



۱. (۱۵٪) [تولید عملگرهای فازی] برای تابع مولد صعودی زیر، مکمل و t-conorm معادل آن را بدست آورید. نمودار این دو عملگر را به ازای چند مقدار مختلف  $\beta$  (حداقل ۱۰ مقدار) رسم کنید. برای این کار می‌توانید از کتابخانه‌های رسم نمودار مانند matplotlib در پایتون و یا معادل آن در متلب استفاده کنید.

$$g(a) = \frac{\ln(1 + a\beta)}{\ln(1 + \beta)}$$

۲. (۲۰٪) [محاسبات فازی] برای دو عدد فازی که با توابع عضویت زیر مشخص شده‌اند، مقادیر B-A و A.B را بدست آورید.

$$A(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{2} & 3 < x \leq 5 \\ 6-x & 5 < x \leq 6 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

$$B(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{4-x} & 1 < x \leq 2 \\ \frac{2}{2} & 2 < x \leq 4 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

۳. (۵٪) [پژوهش: Neuro-Fuzzy] به سوالات زیر پاسخ دهید.

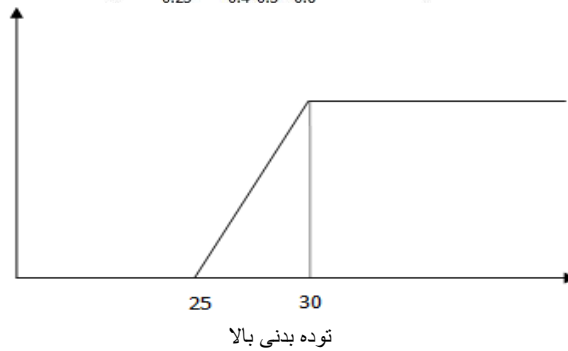
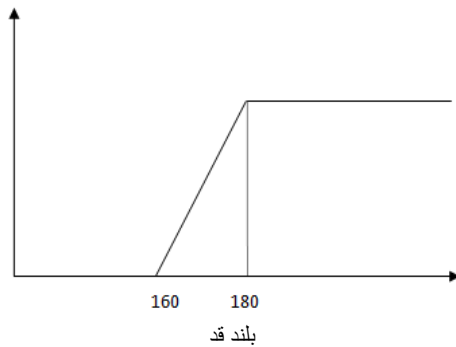
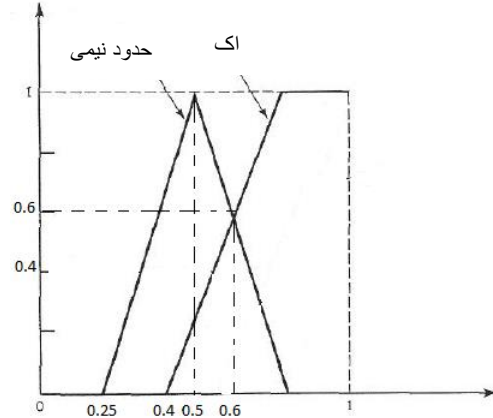
- الف) سیستم نروفازی چیست؟ این سیستم چه مزایا و معایبی دارد؟ روش کار این سیستم را بیان کنید.  
ب) سه مورد از انواع سیستم‌های نروفازی در دنیای واقعی را مثال بزنید.

۴. (۲۰٪) [گزاره فازی] در یک کلاس با ۶ دانشجو، قد و شاخص توده بدنی آنها مطابق جدول زیر است. با توجه به نمودارهای داده شده، میزان درستی گزاره‌های زیر را محاسبه کنید.

- الف) حدود نیمی از دانشجویان بلند قد، شاخص توده بدنی بالایی دارند  
ب) اکثر دانشجویان با توده بدنی بالا، بلند قد هستند



دانشجو	قد	توده بدنی
S1	180	27
S2	170	26
S3	160	30
S4	185	28
S5	150	27
S6	190	24



۵. (۲۵٪) [استنتاج فازی] فرض کنید یک دستگاه الکترونیکی داریم و می‌خواهیم ضرر احتمالی (POTENTIAL OPERATIONAL LOSS) آن را با توجه به ویژگی‌هایش بررسی کنیم. این ویژگی‌ها عبارتند از:

عمر فناوری سخت‌افزار (HARDWARE TECHNOLOGICAL AGE)

عمر فناوری نرم‌افزار (SOFTWARE TECHNOLOGICAL AGE)

خطاهای نرم‌افزاری (SOFTWARE ERRORS)

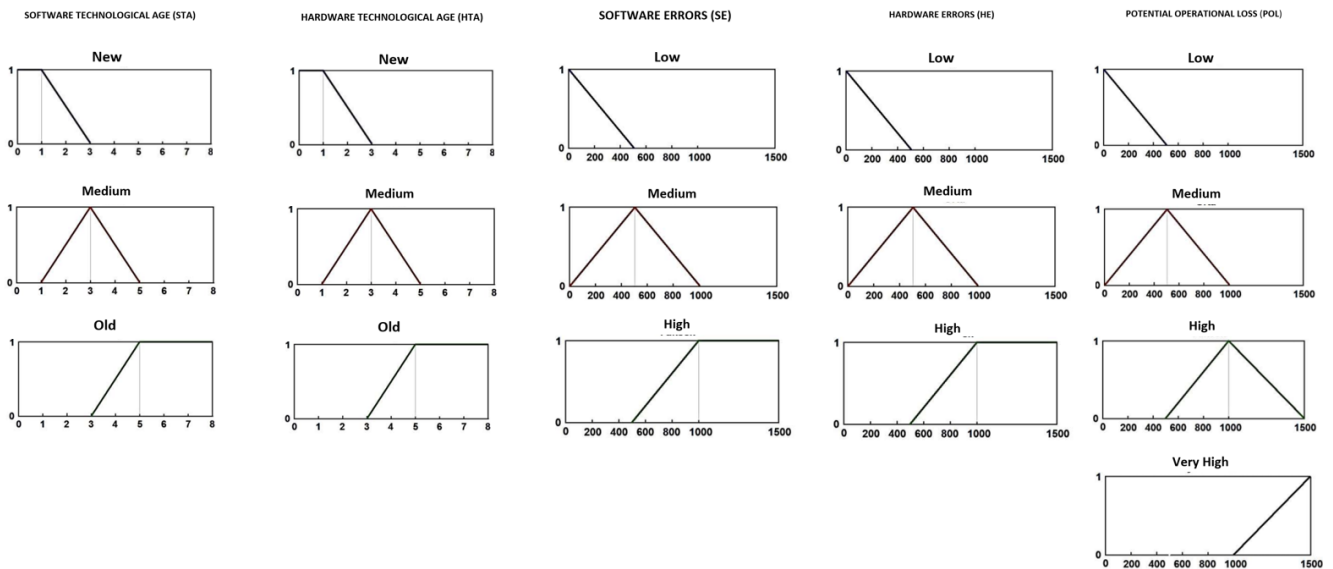
خطاهای سخت‌افزاری (HARDWARE ERRORS)

در ادامه توابع عضویت برای هر کدام از ویژگی‌ها رسم شده است. تابع عضویت خروجی را به ازای ورودی زیر بدست آورید و با استفاده از روش غیرفازی کننده center-of-area آن را به مقدار کریسپ تبدیل کنید (ورودی‌ها به ترتیب از چپ به راست در نظر گرفته شود).

$$(x_1, x_2, x_3, x_4) = (4.5, 2, 52, 50)$$



- ۱) Rule: IF STA is **New** OR HTA is **New** AND SE is **Low** OR HE is **Medium** THEN POL is **Low**  
 ۲) Rule: IF STA is **Old** AND HTA is **Medium** AND SE is **High** OR HE is **Medium** THEN POL is **Medium**  
 ۳) Rule: IF STA is **Old** OR HTA is **Medium** AND SE is **High** AND HE is **Medium** THEN POL is **High**



۶. (۱۵٪) [کنترل گر فازی] در این قسمت قصد داریم یکی از متداول ترین کنترل گره های فازی یعنی کنترل گر سوگنو را برای حل مسئله ای فازی استفاده کنیم. قوانین Takagi-Sugeno زیر را در نظر بگیرید:

- 1) If  $x$  is  $A_1$  and  $y$  is  $B_1$  then  $z_1 = x + y + 1$
- 2) If  $x$  is  $A_2$  and  $y$  is  $B_1$  then  $z_2 = 2x + y + 1$
- 3) If  $x$  is  $A_1$  and  $y$  is  $B_2$  then  $z_3 = 2x + 3y$
- 4) If  $x$  is  $A_2$  and  $y$  is  $B_2$  then  $z_4 = 2x + 5$

بر اساس مقادیر فازی زیر مقدار خروجی  $Z$  را برای مقدار  $x=1$  و  $y=4$  محاسبه کنید.



$$A_1 = \{0.1/1, 0.6/2, 1/3\}, \quad A_2 = \{0.9/1, 0.4/2, 0/3\},$$

$$B_1 = \{1/4, 1/5, 0.3/6\}, \quad B_2 = \{0.1/4, 0.9/5, 1/6\}.$$

۷. (۳۰٪ اضافی) [پایاده‌سازی-امتیازی] هدف از این سوال پایاده‌سازی شبکه عصبی عمیق فازی ترکیبی (HFDNN) برای طبقه‌بندی مسئله‌ای با شش کلاس می‌باشد. مجموعه داده ورودی و خروجی برای HFDNN به ترتیب در فایل‌های input\_a2.mat و label.mat آورده شده است. برای مثال اندازه نمونه ورودی ۷۲ می‌باشد و در مجموع ۷۲۰ نمونه در مجموعه داده‌های ورودی وجود دارد. می‌توانید نمونه‌های آموزش و آزمون را با استفاده از روش اعتبارسنجی (۷۰٪ آموزش، ۱۰٪ اعتبارسنجی و ۲۰٪ تست) تقسیم کنید. معماری HFDNN در شکل زیر نشان داده شده است که دارای لایه‌های پنهان شبکه عصبی، عضویت فازی و قانون فازی و یک لایه همجوشی است. توضیحات معماری HFDNN در مرجع ([A Hierarchical Fused Fuzzy Deep Neural Network for Data Classification](#)) آورده شده است. دقت این معماری را ارزیابی کنید (پکیج‌هایی مانند keras, tensorflow, pytorch غیر مجاز هستند) برای درک شبکه عصبی عمیق فازی ترکیبی، لطفا مقاله را بررسی کنید.

