



# گزارش کار آزمایشگاه هوش محاسباتی

پاییز ۱۳۹۹

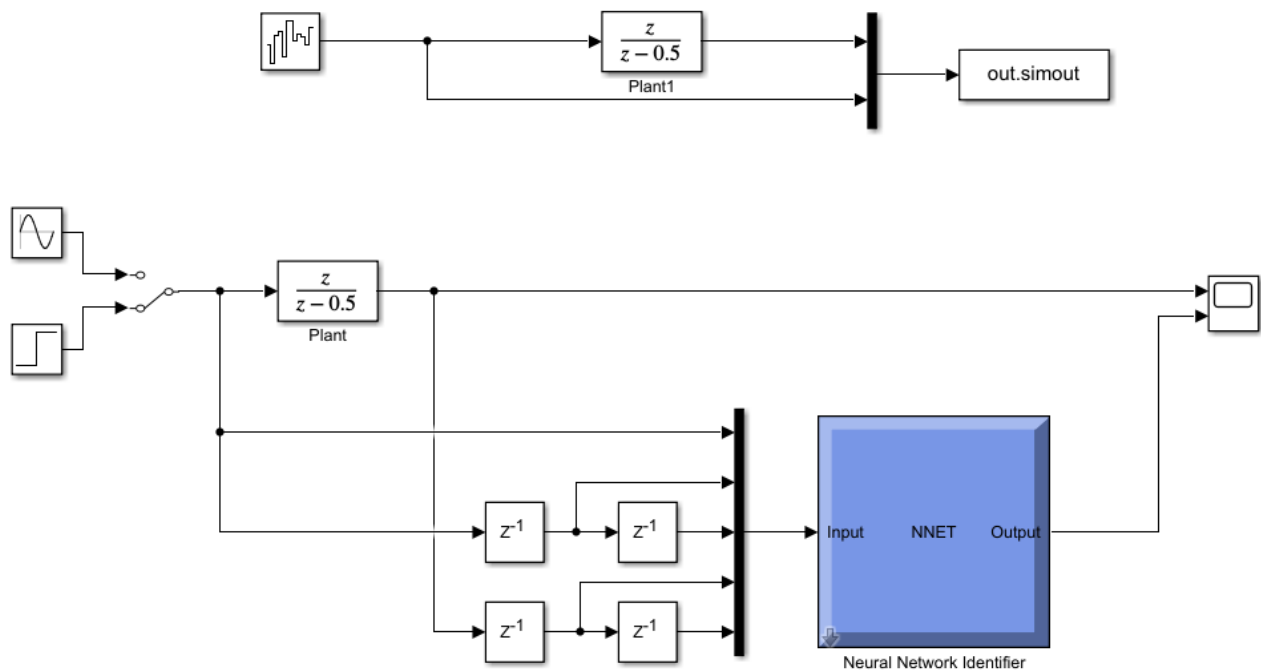
## آزمایش هفتم: شناسایی به کمک شبکه عصبی

سید محمد صالح میرزا طباطبایی (۹۶۲۳۱۰۵)

### گزارش آزمایش :

در این آزمایش قصد داریم با استفاده از شبکه های عصبی به شناسایی یک سیستم با تابع تبدیل مجهول بپردازیم. فرض کنیم تابع تبدیل سیستم به صورت زیر باشد:

$$G(z) = \frac{z}{z + 0.5}$$

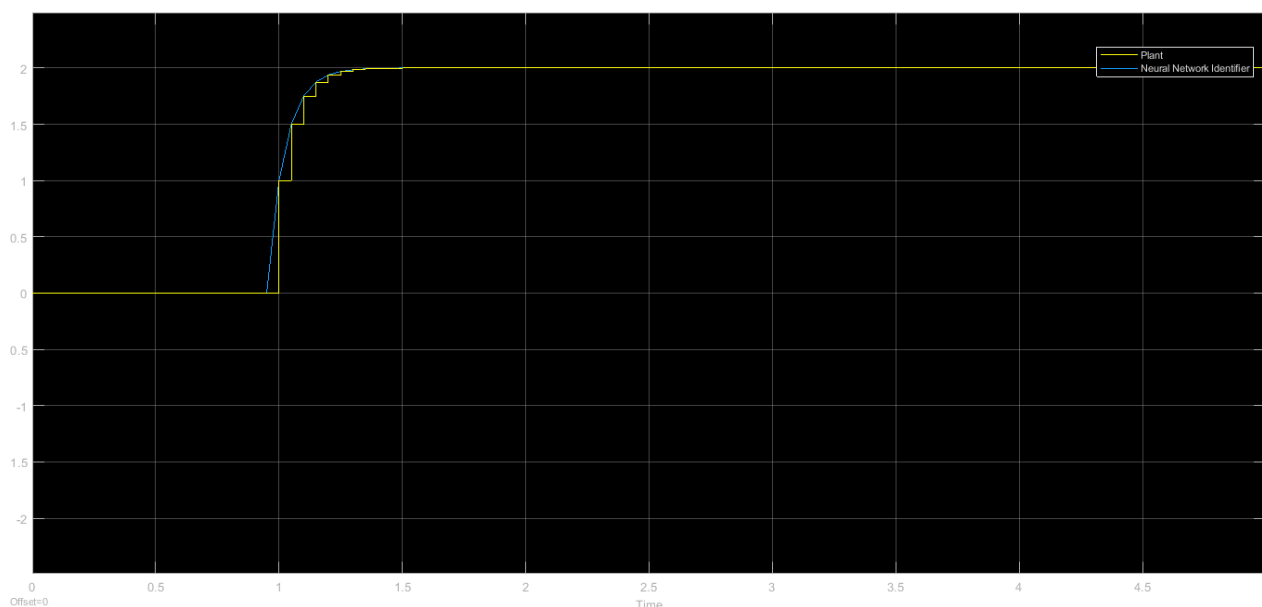


شکل ۱. سیمولینک سیستم شناساگر عصبی - ورودی خروجی plant با تابع تبدیل مشخص

برای شناسایی این سیستم یا هر سیستم مجهول دیگر ابتدا خروجی سیستم به ورودی نویز سفید (چون طیف گسترده ای از فرکانس های مختلف را در بر می گیرد و برای آموزش شبکه مناسب می باشد) را پیدا می کنیم که این عمل توسط بلوک simout انجام می شود و ورودی و خروجی متناظر در command line متلب در نهایت ذخیره می شوند که ما در اینجا ۱۰۰۰ ثانیه داده را برای آموزش شبکه خود مورد استفاده قرار دادیم.

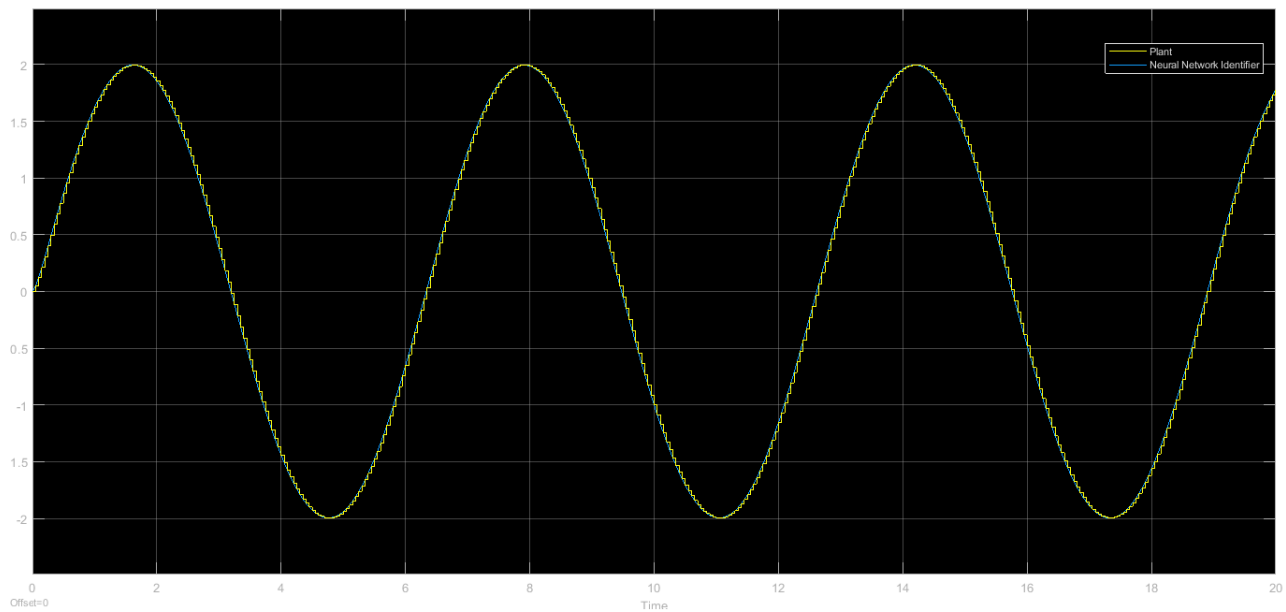
در نهایت بسته به حدس ما از سیستم مجهول درجه ی متفاوتی را در نظر گرفته و به ورودی و خروجی های به دست آمده تاخیر می دهیم سپس برحسب ورودی و ورودی های تاخیریافته و خروجی های تاخیر یافته شبکه ی عصبی را آموزش می دهیم تا خروجی را به دست آورد بدین ترتیب ما یک شبکه ی عصبی طراحی کرده ایم که می تواند نقش تابع تبدیل سیستم را برای ما بازی کند و خروجی همانند آن بسازد.

برای مثال برای شناسایی سیستم بالا از دو درجه تاخیر در ورودی و خروجی استفاده کرده ایم و برحسب این ورودی و خروجی های تاخیر یافته و ورودی و خروجی شبکه ی عصبی را آموزش داده ایم. آموزش شبکه توسط ابزار Neural network fitting در متلب انجام شده است و در نهایت خروجی به صورت بلوک سیمولینک گرفته شده است تا در سیمولینک مطابق شکل ۱ استفاده شود.



شکل ۲. نمودار خروجی سیستم اصلی و سیستم شناسایی شده با کمک شناساگر عصبی (شکل ۱) به ورودی (set point) پله

در نهایت خروجی سیستم اصلی (آبی) و خروجی سیستم اصلی شناسایی شده توسط شبکه ی عصبی (زرد) به ورودی پله و ورودی سینوسی به دست آمده است که در شکل های ۲ و ۳ می توانید مشاهده کنید و همانطور که مشاهده می شود به درستی سیستم را شناسایی نموده اند.



شکل ۳. نمودار خروجی سیستم اصلی و سیستم شناسایی شده با کمک شناساگر عصبی (شکل ۱) به ورودی (set point) سینوسی

## تمرین شماره ی ۱:

در این تمرین به شناسایی مدل ربات پرداخته ایم. با توجه به پارامتر های زیر که در سوال داده شده اند و داشتن معادلات  $x^1$ ,  $x^2$  به معادله حالت این سیستم پی بردیم. این معادلات در یک subsystem در سیمولینک متلب پیاده شده اند که مدلی از ربات را برای ما شبیه سازی می کنند و از این subsystem می توان به عنوان مدل ربات در شبیه سازی های خود استفاده کنیم. با توجه به این معادلات می توان در یافت که ربات ۴ متغیر حالت دارد که شامل  $q^1$ ,  $q^2$ ,  $\dot{q}^1$ ,  $\dot{q}^2$  می شود که هر کدام از این حالت ها موقعیت و سرعت انتهای بازوی ربات را مشخص می سازند.

با توجه به این موارد subsystem پیاده شده ۴ خروجی مذکور که متغیر های حالت هستند را داراست.

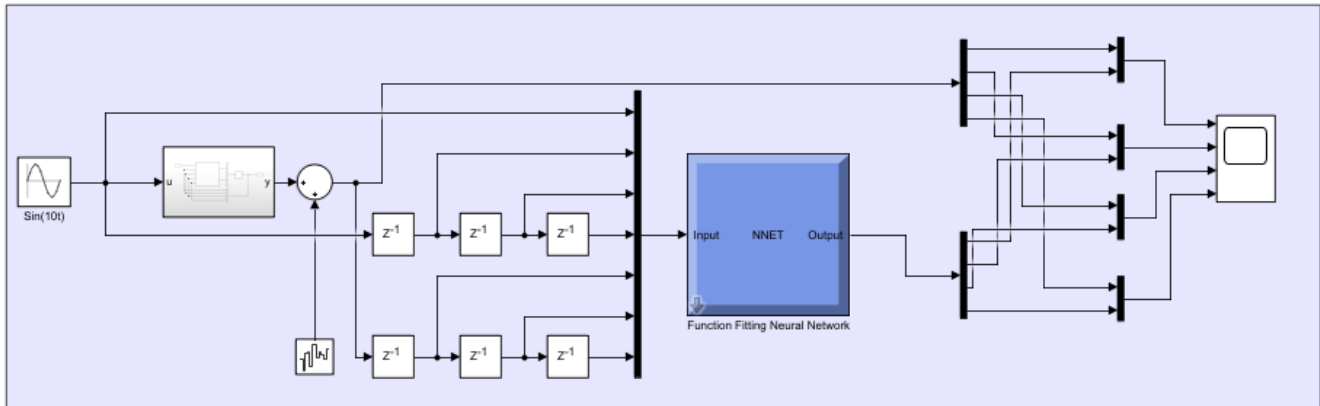
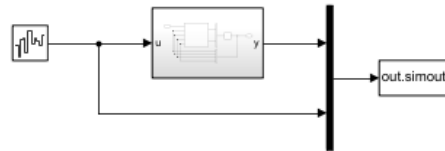
پس از پیاده سازی این subsystem که مدل ربات ناشناخته است مانند گزارش کار در مرحله ی قبل همانند یک تابع تبدیل با آن رفتار می کنیم و سعی در شناسایی مدل این ربات M که معادله ی حالت آن کاملاً غیر خطی و پیچیده است، می کنیم.

در اینجا برای آموزش شبکه از ۳ درجه تاخیر در داده های ورودی و خروجی استفاده نموده ایم و از بلوک های mux, demux برای تقسیم خروجی ها به ۴ خروجی یا تبدیل ۴ ورودی به یک ورودی استفاده کردیم.

$$M = \begin{bmatrix} a_1 + 2a_4 \cos q_2 & a_2 + a_4 \cos q_2 \\ a_2 + a_4 \cos q_2 & a_3 \end{bmatrix}, \quad D = 0$$

$$C = a_4 \sin q_2 \begin{bmatrix} -\dot{q}_2 & -(\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \\ \dot{q}_1 & 0 \end{bmatrix}, \quad g = \begin{bmatrix} b_1 \cos q_1 + b_2 \cos(q_1 + q_2) \\ b_2 \cos(q_1 + q_2) \end{bmatrix}$$

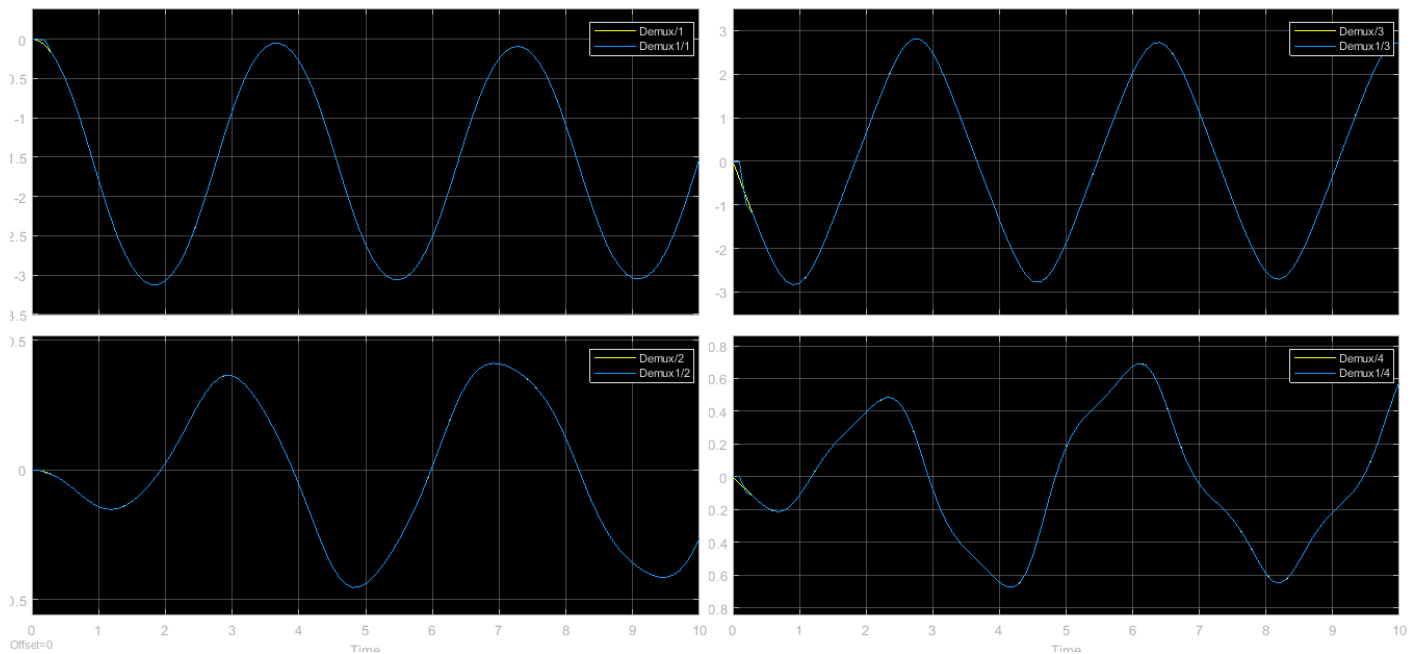
$$a_1 = 200.01, \quad a_2 = 23.5, \quad a_3 = 122.5, \quad a_4 = 25, \quad b_1 = 784.8, \quad b_2 = 245.25$$



شکل ۴. سیمولینک سیستم شناساگر عصبی برای مدل ربات (معادله حالت) و استفاده از ۳ درجه تاخیر

در نهایت پس از شبیه سازی سیستم شکل ۴ و دادن ورودی  $\sin(10t)$  که می خواهیم انتهای بازوی ربات این مسیر را طی کند، خروجی شکل ۵ حاصل شد که نمودار خروجی هر ۴ حالت با استفاده از سیستم شناسایی شده را نمایش می دهد.

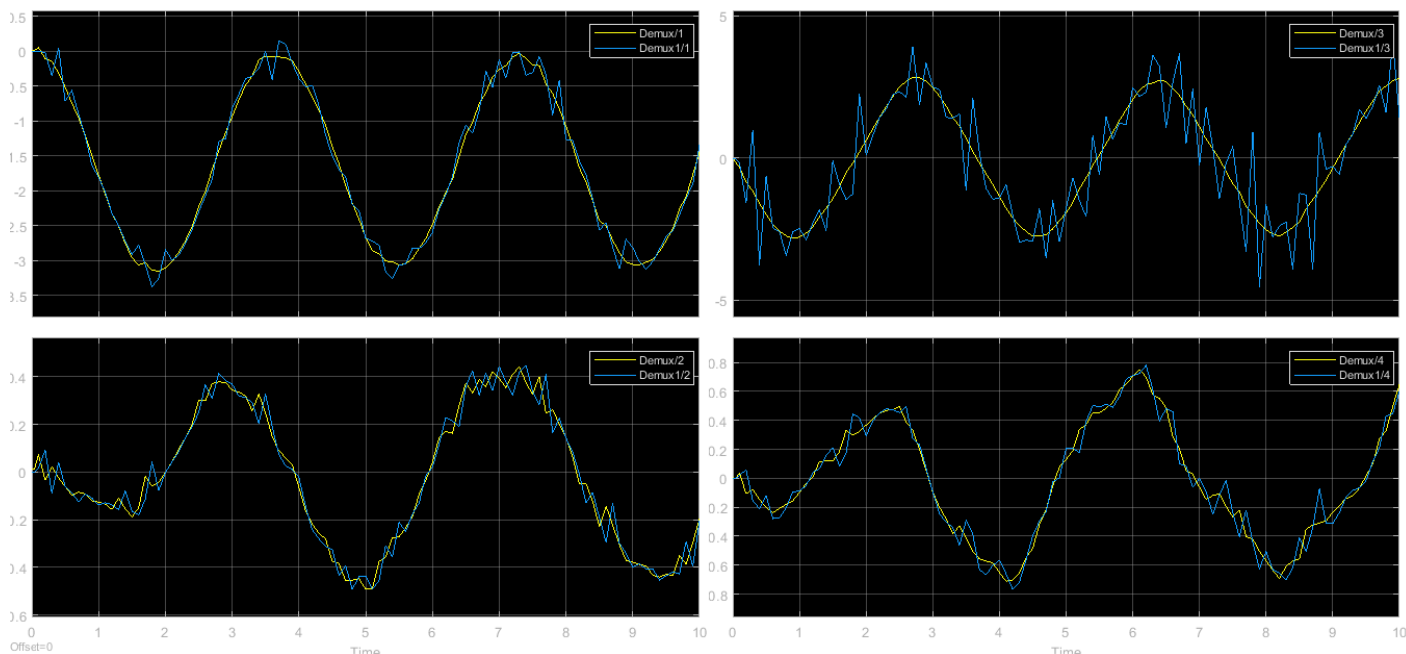
البته در این حالت فرض کردیم هیچ نویزی در ورودی وجود ندارد به همین دلیل کاملاً دقیق سیستم شناسایی شده و تمام ۴ متغیر حالت در حالت اصلی و حالت شناسایی شده با یکدیگر یکسان گشته اند.



شکل ۵. نمودار خروجی حالت های سیستم اصلی و سیستم شناسایی شده با کمک شناساگر عصبی (شکل ۴) به ورودی (set point) سینوسی بدون نویز ورودی

در حالت بعدی فرض کردیم که ورودی همراه با نویز می باشد در این حالت همانطور که در شکل ۶ قابل ملاحظه است هر کدام از متغیر های حالت دستخوش تغییر می شود و نویز بر روی خروجی هر متغیر حالت تاثیر می گذارد.

همانطور که می دانیم از بدی های سیستم شناسایی عصبی می توان به عملکرد بد آن در حضور نویز بالا اشاره کرد که در این حالت مشهود است و نیاز به فیلتر دارد. همچنین سیستم شناسایی شده به وسیله ی شبکه عصبی به هیچ وجه قابل تفسیر نیست چرا که یک شبکه ی عصبی و وزنه های شبکه غیر قابل تفسیر هستند.



شکل ۶. نمودار خروجی حالت های سیستم اصلی و سیستم شناسایی شده با کمک شناساگر عصبی (شکل ۴) به ورودی (set point) سینوسی همراه با نویز ورودی

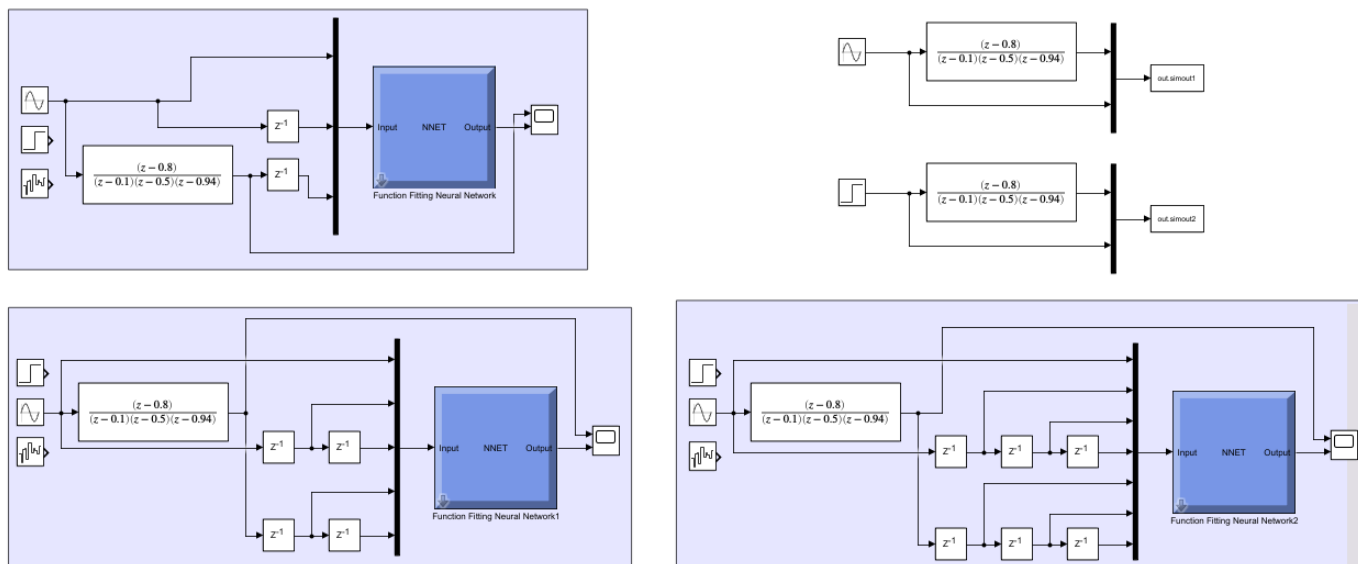
## تمرین شماره ی ۲ :

می خواهیم به شناسایی سیستمی با تابع تبدیل زیر بپردازیم، مطابق سوال با استفاده از بلوک simout و ورودی های پله و سینوسی ورودی خروجی های سیستم را به دست آورده ایم. حالا می خواهیم تنها با استفاده از این داده ها به شناسایی سیستم بپردازیم.

$$G(z^{-1}) = \frac{(1 - 0.8z^{-1})}{(1 - 0.1z^{-1})(1 - 0.5z^{-1})(1 - 0.94z^{-1})}$$

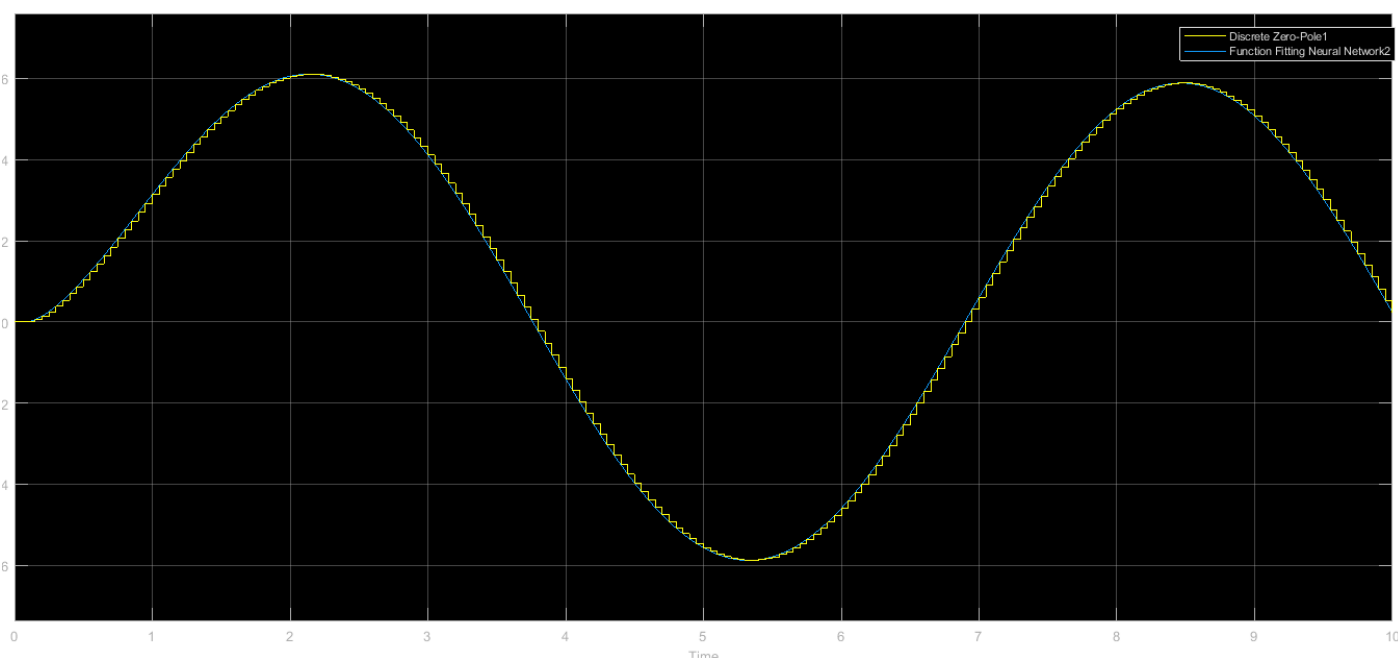
به داده های ورودی خروجی به دست آمده ابتدا ۳ درجه تاخیر سپس ۲ درجه تاخیر و سپس ۱ درجه تاخیر می دهیم و با استفاده از هر کدام از این داده ها ۳ شبکه عصبی آموزش می دهیم که نمایانگر شناسایی شده ی سیستم باشد.

سیمولینک پیاده سازی شده ی هر کدام از این سیستم ها در شکل زیر مشخص می باشد.



شکل ۷. سیمولینک سیستم شناساگر عصبی مرتبه ی ۱ و ۲ و ۳ برای سیستم با تابع تبدیل مشخص

به هر کدام از شناساگر ها با درجه های مختلف ۱، ۲ و ۳ ورودی سینوسی داده و نتیجه ی هر کدام را بررسی می کنیم همانطور که در شکل ۸ ملاحظه می شود شناساگر مرتبه ی ۳ به دقت توانسته است که سیستم را شناسایی بکند. دلیل اینکه این شناساگر دقیق عمل می کند این است که تابع تبدیل سیستمی که می خواستیم به شناسایی آن بپردازیم از درجه ی ۳ بود و قطعاً در هر پروژه ای بسته به تخمین خود از تابع تبدیل سیستم می توانیم درجه ی متفاوتی را برای سیستم و داده ها در نظر بگیریم و هرچه این درجه به درجه ی تابع تبدیل سیستم نزدیکتر باشد یا بیشتر باشد در نتیجه شناسایی ما با دقت بالاتری رو به رو خواهد شد همانطور که اگر درجه ی سیستم مثلاً از مرتبه ی ۱۰ باشد طبق LCCDE نیاز به خروجی های ۱۰ سمپل قبل نیز دارد و خوب تبعاً باید شبکه ی عصبی ما نیز از این خروجی ها در نتیجه ی خود بهره برد تا به جواب دقیقی برسد.



شکل ۸. نمودار خروجی سیستم اصلی و سیستم شناسایی شده با کمک شناساگر عصبی درجه ۳ (شکل ۷) به ورودی (set point) سینوسی