

به نام حضرت دوست



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
( پلی تکنیک تهران )

## پروژه دوم درس مبانی هوش محاسباتی

پیاده سازی سیستم خبره فازی برای تشخیص بیماری قلبی

استاد درس:

دکتر عبادزاده

بهار ۱۴۰۱

در این پروژه هدف ما طراحی یک سیستم خبره فازی برای تشخیص مبتلا بودن فرد به بیماری قلبی است.

ورودی‌های این مسئله شامل موارد زیر است:

- **درد قفسه سینه:** این ورودی میزان درد قفسه سینه را مشخص میکند. این ورودی یک ورودی **crisp** است و تنها چهار مقدار یک، دو، سه و یا چهار را دارا میشود که اگر مقدار آن یک بیانگر نوع **typical angina**، اگر مقدار آن دو بیانگر نوع **atypical angina**، اگر مقدار آن سه بیانگر **non-anginal pain** و اگر مقدار آن چهار باشد بیانگر **asymptomatic** است.
- **فشارخون:** این ورودی میزان فشار خون فرد را مشخص میکند.
- **کلسترول:** این ورودی میزان کلسترول فرد را مشخص میکند.
- **قندخون:** این ورودی میزان قندخون فرد را مشخص میکند.
- **ECG<sup>1</sup>:** یک آزمایش غیر تهاجمی است که می‌تواند ناهنجاری‌هایی از جمله آریتمی، شواهد بیماری عروق کرونر قلب، هیپرتروفی بطن چپ و بلوک‌های شاخه‌ای را تشخیص دهد.
- **بیشینه ضربان قلب:** این ورودی بیشینه ضربان قلب یک فرد در طول ۲۴ ساعت را نشان میدهد.
- **فعالیت ورزشی:** این ورودی یک ورودی **crisp** است و تنها دو مقدار صفر یا یک دارد. اگر صفر باشد یعنی فعالیت ورزشی برای فرد مناسب نیست و اگر یک باشد یعنی فعالیت ورزشی برای فرد مانعی ندارد.
- **Old peak:** این ورودی میزان افسردگی فرد را مشخص میکند.
- **مقدار تالیوم:** این ورودی میزان تالیوم (یک عنصر شیمیایی) بدن یک فرد را مشخص میکند. این ورودی نیز یک ورودی **crisp** است و تنها سه مقدار ۳ و ۶ و ۷ را میگیرد. اگر مقدار تالیوم سه باشد نرمال، اگر شش باشد متوسط و اگر ۷ باشد بالا است.
- **جنسیت:** این ورودی نیز یک ورودی **crisp** است و تنها دو مقدار صفر و یک را دارد. اگر صفر باشد یعنی بیمار مرد و اگر یک باشد یعنی بیمار زن است.
- **سن:** این ورودی سن فرد را مشخص میکند.

در نهایت خروجی مسئله مبتلا بودن یا نبودن فرد به بیماری قلبی را مشخص میکند که در ادامه جزئی‌تر توضیح داده میشود.

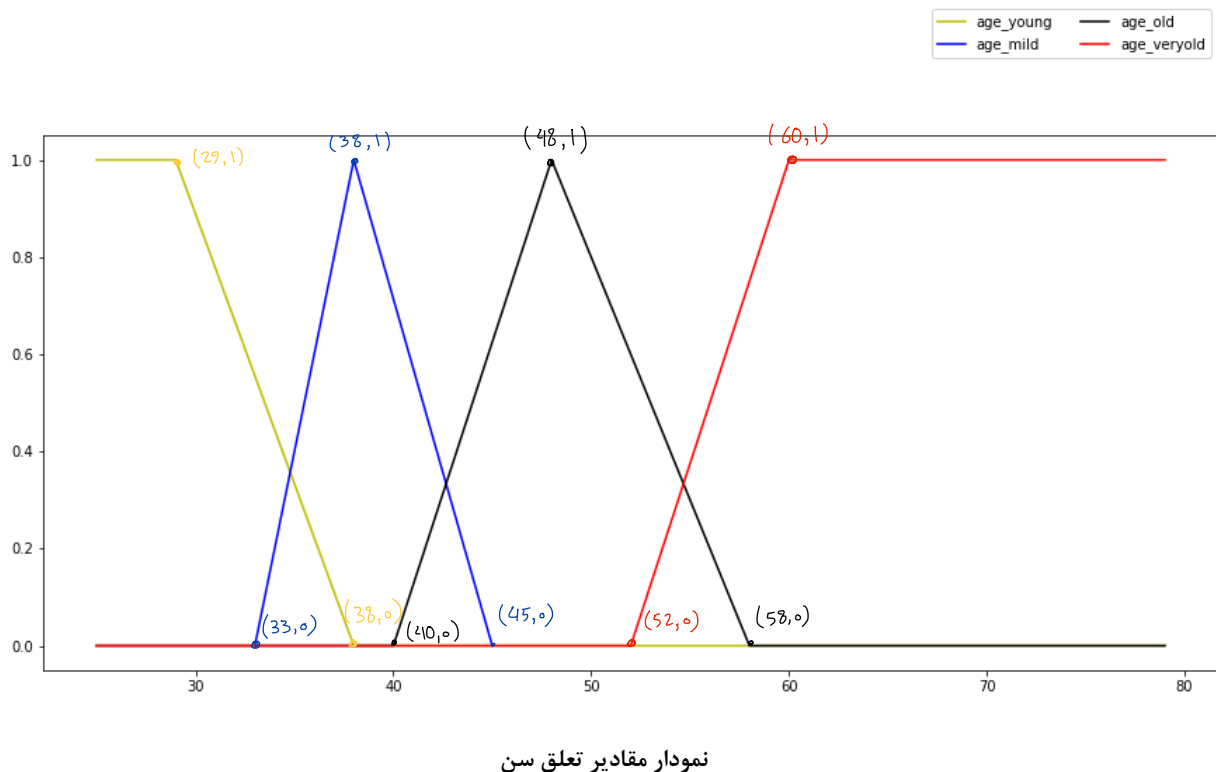
---

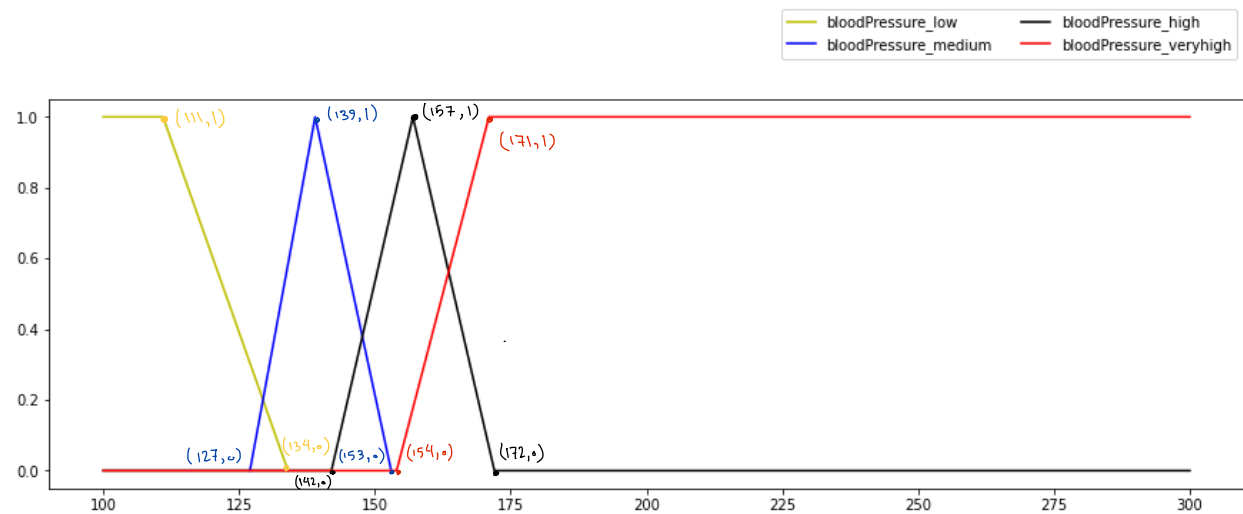
<sup>1</sup> . Resting Electrocardiography

## مرحله اول: فازی سازی ( Fuzzification )

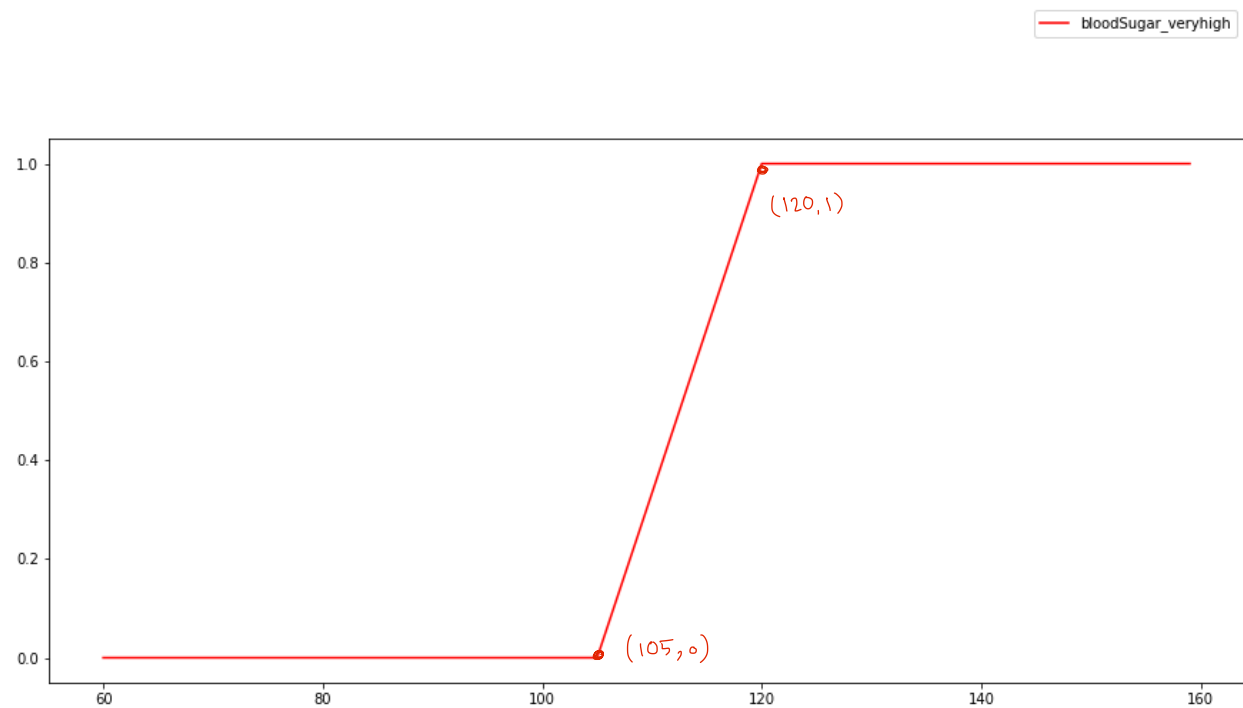
برای حل مسئله به کمک منطق فازی، لازم است مقادیر ما از حالت مطلق به فازی ( نادقیق، نسبی) تبدیل شوند. به این مرحله Fuzzification یا فازی سازی گفته میشود. به این منظور می بایست مجموعه های فازی تعریف شوند و طبق تابع تعلق میزان تعلق هر مقدار به مجموعه حساب شود. برای این منظور تابع های تعلق مجموعه های مورد نیاز در شکل های زیر آمده است: ( برای ورودی هایی نظیر فعالیت ورزشی و جنسیت و تالیوم همانطور که در بالا توضیح داده شد چون تنها مقادیر crisp را دارند نمودار داده نشده است ولی باید در انجام پروژه لحاظ شوند).

در توضیح پارامترهای ورودی، پارامترهایی که با رنگ سبز مشخص شده اند حتما باید در پیاده سازی پروژه لحاظ شوند. پارامترهایی که با رنگ قرمز مشخص شده اند امتیازی هستند و برای بالا بردن دقت میتوانید از آنها در پیاده سازی سیستم خبره فازی خود استفاده کنید.

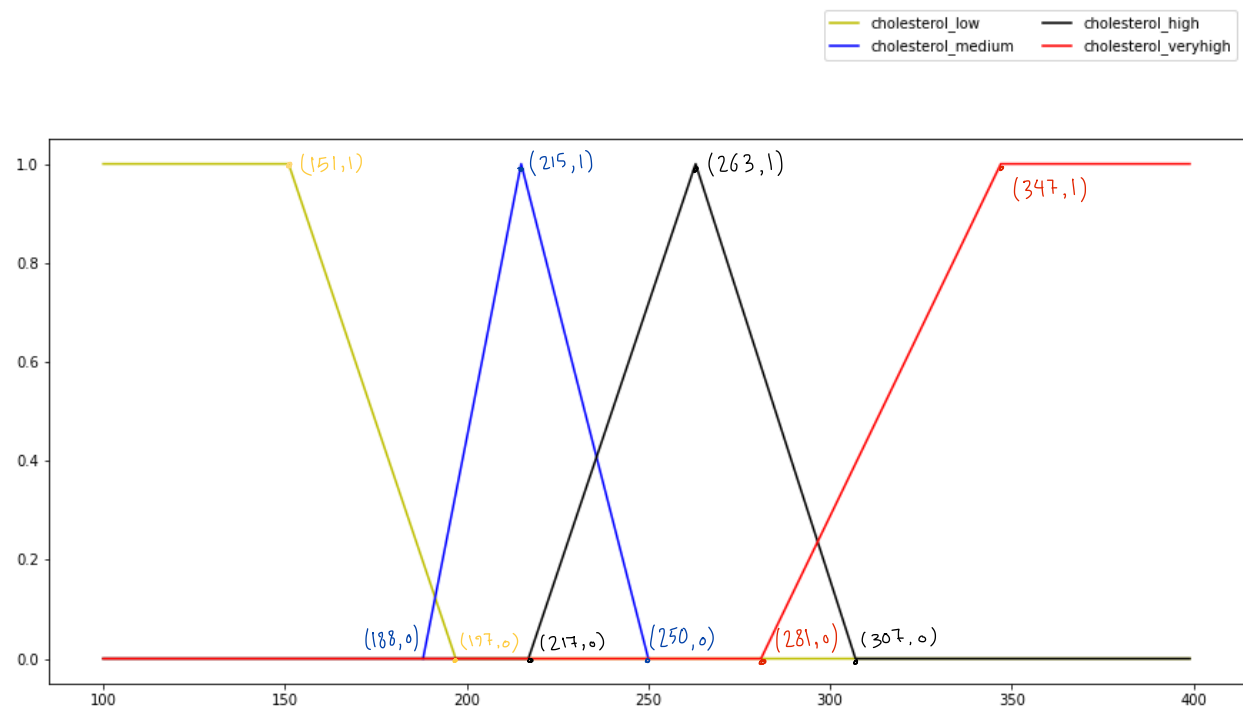




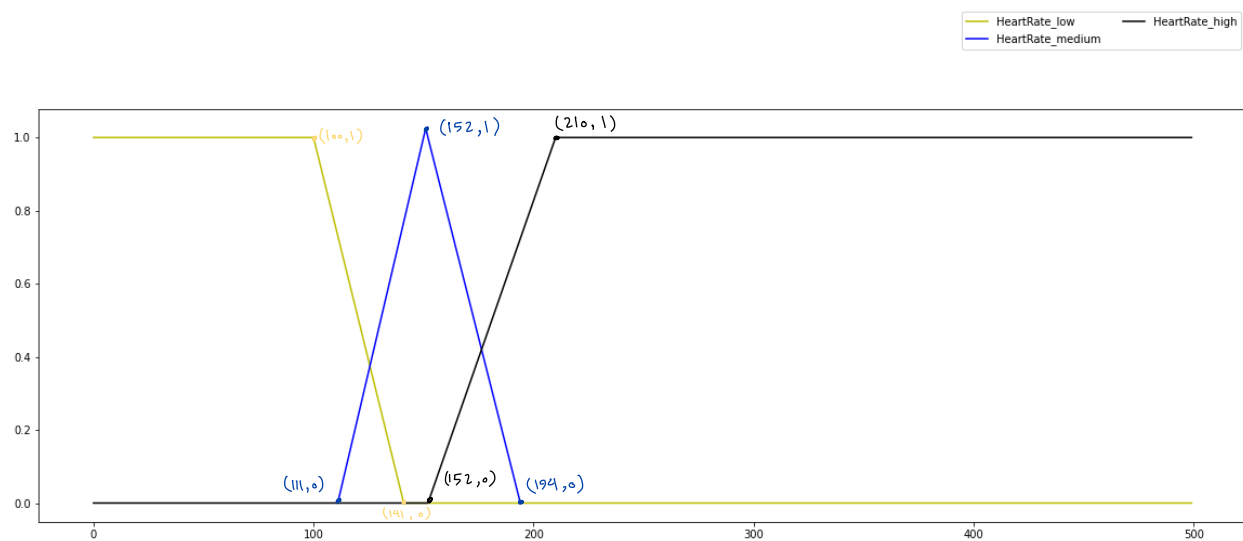
نمودار مقادیر تعلق فشار خون



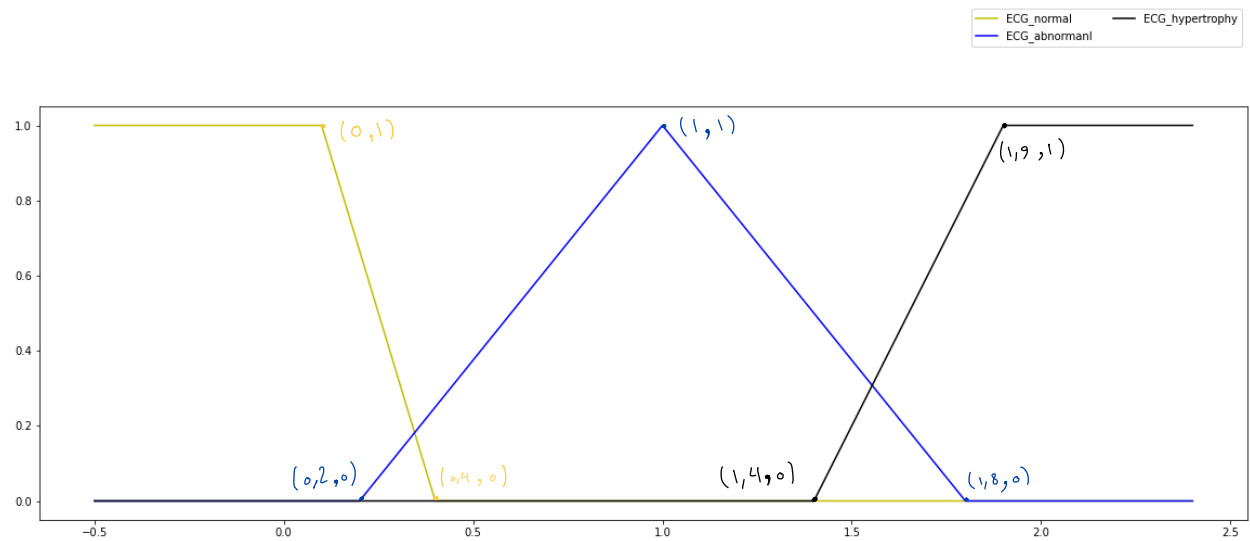
نمودار مقادیر تعلق قندخون



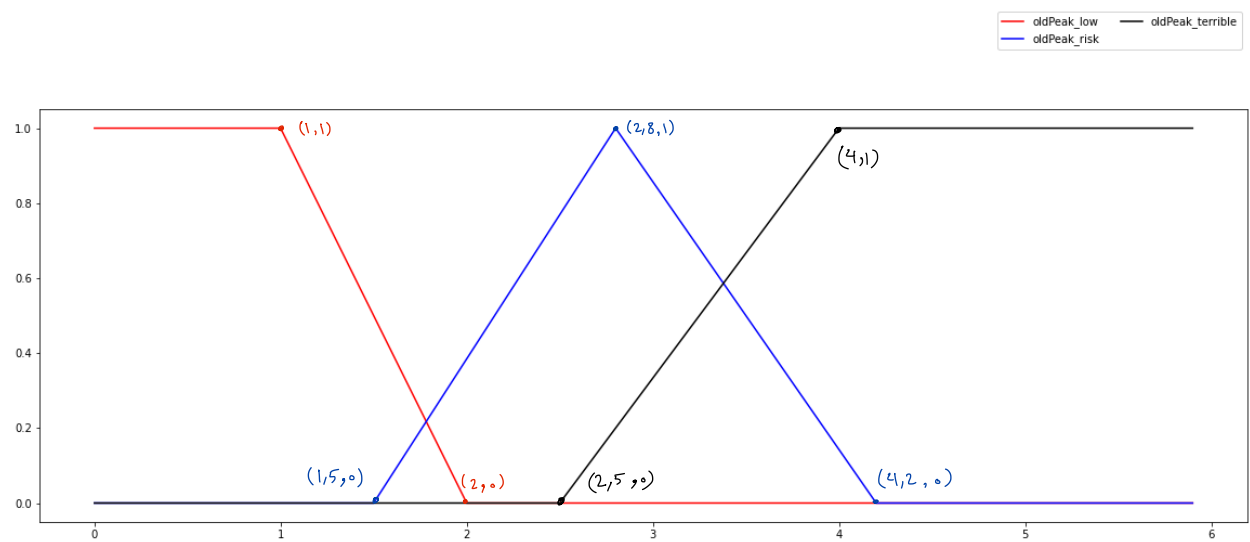
نمودار مقادیر تعلق کلسترول



نمودار مقادیر تعلق بیشینه ضربان قلب

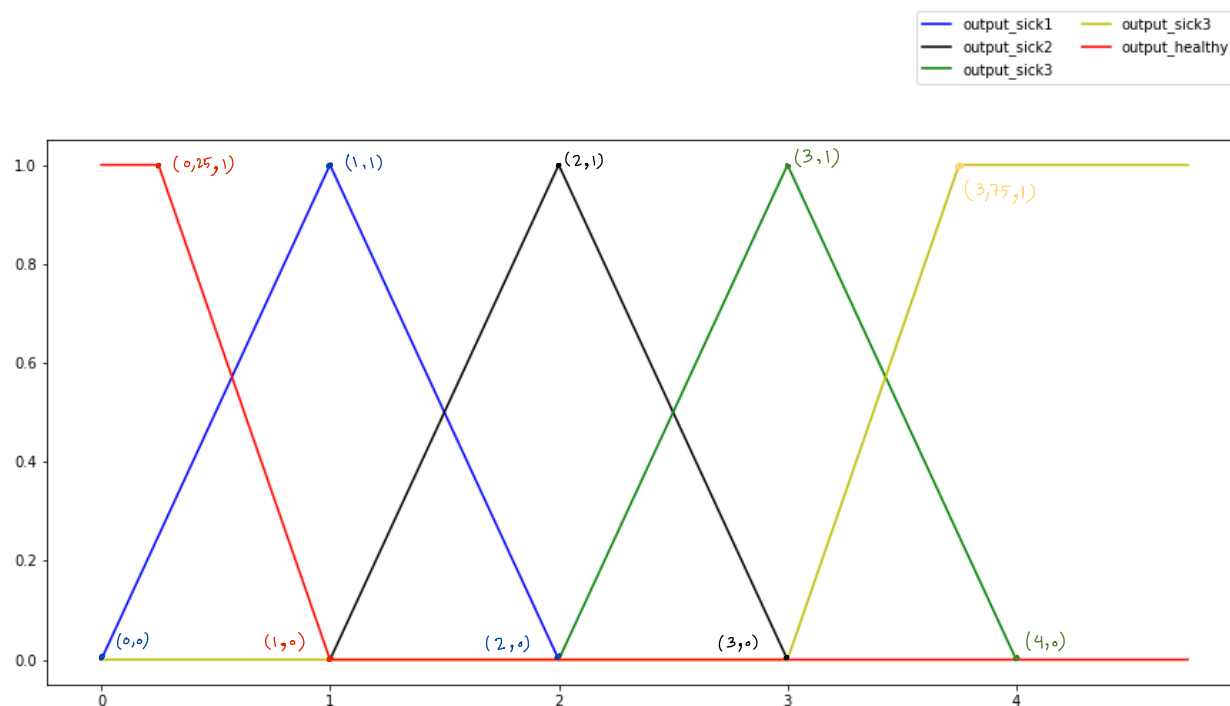


نمودار مقادیر تعلق ECG



نمودار مقادیر تعلق افسردگی

نمودار خروجی که میزان بیماری قلبی را مشخص میکند هم در شکل زیر آمده است :



نمودار مقادیر تعلق خروجی ( بیماری قلبی)

برای سادگی کار تابع‌های تعلق به صورت خطی تعریف شده‌اند و در پیاده‌سازی میبایست با توجه به شکل‌های بالا معادله خطوط را به دست آورد. بدیهی است که معادله‌های بالا معادلات ساده می‌باشند که با دو نقطه به دست می‌آیند. به عنوان مثال در نمودار فشار خون داریم :

$$\text{If } 111 \leq x \leq 134 \quad \text{membership\_function}(x) = \frac{134-x}{23}$$

$$\text{If } 127 \leq x \leq 139 \quad \text{membership\_function}(x) = \frac{x-127}{12}$$

## مرحله دوم: استنتاج ( Inference )

در مرحله بعد لازم است مقادیر فازی به دست آمده در قوانین موجود برای حل مسئله بررسی شوند. به این مرحله Inference گفته میشود. به طور مثال قوانین زیر را در نظر بگیرید:

If (age is old ) and (blood pressure is very high) then ( result is sick(s4))

این قانون میگوید اگر سن فرد بالا باشد و فشار خون بسیار بالایی داشته باشد بیماری قلبی او از نوع درجه ۴ است.

If (cholesterol is low) and ( blood pressure is low) then ( result is health)

این قانون میگوید اگر کلسترول فرد پایین است و فشار خون پایینی هم دارد فرد سالم است.

If (blood pressure is high) and ( max heart rate is medium) then (result is sick(s2))

این قانون میگوید اگر فرد فشار خون بالایی دارد و بیشینه ضربان قلب او نیز متوسط است بیماری قلبی او از نوع درجه ۲ است.

حال فرض کنید با توجه به محاسبات انجام شده در مراحل قبل مقادیر تعلق پارامترهای به کار رفته در قوانین بالا به صورت زیر است:

Age=0.6

blood pressure=0.7

cholesterol=0

max heart rate=0.5

حال اگر اعداد را در قوانین جایگذاری کنیم داریم:

If 0.6 and 0.7 then ( result is sick(s4))

If 0 and 0.7 then ( result is healthy)

If 0.7 and 0.5 then (result is sick(s2))



همانطور که میدانید در منطق فازی روش‌های مختلفی برای محاسبه عملگرهای اجتماع و اشتراک وجود دارد. در اینجا از روش ماکسیمم و مینیمم استفاده میکنیم. در نتیجه  $AND=min$  و  $OR=max$  میباشد. به کمک گفته‌های بالا عبارت‌های زیر حاصل میشود:

$$\text{Membership(sick(s4))} = \min(0.6, 0.7) = 0.6$$

$$\text{Membership(healthy)} = \min(0.6, 0) = 0$$

$$\text{Membership(sick(s2))} = \min(0.7, 0.5) = 0.5$$

به مقادیر بالا قدرت هر قاعده گفته میشود. در این حالت قاعده ۱ و ۳ تنها قاعده‌های فعال شده میباشند. این مرحله خروجی را که همان درجات مختلف بیماری است را با مقادیر تعلق متفاوت به دست می‌آورد.

قوانینی که در پروژه باید از آنها استفاده کنید در فایل `rules.fcl` آمده است. برخی قانون‌ها شامل پارامترهایی هستند که در بالا امتیازی در نظر گرفته شده‌اند. در نتیجه اگر بخش امتیازی را پیاده میکنید باید از آن قوانین استفاده کنید. استفاده از قوانینی که پارامترهای اجباری را دارا هستند در پیاده‌سازی پروژه الزامی است.

## مرحله سوم: غیرفازی‌سازی (defuzzification)

مرحله آخر Defuzzification نام دارد. در این مرحله به کمک استنتاج‌های انجام شده مجدد به دنیای مقادیر مطلق برمیگردیم تا جواب را به صورت مقدار مطلق به دست آوریم. برای غیرفازی سازی نیز روش‌های مختلفی وجود دارد که از مهم‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها روش مرکز جرم میباشد.

توجه شود در مواردی ممکن است بیش از ۲ قانون فعال شوند و ممکن است چندین مجموعه مقدار تعلق داشته باشند. در این موارد باید جواب‌های به دست آمده را با هم ترکیب کنیم. برای اینکار تمام پاسخ‌ها را با هم  $OR$  میکنیم یا به عبارتی  $Max$  خروجی تمام قواعد را به دست می‌آوریم. پس از آنکه جواب تمام قاعده‌ها را با هم ترکیب کردیم مرکز جرم شکل حاصل شده را به دست می‌آوریم.

در مثال بالا خروجی به شکل زیر است :



در محاسبه مرکز جرم استفاده از هر کتابخانه‌ای و یا هر روشی مجاز می‌باشد. پیشنهاد ما استفاده از فرمول اصلی مرکز جرم و محاسبه آن به صورت انتگرالی می‌باشد. زیرا که ممکن است شکل‌های تودرتو ایجاد شود و در چنین مواردی می‌بایست تابع خروجی را به صورت قطعه قطعه درآورد و از هر قطعه انتگرال را حساب کرد. از آنجایی که توابع تعلق همگی به صورت خطی هستند انتگرال فوق به کمک فرمول‌های انتگرال قابل محاسبه خواهد بود. گرچه استفاده از روش عددی و یا استفاده از کتابخانه‌های موجود بلامانع می‌باشد.

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{\bar{C}}(x_i) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n \mu_{\bar{C}}(x_i)}$$

## نحوه انجام پروژه

برای نصب نیازمندی ها و کتابخانه های استفاده شده ابتدا وارد دایرکتوری اصلی شده و سپس با استفاده از دستور `pip install -r requirements.txt` اقدام به نصب نیازمندی ها بکنید. ساختار پروژه نیز به صورت زیر است:

📁 PR2/

├── 📄 app.py

├── 📄 defuzzification.py

├── 📄 final\_result.py

├── 📄 fuzzification.py

├── 📄 inference.py

├── 📄 requirements.txt

├── 📁 static/

├── 📁 css/

├── 📁 font/

└── 📁 image/

└── 📁 templates/

در فایل `app.py` سرور روی پورت 8448 ران شده است و شما نباید این فایل را تغییر دهید.

سه فایل `fuzzification.py`, `inference.py`, `defuzzification.py` برای زدن کدهای مربوط به این سه قسمت قرار داده شده که شما باید کدهای مربوط به هر بخش را برای تمیزتر شدن کد و افزایش خوانایی در همان فایل قرار دهید.

همچنین در فایل `final_result.py` در متد `get_final_result` در ورودی آن دیکشنری ای از پارامترهای موجود در مسئله به شما داده میشود و شما باید از این دیکشنری استفاده کنید.

همچنین در آخر باید نتیجه نهایی (وضعیت سلامتی) که باید از تایپ string باشد را در متد `get_final_result` باید return کنید.

دقت شود که در gui داده شده مقدار تالیوم میتواند به مقادیری غیر از ۳ و ۶ و ۷ نیز تنظیم شود ولی شما حتما باید یکی از مقادیر ۳ و ۶ و ۷ را به عنوان ورودی تالیوم بدهید وگرنه عدد خروجی نادرست میشود.

- هرگونه کپی کردن باعث عدم تعلق نمره به تمامی افراد مشارکت کننده در آن میشود.
- آخرین مهلت ارسال این پروژه ساعت ۲۳:۵۵ روز جمعه ۱۳ خرداد میباشد.
- استفاده از کتابخانه‌های مربوط به منطق به فازی در هیچ یک از فازهای پروژه به جز موارد گفته شده (مانند انتگرال یا محاسبه مرکز جرم) مجاز **نمیشود**.
- همچنین شما میبایست گزارشی کوتاه و یک صفحه‌ای راجع به پروژه و عملکرد سیستم همراه با عکس خروجی تحویل دهید.
- در صورت هرگونه سوال یا مشکل با تدریس‌یاران درس از طریق ایمیل در ارتباط باشید:  
`ci.1401.spring@gmail.com`

موفق باشید- تیم تدریس‌یاری مبانی هوش محاسباتی