

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



BÀI TẬP LỚN

Phát triển các hệ thống dựa trên tri thức

Giảng viên: Nguyễn Đình Hoá

Mã lớp môn học: D18-036

Nhóm báo cáo: 16

Đề tài 5: Phát triển hệ thống đánh giá chỉ số sức khỏe (Health Index - HI) sử dụng kết hợp mạng neuron nhân tạo và hệ mờ

Sinh viên thực hiện:

Hồ Đức Thành	B18DCCN613
Đặng Hoàng Đức	B18DCCN164
Phạm Văn Vinh	B18DCCN691

I. Tổng quan hệ thống & Cơ sở lý thuyết	2
1. Giới thiệu đề tài	2
2. Cơ sở lý thuyết	2
2.1. Tri thức chuyên gia về một vài chỉ số sử dụng để đánh giá tình trạng sức khỏe con người sử dụng trong hệ thống	2
2.2. Mạng neuron và hệ mờ áp dụng trong hệ thống đánh giá chỉ số sức khỏe con người Health Index (HI):	4
2.2.1. Xử lý dữ liệu đầu vào bằng mạng neuron	5
2.2.2. Xử lý đầu ra của mạng neuron bằng hệ mờ	10
II. Thiết kế và cài đặt	13
1. Thiết kế hệ thống	13
1.1. Phạm vi hệ thống	13
1.2. Lựa chọn công nghệ	13
1.3 Thiết kế chi tiết	14
1.4 Cài đặt & sản phẩm	15
2. Nâng cấp hệ thống trong tương lai	16
<i>Phụ lục I: Các luật sử dụng trong hệ thống</i>	<i>17</i>
<i>Phụ lục 2: Nguồn tham khảo</i>	<i>20</i>

I. Tổng quan hệ thống & Cơ sở lý thuyết

1. Giới thiệu đề tài

- ❖ Hệ thống đánh giá chỉ số sức khỏe Health-Index(HI) được thiết kế nhằm mục đích đưa ra một chỉ số biểu diễn cho mức độ khỏe mạnh của một người, từ đầu vào là các thông số về sức khỏe bao gồm 3 số liệu về: chỉ số BMI, chỉ số đường huyết GI, chỉ số cholesterol.
- ❖ Hệ thống sử dụng một mạng neuron truyền thẳng để xử lý các số liệu chỉ số đầu vào, đầu ra của mạng neuron là các giá trị thành viên của tập mờ, sử dụng cho bước suy diễn mờ.
- ❖ Hệ thống sử dụng hệ mờ để suy diễn từ kết quả đầu ra của mạng neuron, dựa vào các luật đánh giá về chỉ số sức khỏe, để đưa ra kết quả một chỉ số đánh giá chung (HI) cuối cùng.
- ❖ Các luật được xây dựng dựa trên lý thuyết đánh giá một số chỉ số sức khỏe nêu tại mục 2. phần này.
- ❖ Hệ thống được cài đặt theo cấu trúc client-server:
 - Phần giao diện người dùng(client) là một webapp sử dụng thư viện ReactJS.
 - Phần server sử dụng framework NestJS, một framework xây dựng trên nền tảng nodejs(javascripts). Database sử dụng trong phần này là MySQL. Chi tiết thiết kế sẽ được mô tả tại phần II. Thiết kế và cài đặt.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Tri thức chuyên gia về một vài chỉ số sử dụng để đánh giá tình trạng sức khỏe con người sử dụng trong hệ thống

- ❖ **Chỉ số đường huyết glycemic index - GI⁽¹⁾**: đây là chỉ số là chỉ nồng độ glucose có trong máu thường được đo bằng đơn vị là mmol/l hoặc mg/dl. Chỉ số GI có thể đánh giá được nguy cơ mắc bệnh tiểu đường của một người.
 - Hệ thống chỉ sử dụng chỉ số GI được đo lúc đói.
 - Chỉ số GI được đánh giá theo bảng sau:

Chỉ số	Bình thường	Tiền đái tháo đường	Đái tháo đường
Đường huyết lúc đói (mg/dL)	80 - 100	101 - 125	> 126
Đường huyết sau ăn 2h (mg/dL)	120 - 140	140 - 199	> 200
Chỉ số HbA1c	< 5,7%	5,7 - 6,4%	> 6,4%

Hình 1: Đánh giá chỉ số đường huyết

* Lưu ý: người thường xuyên hoạt động thể chất (ví dụ như vận động viên), nhịp tim lúc nghỉ ngơi có thể hạ xuống 40 bpm, điều này là bình thường.

❖ **Chỉ số cholesterol⁽⁴⁾:** Chỉ số cholesterol đánh giá lượng mỡ được vận chuyển trong máu. Chỉ số này có thể đánh giá sức khỏe hệ tuần hoàn của một người. LDL nếu tăng cao thì có nguy cơ mắc các bệnh về tim mạch, nhồi máu cơ tim, tai biến máu não. Nguy cơ mắc bệnh của một người theo chỉ số cholesterol được đánh giá như hình sau, trong đó:

- Low Density Lipoprotein cholesterol (LDL): cholesterol tốt
- High Density Lipoprotein Cholesterol (HDL): cholesterol xấu
- Total cholesterol: Cholesterol toàn phần, được tính theo công thức:

$\text{totalCholesterol} = \text{LDL} + \text{HDL} + 0.2 * \text{triglycerides}$,

Trong đó triglycerides là chỉ số chất béo trung tính.

Chỉ số	Cholesterol toàn phần	LDL-cholesterol	HDL-cholesterol	Triglycerides
Mức bình thường	< 200mg/dL 5,1mmol/L	< 100mg/dL 2,6mmol/L	> 60mg/dL 1,5mmol/L	< 150mg/dL 1,7mmol/L
Mức ranh giới	200-239mg/dL 5,1-6,2mmol/L	130-159mg/dL 3,3-4,1mmol/L	Nam: 40-59mg/dL 1,0-1,5mmol/L Nữ: 50-59mg/dL 1,3-1,5mmol/L	150-199mg/dL 1,7-2,2mmol/L
Mức nguy cơ cao	> 240mg/dL 6,2mmol/L	> 160mg/dL 4,1mmol/L	Nam: < 40mg/dL 1,0mmol/L Nữ: < 50mg/dL 1,3mmol/L	> 200mg/dL 2,2mmol/L

Hình 2: Nguy cơ mắc bệnh dựa trên chỉ số cholesterol.

Ảnh: <https://khoe247.vn/song-khoe/chi-so-triglyceride-la-gi.html>

❖ **Chỉ số BMI⁽⁵⁾:** Chỉ số BMI đánh giá thể trạng của một người. Chỉ số BMI sẽ không áp dụng cho đối tượng là vận động viên, người tập thể hình, phụ nữ có thai, đang cho con bú hay những người vừa khỏi bệnh.

- Trong phạm vi đề tài, hệ thống chỉ đánh giá BMI của một người bình thường, không phải là các đối tượng không áp dụng BMI được đề cập ở trên.
- Chỉ số BMI được tính theo công thức: $BMI = \text{Cân nặng} / [(\text{Chiều cao})^2]$
- Chỉ số BMI sử dụng để đánh giá thể trạng một người như sau:
 - Thiếu cân: $[0, 18.5]$
 - Bình thường: $[18.5, 24.9]$
 - Thừa cân: $[25.0, 29.9]$
 - Béo phì loại I: $[30.0, 34.9]$
 - Béo phì loại II: $[35.0, 39.9]$
 - Béo phì loại III: $[40.0, +\infty]$

2.2. Mạng neuron và hệ mờ áp dụng trong hệ thống đánh giá chỉ số sức khỏe con người Health Index (HI):

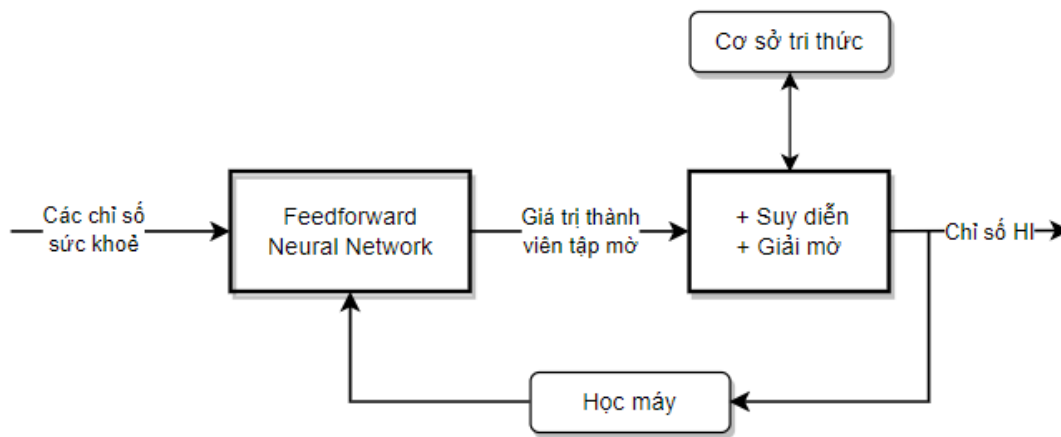
- ❖ Mạng neuron và hệ mờ đều có ưu, nhược điểm riêng. Dựa vào bảng ta có thể thấy mạng neuron và hệ mờ có thể hỗ trợ tốt cho nhau. Một số mạng lai neuron-mờ như mạng ANFIS được phát triển nhằm mục đích tận dụng các lợi thế này.

	Mạng neuron	Logic mờ
Thể hiện tri thức	<i>Không tường minh, khó giải thích và khó sửa đổi.</i>	<i>Tường minh, dễ kiểm chứng hoạt động và dễ sửa đổi</i>
Khả năng học	<i>Có khả năng học thông qua các tập dữ liệu</i>	<i>Không có khả năng học, người thiết kế phải tự thiết kế tất cả.</i>

Bảng 1: Ưu, nhược điểm của mạng neuron và hệ mờ⁽⁷⁾

- ❖ Ở trong phạm vi đề tài này, mạng neuron và hệ mờ được sử dụng theo cấu trúc: Các chỉ số đầu vào là đầu vào (input) của mạng neuron, đầu ra của mạng neuron sẽ là đầu vào của quá trình suy diễn mờ. Quá trình học của mạng neuron được dựa trên tập dữ liệu mẫu, sử dụng thuật toán học có giám sát.

- ❖ Quá trình xử lý có thể biểu diễn qua hình sau:

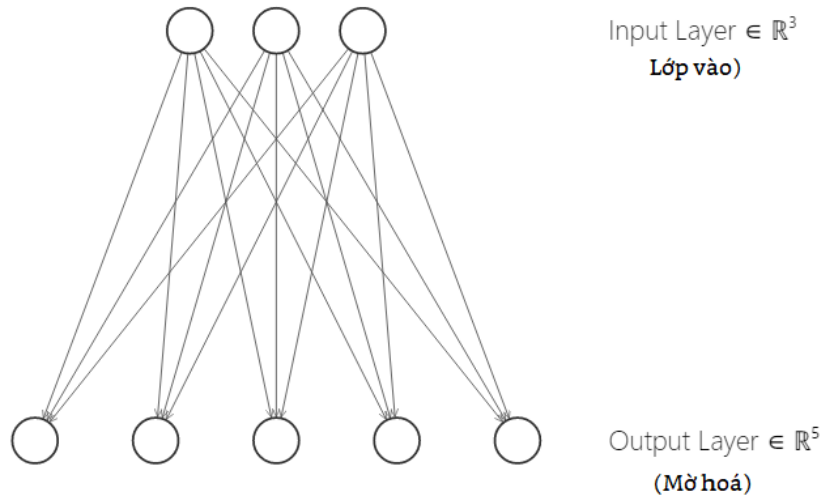


Hình 3: Mô tả hoạt động xử lý dữ liệu của hệ thống

2.2.1. Xử lý dữ liệu đầu vào bằng mạng neuron

- ❖ Mạng neuron là một phương thức trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo, được sử dụng để dạy máy tính xử lý dữ liệu theo cách được lấy cảm hứng từ một neuron thần kinh trong bộ não con người.
- ❖ Đề tài sử dụng một mạng neuron truyền thẳng (Feed-Forward Neural Network, gọi tắt là FNN). Trong một mạng truyền thẳng, thông tin luôn luôn di chuyển theo một hướng, thông tin từ các nút đầu vào truyền thẳng theo hướng tới các nút đầu ra xuyên qua các nút ẩn. Mạng truyền thẳng sử dụng một quy trình phản hồi để cải thiện dự đoán theo thời gian, thường là thuật toán lan truyền ngược.
- ❖ Dữ liệu đầu vào của hệ thống là các tham số sau^(*):
 - Chỉ số đường huyết GI (tham số x1).
 - Chỉ số cholesterol: bao gồm 3 chỉ số phụ là LDL(tham số x2), HDL(tham số x3), triglycerides(tham số x4)
 - Chỉ số BMI: bao gồm cân nặng(tham số x5) và chiều cao(tham số x6)

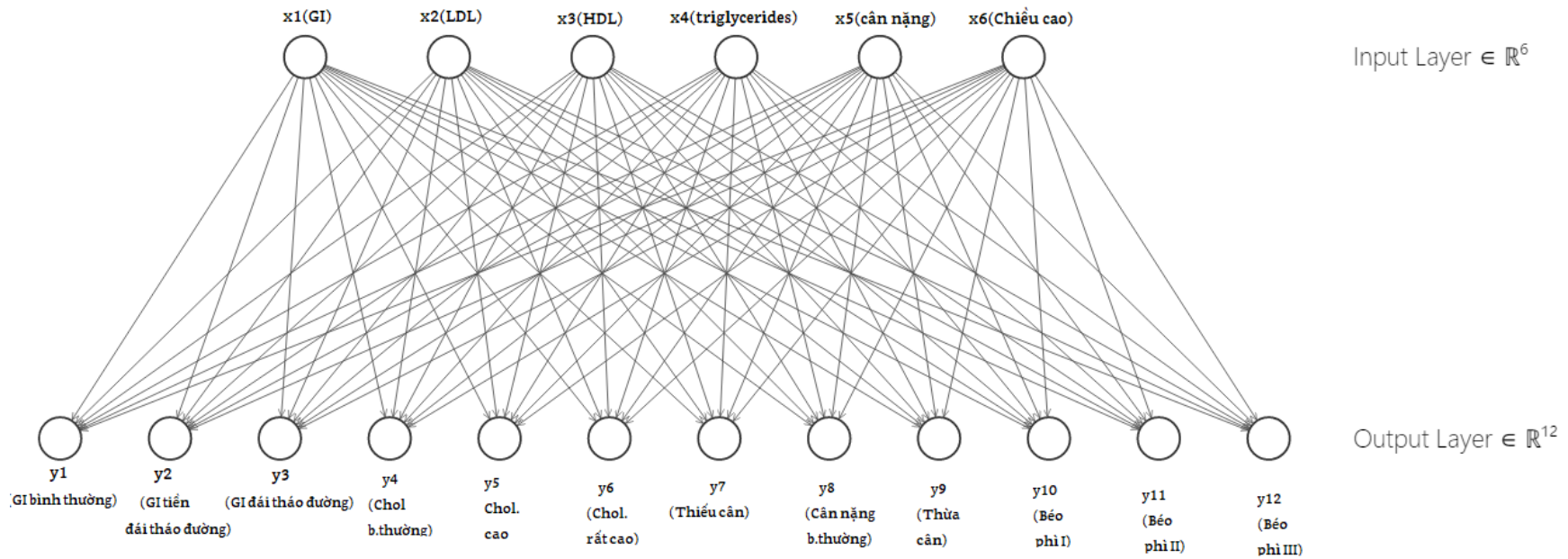
- ❖ Mạng neuron xử lý các đầu vào x_i , đầu ra của mạng neuron là giá trị hàm thành viên dựa trên giá trị cụ thể của từng đối tượng. Mạng neuron trong hệ thống này hoạt động tương tự bước mờ hoá của hệ mờ.



Hình 4: Mô tả sơ đồ hoạt động của mạng neuron trong hệ thống

**Chi tiết mô tả được tiếp tục tại trang sau*

❖ Mạng neuron trong hệ thống được tổ chức như sau:



Hình 5: Mô tả chi tiết hoạt động của mạng neuron sử dụng trong hệ thống

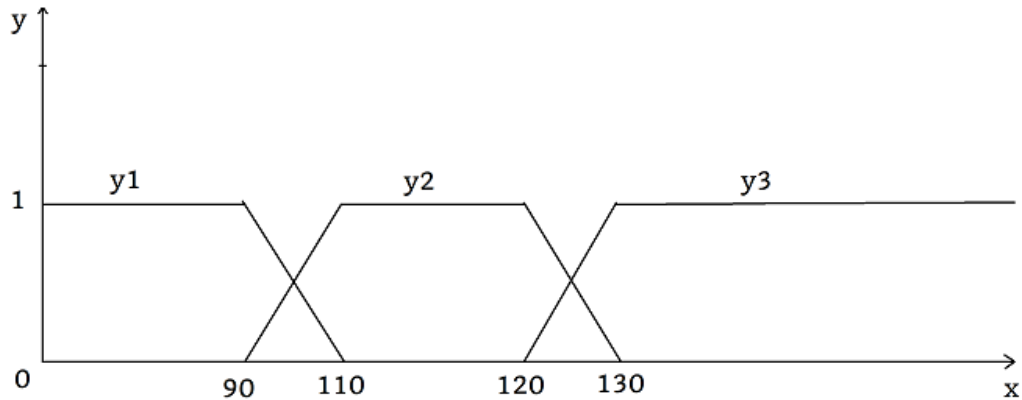
❖ Đầu vào là các chỉ số sức khỏe nêu trên tại mục (*): $X^{(k)} = [x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_6^{(k)}]^T$,

❖ Mỗi đầu ra y_j được tính toán theo 2 bước

➤ Tính toán giá trị v_i theo hàm tổng hợp $v_i^{(k)} = f(W_i^T x_i^{(k)}) = d_i^{(k)} = f(\sum_{j=1}^m W_{ij} x_j^{(k)})$,

trong đó W_{ij} là trọng số kết nối, $i = [1, 2, 3, 4, 5, 6]$, $j = [1, 2, 3, \dots, 12]$.

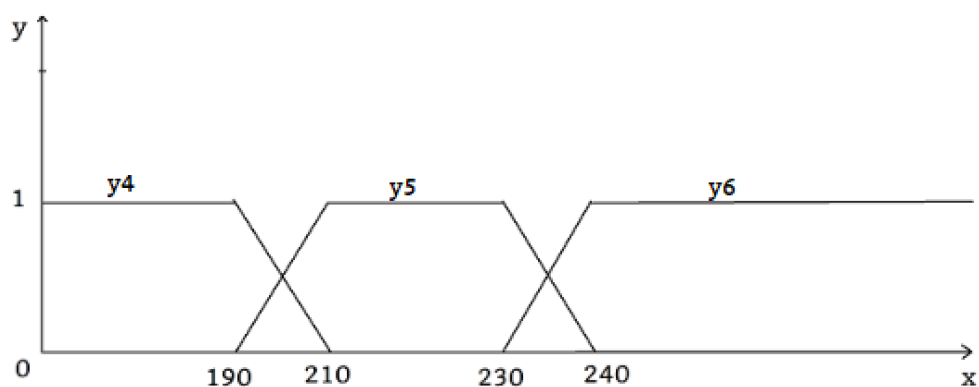
- Do tính chất của các chỉ số đầu vào là các số nguyên, giá trị đánh giá sức khỏe theo một chỉ số đầu vào có dạng $a < x_i < b$, các đầu ra y_j là các giá trị thành viên của tập mờ nằm trong khoảng $[0,1]$, nên để chuẩn hoá đầu vào và đưa ra được hàm thành viên của tập mờ có giá trị $[0,1]$, hệ thống sử dụng hàm kích hoạt cho đầu ra y_i là hàm tự xây dựng có dạng như sau:



Hình 6: Hàm kích hoạt sẽ xác định đầu ra $y_i, i = [1,2,3]$

- Các hàm kích hoạt tương ứng của y_1, y_2, y_3 :

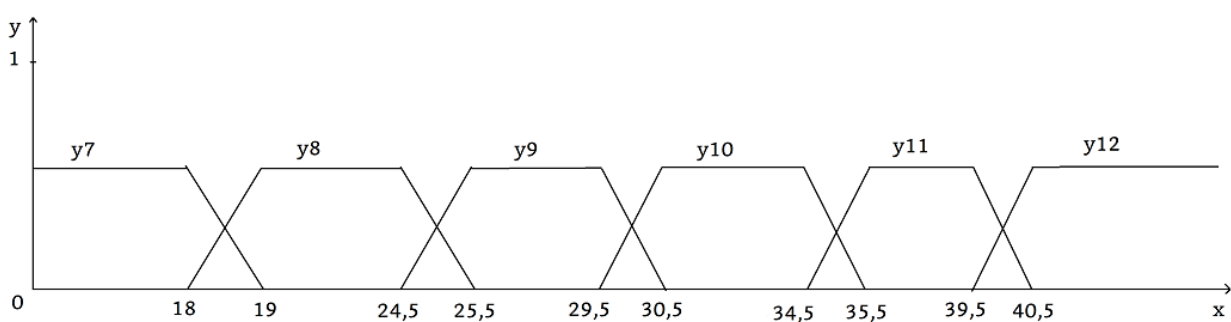
$$Y_1 = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 90 \\ -\frac{x}{20} + \frac{11}{20}, & \text{if } 90 < x < 110 \\ 0, & \text{if } x \geq 110 \end{cases} \quad Y_2 = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 90 \\ \frac{x}{20} - \frac{9}{2}, & \text{if } 90 < x < 110 \\ 1, & \text{if } 110 \leq x \leq 120 \\ -\frac{x}{10} + 13, & \text{if } 120 < x < 130 \\ 0, & \text{if } x \geq 130 \end{cases} \quad Y_3 = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 120 \\ \frac{x}{10} - 12, & \text{if } 120 < x < 130 \\ 1, & \text{if } x \geq 130 \end{cases}$$



Hình 7: Hàm kích hoạt sẽ xác định đầu ra $y_i, i = [4,5,6]$

➤ Các hàm kích hoạt tương ứng của y_4, y_5, y_6 :

$$Y_4 = \begin{cases} 1, & \text{if } x \leq 190 \\ -\frac{x}{20} + \frac{21}{2}, & \text{if } 190 < x < 210 \\ 0, & \text{if } x \geq 210 \end{cases}, \quad Y_5 = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 190 \\ \frac{x}{20} - \frac{19}{2}, & \text{if } 190 < x < 210 \\ 1, & \text{if } 210 \leq x \leq 230 \\ -\frac{x}{10} + 24, & \text{if } 230 < x < 240 \\ 0, & \text{if } x \geq 240 \end{cases}, \quad Y_6 = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 230 \\ \frac{x}{10} - 23, & \text{if } 230 < x < 240 \\ 1, & \text{if } x \geq 240 \end{cases}$$



Hình 8: Hàm kích hoạt sẽ xác định đầu ra $y_i, i = [7,8,9,10,11,12]$

➤ Các hàm kích hoạt tương ứng của $y_7, y_8, y_9, y_{10}, y_{11}, y_{12}$:

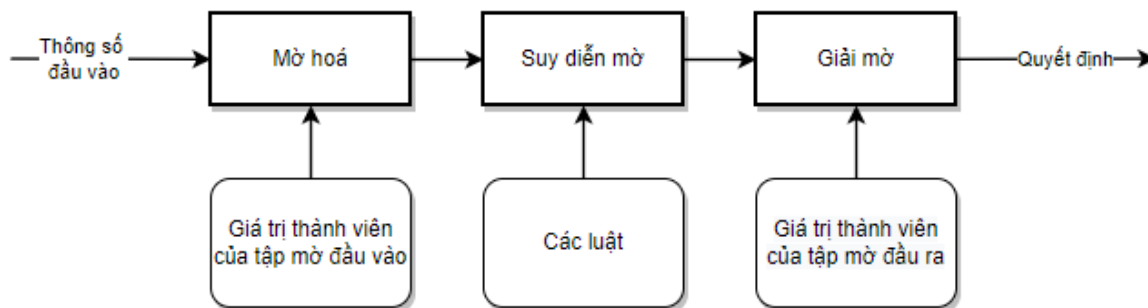
$$\begin{aligned}
 Y_7 &= \begin{cases} 1, & \text{if } x \leq 18 \\ -x + 19, & \text{if } 18 < x < 19 \\ 0, & \text{if } x \geq 19 \end{cases}, & Y_8 &= \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 18 \\ x - 18, & \text{if } 18 < x < 19 \\ 1, & \text{if } 19 \leq x \leq 24.5 \\ -x + \frac{51}{2}, & \text{if } 24.5 < x < 25.5 \\ 0, & \text{if } x \geq 25.5 \end{cases}, & Y_9 &= \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 24.5 \\ x - \frac{49}{2}, & \text{if } 24.5 < x < 25.5 \\ 1, & \text{if } 25.5 \leq x \leq 29.5 \\ -x + \frac{61}{2}, & \text{if } 29.5 < x < 30.5 \\ 0, & \text{if } x \geq 30.5 \end{cases}, \\
 Y_{10} &= \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 29.5 \\ x - \frac{59}{2}, & \text{if } 29.5 < x < 30.5 \\ 1, & \text{if } 30.5 \leq x \leq 34.5 \\ -x + \frac{71}{2}, & \text{if } 34.5 < x < 35.5 \\ 0, & \text{if } x \geq 35.5 \end{cases}, & Y_{11} &= \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 34.5 \\ x - \frac{69}{2}, & \text{if } 34.5 < x < 35.5 \\ 1, & \text{if } 35.5 \leq x \leq 39.5 \\ -x + \frac{81}{2}, & \text{if } 39.5 < x < 40.5 \\ 0, & \text{if } x \geq 40.5 \end{cases}, & Y_{12} &= \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 39.5 \\ x - \frac{79}{2}, & \text{if } 39.5 < x < 40.5 \\ 1, & \text{if } x \geq 40.5 \end{cases}.
 \end{aligned}$$

➤ Các hàm trên được khởi tạo dựa theo tri thức thu thập được tại mục I.2. Cơ sở lý thuyết

❖ Đầu ra của mạng neuron sau quá trình trên là tập các giá trị y_j , là thành viên của tập mờ.

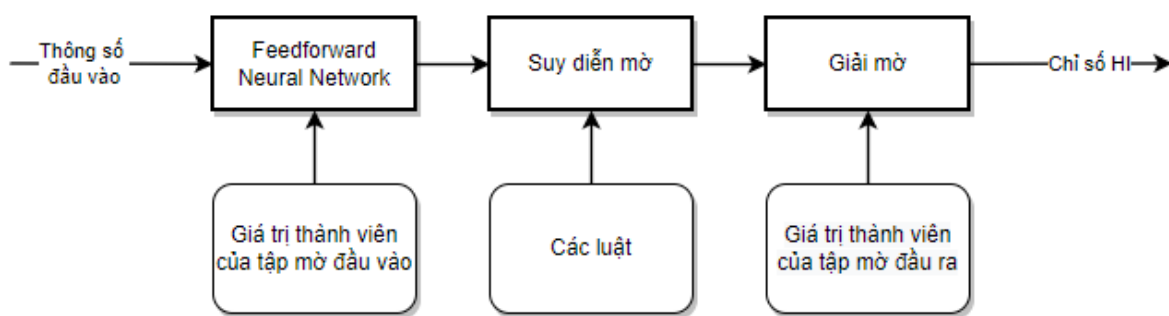
2.2.2. Xử lý đầu ra của mạng neuron bằng hệ mờ:

- ❖ Theo logic truyền thống, một biểu thức logic chỉ nhận một trong hai giá trị: đúng hoặc sai. Khác với lý thuyết logic truyền thống, một biểu thức logic mờ có thể nhận một trong vô số giá trị nằm trong khoảng số thực từ 0 đến 1. Nói cách khác, trong logic truyền thống, một sự kiện chỉ có thể hoặc là đúng (tương đương với đúng - 1) hoặc là sai (tương đương với sai - 0) còn trong logic mờ, mức độ đúng của một sự kiện được đánh giá bằng một số thực có giá trị nằm giữa 0 và 1, tùy theo mức độ đúng “nhiều” hay “ít” của nó.
- ❖ Nguyên lý hoạt động của logic mờ:
 - Bước 1: Mờ hóa: đây là bước tính toán các giá trị thành viên của tập mờ từ các giá trị chính xác ở đầu vào.
 - Bước 2: Suy diễn mờ: áp dụng tất cả các luật xây dựng theo kiến thức chuyên gia để có thể áp dụng để tính ra giá trị của hàm quy tắc tại bước kết luận.
 - Bước 3: Giải mờ: xác định giá trị chính xác từ kết quả mờ có được ở bước 2. Có nhiều kỹ thuật giải mờ có thể áp dụng được như các phương pháp giải mờ theo cực đại, phương pháp giải mờ theo trọng tâm, phương pháp giải mờ theo chiều cao của tập mờ,...



Hình 9: Quá trình hoạt động của hệ mờ

- ❖ Trong đề tài này, do hệ neuron đã thực hiện chuẩn hóa số liệu và thực hiện bước mờ hóa, cho ra các giá trị hàm thành viên của hệ mờ, nên hệ mờ áp dụng trong hệ thống hoạt động theo 2 bước, suy diễn mờ và quá trình giải mờ.



Hình 10: Quá trình hoạt động của hệ mờ trong hệ thống

- ❖ Quá trình thực hiện suy diễn mờ và giải mờ của hệ thống được xây dựng như sau:

Bước 1: Xây dựng các luật

Các từ ngữ thể hiện mờ hoá tình trạng sức khoẻ HI: không khoẻ (NH), có vẻ không khoẻ (SNH), có vẻ khỏe (SH), khỏe (H).

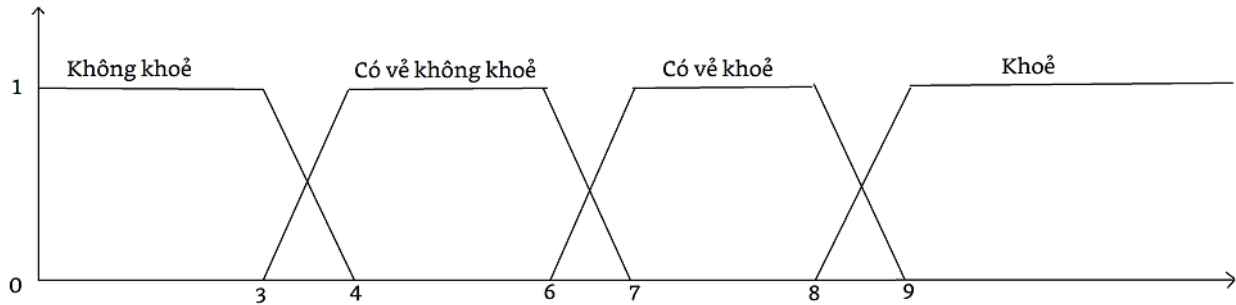
Hàm quy tắc: $f = \{NH, SNH, SH, H\}$

STT	Luật	Kết luận
1	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. Rất cao) ^ (Béo phì II)	Không khoẻ
2	(GI Bình thường) ^ (Chol. Cao) ^ (Béo phì I)	Có vẻ không khoẻ
3	(GI Bình thường) ^ (Chol. Bình thường) ^ (Thừa cân)	Có vẻ khỏe
4	(GI Bình thường) ^ (Chol. Bình thường) ^ (Cân nặng bình thường)	Khoẻ

Bảng 2: Mẫu các luật sử dụng trong hệ thống

❖ **Chi tiết tập các luật được đề cập tại Phụ lục I: Các luật sử dụng trong hệ thống**

Bước 2: Xây dựng hàm quy tắc



Hình 11: Hàm thành viên của tập đầu ra

$$NH = \begin{cases} 1, & \text{if } x \leq 3 \\ -x + 4, & \text{if } 3 < x < 4 \\ 0, & \text{if } x \geq 4 \end{cases} \quad SNH = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 3 \\ x - 3, & \text{if } 3 < x < 4 \\ 1, & \text{if } 4 \leq x \leq 6 \\ -x + 7, & \text{if } 6 < x < 7 \\ 0, & \text{if } x \geq 7 \end{cases}$$

$$SH = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 6 \\ x - 6, & \text{if } 6 < x < 7 \\ 1, & \text{if } 7 \leq x \leq 8 \\ -x + 9, & \text{if } 8 < x < 9 \\ 0, & \text{if } x \geq 9 \end{cases} \quad H = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 8 \\ x - 8, & \text{if } 8 < x < 9 \\ 1, & \text{if } x \geq 9 \end{cases}$$

- Từ đầu ra của mạng neuron, ta có được giá trị thành viên của tập mờ tại Bước 1.
- Quá trình suy diễn và giải mờ dựa theo các hàm thành viên và các luật đã được xây dựng
- Do các luật đều có dạng A và B, hệ thống sử dụng hàm MIN để đưa ra quyết định là giá trị của hàm quy tắc.
- Nhóm lựa chọn giải mờ theo trọng tâm, đây là phương pháp được đánh giá hiệu quả với hầu hết các hệ mờ, theo mathworks.com⁽⁸⁾.

- ❖ Đầu ra của quá trình trên là chỉ số HI, kèm chú thích về tình trạng sức khỏe hiện tại (không khỏe, có vẻ không khỏe, có vẻ khỏe, khỏe).

II. Thiết kế và cài đặt

1. Thiết kế hệ thống

1.1. Phạm vi hệ thống

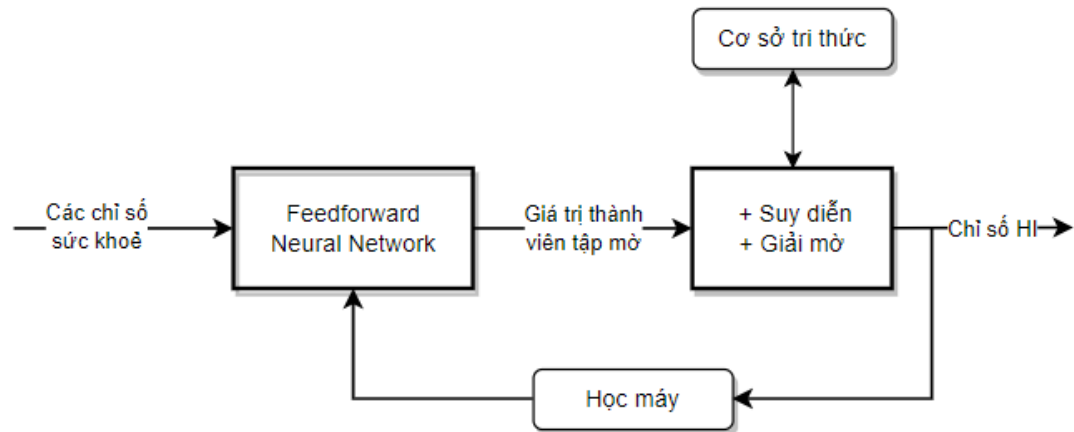
- ❖ Hệ thống được thiết kế nhằm mục đích đưa ra chỉ số đánh giá sức khỏe HI dựa trên các chỉ số được người dùng nhập vào, bao gồm chỉ số: chiều cao, cân nặng, LDL, HDL, triglycerides. Hệ thống không đánh giá cho các đối tượng là: vận động viên, trẻ dưới 2 tuổi, người vừa khỏi bệnh, phụ nữ đang trong thời kỳ mang thai hoặc cho con bú.
- ❖ Hệ thống cần đảm bảo quá trình suy luận và đánh giá đúng như mô tả tại mục I.
- ❖ Hệ thống có thể lưu trữ lại các chỉ số của người dùng kèm đánh giá HI, mục đích để người dùng có thể xem lại và hệ thống có thể sử dụng dữ liệu để cải tiến quá trình đánh giá.
- ❖ Việc lựa chọn công nghệ là tùy chọn.
- ❖ Hệ thống cần được thiết kế đảm bảo các tính chất: tính thân thiện, linh hoạt, sẵn sàng cao, cùng khả năng bảo trì và nâng cấp.

1.2. Lựa chọn công nghệ

- ❖ Đối với phạm vi hệ thống này, nhóm chúng em lựa chọn triển khai trên nền tảng là một website, là một thế mạnh của nhóm.
- ❖ Website có sự tương tác qua lại giữa người dùng và hệ thống, chúng em sử dụng công nghệ ReactJS để triển khai một web-application, đảm bảo trải nghiệm người dùng liền mạch và trực quan hơn so với các website tĩnh.
- ❖ Phần server cả nhóm đã quyết định triển khai theo kiến trúc REST API. Ngoài ra, một số công nghệ như caching cũng được nhóm sử dụng, nhằm mục đích giảm tải cho bước tính toán. Công nghệ sử dụng là NestJS - framework của nodejs.
- ❖ Chi tiết mô tả về mặt thiết kế hệ thống được trình bày tại mục tiếp theo.

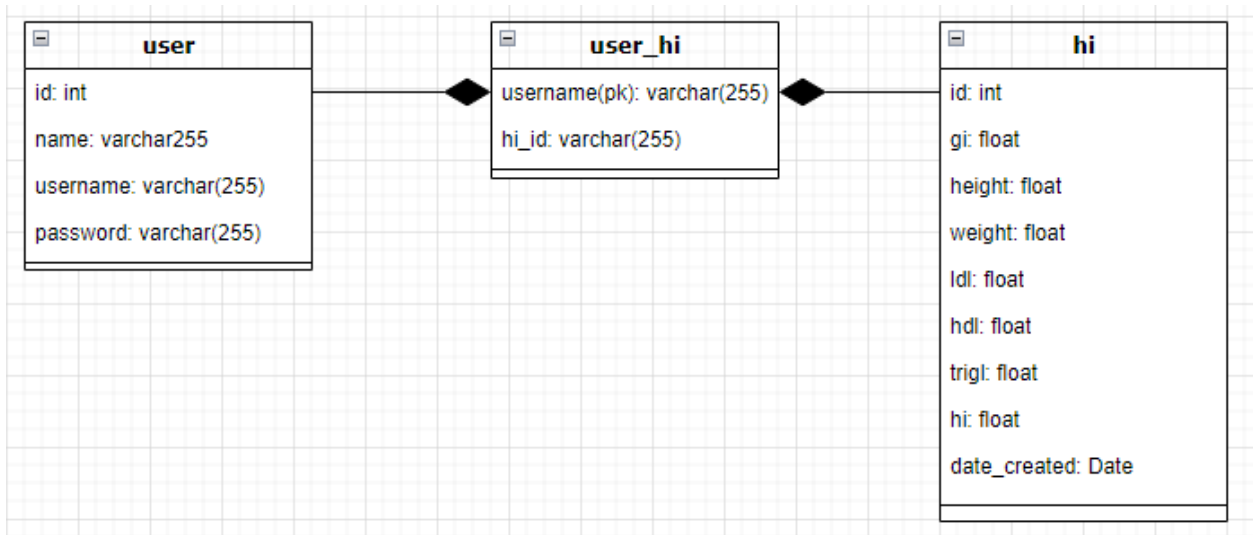
1.3 Thiết kế chi tiết

- ❖ Trong đó, dịch vụ tính toán HI là quá trình tính toán chỉ số sức khỏe HI:



Hình 12: Quá trình hoạt động của hệ mờ

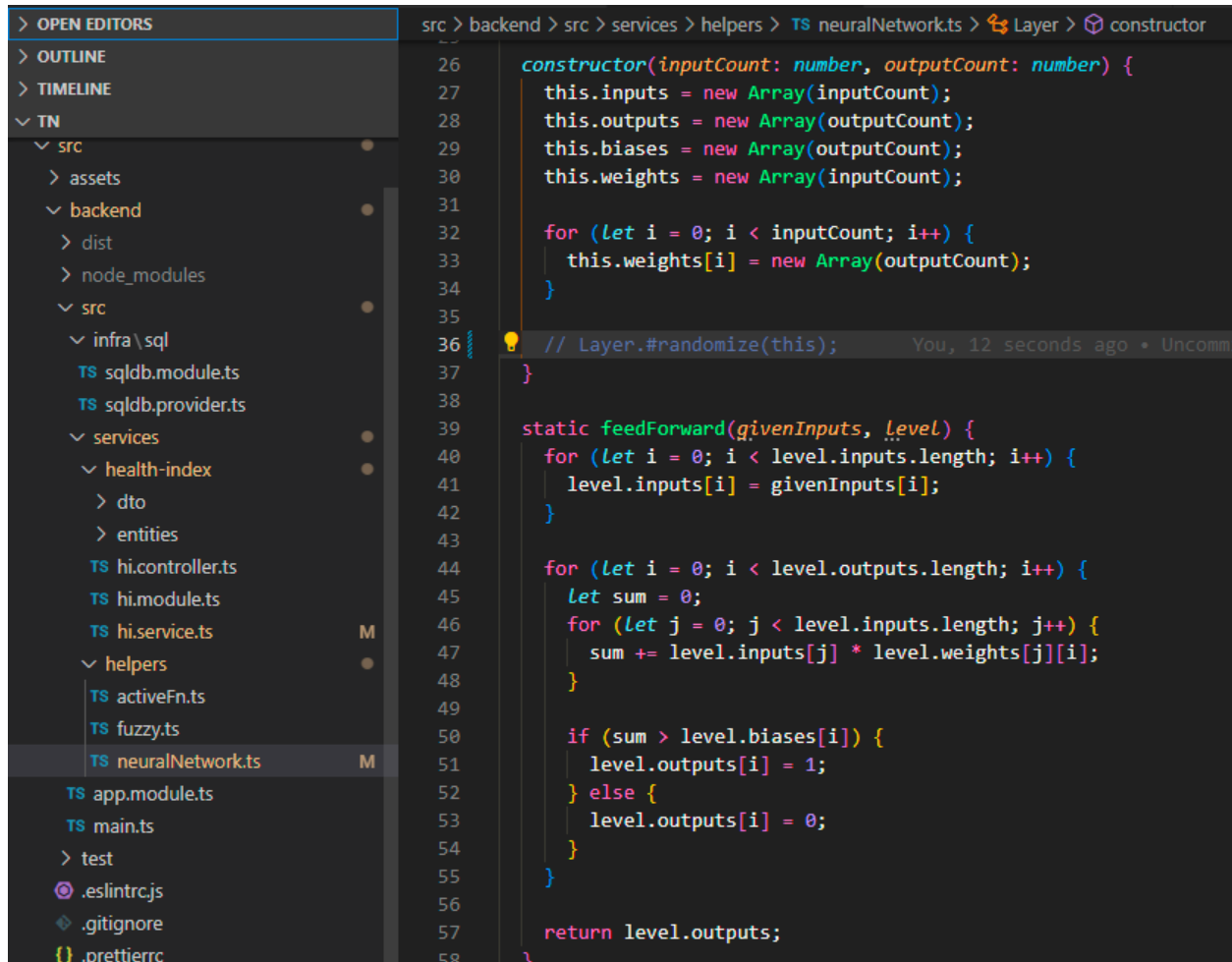
- ❖ Dịch vụ lưu thông tin user cho phép người dùng lưu lại lịch sử tính toán HI của mình.
- ❖ Database được thiết kế như sau:



Hình 13: Thiết kế database cho hệ thống

1.4 Cài đặt & sản phẩm

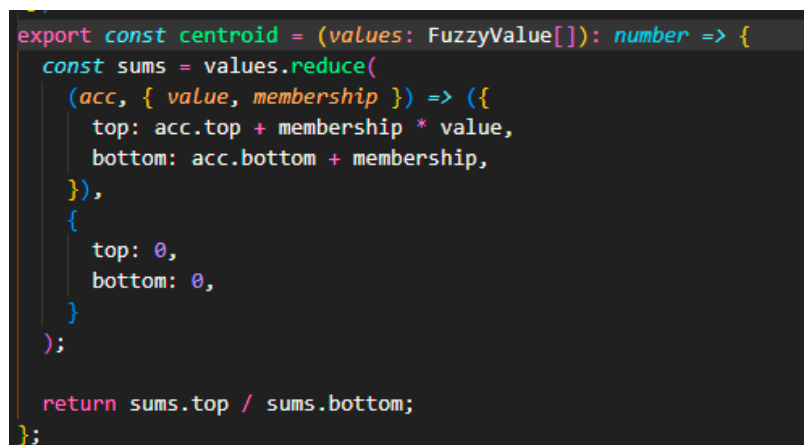
- ❖ Cấu trúc tổ chức src code và một số thuật toán được cài đặt trong hệ thống:



```
src > backend > src > services > helpers > TS neuralNetwork.ts > Layer > constructor

26 constructor(inputCount: number, outputCount: number) {
27   this.inputs = new Array(inputCount);
28   this.outputs = new Array(outputCount);
29   this.biases = new Array(outputCount);
30   this.weights = new Array(inputCount);
31
32   for (let i = 0; i < inputCount; i++) {
33     this.weights[i] = new Array(outputCount);
34   }
35
36 // Layer.#randomize(this);
37 }
38
39 static feedForward(givenInputs, level) {
40   for (let i = 0; i < level.inputs.length; i++) {
41     level.inputs[i] = givenInputs[i];
42   }
43
44   for (let i = 0; i < level.outputs.length; i++) {
45     let sum = 0;
46     for (let j = 0; j < level.inputs.length; j++) {
47       sum += level.inputs[j] * level.weights[j][i];
48     }
49
50     if (sum > level.biases[i]) {
51       level.outputs[i] = 1;
52     } else {
53       level.outputs[i] = 0;
54     }
55   }
56
57   return level.outputs;
58 }
```

Hình 14: Một layer của mạng neuron trong hệ thống được cài đặt



```
export const centroid = (values: FuzzyValue[]): number => {
  const sums = values.reduce(
    (acc, { value, membership }) => ({
      top: acc.top + membership * value,
      bottom: acc.bottom + membership,
    }),
    {
      top: 0,
      bottom: 0,
    }
  );
  return sums.top / sums.bottom;
};
```

Hình 15: Hàm centroid được cài đặt

❖ Quá trình tạo hàm thành viên và thêm luật

```
132     bottomRight: 1,  
133     minValue: 0,  
134     maxValue: 100,  
135     step: 0.5,  
136   },  
137   });  
138   const healthy = new FuzzySet('healthy');  
139   healthy.generateMembershipValues({  
140     type: MembershipFunctionType.Trapezoidal,  
141     parameters: {  
142       bottomLeft: 2,  
143       topLeft: 2,  
144       topRight: 3,  
145       bottomRight: 3,  
146       minValue: 0,  
147       maxValue: 10,  
148       step: 0.5,  
149     },  
150   });  
151   const bmi = new LinguisticVariable('bmi')  
152     .addSet(good_bmi)  
153     .addSet(overw_bmi);  
154  
155   const gi = new LinguisticVariable('gi')  
156     .addSet(normal_gi)  
157     .addSet(bad_gi);  
158  
159   const hi = new LinguisticVariable('hi')  
160     .addSet(uh)  
161     .addSet(healthy);  
162   const HI_RES = new FuzzyInferenceSystem('HI')  
163     .addInput(bmi)  
164     .addInput(gi)  
165     .addOutput(hi);  
166   HI_RES.addRule(  
167     'IF bmi IS good_bmi AND gi IS normal_gi THEN hi IS healthy',  
168   );  
169   HI_RES.addRule('IF bmi IS overw_bmi AND gi IS bad_gi THEN hi IS unhealthy');  
170  
171   const re = HI_RES.solve(  
172     'Mamdani',  
173     { bmi: 1, gi: 1 },  
174     DefuzzicationType.Centroid,  
175   );  
176   console.log(re);  
177   return re;  
178   }  
179 }
```

Hình 15: Tạo hàm thành viên và thêm luật

- ❖ Giao diện và kết quả chạy test với một vài dữ liệu ngẫu nhiên:

The image shows a web form for calculating a health index (HI). The form has a light green background and contains several input fields with rounded corners. The inputs are: 'Chỉ số đường huyết' (Blood sugar) with value 90, 'Cân nặng' (Weight) with value 68.2, 'Chiều cao' (Height) with value 173, 'Chỉ số LDL' (LDL) with value 95, 'Chỉ số HDL' (HDL) with value 61, and 'Chỉ số triglyceride' (Triglyceride) with value 148. Below these is a checkbox labeled 'Lưu lại thông tin của tôi' (Save my information) which is unchecked. A blue button labeled 'Bắt đầu tính toán' (Start calculation) is positioned below the checkbox. The results are displayed at the bottom: 'Chỉ số HI của bạn là: 9.5' (Your HI score is: 9.5) and 'Bạn đang trong tình trạng khoẻ mạnh!' (You are in good health!).

Parameter	Value
Chỉ số đường huyết (Blood sugar)	90
Cân nặng (Weight)	68.2
Chiều cao (Height)	173
Chỉ số LDL (LDL)	95
Chỉ số HDL (HDL)	61
Chỉ số triglyceride (Triglyceride)	148

☐ Lưu lại thông tin của tôi

Bắt đầu tính toán

Chỉ số HI của bạn là: **9.5**

Bạn đang trong tình trạng khoẻ mạnh!

❖ Benchmark số lượng request tối đa hệ thống đáp ứng

```
C:\Users\thanh>autocannon -c 200 http://localhost:4000/hi
Running 10s test @ http://localhost:4000/hi
200 connections
```

Stat	2.5%	50%	97.5%	99%	Avg	Stdev	Max
Latency	167 ms	403 ms	475 ms	479 ms	396.88 ms	65.82 ms	487 ms

Stat	1%	2.5%	50%	97.5%	Avg	Stdev	Min
Req/Sec	451	451	494	548	497.4	28.55	451
Bytes/Sec	116 kB	116 kB	127 kB	141 kB	128 kB	7.34 kB	116 kB

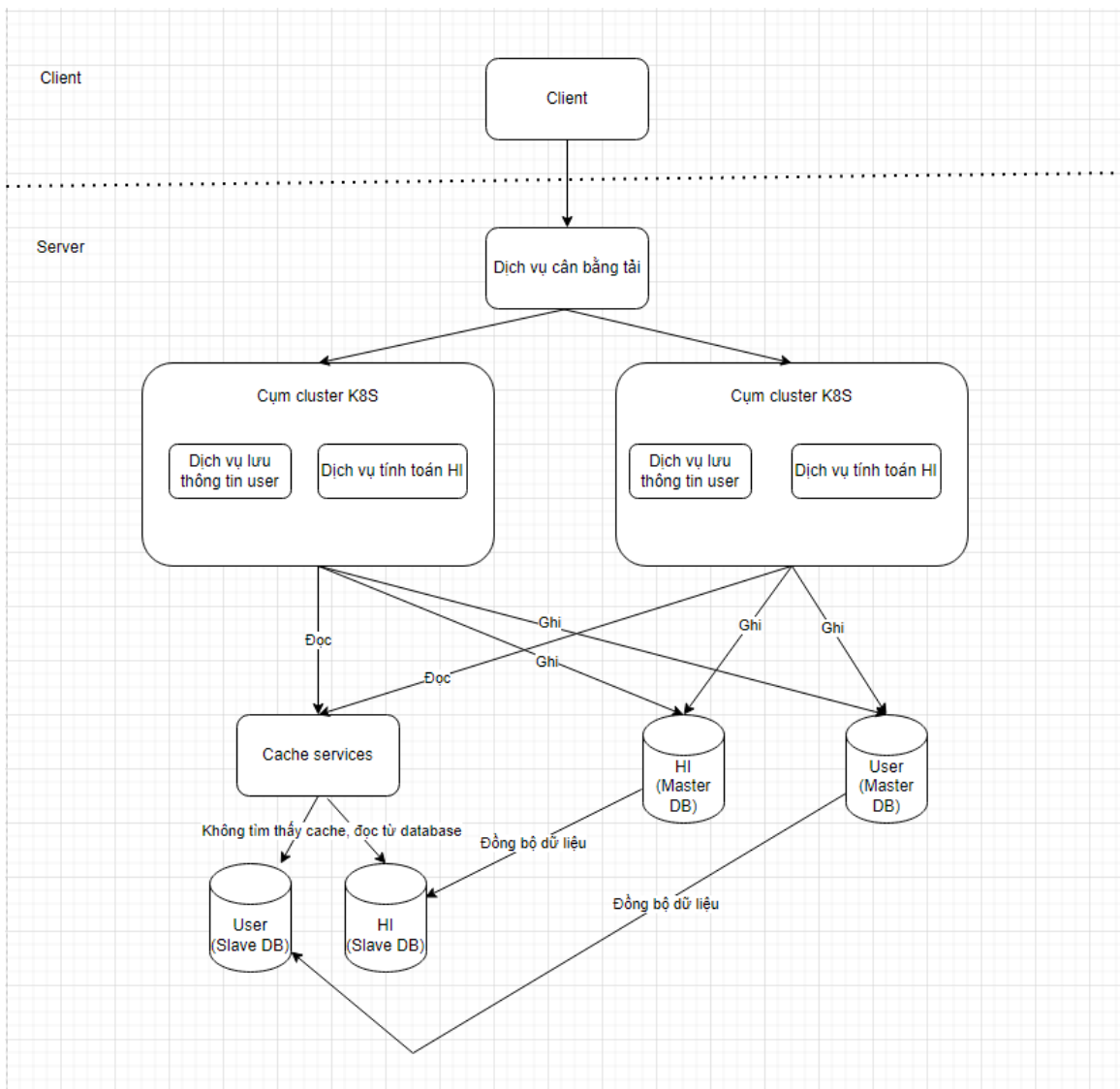

```
Req/Bytes counts sampled once per second.
# of samples: 10

5k requests in 10.15s, 1.28 MB read
```

Hình 14: Benchmark hệ thống thực tế, đáp ứng 200 kết nối với số request tính HI tối đa là 500 requests/giây với cấu hình 1 cpu 2.5GHz, 8gb ram.

2. Nâng cấp hệ thống trong tương lai

- ❖ Mô hình thiết kế của hệ thống phục vụ cho quá trình mở rộng sau này:
- ❖ Để đảm bảo tính linh hoạt cho hệ thống, hệ thống có thể được đóng gói trong các Docker container. Các Docker container có thể kết hợp triển khai bằng Kubernetes. Kiến trúc này đảm bảo tính độc lập về môi trường tại máy tính hệ thống được triển khai, đồng thời đảm bảo tính dễ dàng mở rộng theo chiều ngang.
- ❖ Chỉ cần triển khai thêm hệ thống cân bằng tải và thêm máy chủ lưu trữ, mục đích phân bổ khối lượng truy cập đều cho các máy chủ ứng dụng và giảm tải trên từng máy chủ.
- ❖ Với benchmark hệ thống trên (Hình 14), hệ thống với 4 máy chủ thiết kế theo kiến trúc dưới đây có thể đáp ứng lên tới hàng triệu lượt tính toán mỗi ngày.



Hình 15: Nâng cấp hệ thống trong tương lai

Phụ lục I: Các luật sử dụng trong hệ thống

STT	Luật	Kết luận
1	(GI Bình thường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì I)	Khoẻ
2	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì I)	Có vẻ khoẻ
3	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì I)	Có vẻ không khoẻ
4	(GI Bình thường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì I)	Có vẻ không khoẻ
5	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì I)	Có vẻ không khoẻ
6	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì I)	Không khoẻ
7	(GI Bình thường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì I)	Có vẻ không khoẻ
8	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì I)	Có vẻ không khoẻ
9	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì I)	Không khoẻ
10	(GI Bình thường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì II)	Có vẻ khoẻ
11	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì II)	Có vẻ không khoẻ
12	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì II)	Không khoẻ
13	(GI Bình thường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì II)	Có vẻ không khoẻ
14	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì II)	Có vẻ không khoẻ
15	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì II)	Không khoẻ
16	(GI Bình thường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì II)	Có vẻ không khoẻ
17	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì II)	Không khoẻ
18	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì II)	Không khoẻ
19	(GI Bình thường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì III)	Có vẻ không khoẻ
20	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì III)	Có vẻ không khoẻ

21	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Béo phì III)	Không khoẻ
22	(GI Bình thường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì III)	Có vẻ không khoẻ
23	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì III)	Không khoẻ
24	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Béo phì III)	Không khoẻ
25	(GI Bình thường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì III)	Không khoẻ
26	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì III)	Không khoẻ
27	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Béo phì III)	Không khoẻ
28	(GI Bình thường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Khoẻ
29	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Có vẻ khoẻ
30	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Có vẻ không khoẻ
31	(GI Bình thường) ^ (Chol. cao) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Có vẻ khoẻ
32	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Có vẻ không khoẻ
33	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Không khoẻ
34	(GI Bình thường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Có vẻ không khoẻ
35	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Có vẻ không khoẻ
36	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Cân nặng thiếu cân)	Không khoẻ
37	(GI Bình thường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Cân nặng bình thường)	Khoẻ
38	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol bình thường.) ^ (Cân nặng bình thường)	Khoẻ
39	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Cân nặng bình thường)	Có vẻ không khoẻ
40	(GI Bình thường) ^ (Chol. cao) ^ (Cân nặng bình thường)	Khoẻ
41	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Cân nặng bình thường)	Có vẻ không khoẻ
42	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Cân nặng bình thường)	Có vẻ không khoẻ
43	(GI Bình thường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Cân nặng bình thường)	Có vẻ không khoẻ
44	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Cân nặng bình thường)	Có vẻ không khoẻ
45	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Cân nặng bình thường)	Không khoẻ
46	(GI Bình thường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Thừa cân)	Có vẻ khoẻ
47	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Thừa cân)	Có vẻ không khoẻ

48	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. bình thường) ^ (Thừa cân)	Có vẻ không khoẻ
49	(GI Bình thường) ^ (Chol. cao) ^ (Thừa cân)	Có vẻ không khoẻ
50	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Thừa cân)	Có vẻ không khoẻ
51	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. cao) ^ (Thừa cân)	Không khoẻ
52	(GI Bình thường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Thừa cân)	Có vẻ không khoẻ
53	(GI Tiền đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Thừa cân)	Không khoẻ
54	(GI Đái tháo đường) ^ (Chol. rất cao) ^ (Thừa cân)	Không khoẻ

Phụ lục 2: Nguồn tham khảo:

- (1) <https://bnc-medipharma.com/chi-so-tieu-duong-cua-nguoi-binh-thuong-la-bao-nhieu>
- (2) <https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/17402-pulse--heart-rate>
- (3) <https://www.bloodpressureuk.org/your-blood-pressure/how-to-lower-your-blood-pressure/monitoring-your-blood-pressure-at-home/how-to-measure-your-blood-pressure-at-home/>
- (4) [https://my.clevelandclinic.org/health/articles/11920-cholesterol-numbers-what-do-they-mean#:~:text=Your%20HDL%20\(%E2%80%9Cgood%E2%80%9D%20cholesterol,how%20to%20manage%20your%20cholesterol](https://my.clevelandclinic.org/health/articles/11920-cholesterol-numbers-what-do-they-mean#:~:text=Your%20HDL%20(%E2%80%9Cgood%E2%80%9D%20cholesterol,how%20to%20manage%20your%20cholesterol)
- (5) <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/healthy-eating/healthy-weights/canadian-guidelines-body-weight-classification-adults/quick-reference-tool-professionals.html>
- (6) <https://github.com/BrainJS/brain.js#brainjs>
- (7) Giáo trình KBS - Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông
- (8) <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/defuzzification-methods.html>