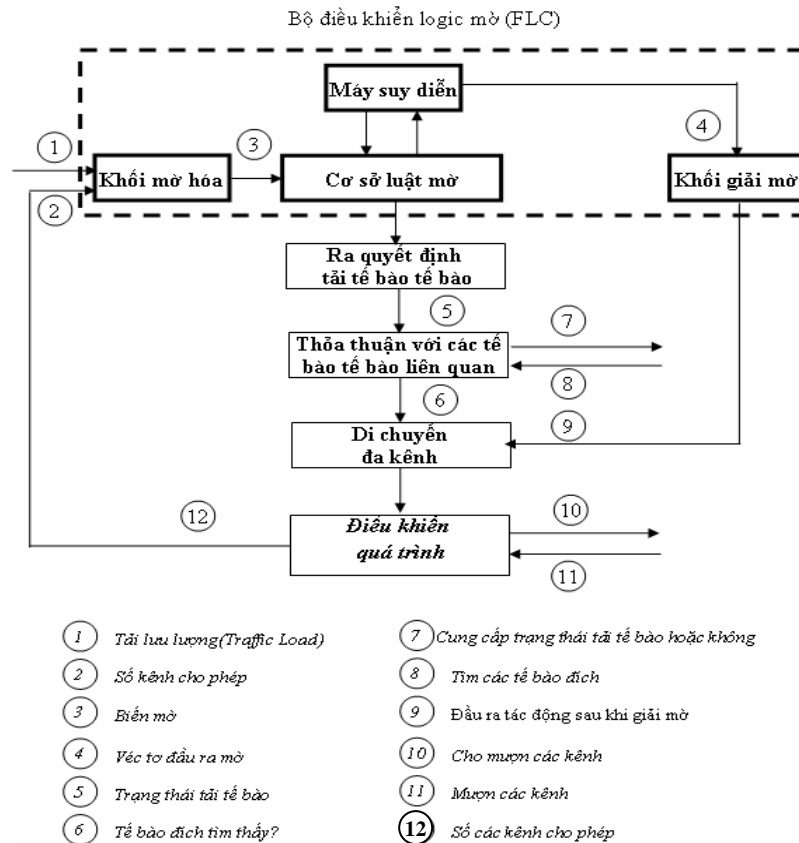
Mô hình hệ thống di động tế bào được giả thiết như sau: hệ thống bao gồm một số tế bào hình lục giác, mỗi tế bào được phục vụ bởi một trạm cơ sở (BS). Trạm cơ sở và trạm di động (MS) truyền thông với nhau qua kênh liên kết vô tuyến.



*Hình 2.1: Mạng tế bào với tế bào hình lục giác*

Trong mạng, mỗi tế bào được cấp một số kênh  $CH$  cố định và tập kênh đó sẽ được sử dụng lại trong các tế bào mà cách nó khoảng cách tối thiểu đủ xa để tránh nhiễu. Một nhóm các tế bào liên tiếp sử dụng các kênh phân biệt hình thành một mẫu compact bán kính  $R$ . Thực hiện phân tập tất cả các tế bào trong mạng thành một số tập con phân biệt  $G_0, G_1, \dots, G_{k-1}$  sao cho bất kỳ 2 tế bào nào trong cùng một tập con đều cách nhau khoảng cách tối thiểu  $D_{min}$ . Tương tự phân tập kênh cấp cho mạng thành  $K$  nhóm phân biệt  $P_0, P_1, \dots, P_{K-1}$ . Mỗi nhóm kênh được cấp cho một nhóm tế bào. Một kênh cho phép của tế bào  $c$  bị nhiễu nếu nó được sử dụng bởi các tế bào trong  $IN(c)$ .

#### 2.2.2. Bộ điều khiển mượn kênh trên cơ sở logic mờ FDCBS



**Hình.2.2: Bộ điều khiển mượn kênh trên cơ sở logic mờ**

Bộ điều khiển mượn kênh logic mờ gồm 2 phần: bộ điều khiển logic mờ và FDCBS. Bộ điều khiển logic mờ gồm 4 khối chính: Khối mờ hóa, khối cơ sở luật mờ, máy suy diễn, khối giải mờ. FDCBS gồm 3 pha: pha ra quyết định trạng thái tải tế bào, pha thỏa thuận với tế bào liên quan và pha di chuyển đa kênh. Cấu trúc của bộ mượn kênh động của mạng di động tế bào gồm 3 pha được thiết kế bằng cách áp dụng điều khiển logic mờ lên chúng. Pha ra quyết định tải tế bào chỉ thị lượng thông tin liên quan tới tế bào cũng như các luật lấy thông tin để ra quyết định phân bố lại tải tế bào. Mục đích của pha này là thu đủ thông tin cần thiết nhằm đưa ra quyết định phù hợp một khi tải tế bào là “rất nóng”, “nóng”, “trung bình”, “lạnh” và “rất lạnh”. Pha thỏa thuận tế bào liên quan cho phép tế bào hiện thời thực hiện trao đổi thỏa thuận, chọn các tế bào mà di chuyển các kênh từ đó hoặc di chuyển kênh tới các tế bào đó khi thực hiện cấp phát lại kênh. Pha di chuyển đa kênh duy trì quản lý việc di chuyển các kênh từ tế bào này tới tế bào khác.

### 2.2.3. Pha ra quyết định trạng thái tải tế bào

Để ước lượng trạng thái tải trong mạng tế bào và xác định chỗ phù hợp nhất để thực hiện chuyển kênh chia sẻ tải trong hệ thống. FDCBS cho phép xây dựng các hàm thành viên của các kênh cho phép khác nhau, hàm thành viên tải lưu lượng và giá trị trung tâm đối với các nhãn ngôn ngữ thông qua các thuật toán nhóm FCM (C-means mờ) mà phù hợp với các đặc điểm dữ liệu của các tế bào khác nhau.



### 2.2.3.1. Khởi mờ hóa

Mờ hóa là quá trình ánh xạ tập giá trị rõ đầu vào thành các tập mờ thành phần. Các hàm liên thuộc của các tập mờ của đầu vào số kênh cho phép AC được xác định trong khoảng  $x \in [a_0, a_6]$  trong phương trình 2.8 đến 2.12 và đầu vào tải lưu lượng tế bào TL trong khoảng  $y \in [b_0, b_2]$  trong phương trình 2.13 đến 2.15 sử dụng dạng tam giác (có thể sử dụng các dạng khác) được định nghĩa như sau:

$$VC = \begin{cases} 1 & \text{khi } x \leq a_1 \\ (a_1 - x)/(a_2 - a_1) & \text{khi } a_1 < x < a_2 \\ 0 & \text{khi } x \geq a_2 \end{cases} \quad (2.8) \quad C = \begin{cases} 0 & \text{khi } x \leq a_1 \text{ hoac } x \geq a_3 \\ (a_1 - x)/(a_2 - a_1) & \text{khi } a_1 < x < a_2 \\ (a_3 - x)/(a_3 - a_2) & \text{khi } a_2 < x < a_3 \\ 1 & \text{khi } x = a_2 \end{cases} \quad (2.9)$$

$$M = \begin{cases} 0 & \text{khi } x \leq a_2 \text{ hoac } x \geq a_4 \\ (x - a_2)/(a_3 - a_2) & \text{khi } a_2 < x < a_3 \\ (a_4 - x)/(a_4 - a_3) & \text{khi } a_3 < x < a_4 \\ 1 & \text{khi } x = a_3 \end{cases} \quad (2.10) \quad H = \begin{cases} 0 & \text{khi } x \leq a_3 \text{ hoac } x \geq a_5 \\ (x - a_3)/(a_4 - a_3) & \text{khi } a_3 < x < a_4 \\ (a_5 - x)/(a_5 - a_4) & \text{khi } a_4 < x < a_5 \\ 1 & \text{khi } x = a_4 \end{cases} \quad (2.11)$$

$$VH = \begin{cases} 0 & \text{khi } x \leq a_5 \\ (x - a_4)/(a_5 - a_4) & \text{khi } a_4 < x < a_5 \\ 1 & \text{khi } x \geq a_5 \end{cases} \quad (2.12) \quad L = \begin{cases} 0 & \text{khi } y \geq b_1 \\ (y - b_0)/(b_1 - b_0) & \text{khi } b_0 < y < b_1 \\ 1 & \text{khi } y = b_1 \end{cases} \quad (2.13)$$

$$M = \begin{cases} 0 & \text{khi } y = b_0 \text{ hoac } y = b_2 \\ (y - b_0)/(b_1 - b_0) & \text{khi } b_0 < y < b_1 \\ (y - b_1)/(b_2 - b_1) & \text{khi } b_1 < y < b_2 \\ 1 & \text{khi } y = b_1 \end{cases} \quad (2.14) \quad H = \begin{cases} 0 & \text{khi } y \leq b_1 \\ (y - b_1)/(b_2 - b_1) & \text{khi } b_1 < y < b_2 \\ 1 & \text{khi } y = b_2 \end{cases} \quad (2.15)$$

### 2.2.3.2. Cơ sở luật mờ

Cơ sở luật mờ được đặc trưng bởi một tập các luật IF-THEN mờ mà phần điều kiện và phần kết luận đều là biến ngôn ngữ. Dạng chung của luật điều khiển mờ với hệ MISO có dạng:

$$R^i: \text{IF } x \text{ is } A_i \text{ AND } y \text{ is } B_i, \text{ THEN } z = C_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (2.16)$$

Với  $x, y$  và  $z$  là các biến ngôn ngữ biểu diễn biến trạng thái quá trình và biến điều khiển tương ứng;  $A_i, B_i$  và  $C_i$  là các giá trị ngôn ngữ của các biến  $x, y$  và  $z$  trong các không gian mờ  $U, V$  và  $W$  tương ứng.

### 2.2.3.3. Suy diễn mờ

Trong máy suy diễn, tri thức liên quan tới bài toán điều khiển được phát biểu trong thuật ngữ của tập luật suy diễn mờ. Giả thiết rằng có một luật  $R_i$  với phép kéo mờ  $R_c$ , kết luận  $C'$  có thể coi như giao của nhiều kết luận riêng rẽ của các biến trạng thái ngôn ngữ đầu vào. Cơ chế suy diễn có thể được mô tả như sau:

$$\begin{aligned}
u_{c'}(w) &= \bigcup_{u,v} \{ [u_{A'}(u) \wedge u_{B'}(v)] \wedge [u_{A_i}(u) \wedge u_{B_i}(v) \wedge u_{C_i}(w)] \} \\
&= \bigcup_u \{ [u_{A'}(u) \wedge u_{A_i}(u) \wedge u_{C_i}(w)] \wedge \left[ \bigcup_v \{ u_{B'}(v) \wedge u_{B_i}(v) \wedge u_{C_i}(w) \} \right] \} \quad (2.17)
\end{aligned}$$

$$= \bigcup_u \{ u_{A'}(u) \wedge u_{A_i}(u) \wedge u_{C_i}(w) u_{B' \circ R_c(B_i; C_i)}(w) \}$$

Với:  $R_c(A_i, B_i; C_i) = (A_i \text{ AND } B_i) \rightarrow C_i$  (2.18)

$$C' = (A', B') \circ R_c(A_i, B_i, C_i) = [A' \circ R_c(A_i; C_i)] \cap [B' \circ R_c(B_i; C_i)] \quad (2.19)$$

#### 2.2.3.4. Giải mờ

Giải mờ thực hiện ánh xạ đầu ra mờ thành số kênh mượn/cho mượn trong khoảng kênh  $[-d, +d]$ . FDCBS sử dụng phương pháp giải mờ để xác định số kênh cho phép di chuyển, với các tập mờ đầu ra  $\{NL, NM, NS, AZ, PS, PM, PL\}$  thu được sau khi thực hiện suy diễn mờ, sử dụng phương pháp giải mờ trọng tâm (COA) thì công thức giải mờ có dạng sau:

$$Y_{COA}^o = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n W_i * B_i}{\sum_{i=1}^n W_i} - IN(c) \right] \quad (2.22)$$

$Y_{COA}^o$  Biểu diễn số các kênh cho phép chuyển;  $W_i$  là mức độ đóng góp phần điều kiện của luật thứ  $i$  và  $B_i$  là giá trị trung tâm phần kết luận của luật thứ  $i$ . Thuật toán FDCBS cũng chỉ ra giới hạn chuyển kênh là:

$$\text{Giới hạn chuyển kênh} = \text{Min}[\text{tế bào mượn}(Y_{COA}^o), \text{tế bào cho mượn}(Y_{COA}^o)] \quad (2.23)$$

Tập luật mờ điều khiển của FDCBS thu được như trình bày trong bảng 2.1.

**Bảng 2.1: Bảng luật mờ để điều khiển mượn/cho mượn kênh**

AC\TL	L	M	H
VC	(cho mượn) NL	(cho mượn) NM	(cho mượn) NS
C	(cho mượn) NM	(cho mượn) NS	(ổn định) AZ
M	(cho mượn) NS	(ổn định) AZ	(mượn) PS
H	(ổn định) AZ	(mượn) PS	(mượn) PM
VH	(mượn) PS	(mượn) PM	(mượn) PL

#### 2.2.4. Pha thỏa thuận với tế bào liên quan

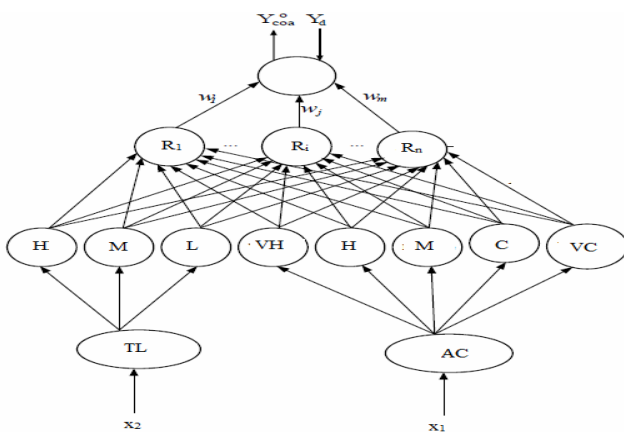
Sau khi mức tải tế bào của mỗi BS được xác định bởi thông tin tải, mục tiêu của sự trao đổi với các tế bào lân cận là để chọn tế bào mà từ đó các kênh sẽ được mượn khi cấp phát lại tải hoặc được mượn từ đó. Ý tưởng cơ bản của các thuật toán là tế bào hiện thời phải truy vấn đến các tế bào đồng kênh và các tế bào trong nhóm của nó trước khi nó có thể thu

nhận các kênh. Và trong mỗi BS sẽ duy trì một bảng trạng thái tải mà đầu vào của nó là trạng thái tải hiện thời của mọi tế bào trong nhóm cũng như các tế bào đồng kênh.

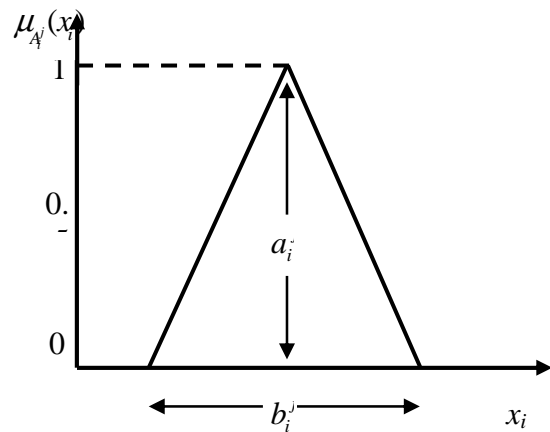
### 2.2.5. Sự di chuyển đa kênh

Sự di chuyển đa kênh thực sự hữu ích khi có sự biến đổi tải tế bào bất thường mà không dự đoán trước được. Cơ chế chuyển đa kênh của FDCBS cho phép tính một lượng các kênh di chuyển dựa trên tham số số kênh cho phép và tải lưu lượng hiện thời. Từ đó FDCBS sẽ mượn nhiều kênh thay vì mượn một kênh giữa 2 tế bào. Thông điệp yêu cầu kênh giữa tế bào nóng  $i$  và tế bào lạnh  $j$  được FDCBS phân vào 4 dạng sau:  $request(i)$ ,  $reply(j, U_j, V_j)$ ,  $inform(i, B_{ij})$ ,  $confirm(j, L_{ij})$ . Trong đó số kênh cần di chuyển và giới hạn di chuyển đa kênh được xác định bởi các công thức (2.22) và (2.23).

### 2.2.6. Thuật toán mượn kênh NFDCBS



Hình 2.5: Bộ điều khiển NFC với luật mờ singleton



Hình 2.6: Hàm liên thuộc hình tam giác cân

Do FDCBS có nhược điểm là phụ thuộc mạnh vào tri thức chuyên gia và số luật lớn, tính toán phức tạp. NFDCBS được đề xuất để khắc phục nhược điểm FDCBS bằng cách sử dụng máy học là mạng nơ ron mờ để phát sinh tập luật điều khiển và tối ưu hàm liên thuộc của các tập mờ trên cơ sở sử dụng tập dữ liệu huấn luyện. Mạng nơ ron mờ NFC có cấu trúc gồm 4 lớp (hình 2.5).

Tập luật mờ sử dụng trong các nút mạng lớp thứ 3 gồm các luật mờ singleton có dạng:  $R^j: IF x_1 \text{ is } A_1^j \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^j, THEN y \text{ is } w_j$  (2.24) Trong đó  $x_i$  là biến đầu vào;  $y$  là biến đầu ra thực sự,  $A_n^j$  là giá trị biến ngôn ngữ của phần điều kiện với hàm liên thuộc  $\mu_{A_i}(x_i)$ ;  $w_j$  là một số thực của phần mệnh đề kết luận,  $j=1,2,\dots,M$  và  $i=1,2$ . Kết quả giải mờ tín hiệu đầu ra được tính toán bằng phương pháp trọng tâm:

$$y^* = \frac{\sum_{j=1}^M \mu_j w_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} \quad (2.25) \quad \text{với: } \mu_j = \mu_{A_1^j}(x_1) \mu_{A_2^j}(x_2) \dots \mu_{A_n^j}(x_n) \quad (2.26)$$

Đầu ra của bộ suy luận mờ  $y$  có thể được tính bằng phương trình (2.25) và (2.26). Từ đó số kênh cho phép di chuyển cũng được xác định bằng công thức:

$$Y_{COA}^o = y^* - IN(c) \quad (2.27)$$

Vấn đề đặt ra là làm thế nào để tối ưu tập luật thông qua học tham số của bộ điều khiển mạng nơ ron mờ NFC với một tập dữ liệu huấn luyện cho trước. Quá trình này được thực hiện bằng cách điều chỉnh hàm liên thuộc đầu vào  $\mu_{A_i^j}$  và số thực  $w_j$ . Để đơn giản, giả sử hàm liên thuộc đầu vào  $\mu_{A_i^j}$  sử dụng có dạng tam giác (hình 2.6).

$$\mu_{A_i^j}(x_i) = 1 - \frac{2|x_i - a_i^j|}{b_i^j} \quad (2.28)$$

với  $i=1,2,\dots, n; j=1,2,\dots, M$ . Tham số cần xác định cho tam giác là giá trị tâm  $a_i^j$  và độ rộng  $b_i^j \neq 0$ . Mục tiêu huấn luyện mạng nơ ron- mờ là tìm tham số hàm liên thuộc mờ tối ưu:  $a_i^j$  và  $b_i^j$ . Với hàm mục tiêu cần cực tiểu được định nghĩa như sau:  $E = \frac{1}{2}(y - y^d)^2$  (2.29)

Theo phương pháp giảm gradient, các tham số hàm liên thuộc hình tam giác sẽ được cập nhật theo các biểu thức sau:

$$a_i^j(t+1) = a_i^j - \eta_a \frac{\partial E}{\partial a_i^j} \quad (2.30) \quad b_i^j(t+1) = b_i^j - \eta_b \frac{\partial E}{\partial b_i^j} \quad (2.31) \quad w_j(t+1) = w_j - \eta_w \frac{\partial E}{\partial w_j} \quad (2.32)$$

### 2.3. Đánh giá các thuật toán FDCBS và NFDCBS

Kết quả thuật toán FDCBS, NFDCBS đã khắc phục được hạn chế của các thuật toán dựa trên giá trị ngưỡng phân biệt trạng thái tải tế bào. Nhất là hiện tượng hiệu ứng quả bóng bàn và các tham số bất định khác.

Tuy nhiên các thuật toán FDCBS và NFDCBS cũng còn tồn tại nhiều hạn chế: Thứ nhất với bộ điều khiển FDCBS sử dụng tập luật mờ thiết kế trên cơ sở tri thức chuyên gia nên:

- Phụ thuộc mạnh vào tri thức chuyên gia, khó bao quát hết trường hợp đầu vào đối với bài toán phức tạp.
- Tập luật còn quá nhiều luật và chưa tối ưu
- Hạn chế khả năng xấp xỉ do bản chất của việc xây dựng tập luật điều khiển mờ.
- Việc tính toán phức tạp và tốn thời gian.

Tương tự với bộ điều khiển NFDCBS: Mặc dù khắc phục được sự phụ thuộc mạnh vào tri thức chuyên gia và tối ưu được hàm liên thuộc của tập mờ nhưng cũng còn các hạn chế sau:

- Việc sử dụng mạng nơ ron mờ với quá trình huấn luyện online đòi hỏi mất nhiều thời gian và cần tài nguyên máy tính mạnh mới đáp ứng được thời gian thực.
- Hạn chế độ chính xác do chưa đánh giá được mức độ đóng góp của phần giả thiết lên phần kết luận trong mỗi luật mờ.
- Toán tử t-norms và t-cornom có thể chọn theo nhiều cách khác nhau nên việc tối ưu toán tử là cần thiết khi thiết kế tập luật bởi mạng nơ ron. Nhưng thuật toán NFDCBS chưa thực hiện được điều này.
- Bộ điều khiển mạng nơ ron NFC cho tập luật kiểu Mandani nên hạn chế mức độ khả năng xấp xỉ đầu ra.

Một điểm hạn chế nữa trong các thuật toán FDCBS và NFDCBS là chưa chỉ ra chiến lược chọn thu kênh cụ thể (trên cơ sở khóa kênh hay nhiều). Chính vì vậy sau đây luận án sẽ thực hiện cải tạo thuật toán NFDCBS nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ của mạng.

## 2.4. Một số cải tiến thuật toán mạng kênh NFDCBS

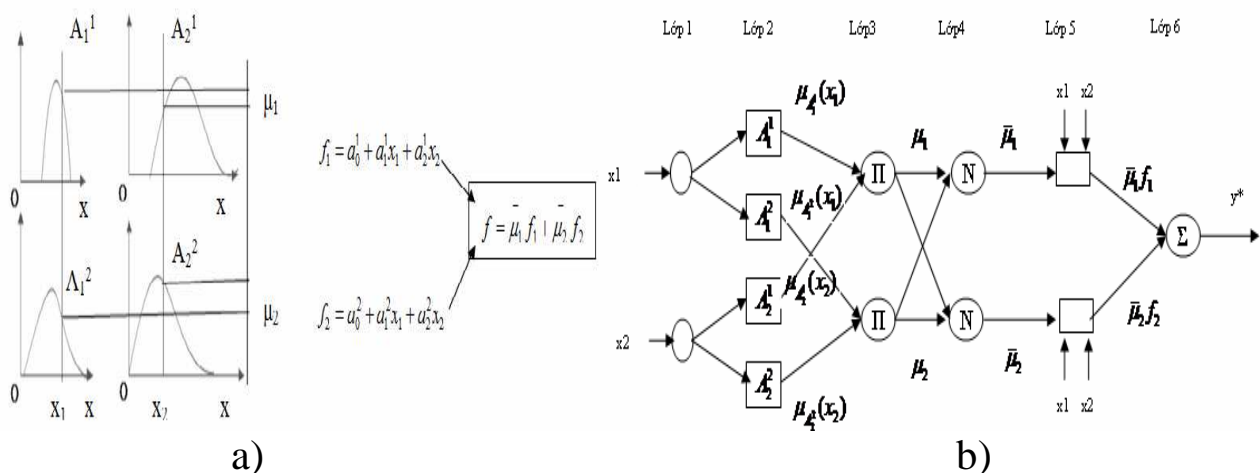
### 2.4.1. Sử dụng bộ điều khiển ANFIS thay cho bộ điều khiển NFC

ANFIS là bộ điều khiển nơ ron mờ kiểu TSK và có nhiều ưu điểm hơn so với mạng nơ ron NFC. Nó cho hiệu suất cao hơn và độ chính xác cao hơn NFC khi giải quyết cùng bài toán. Luật mờ TSK  $R^j$  của ANFIS có dạng:

$$R^j: IF \ x_1 \text{ is } A_1^j \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^j \text{ AND} \dots \text{AND } x_n \text{ is } A_n^j \\ THEN \ y=f_j=a_0^j+a_1^j x_1+\dots+a_n^j x_n \quad (2.33)$$

Trong đó  $x_i$  là biến vào,  $i=1,2,\dots,n$ ;  $y$  là biến ra;  $A_i^j$  là các đại lượng ngôn ngữ phần điều kiện có hàm thành viên  $\mu_{A_i^j}(x_i)$ ,  $a_i^j \in R$  là các hệ số của phương trình tuyến tính  $f_j(x_1, x_2, \dots, x_n)$  với  $j=1,2,\dots, M$ ;  $i=1,2,\dots, n$ . Cấu trúc ANFIS gồm 6 lớp với đầu ra  $f$  là tổ hợp tuyến tính của các tham số kết luận.

$$f = \bar{\mu}_1 f_1 + \bar{\mu}_2 f_2 = \bar{\mu}_1(a_0^1 + a_1^1 x_1 + a_2^1 x_2) + \bar{\mu}_2(a_0^2 + a_1^2 x_1 + a_2^2 x_2) \quad (2.39)$$



Hình 2.7: a) Hệ thống suy diễn mờ ANFIS; b) Cấu trúc ANFIS

## Phương pháp học ANFIS:

Mạng nơ ron sử dụng thuật BP để học hoặc điều chỉnh các trọng kết nối giữa các nơ ron từ tập mẫu huấn luyện I/O. ANFIS sử dụng cả BP và phương pháp ước lượng bình phương tối thiểu (LSE) để điều chỉnh tập tham số trên. Cụ thể BP dùng để học phần điều kiện, còn LSE sử dụng để xác định các tham số phần kết luận của các luật.

Hoạt động của hệ thống này sẽ được đánh giá sử dụng RMSE:

$$RMSE = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k - o_k)^2} \quad (2.40)$$

Với  $y_k$  là đầu ra mong muốn,  $o_k$  là đầu ra thực sự,  $n$  là số mẫu huấn luyện/test.

### 2.4.2. Tối ưu tập luật mờ ANFIS

Sau khi thu được tập mờ (2.33) thì vấn đề quan trọng là phải thực hiện tối ưu tập mờ với tập dữ liệu huấn luyện cho trước. Việc tối ưu toán tử mờ ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng tập luật mờ thu được từ quá trình huấn luyện ANFIS. ANFIS được huấn luyện bởi tập dữ liệu huấn luyện gồm  $p$  cặp dữ liệu mẫu  $\{x^k, d^k\}$ , với  $k=1,2,\dots, p$ , sử dụng thuật truyền ngược BP. Trong đó  $x^k = \{AC^{(k)}, TL^{(k)}\}$  là véc tơ mẫu vào thứ  $k$ ,  $d^k$  là tín hiệu đầu ra mong muốn tương ứng với mẫu vào thứ  $k$ . Tập luật tối ưu sau khi thu được từ quá trình huấn luyện bằng thuật toán BP và LSE sẽ tiếp tục được tối ưu hoá toán tử mờ. Giả sử toán tử mờ sử dụng là Dombi t-norm  $T_D$  hoặc t-norms có dạng:

$$T_D(\gamma, x_1, x_2) = \frac{1}{1 + \sqrt[\gamma]{[(1-x_1)/x_1]^\gamma + [(1-x_2)/x_2]^\gamma}} \quad (2.42)$$

với  $\gamma \geq 1$  và đối với một tập dữ liệu huấn luyện vào/ra, tham số  $\gamma$  trong các toán tử có thể được điều chỉnh trong cùng cách như tham số khác trong mạng. Từ bảng 2.1, cơ chế suy diễn với toán tử mờ có thể viết dưới dạng như phương trình (2.45).

$$\mu_\gamma(y) = T^* \left[ \begin{array}{l} T[\mu_{VC}(AC), \mu_{LL}(TL), \mu_{NL}(y)], T[\mu_M(AC), \mu_{LL}(TL), \mu_{NS}(y)], \\ T[\mu_H(AC), \mu_{LL}(TL), \mu_{AZ}(y)], T[\mu_{VH}(AC), \mu_{LL}(TL), \mu_{PS}(y)], \\ T[\mu_{VC}(AC), \mu_{LM}(TL), \mu_{NM}(y)], T[\mu_C(AC), \mu_{LM}(TL), \mu_{NS}(y)], \\ T[\mu_M(AC), \mu_{LM}(TL), \mu_{AZ}(y)], T[\mu_H(AC), \mu_{LM}(TL), \mu_{PS}(y)], \\ T[\mu_{VH}(AC), \mu_{LM}(TL), \mu_{PM}(y)], T[\mu_{VC}(AC), \mu_{LH}(TL), \mu_{NS}(y)], \\ T[\mu_C(AC), \mu_{LH}(TL), \mu_{AZ}(y)], T[\mu_M(AC), \mu_{LH}(TL), \mu_{PS}(y)], \\ T[\mu_H(AC), \mu_{LH}(TL), \mu_{PM}(y)], T[\mu_H(AC), \mu_{LH}(TL), \mu_{PM}(y)], \\ T[\mu_{VH}(AC), \mu_{LH}(TL), \mu_{PL}(y)] \end{array} \right] \quad (2.45)$$

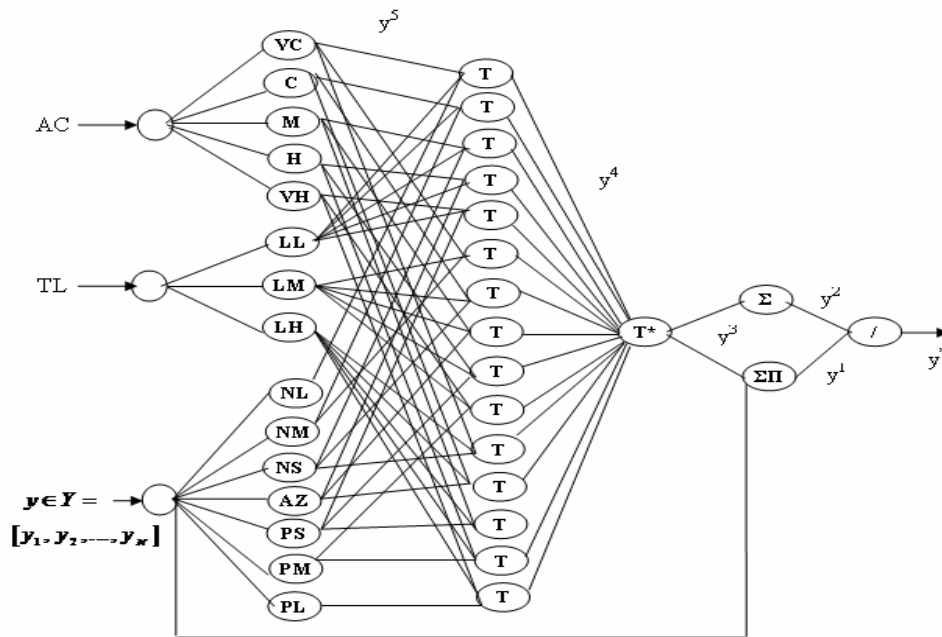
Để tìm toán tử mờ tối ưu, luận án sử dụng mạng nơ ron huấn luyện với tập mẫu huấn luyện bằng thuật BP (hình 2.8) với các đầu vào  $x_1$  là số kênh cho phép AC,  $x_2$  là tải lưu lượng đầu vào TL, và  $y$  phía đầu vào chỉ thị các giá trị

đầu ra được rời rạc hóa khoảng phạm vi của tín hiệu đầu ra  $Y=[y_1, y_2, \dots, y_N]$ . Với hàm mục tiêu  $E$  được định nghĩa là:  $E = \sum_k [y^*(k) - d(k)]^2 / 2$  (2.47) trong đó  $y^*(k)$  và  $d(k)$  là đầu ra thực sự và đầu ra mong muốn tương ứng của bộ điều khiển ứng với mẫu đầu vào thứ  $k$ , dựa vào thuật giảm gradient, luật cập nhật  $\gamma_{T^*}$  và  $\gamma_T$  có thể được viết như sau:

$$\gamma_{T^*}(k+1) = \gamma_{T^*}(k) - \eta \frac{\partial E}{\partial \gamma_{T^*}} \quad (2.50)$$

$$\gamma_T(k+1) = \gamma_T(k) - \eta \frac{\partial E}{\partial \gamma_T} \quad (2.51)$$

Phương trình (2.50) tương ứng với  $T^*$  và (2.51) cho  $T$ . Cuối cùng tìm được  $\gamma$  tối ưu và xác định được toán tử mờ tối ưu với  $\eta > 0$  là hệ số học.



Hình 2.8. Mạng nơ ron huấn luyện tìm hệ số  $\gamma$  của toán tử mờ

Sau khi xác định được tập luật mờ tối ưu, bộ điều khiển logic mờ sẽ sử dụng tập luật này để ánh xạ tín hiệu đầu vào tới đầu ra để xác định trạng thái tải tế bào và tính số kênh cho phép mượn/cho mượn kênh.

Tóm lại, trong chương này, luận án đã khảo sát các thuật toán mượn kênh cân bằng tải động FDCBS, NFDCBS. Kết quả của các thuật toán này là đã khắc phục được hạn chế của các thuật toán truyền thống. Đồng thời nó cũng chứng tỏ khả năng dự báo tải tế bào tốt hơn do sử dụng cả tín hiệu đầu vào gồm cả số kênh cho phép và tải lưu lượng của tế bào. Sau đó trong chương này, luận án đề xuất các cải tiến khắc phục hạn chế của bộ điều khiển mượn kênh mờ NFDCBS bằng cách sử dụng bộ điều khiển ANFIS thay cho NFC, với việc tối ưu toán tử mờ bằng cách huấn luyện với tập mẫu vào/ra. Từ đó nâng cao khả năng xấp xỉ của bộ điều khiển logic mờ với dữ liệu đầu ra huấn luyện. Tuy nhiên các bộ điều khiển mượn kênh sử dụng mạng nơ ron-mờ này vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế mà ảnh hưởng đến chất lượng của mạng di động tế bào:



- Không chỉ ra cách mượn kênh như thế nào: Khóa kênh hay chọn kênh trên cơ sở nhiều.
- Thuật toán không chỉ ra mức độ ưu tiên trong xử lý cuộc gọi chuyển giao (handoff) với cuộc gọi mới.
- Phụ thuộc toán tử t-norms và t-cornorm sử dụng với nhiều chiến lược tùy chọn.
- Thời gian tính toán lớn, tối ưu số luật mờ còn hạn chế.
- Không đánh giá được tác động của phần điều kiện lên từng phần kết luận tập luật từ đó hạn chế về mức độ chính xác.
- Các thuật toán FDCBS và NFDCBS sử dụng DCA tập trung nên việc cập nhật cân bằng tải xảy ra theo chu kỳ bởi MSC nên chưa đáp ứng được mức độ cân bằng tải phù hợp, nhất là khi tải lưu lượng thay đổi nhanh.
- Việc sử dụng DCA tập trung gây cho MSC dễ bị quá tải (nghe)

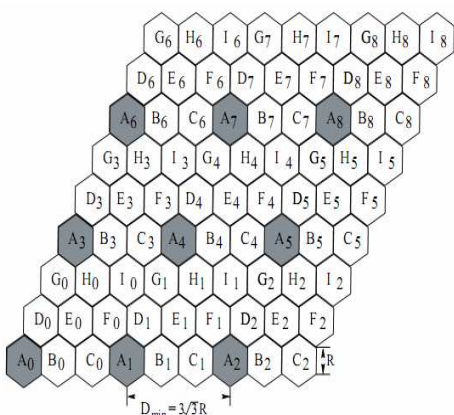
### Chương 3. ĐIỀU KHIỂN MƯỢN KÊNH ĐỘNG PHÂN TÁN TRÊN CƠ SỞ MẠNG NƠ RON-MỜ-SUBSETHOOD

#### 3.1. Mở đầu

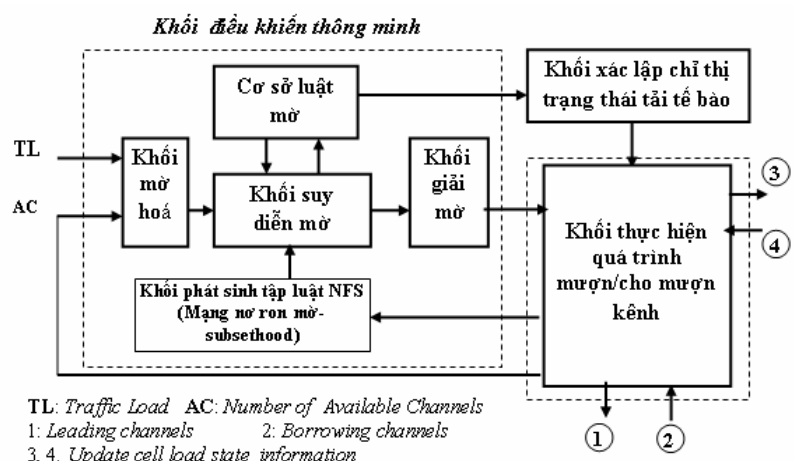
Trong chương này, luận án sẽ đề xuất thuật toán mượn kênh động phân tán DBNFS sử dụng bộ điều khiển logic mờ, với tập mờ được tối ưu và phát sinh dựa trên tập dữ liệu huấn luyện trên cơ sở mạng nơ ron mờ sử dụng phép đo subsethood (NFS). DBNFS khắc phục hạn chế của FDCBS, NFDCBS do sử dụng phép đo subsethood với các liên kết mờ cho phép đánh giá sự đóng góp của phần điều kiện tới mỗi phần kết luận của tập luật mờ. Bộ điều khiển mới cho phép tăng độ chính xác, khả năng mềm dẻo, giảm khối lượng tính toán, giảm số luật và sự phụ thuộc vào tri thức chuyên gia.

#### 3.2. Xây dựng bộ điều khiển mượn kênh DBNFS

##### 3.2.1. Mô hình mạng di động tế bào



Hình 3.1: Phân vùng mạng di động tối ưu



Hình 3.2: Bộ điều khiển mượn kênh DBNFS



Mô hình mạng di động tế bào như hình 3.1. Thực hiện phân vùng tập các tế bào mạng thành một số tập con phân biệt,  $G_0, G_1, \dots, G_{k-1}$ , sao cho bất cứ 2 tế bào nào trong cùng tập con cũng cách nhau bởi khoảng cách tối thiểu  $D_{min}$ . Tương tự, tập tất cả các kênh cũng được phân hoạch thành  $K$  tập con phân biệt:  $P_0, P_1, \dots, P_{k-1}$ . Các kênh trong  $P_i$  ( $i=0,1, \dots, k-1$ ) là các kênh cơ bản của các tế bào trong  $G_i$  và là kênh thứ cấp của các tế bào trong  $G_j$  ( $j \neq i$ ).

### 3.2.2. Bộ điều khiển mượn, khóa kênh DBNFS

Gồm khối điều khiển thông minh, khối xác lập trạng thái tải tế bào và khối thực hiện quá trình mượn/cho mượn kênh (hình 3.2).

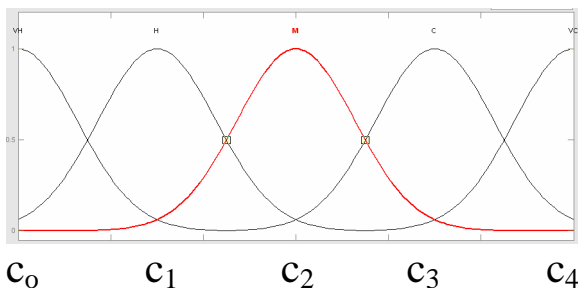
#### 3.2.2.1. Thiết kế khối điều khiển thông minh

Hạt nhân của bộ điều khiển thông minh là bộ điều khiển logic mờ (FLC) và NFS. Bộ điều khiển logic mờ gồm 4 khối cơ bản: Khối mờ hoá, khối cơ sở luật mờ, khối suy diễn mờ và khối giải mờ với tập luật mờ điều khiển được phát sinh tự động bởi bộ điều khiển NFS.

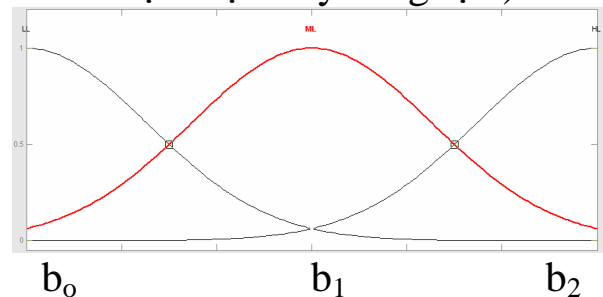
- **Khối mờ hoá:** Khối mờ hoá thực hiện ánh xạ các tín hiệu rõ  $AC, TL$  thành các tập mờ như sau: Tín hiệu kênh cho phép  $AC$  giả sử thuộc khoảng  $[c_{min}, c_{max}]$  và được mờ hoá thành các tập mờ với giá trị biến ngôn ngữ như: VeryCol ( $VC$ ), Col ( $C$ ), Moderate ( $M$ ), Hot ( $H$ ), VeryHot ( $VH$ ) (hình 3.3). Với  $x \in [c_0, c_4]$ , hàm thuộc của các tập mờ dạng Gauss được xác định như sau:

$$\mu(A_i^j) = e^{-(x_{aj} - c_i) / 2\sigma_{ai}} \quad (3.2)$$

Với  $c_i$  là tâm của hàm liên thuộc,  $c_i \in \{c_0, c_1, c_2, c_3, c_4\}$ ,  $A_i^j$  là giá trị hàm liên thuộc tập mờ  $i$  tương ứng giá trị đầu vào  $x_{aj}$ ,  $A_i \in \{VC, C, M, H, VH\}$  (sử dụng hàm liên thuộc dạng Gauss để đảm bảo tính khả vi khi thực hiện truyền ngược.)



Hình 3.3: Mờ hoá tín hiệu kênh cho phép  $AC$



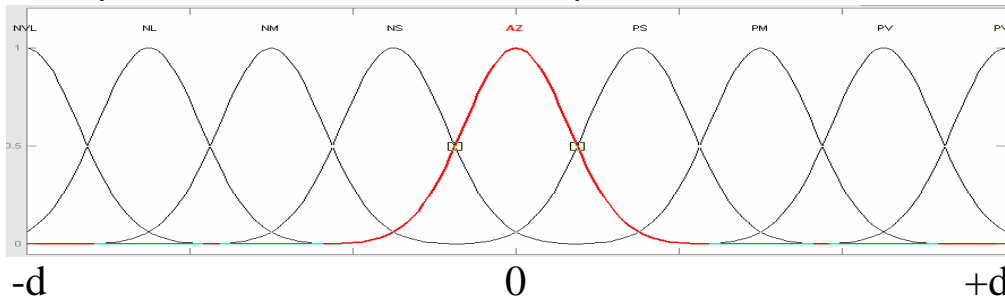
Hình 3.4: Mờ hoá tính hiệu tải lưu lượng  $TL$

Tương tự với tín hiệu  $TL$  thuộc khoảng  $[b_{min}, b_{max}]$  và được mờ hoá thành các tập mờ Low ( $LL$ ), Moderate ( $ML$ ), High ( $HL$ ) (hình 3.4). Hàm liên thuộc mờ của các tập mờ này được xác định như sau:

$$\mu(B_i^j) = e^{-\frac{(x_{bj} - b_i)^2}{2\sigma_{bi}^2}} \quad (3.8)$$

Với  $b_i \in \{b_0, b_1, b_2\}$ ,  $B_i^j$  là giá trị hàm liên thuộc tập mờ  $i$  tương ứng giá trị đầu vào  $x_{bj}$ ,  $B_i \in \{LL, LM, LH\}$ .

**Khối giải mờ:** Tín hiệu đầu ra là số kênh cho phép mượn cũng được xác định trong khoảng  $[-d, d]$ . Với các giá trị biến ngôn ngữ đầu ra:  $\{NVL, NL, NM, NS, AZ, PS, PM, PL, PVL\}$  sử dụng hàm liên thuộc là hàm Gauss, quan hệ giữa đầu ra mờ và khoảng giá trị giải mờ  $[-d, d]$  thể hiện như hình 3.5. Giá trị đầu ra bộ giải mờ càng âm ( $NL$ ) có nghĩa số kênh của tế bào có khả năng cho các tế bào khác mượn càng nhiều. Ngược lại, giá trị giải mờ càng dương ( $PL$ ), có nghĩa tế bào cần mượn số kênh càng nhiều. Còn giá trị xấp xỉ bằng 0 ( $AZ$ ) thì tế bào không thực hiện hoạt động mượn kênh/cho mượn kênh với các tế bào lân cận.



Hình 3.5. Các tập mờ đầu ra với hàm liên thuộc Gauss

### Thiết kế bộ điều khiển NFS để phát sinh tập luật mờ:

NFS gồm 5 lớp (hình 3.6, bảng 3.2): Lớp 1 là lớp vào, lớp 2 là lớp điều kiện, mỗi nút là một giá trị ngôn ngữ của biến vào. Lớp 3 là lớp luật. Lớp 4 là lớp biểu diễn phân kết luận của luật, mỗi nút là một nhãn ngôn ngữ của biến ra và nó thực hiện giải mờ. Lớp 5 là lớp đầu ra. Các nút lớp 2, 3 đều sử dụng hàm thành viên mờ dạng Gauss. Với tín hiệu đầu vào  $x_1$  là AC được mờ hoá thành các tập mờ  $\{VH, H, M, C, VC\}$ ,  $x_2$  là  $TL$  được mờ hoá thành các tập mờ  $\{LL, ML, HL\}$ . Dữ liệu huấn luyện mạng để phát sinh tập luật mờ là cặp dữ liệu  $\{x, y^d\}$ , trong đó  $x=(AC, TL)$ ,  $y^d$  là số kênh đầu ra mong muốn.

*Tính subsethood cho liên kết mờ giữa lớp 3 và lớp 4:*

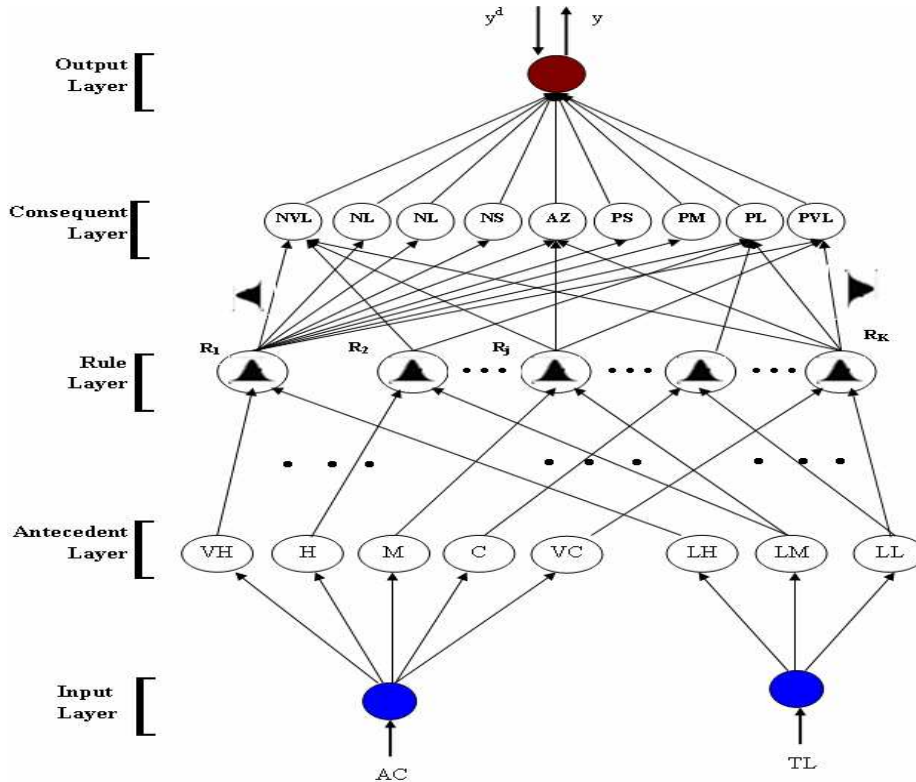
Xét liên kết mờ giữa nút luật  $R_k$  với nút giá trị ngôn ngữ của lớp 4 là  $OL^m$ . Trọng liên kết mờ mô tả mức độ tác động của các luật lên các giá trị ngôn ngữ đầu ra và nó được đo bởi subsethood tương hỗ  $\varepsilon(v_{OL^m, k}, R_k)$ . Hay nói cách khác  $\varepsilon(v_{OL^m, k}, R_k)$  đo sự giống nhau giữa các luật mờ  $R_k$  và tập mờ

$v_{OL^m, k}$ . Từ định nghĩa subsethood (3.13) chúng ta xác định được subsethood tương hỗ  $\tilde{\varepsilon}(v_{OL^m, k}, R_k)$  như sau:

$$\varepsilon(v_{OL^m, k}, R_k) = \frac{C(v_{OL^m, k} \cap R_k)}{C(v_{OL^m, k} \cup R_k)} = \frac{C(v_{OL^m, k} \cap R_k)}{C(v_{OL^m, k}) + C(R_k) - C(v_{OL^m, k} \cap R_k)} \quad (3.14)$$

với  $\varepsilon(v_{OL^m, k}, R_k) \in [0, 1]$ . Vấn đề ở đây là phải tính được  $\varepsilon(v_{OL^m, k}, R_k)$ ,

$$\frac{\partial \varepsilon(v_{OL^m, k}, R_k)}{\partial v_{OL^m, k}^c} \quad \text{và} \quad \frac{\partial \varepsilon(v_{OL^m, k}, R_k)}{\partial v_{OL^m, k}^\sigma}.$$



Hình 3.6: Cấu trúc mạng nơ ron mờ sử dụng subsethood(NFS)

Bảng 3.2: Mạng đầu vào và ra của các lớp của NFS

Lớp p	Tên lớp	Mạng đầu vào	Mạng đầu ra
1	Input layer	$f_i^{(1)} = x_i$	$y_i^{(1)} = f_i^{(1)}$
2	Antecedent layer	$f_{IL_i^{n_i}}^{(2)} = -(x_i^{(1)} - c_{IL_i^{n_i}})^2 / \sigma_{IL_i^{n_i}}^2$	$x_{IL_i^{n_i}}^{(2)} = e^{f_{IL_i^{n_i}}^{(2)}} = e^{-(x_i^{(1)} - c_{IL_i^{n_i}})^2 / \sigma_{IL_i^{n_i}}^2}$
3	Rule layer	$f_k^{(3)} = \sum_{i=1}^N x_{IL_i^{n_i}}^{(2)} \omega_{k, IL_i^{n_i}}$	$x_k^{(3)} = e^{-(f_k^{(3)} - c_k)^2 / \sigma_k^2}$
4	Consequent layer	$f_{OL^m, k}^{(4)} = x_k^{(3)} \varepsilon(v_{OL^m, k}, R_k)$	$x_k^{(4)} = \frac{\sum_{k=1}^K (f_{OL^m, k}^{(4)} v_{OL^m, k}^c v_{OL^m, k}^\sigma)}{\sum_{k=1}^K (f_{OL^m, k}^{(4)} v_{OL^m, k}^\sigma)}$

5	Output layer	$f^{(5)} = \sum_{m=1}^M \xi_m x_{OL^m}^{(4)}$	$x^{(5)} = y = f^{(5)}$
---	--------------	---	-------------------------

*Thuật cập nhật tham số cho các lớp NFS:*

Giả sử NFS được huấn luyện cặp dữ liệu vào/ra  $(x(\tau), y^d(\tau))$ . Giả sử gọi  $y(\tau)$  là tín hiệu đầu ra thực sự, hàm giá  $E$  của mạng được định nghĩa như sau:

$$E(\tau) = \frac{1}{2}(y^d - y(\tau))^2 \quad (3.35)$$

Các tham số mạng NFS được cập nhật đến giá trị tối ưu theo thuật giảm gradient. Công thức cập nhật tham số và trọng liên kết của các lớp như sau:

$$\text{Lớp 5: } \xi_m(\tau+1) = \xi_m(\tau) - \eta(\partial E(\tau) / \partial v_{OL^m, k}^c(\tau)) \quad (3.36)$$

$$\text{Lớp 4: } v_{OL^m, k}^\sigma(\tau+1) = v_{OL^m, k}^\sigma(\tau) - \eta(\partial E(\tau) / \partial v_{OL^m, k}^\sigma(\tau)) \quad (3.37)$$

$$v_{OL^m, k}^c(\tau+1) = v_{OL^m, k}^c(\tau) - \eta(\partial E(\tau) / \partial v_{OL^m, k}^c(\tau)) \quad (3.38)$$

$$\text{Lớp 3: } c_k(\tau+1) = c_k(\tau) - \eta(\partial E(\tau) / \partial c_k(\tau)) \quad (3.39)$$

$$\sigma_k(\tau+1) = \sigma_k(\tau) - \eta(\partial E(\tau) / \partial \sigma_k(\tau)) \quad (3.40)$$

$$\text{Lớp 2: } \omega_{k, IL_i^{n_i}}(\tau+1) = \omega_{k, IL_i^{n_i}}(\tau) - \eta(\partial E(\tau) / \partial \omega_{k, IL_i^{n_i}}(\tau)) \quad (3.41)$$

$$c_{IL_i^{n_i}}(\tau+1) = c_{IL_i^{n_i}}(\tau) - \eta(\partial E(\tau) / \partial c_{IL_i^{n_i}}(\tau)) \quad (3.42)$$

$$\sigma_{IL_i^{n_i}}(\tau+1) = \sigma_{IL_i^{n_i}}(\tau) - \eta(\partial E(\tau) / \partial \sigma_{IL_i^{n_i}}(\tau)) \quad (3.43)$$

Với  $\eta$  là hằng số học.

▪ **Cơ sở luật mờ:** Luật mờ có dạng:

$R_j$ : IF  $x_1$  is  $A_1^{IL_1^j}$  and ...  $x_i$  is  $A_i^{IL_i^j}$  and  $x_N$  is  $A_N^{IL_N^j}$  THEN  $y$  is  $y^k$  with  $\varepsilon^j$  (3.52)

▪ **Cơ chế suy diễn:** Cơ chế suy diễn của NFS không sử dụng phép toán t-norm và nó có dạng sau:

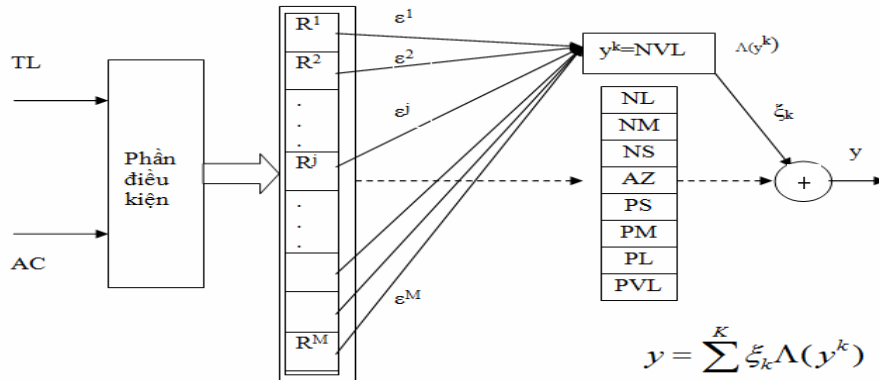
**Input:** IF  $x_1$  is  $A_1$  and ...  $x_N$  is  $A_N$

-----  
 $R_1$ : IF  $x_1$  is  $A_1^{IL_1^1}$  and ...  $x_i$  is  $A_i^{IL_i^1}$  and  $x_N$  is  $A_N^{IL_N^1}$  THEN  $y$  is  $y^k$  with  $\varepsilon^1$

.....  
 $R_j$ : IF  $x_1$  is  $A_1^{IL_1^j}$  and ...  $x_i$  is  $A_i^{IL_i^j}$  and  $x_N$  is  $A_N^{IL_N^j}$  THEN  $y$  is  $y^k$  with  $\varepsilon^j$

.....  
 $R_M$ : IF  $x_1$  is  $A_1^{IL_1^M}$  and ...  $x_i$  is  $A_i^{IL_i^M}$  and  $x_N$  is  $A_N^{IL_N^M}$  THEN  $y$  is  $y^k$  with  $\varepsilon^M$

-----  
**Output:**  $y = \sum_{k=1}^K \xi_k \Lambda(y^k)$  (3.53)



Hình 3.10. Cơ chế suy diễn NFS của DBNFS

Với:  $\Lambda(y^k)$  biểu diễn sự giải mờ của giá trị ngôn ngữ  $y^k$ . Cơ chế suy diễn của NFS được minh họa như hình 3.10.

**Số kênh di chuyển:** Từ bộ điều khiển đề xuất, thuật toán xác định được số kênh  $y$  cần mượn/cho mượn giữa hai tế bào là:  $y = y^* - IN(c)$  (3.54) Trong đó:  $y^*$  được xác định từ công thức (3.53) và giới hạn kênh di chuyển kênh cũng được xác định bởi (2.23).

**Thuật huấn luyện NFS:** thuật học dạng *online* và *bó(batch)* được thực hiện như sau:

### **Thuật học online:**

Giả sử dữ liệu huấn luyện là cặp  $\{x, y^d\}$ , với  $x = (AC, TL)^T$  là mẫu vào,  $y^d$  là số kênh mong muốn.

**Bước 1:** Khởi tạo thiết đặt các luật logic mờ, khởi tạo các tham số của các hàm liên thuộc, subsethood của liên kết mờ và khởi tạo trọng liên kết của lớp luật và lớp đầu ra.

**Bước 2:** Đặt dữ liệu huấn luyện vào/ra  $(x, y^d)$  vào NFS.

**Bước 3:** Lập luận mờ thực hiện trên mẫu đầu vào sử dụng các công thức (bảng 3.2) tính mạng đầu vào và tín hiệu đầu ra từ lớp 1 cho đến lớp đầu ra, sử dụng cơ chế suy diễn (3.53) thu được tín hiệu đầu ra thực sự  $y$  theo công thức (3.53).

**Bước 4:** Thực hiện điều chỉnh trọng  $\xi_m$  với công thức (3.36) và (3.44).

**Bước 5:** Thực hiện lặp lại từ bước 3

**Bước 6:** Thực hiện cập nhật tham số cho liên kết mờ, tham số của các luật, trọng liên kết lớp luật và tập tham số lớp mờ hóa bởi các công thức (3.37) đến (3.43) và các công thức tương ứng (3.45) đến (3.51).

**Bước 7:** Hàm mục tiêu (3.35) sẽ được tính toán, các bước 3 đến 6 sẽ được thực hiện lặp lại cho đến khi giá số hàm mục tiêu thay đổi  $\Delta E(t) = E(t) - E(t-1)$  nhỏ hơn giá trị ngưỡng  $E_0$  mong muốn.

**Thuật học bó(batch) hoặc offline:**

Vào: Tập dữ liệu gồm p cặp  $\{x^{(k)}, y^{(k)}\}, k=1,2,\dots,p$

**Bước 0:** Chọn hệ số học,  $E_0$ , khởi tạo các trọng và tham số. Đặt  $E=0, k=1$

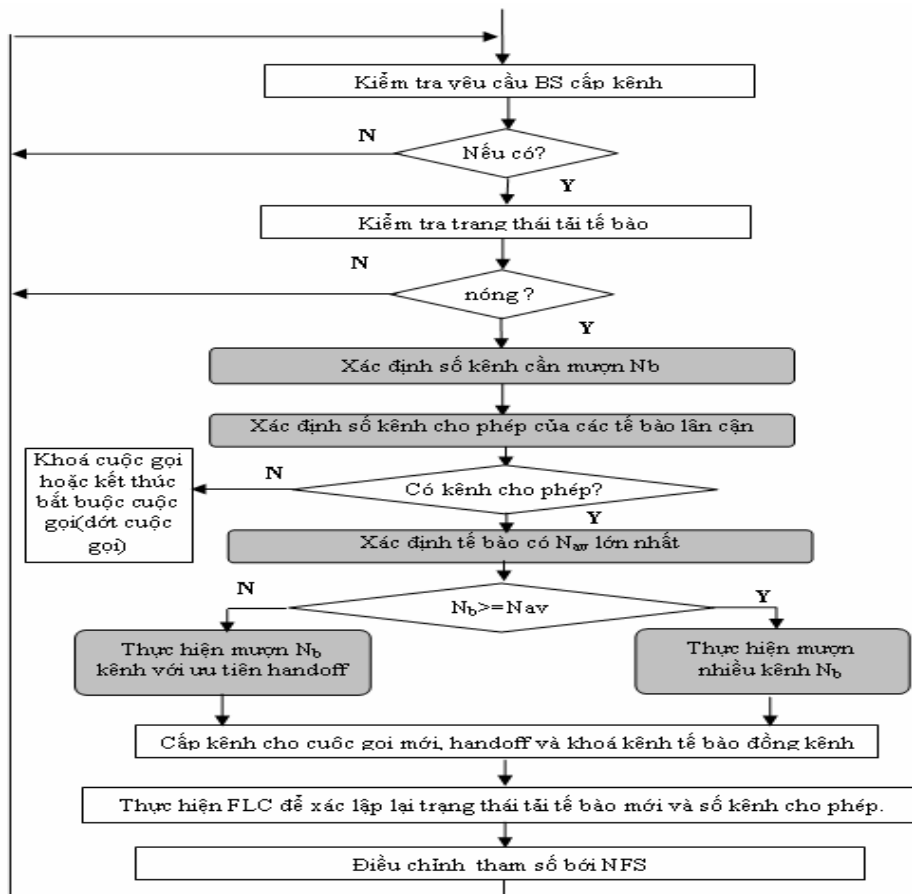
**Bước 1:** Đặt mẫu thứ  $k$  tới lớp vào

**Bước 3:** Truyền tín hiệu vào qua mạng sử dụng các công thức bảng 3.2

**Bước 4:** Tính sai số đầu ra, tìm các biểu thức cập nhật và thực hiện truyền ngược, cập nhật tham số tới lớp 2.

**Bước 5:** Kiểm tra xem đã qua hết một lượt mẫu chưa: nếu  $k < p$  thì  $k=k+1$  và lặp lại từ bước 1. Nếu không đi đến bước 6.

**Bước 6:** Kiểm tra nếu  $E < E_0$  kết thúc quá trình huấn luyện, thu tập tham số cuối cùng để có tập luật cụ thể, nếu không gán  $E=0, k=1$  và khởi tạo lại kỳ huấn luyện mới bằng cách nhảy về bước 1.



Hình 3.11: Thuật toán điều khiển mượn,khoá kênh DDBNFS

**3.2.2.3. Khối thực hiện quá trình mượn/cho mượn kênh và khoá kênh.**

Khối này có nhiệm vụ nhận thông tin trạng thái tải của tế bào hiện thời, thực hiện trao đổi thông tin với các tế bào lân cận và tế bào đồng kênh để thu thập kênh cho phép. Cụ thể khi một tế bào mượn một kênh, nó sẽ hỏi 6 tế bào đồng kênh lân cận (các tế bào ứng cử) của tế bào mượn kênh. Thông tin thu được dùng để tính toán mức độ ưu tiên của kênh. Sau

khi mượn được kênh và sử dụng xong, nó sẽ giữ kênh mượn đó. Như vậy có 2 kiểu kênh mượn: Các kênh mượn sử dụng và các kênh mượn cho phép. Các kênh mượn sử dụng có vai trò như kênh sử dụng, còn các kênh mượn cho phép có vai trò như kênh cho phép và có thể cho tế bào khác mượn chúng

### 3.2.3. Thuật toán điều khiển mượn kênh cân bằng tải động phân tán

Thuật toán mượn, khóa kênh cân bằng tải động phân tán được thực hiện theo lưu đồ hình 3.11.

## Chương 4. MÔ PHỎNG THUẬT TOÁN, ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

### 4.1. Cấu trúc mạng di động mô phỏng

Mạng di động tế bào được sử dụng trong mô phỏng sử dụng nhóm compact  $N=19$  tế bào hình lục giác có bán kính là đơn vị, số kênh là 100 kênh/ tế bào. Các tế bào này sẽ được xác định bởi các BS. Vị trí các trạm cơ sở được xác định bởi tọa độ  $(x,y)$ . Các thông tin mạng được cất trong ma trận baseinfo kích cỡ  $190 \times 2$ . Ví dụ baseinfo(5,1) và baseinfo(5,2) tương ứng với tọa độ  $(x,y)$  của trạm cơ sở tế bào thứ 5. Các cuộc gọi xuất hiện tuân theo phân bố Poat-xong, thời gian giữ cuộc gọi tuân theo phân bố mũ. Sự di chuyển của thuê bao cũng thực hiện ngẫu nhiên hoặc theo phân bố Gauss. Tốc độ cuộc gọi chuẩn  $\lambda$ , của tế bào nóng là  $n\lambda$  với  $n$  là số nguyên dương.

### 4.2. Cài đặt và huấn luyện NFS

#### 4.2.1. Cài đặt bộ điều khiển NFS bằng Matlab

Bộ điều khiển mạng nơ ron mờ NFS được cài đặt bằng Matlab bao gồm các hàm sau:

Bảng 4.1: Cài đặt bộ điều khiển NFS bằng Matlab

ST T	Tên hàm	Mô tả
1	$[x1,f1]=\text{layer1}(x)$	Cài đặt lớp vào
2	$[x2,f2]=\text{layer2}(x1,c2,sima2)$	Cài đặt lớp mệnh đề điều kiện
3	$[x3,f3]=\text{layer3}(x2,ome,c3,sima3)$	Cài đặt lớp luật
4	$[x4,f4]=\text{layer4}(x3,eps,nuyc,nuys)$	Cài đặt lớp mệnh đề điều kiện
5	$[y5,f5]=\text{layer5}(x4,muy)$	Cài đặt lớp ra
6	$[esp,depc,deps]=\text{epsi}(ck,sima,nuyc,nuys)$ $[cr,dcrc,dcrs]=\text{rnuy2}(ck,sima,nuyc,nuys,gama1,gama2)$ $[cr,dcrc,dcrs]=\text{rnuy3}(ck,sima,nuyc,nuys,gama1,gama2)$	Hàm cài đặt liên kết mờ và thực hiện phép đo subsethood

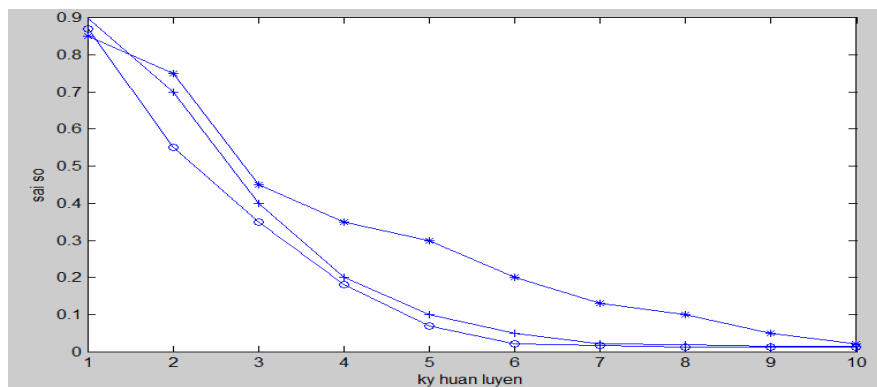
7	$estd=erf1(x)$	Hàm sai số chuẩn
1	$ek=E(yk,dk)$	Hàm tính sai số đầu ra
2	$muy=bp5(yk,dk,eta,x4,muyc)$	Hàm cập nhật tham số lớp ra
3	$[nuyc,nuys]=bp4(yk,dk,eta,muy,nuycc,nuysc,f4,x3,esp,depc,deps)$	Hàm cập nhật tham số cho lớp mệnh đề kết luận và tham số subsethood (THEN)
4	$[ck,sima,ome]=bp3(yk,dk,eta,muy,nuyc,nuys,c3,simac3,omec,esp,depc,deps,f4,f3,x3,x2)$	Hàm cập nhật tham số cho lớp luật
5	$[ck,sima]=bp2(yk,dk,eta,muy,nuyc,nuys,ome,c3,sima3,c2,sima2,f4,f3,f2,epsi,x1)$	Hàm cập nhật tham số cho lớp mệnh đề điều kiện(IF)
1	TrainNFS()	Hàm huấn luyện
2	GenFis()	Hàm phát sinh tập luật

#### 4.2.2. Phát sinh tập dữ liệu huấn luyện

Mỗi mẫu có dạng:

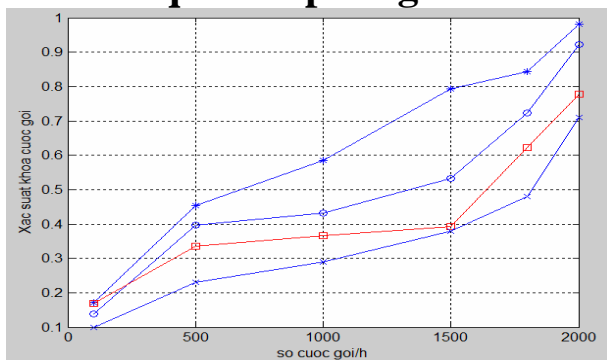
$\{[Số\ kênh\ cho\ phép(AC)\quad Tải\ lưu\ lượng(TL)]^T, [số\ kênh\ yêu\ cầu(y^d)]\}$

#### 4.2.3. Huấn luyện ANFIS, NFS, NFC và kết quả



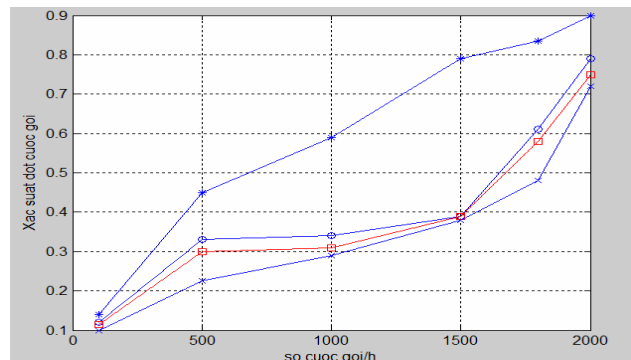
Hình 4.2: Sai số quá trình huấn luyện của NFC (\*), ANFIS(+), NFS(o)

#### 4.3. Kết quả mô phỏng



Hình 4.3: Xác suất khóa cuộc gọi của các thuật toán khác nhau.

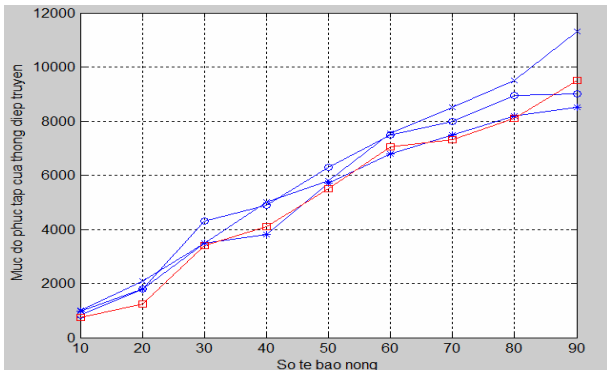
\*: LBSB; o: Adapt; []: NFDCBS; x: NFS



Hình 4.4: Xác suất dứt cuộc gọi của các thuật toán khác nhau.

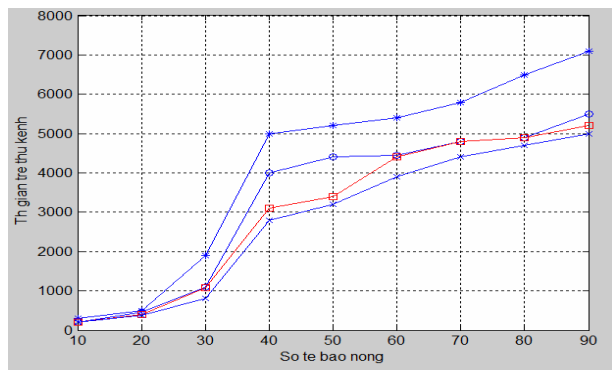
\*: LBSB; o: Adapt; []: NFDCBS; x: NFS





Hình 4.5: Sự phức tạp truyền thông điệp của các thuật toán khác nhau

\*: LBSB; o: Adapt; []: NFDCBS; x: NFS



Hình 4.6: Thời gian trễ thu kênh của các thuật toán khác nhau

\*: LBSB; o: Adapt; []: NFDCBS; x: NFS

#### 4.5. Đánh giá kết quả và so sánh

Kết quả mô phỏng thu được (Hình 4.3, 4.4, 4.5, 4.6) cho thấy thuật toán mượn kênh trên cơ sở subsethood cho thấy xác suất khóa kênh, xác suất dứt cuộc gọi thấp hơn so với các thuật toán của Yao-Tien Wang, LBSB (một ngưỡng) và thuật toán thích nghi (2 ngưỡng), thời gian trễ thu kênh cũng thấp hơn, số tế bào nóng ít hơn. Nhưng độ phức tạp thông điệp lớn hơn so với các thuật toán có sẵn. Nguyên nhân do thuật toán mới thực hiện trên cơ sở phân tán, việc thực hiện mượn kênh và cân bằng tải động đáp ứng phù hợp hơn nhưng sự trao đổi thông điệp giữa các tế bào cũng tăng nhiều hơn so với mô hình tập trung. Điều này hoàn toàn phù hợp với những ưu điểm của bộ điều khiển mượn, khóa kênh sử dụng bộ điều khiển logic mờ cho phép tránh được hiệu ứng quả bóng bàn và phù hợp vì thông tin về số cuộc gọi không biết trước, thời gian thực hiện cuộc gọi và độ phức tạp trao đổi thông điệp là bất định, không biết trước như đã phân tích trong chương 1, 2. Kết quả thuật toán DBNFS thể hiện cho kết quả tốt hơn các thuật toán FDCBS, NFDCBS nói riêng và các thuật toán sử dụng mạng nơ ron mờ truyền thống nói chung nhờ chất lượng nâng cao bởi bộ điều khiển NFS. Bộ điều khiển này đã tránh được phép toán t-norms, t-conorm, sử dụng phép đo subsethood cho phép thực hiện thuật toán nhanh hơn, cho phép phát sinh tập luật điều khiển mờ có chất lượng tốt hơn, nhất là cho sự xấp xỉ tín hiệu đầu ra tốt hơn các bộ điều khiển mạng nơ ron –mờ truyền thống.

## KẾT LUẬN

### 1) Những kết quả chính của luận án:

1. Luận án đã khảo sát các phương pháp mượn, khóa kênh mạng di động tế bào. Trên cơ sở đó luận án đã chỉ ra hạn chế của các thuật toán mượn, khóa kênh truyền thống và đề xuất hướng nghiên cứu của luận án.

2. Cải tiến các phương pháp mượn kênh trên cơ sở bộ điều khiển logic mờ sử dụng tri thức chuyên gia, và trên cơ sở bộ điều khiển mạng nơ ron mờ thích nghi phát sinh tập luật mờ tự động trên cơ sở tập dữ liệu huấn luyện, bằng cách sử dụng bộ điều khiển ANFIS và thực hiện tối ưu toán tử mờ. Sau đó luận án cũng chỉ ra hạn chế cố hữu của phương pháp do sử dụng bộ điều khiển mạng nơ ron mờ truyền thống và hạn chế do sử dụng phương pháp gán kênh tập trung.

3. Xây dựng phương pháp mượn khóa kênh mới trên cơ sở mạng nơ ron mờ sử dụng phép đo subsethood để phát sinh tập luật. Đề xuất thuật toán huấn luyện mạng nơ ron mờ-subsethood online và dạng bố. Từ đó nâng cao dung lượng và chất lượng dịch vụ của hệ thống mạng di động tế bào. Đồng thời cũng chỉ ra ưu và nhược điểm của phương pháp gán kênh phân tán so với phương pháp gán kênh tập trung trong các phương pháp của Yao-Tien Wang.

4. Xây dựng hệ mô phỏng mạng di động tế bào, tập dữ liệu huấn luyện, thực hiện mô phỏng các thuật toán mới, đánh giá kết quả thuật toán mới và so sánh với các thuật toán có sẵn.

### 2) Hướng phát triển của luận án:

1. Tiếp tục nghiên cứu các phương pháp mượn, khóa kênh thông minh trong các hệ thống mạng di động thế hệ mới như 4G, 5G và nhất là hệ thống mạng CR với tốc độ cực cao, khả năng di động cao, cung cấp dịch vụ phong phú với sự tối ưu và sử dụng mềm dẻo, hiệu quả phổ tần số giới hạn.

2. Xây dựng các bộ điều khiển mượn khóa kênh thông minh trên cơ sở công nghệ FPGA kết hợp với khả năng xử lý nhanh của mạng nơ ron tế bào mờ. Từ đó cho phép hệ thống đáp ứng thời gian thực phù hợp với yêu cầu của mạng truyền dữ liệu tốc độ cao hơn.

3. Tích hợp phương pháp mượn kênh nói riêng, gán kênh nói chung với các phương pháp phân tách kênh sóng vô tuyến PCA, ICA...(xử lý tín hiệu mù) để từ đó tăng tính hiệu quả sử dụng tài nguyên của mạng.

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ

- 1 Do Huu Tri, Vu Duy Loi, **Ha Manh Dao**, *Improved Frequency Channel Borrowing and Locking Algorithm in Cellular Mobile Systems*, Proceedings of the 2009 11<sup>th</sup> International Conference on Advanced Communication Technology, volume 1, pages 214-217. Phoenix Park, Korea. 2009.
- 2 Thái Quang Vinh, **Hà Mạnh Đào**, Hồ Sĩ Bằng, *Decentralized stabilization of complex systems under two layers by combination structure of conventional and fuzzy controls*; International Journal Of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems, World Scientific Publishing Company, Volume 7, Number 4, August 1999;
- 3 **Hà Mạnh Đào**, Thái Quang Vinh; *Mượn kênh động trên cơ sở bộ điều khiển nơ ron mờ sử dụng subsethood*; Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần 13: Một số vấn đề chọn lọc của CNTT&Truyền thông, Hưng Yên, 19-20/08/2010.
- 4 Thái Quang Vinh, **Hà Mạnh Đào**; *Một phương pháp mượn kênh cân bằng tải động mạng di động tế bào*; Hội nghị toàn quốc về điều khiển và tự động hóa, VCCA-2011 procceding, Hà Nội, 25-26/11/2011.
- 5 **Hà Mạnh Đào**, Đỗ Hữu Trí, at. al.; *Một phương pháp điều khiển mượn kênh tần số thông minh trong mạng di động tế bào trên cơ sở hệ Mờ- Nơ ron*; Tạp chí Phát triển Khoa học&Công nghệ, Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh; ISSN 1859-0128; Tập 13, K3, 2010.
- 6 **Hà Mạnh Đào**, Thái Quang Vinh; *Nghiên cứu bộ điều khiển thông minh trên cơ sở tích hợp mạng nơ ron mờ với subsethood và ứng dụng*; Kỷ yếu Hội nghị khoa học kỷ niệm 35 năm Viện KH&CN Việt Nam, ISBN 978-604-913-010-6,122-132, Hà Nội 10/2010
- 7 Đỗ Hữu Trí, Vũ Duy Lợi, **Hà Mạnh Đào**, *Một số đề xuất cải tiến đối với phương pháp cấp phát kênh tần số trong hệ thống di động tế bào*, Tạp chí chuyên san các công trình nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ thông tin và truyền thông, Tập V-1, Số 1(21), tháng 4/2009.

