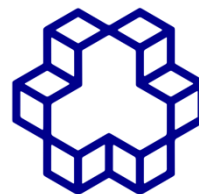


به نام خدا



گروه پژوهشی ایک

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
دانشکده برق



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مبانی سیستم های هوشمند

گزارش کار مینی پروژه ۳

پارسا رشتیان

۴۰۰۱۰۸۲۳

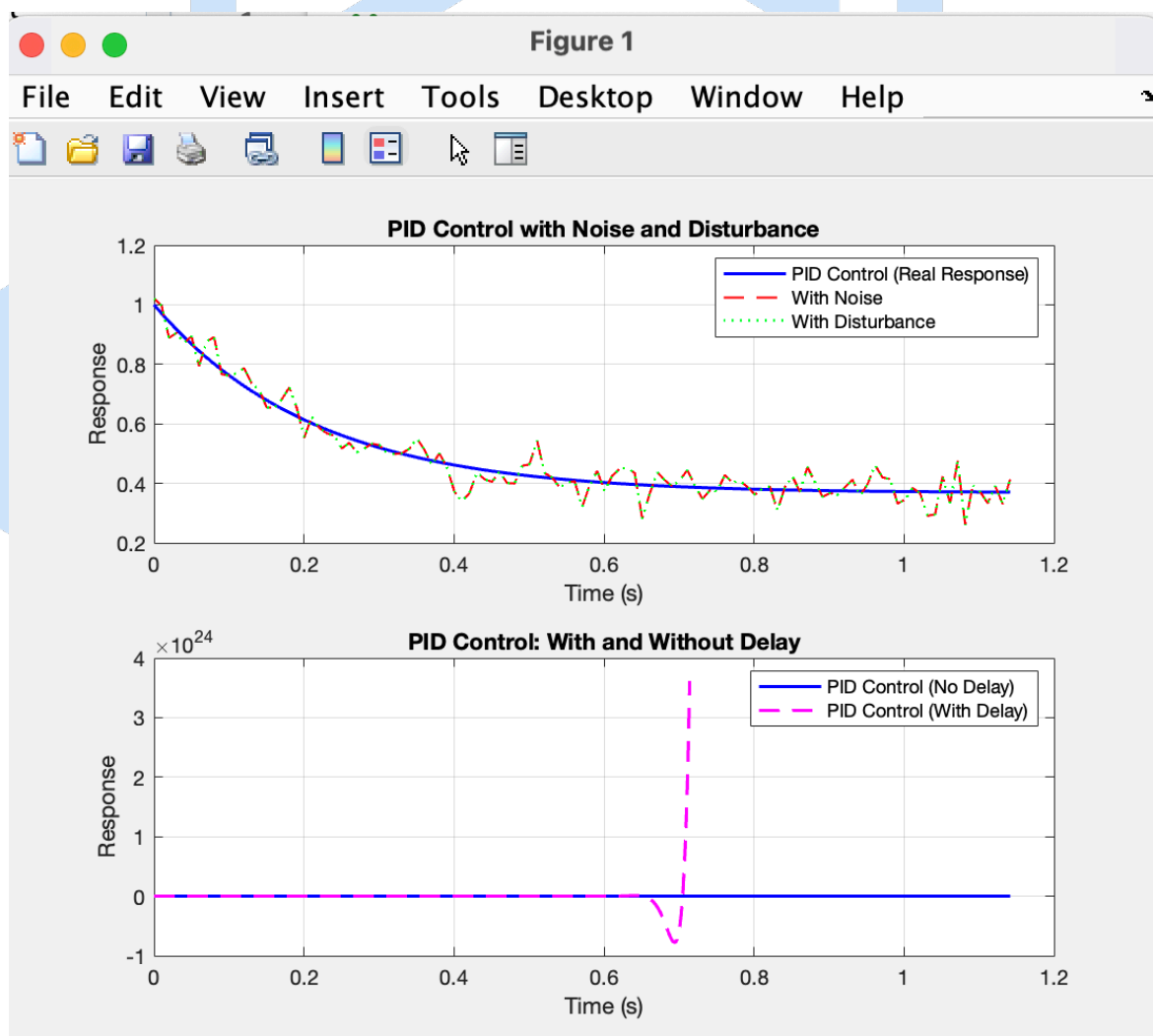
استاد : آقای دکتر مهدی علیاری

بهمن ۱۴۰۳

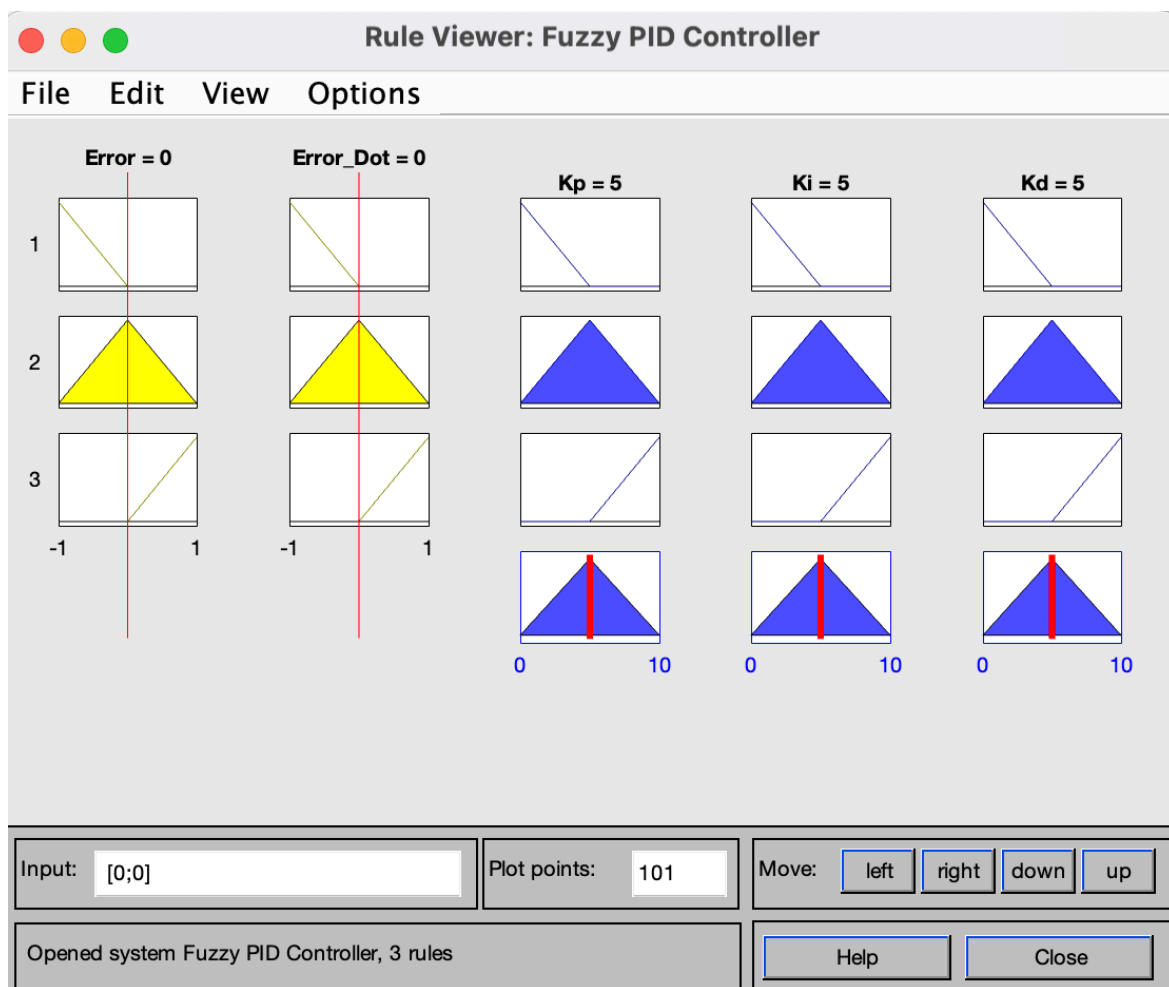
**سوال ۱ :** با نگاهی به تابع تبدیل داده شده می‌توانیم دریافت کنیم که این تابع نوسان‌پذیر نیست. لذا روش زیگلر-نیکلز بر اساس نوسان نهایی مناسب نیست اما ما به صورت فرضی بهره بحرانی و دوره نوسان بحرانی در نظر می‌گیریم تا بتوانیم مسئله‌مان را حل کنیم.

$$K_P = 0.6 \times K_{P-crit} / K_i = \frac{1.2 \times K_{P-crit}}{T_{crit}} / K_d = 0.75 \times K_{P-crit} \times T_{crit}$$

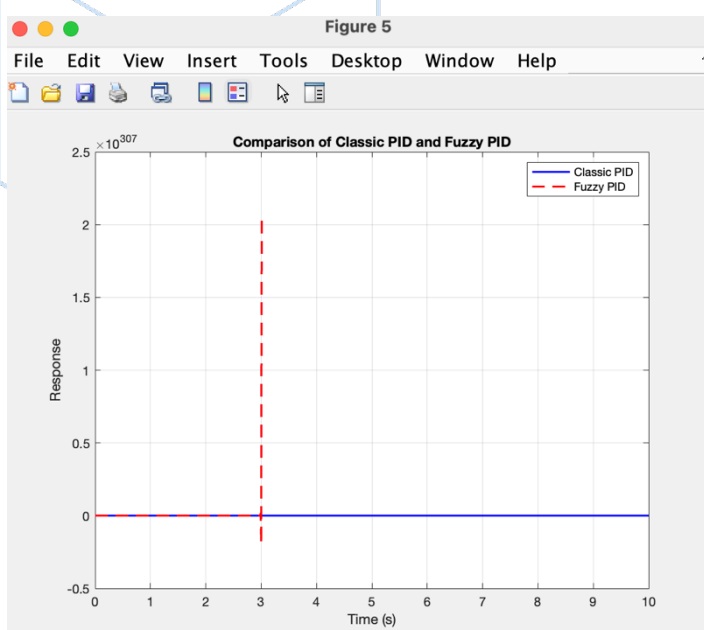
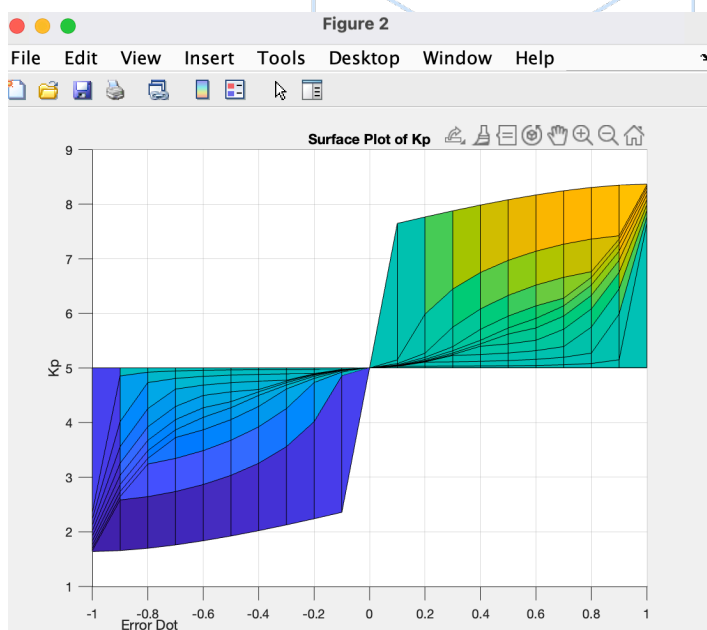
کنترل‌کننده‌ی طراحی‌شده با کمک روش زیگلر نیکلز:



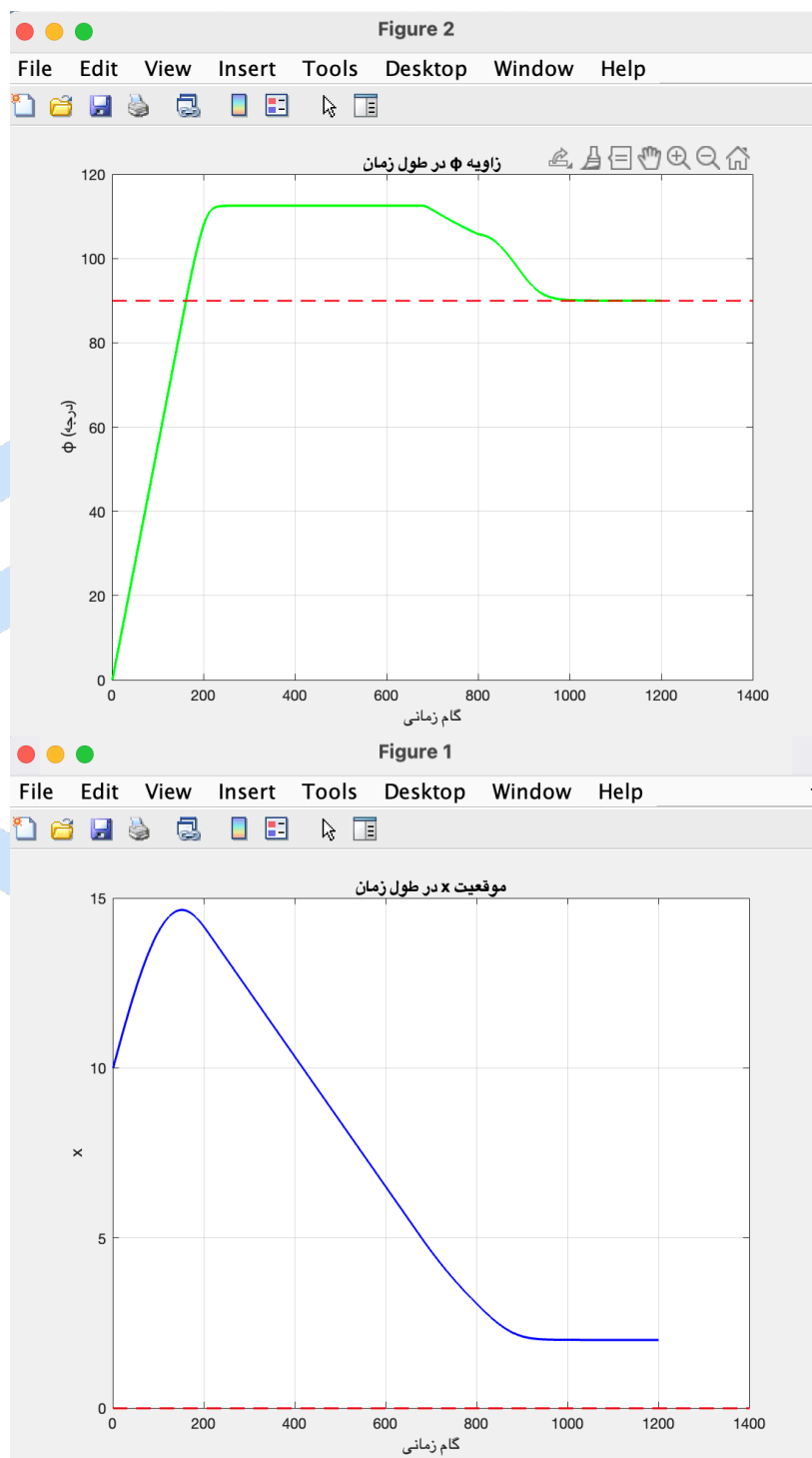
## کنترل کننده‌ی فازی طراحی شده و ممبرشیپ فانکشن‌ها:



همچنین نتایج:



**سوال ۲:** دو شکل زیر که به ترتیب نشان‌دهنده‌ی زاویه خودرو و موقعیت خودرو (X) بر حسب زمان هستند نشان می‌دهند که کنترل‌کننده‌ی فازی در نهایت ما را به نتیجه‌ی مطلوب رسانده‌است. اگرچه در شکل اول دیده می‌شود که نخست زاویه به ۹۰ درجه رسیده و حتی آن را رد می‌کند اما با گذر زمان کنترل‌کننده‌ی فازی جبران می‌کند و به نتیجه‌ی مورد نظر بازمی‌گردد. همچنین در موقعیت مکانی اتفاقی مشابه رخ داده‌است که به وضوح قابل مشاهده‌است.



### سوال ۳:

دیتای اول که ball and beam نام دارد یک سیستم siso است. این مدل برای کنترل غیرخطی

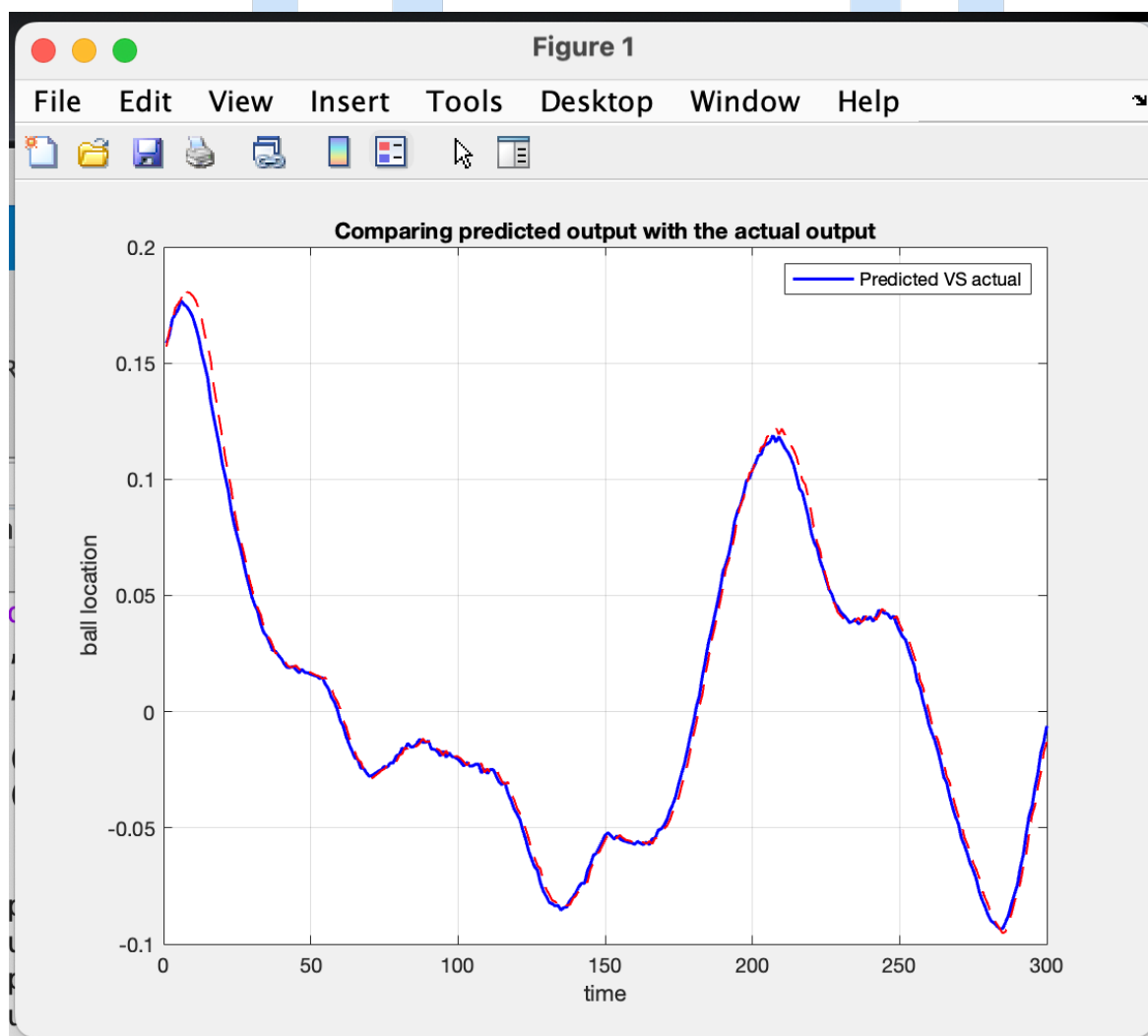
طراحی شده است. ورودی: زاویه تیر - خروجی: موقعیت توپ

تعداد سمپل ها: ۱۰۰۰

دوره زمانی نمونه برداری: هر ۰.۱ ثانیه یک نمونه

هدف: کنترل موقعیت توپ روی یک تیر که با تغییر زاویه موقعیت توپ به طور غیر خطی تغییر می کند.

با کمک یک سیستم ANFIS سیستم غیر خطی شناسایی شده و در ادامه نمودار مقایسه‌ی سیستم غیر خطی اول با نمودار پیش‌بینی شده توسط سیستم فازی:



سیستم دوم (mimo) مربوط به یک مدل مولد بخار است. داده‌های مورد نظر به تحلیل و شبیه‌سازی رفتار یک مولد بخار می‌پردازند و شامل چهار ورودی و چهار خروجی هستند. این مدل هم برای کنترل غیر خطی طراحی شده است.

ورودی‌ها:

- u1 نشان دهنده میزان سوخت مورد استفاده در مولد بخار (نرمالایز شده بین ۰ و ۱)
- u2 میزان هوای تزریقی به فرآیند (نرمالایز شده بین ۰ و ۱)
- u3 سطح مرج (در واحد اینچ)
- u4 اغتشاشات یا بار اضافی یا تغییرات ناگهانی که ممکن است بر عملکرد تاثیر بگذارد.

خروجی‌ها:

- Y1 فشار داخل درام مولد بخار (PSI)
- Y2 میزان اکسیژن اضافی در گازهای خروجی نشان‌دهنده کیفیت احتراق و عملکرد مولد بخار
- Y3 سطح آب که باید در محدوده خاصی قرار گیرد،
- Y4 جریان بخار (در واحد کیلوگرم بر ثانیه) نشان‌دهنده میزان بخاری که از مولد بخار خارج می‌شود

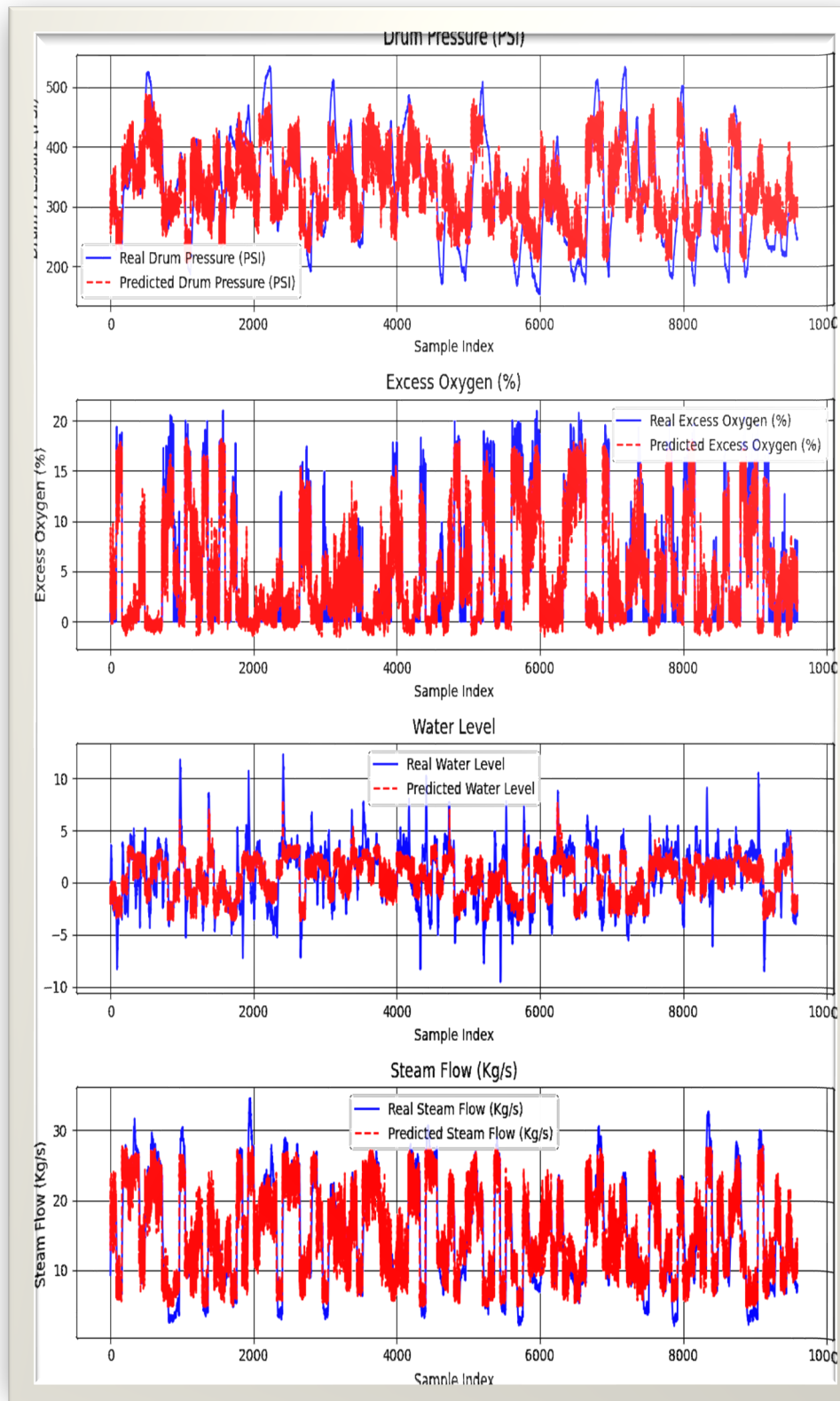
تعداد سمپل‌ها: ۹۶۰۰ سمپل

دوره زمانی نمونه برداری: هر ۳ ثانیه یک نمونه

هدف: شبیه‌سازی و تشخیص رفتار سیستم مولد بخار در مواجهه با شرایط مختلف. پیش‌بینی و شبیه‌سازی پاسخ سیستم به ورودی‌ها و شرایط مختلف (همانند سوخت و هوای متفاوت و اغتشاشات). با استفاده از یک سیستم فازی می‌توانیم عملکرد بهینه‌ی این سیستم را پیش‌بینی کنیم.

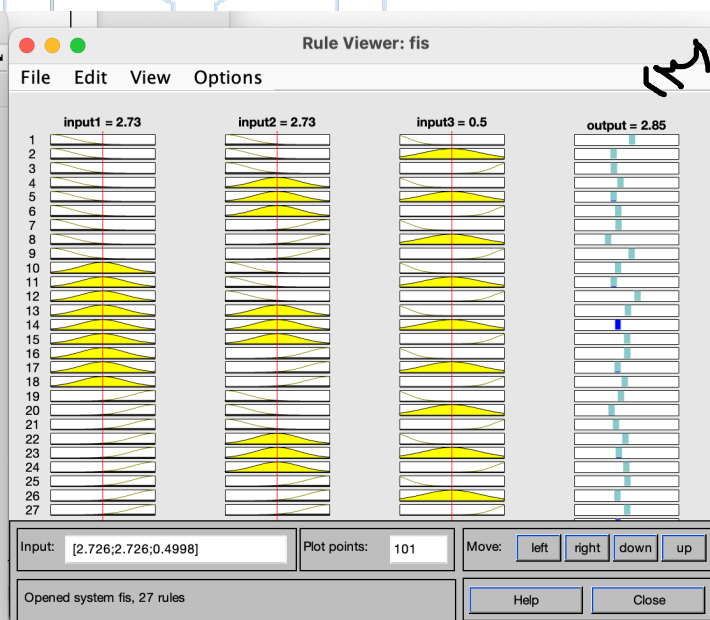
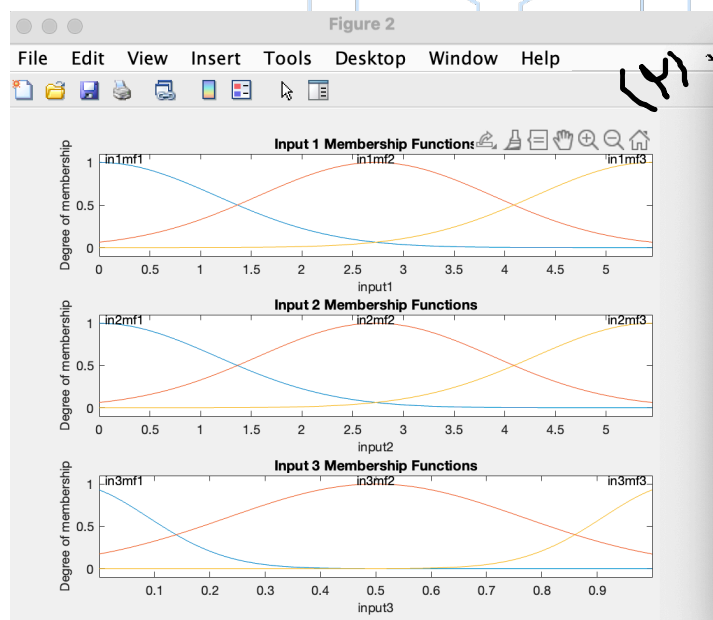
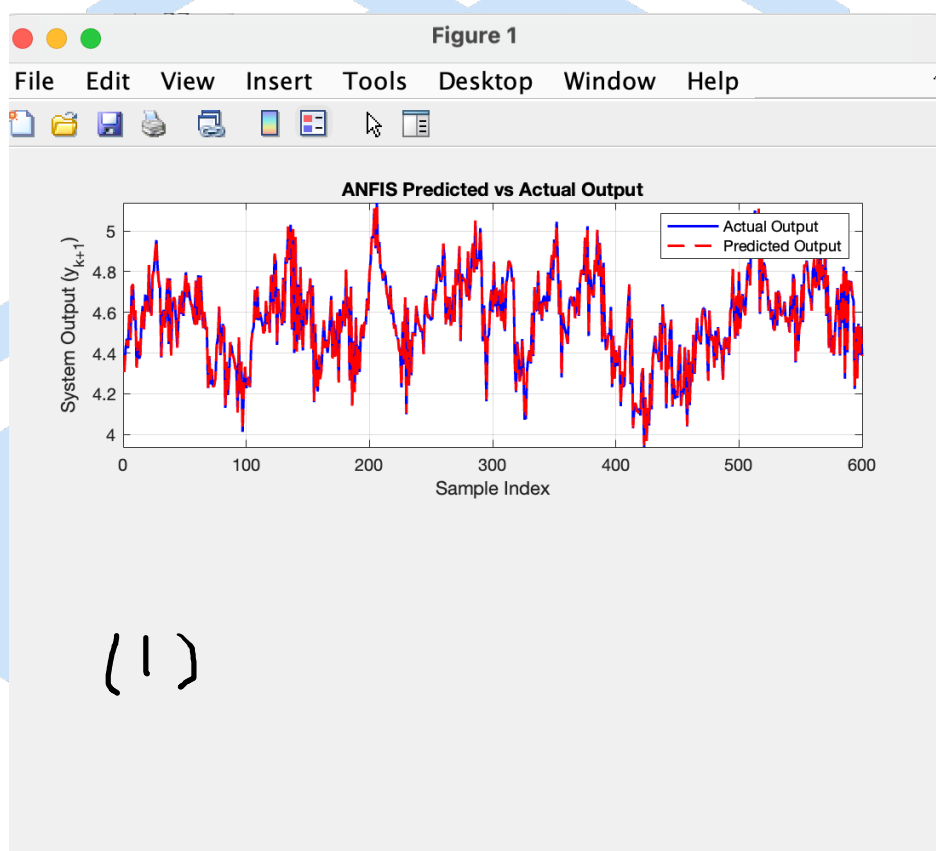
در ادامه و در صفحه‌ی بعد خروجی پیش‌بینی شده متناظر با هر خروجی و مقدار اصلی آن آورده شده.

در نمودار های زیر  
دقت نسبتا مناسب مدل  
مشاهده می شود.



#### سوال ۴:

- شکل اول نمودار پیش‌بینی شده توسط ANFIS را با مقادیر واقعی مقایسه می‌کند.
- در شکل دوم و سوم ممبرشیپ فانکشن‌ها و قوانین سیستم فازی به نمایش گذاشته شده است.
- همچنین در ادامه خطای سیستم را با چند روش محاسبه کردم و همچنین پارامترهای سیستم فازی ادپتیو را آورده‌ام که مشاهده خواهید کرد.





Minimal training RMSE = 0.00544071

Minimal checking RMSE = 0.0058191

Mean Squared Error (MSE): 3.3862e-05

R-squared ( $R^2$ ): 0.99923

Trained FIS Parameters:

**Name = fis**

**Type = sugeno**

**NumInputs = 3**

**InLabels =**

**input1**

**input2**

**input3**

**NumOutputs = 1**

**OutLabels =**

**output**

**NumRules = 27**

**AndMethod = prod**

**OrMethod = max**

**ImpMethod = prod**

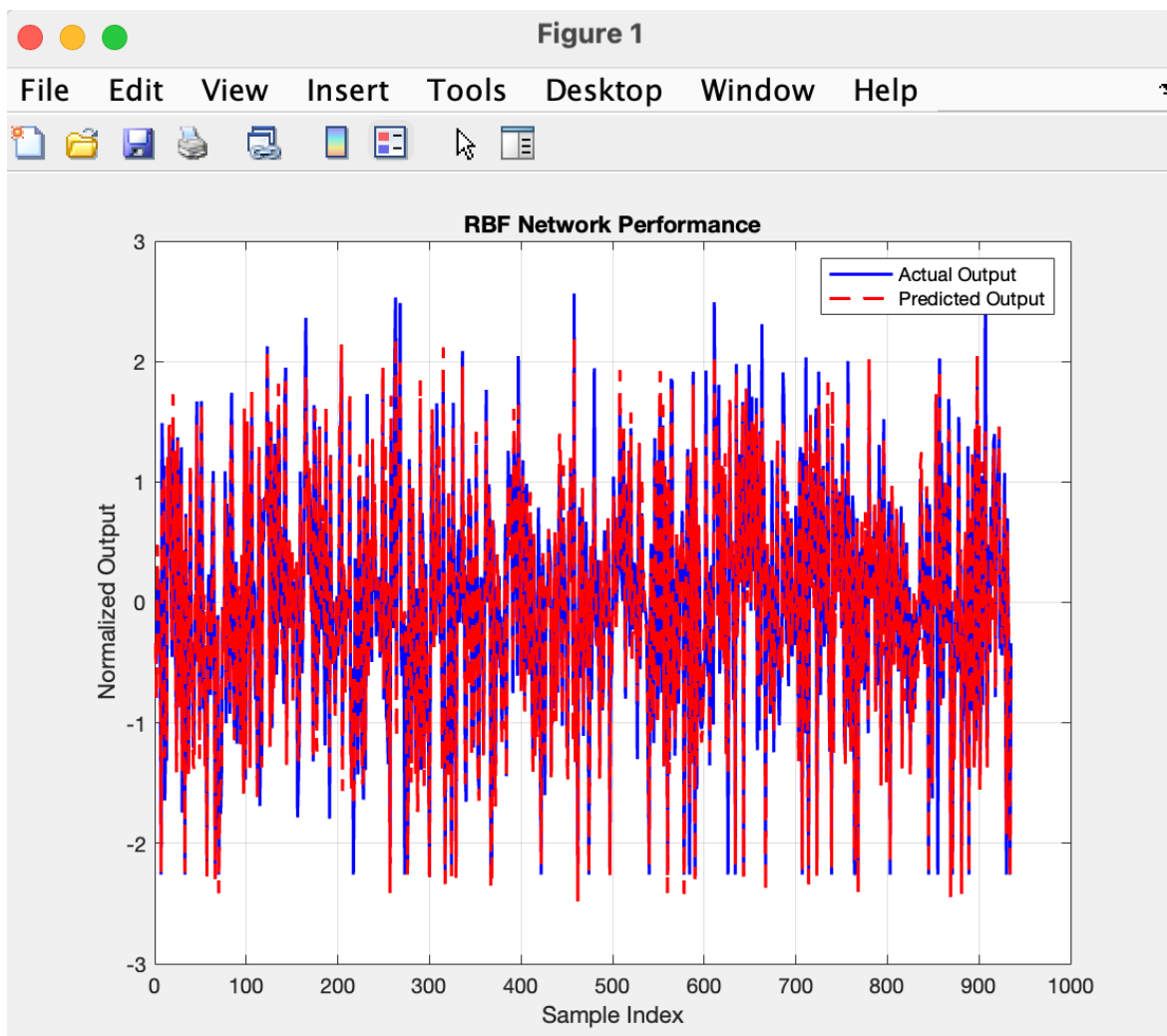
**AggMethod = sum**

**DefuzzMethod = wtaver**

سوال ۵:

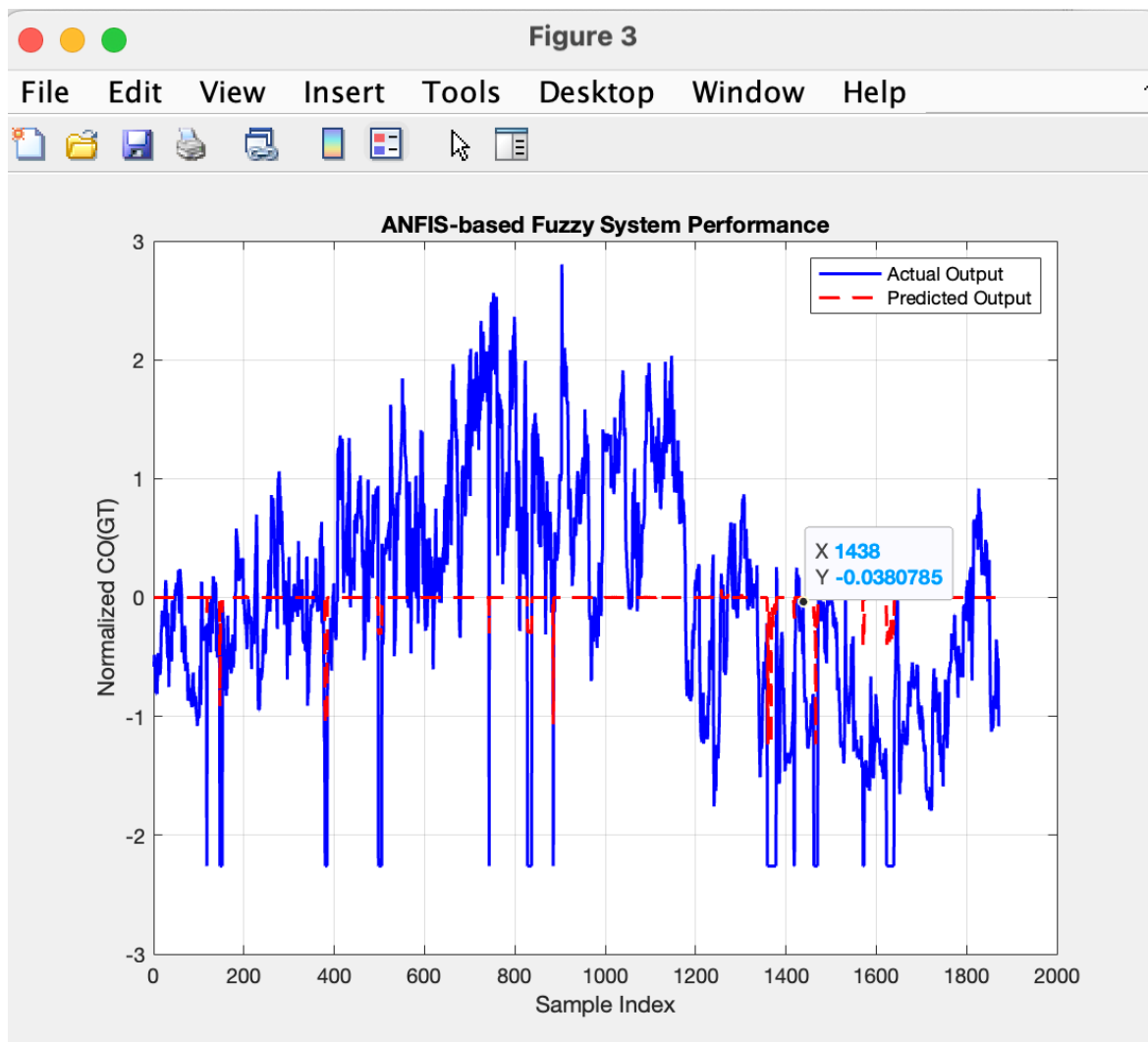
عملکرد *rbf*:

**RBF Test MSE: 0.061885**



با سیستم فازی حتی با ۱۰۰۰ Epoch هم به نتیجه‌ی مطلوبی نرسیدم. نتایج را پایین می‌آورم.

**Test MSE: 0.959715**



می‌توانیم نتیجه بگیریم به علت پیچیدگی زیاد داده‌ها و روابط بین آن‌ها rbf عملکرد بهتری نسبت به فازی داشته و فازی نتوانست الگو و روابط را به طور مطلوبی تشخیص دهد. همانطور که می‌دانیم rbf قابلیت خوبی در شناخت و پیش‌بینی مدل‌های پیچیده تر دارد که اینجا هم این قضیه را مشاهده کردیم. در نهایت در نتیجه، به دلیل ساختار ساده‌تر، انتخاب مراکز با K-Means، و استفاده از روش حداقل مربعات برای بهینه‌سازی، RBF در داده‌های پیچیده‌ای مثل دیتای این سوال عملکرد بهتری از ANFIS نشان می‌دهد.

با تشکر از توجه شما.

به پایان آمد این دفتر / حکایت همچنان باقی‌ست.