



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشکده مهندسی کامپیوتر

پروژه درس شبکه‌های عصبی گزارش عملکرد شبکه عصبی در پیش‌بینی سری زمانی (TSF)

دانشجو:
سید احمد نقوی نوزاد

استاد:
دکتر صفابخش

۱. بررسی معماری‌های مختلف برای تخمین سری در قدم بعدی

آزمایش اول (حالت ۱—۱—۱—۱+۱)

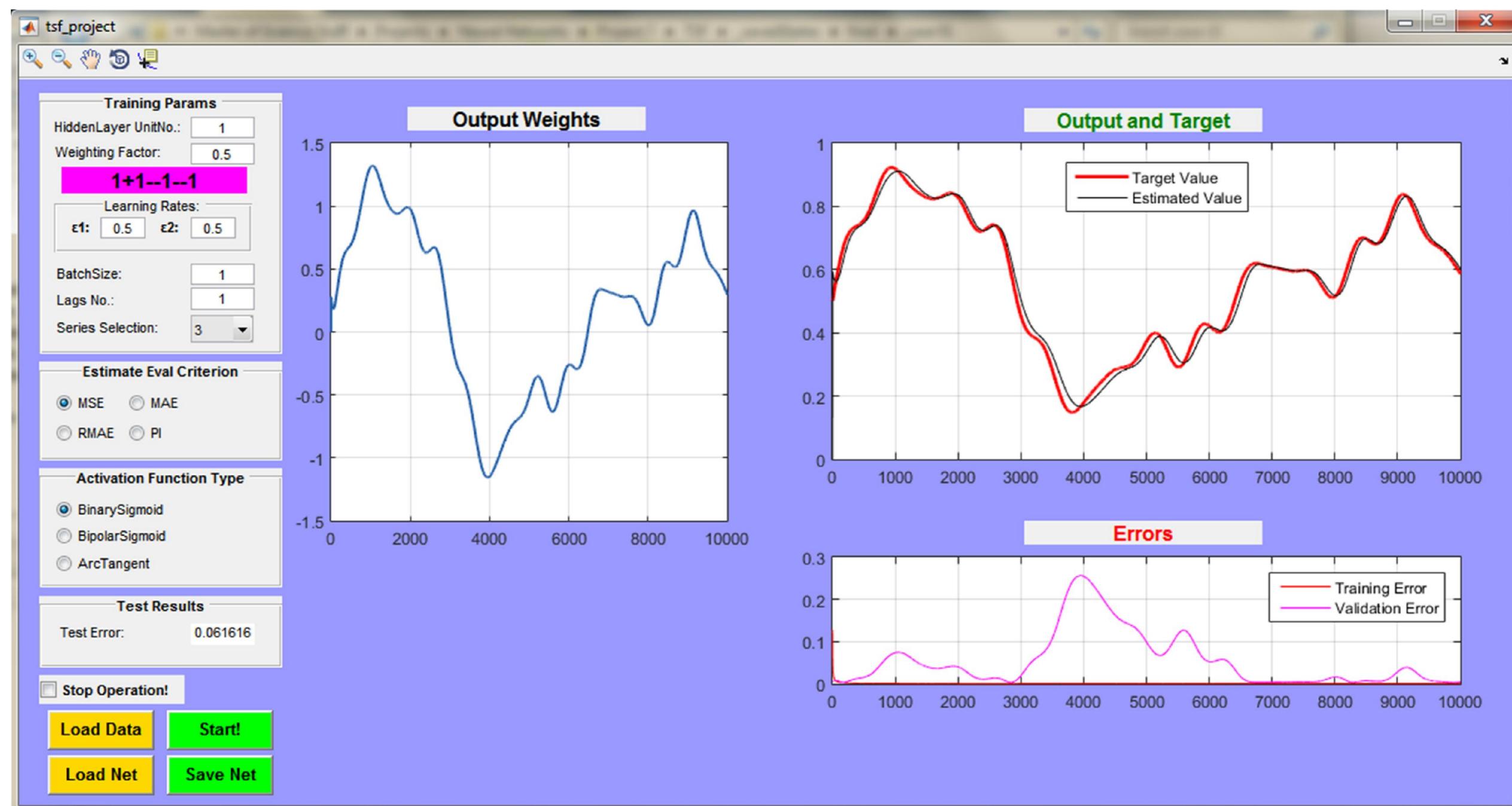
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
Train 01	1+1—1—1	.5	Eps1 Eps2 .5 .5	1	1	1	MSE	Binary Sigmoid	Train .0005	Valid .0521	Test .0407



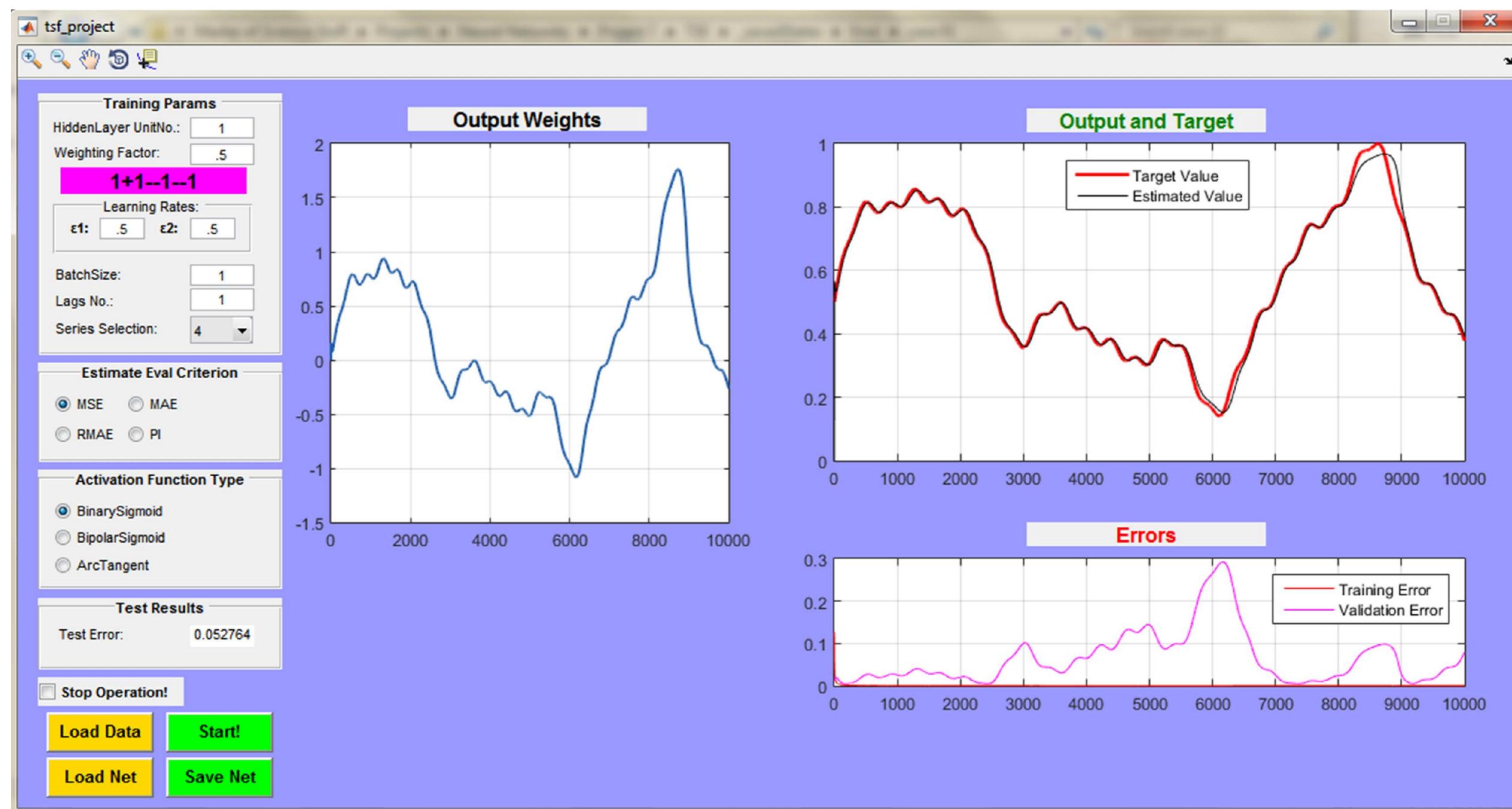
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 02	1+1—1—1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	1	1	2	MSE	Binary Sigmoid	Train .0002	Valid .0048	Test .0675



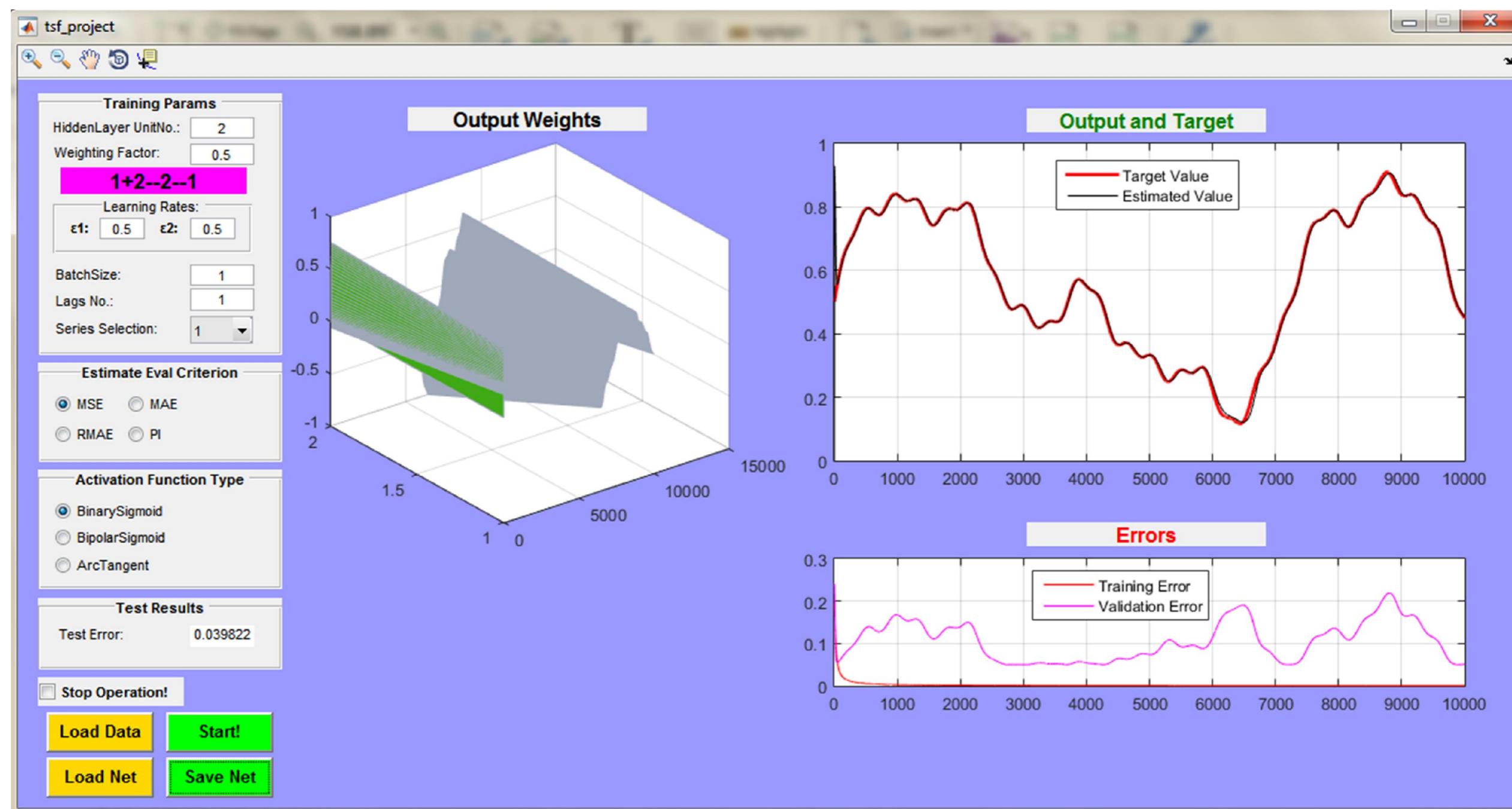
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors				
									Eps1	Eps2	Train	Valid	Test
Train 03	1+1—1—1	.5		.5	.5	1	1	3	MSE	Binary Sigmoid	.0006	.0042	.0616



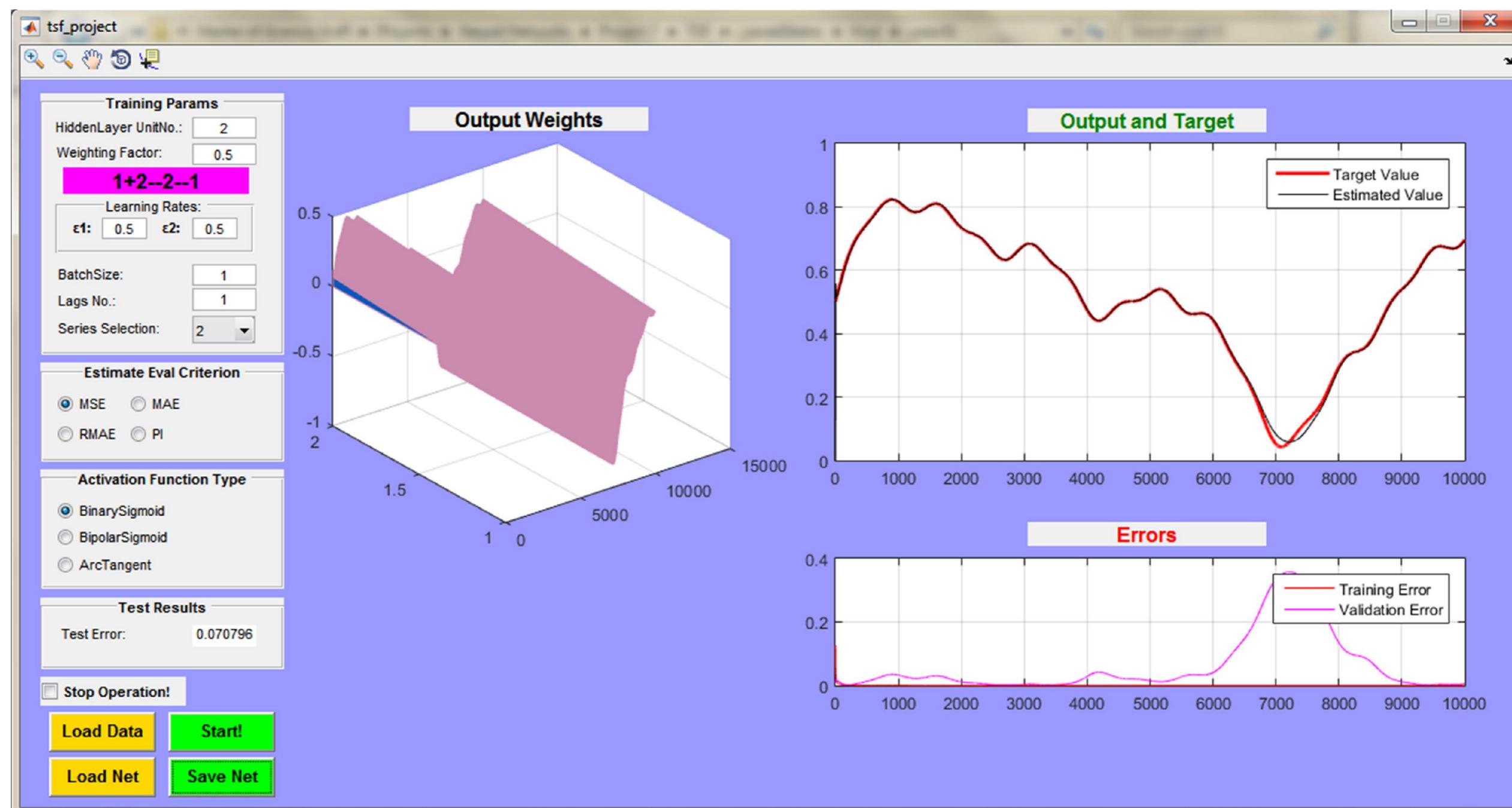
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors				
									Eps1	Eps2	Train		
Train 04	1+1—1—1	.5		.5	.5	1	1	4	MSE	Binary Sigmoid	.0004	.0797	.0528



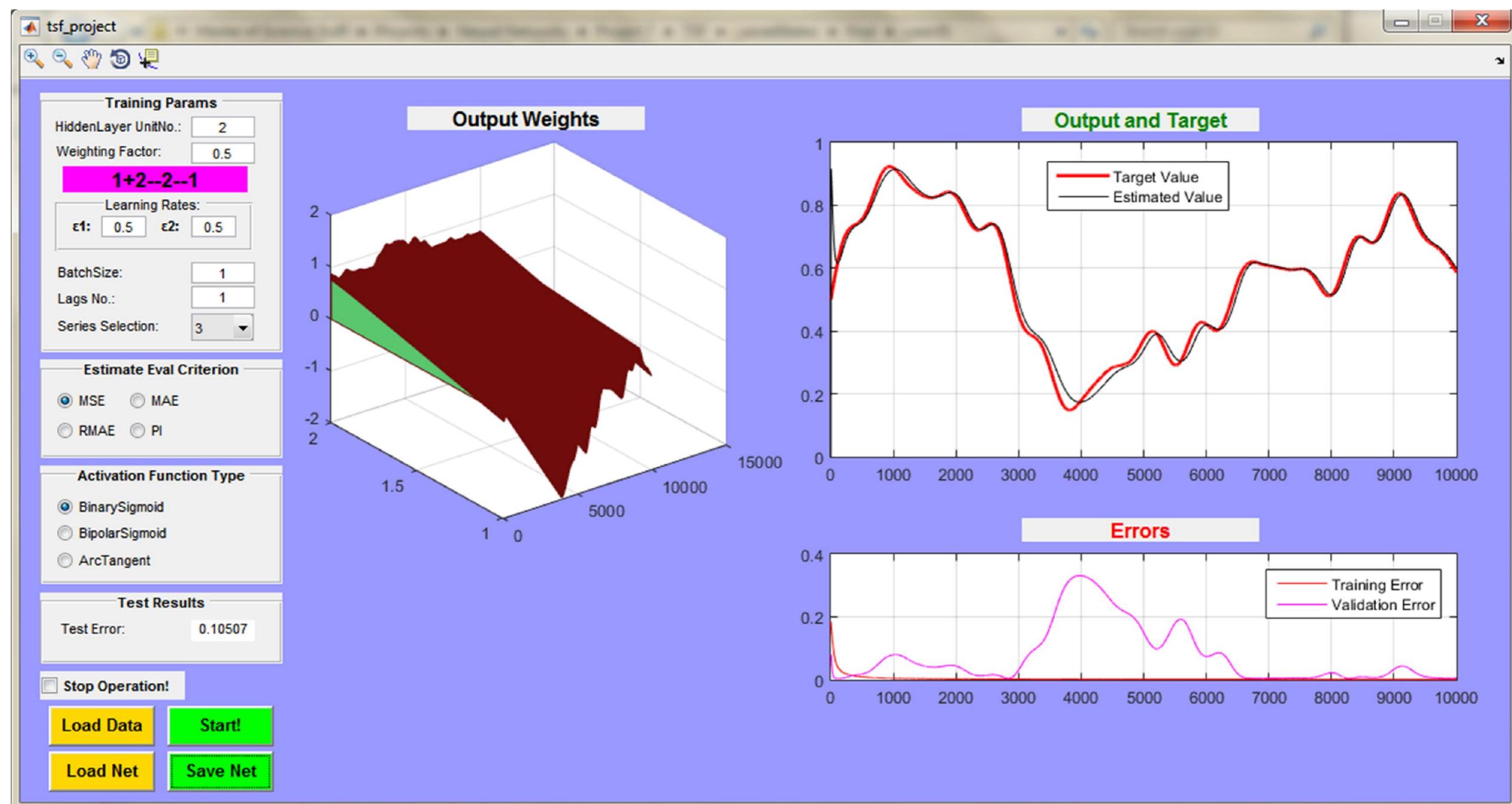
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors				
									Eps1	Eps2	Train	Valid	Test
Train 05	1+2—2--1	.5		.5	.5	1	1	1	MSE	Binary Sigmoid	.0003	.0511	.0398



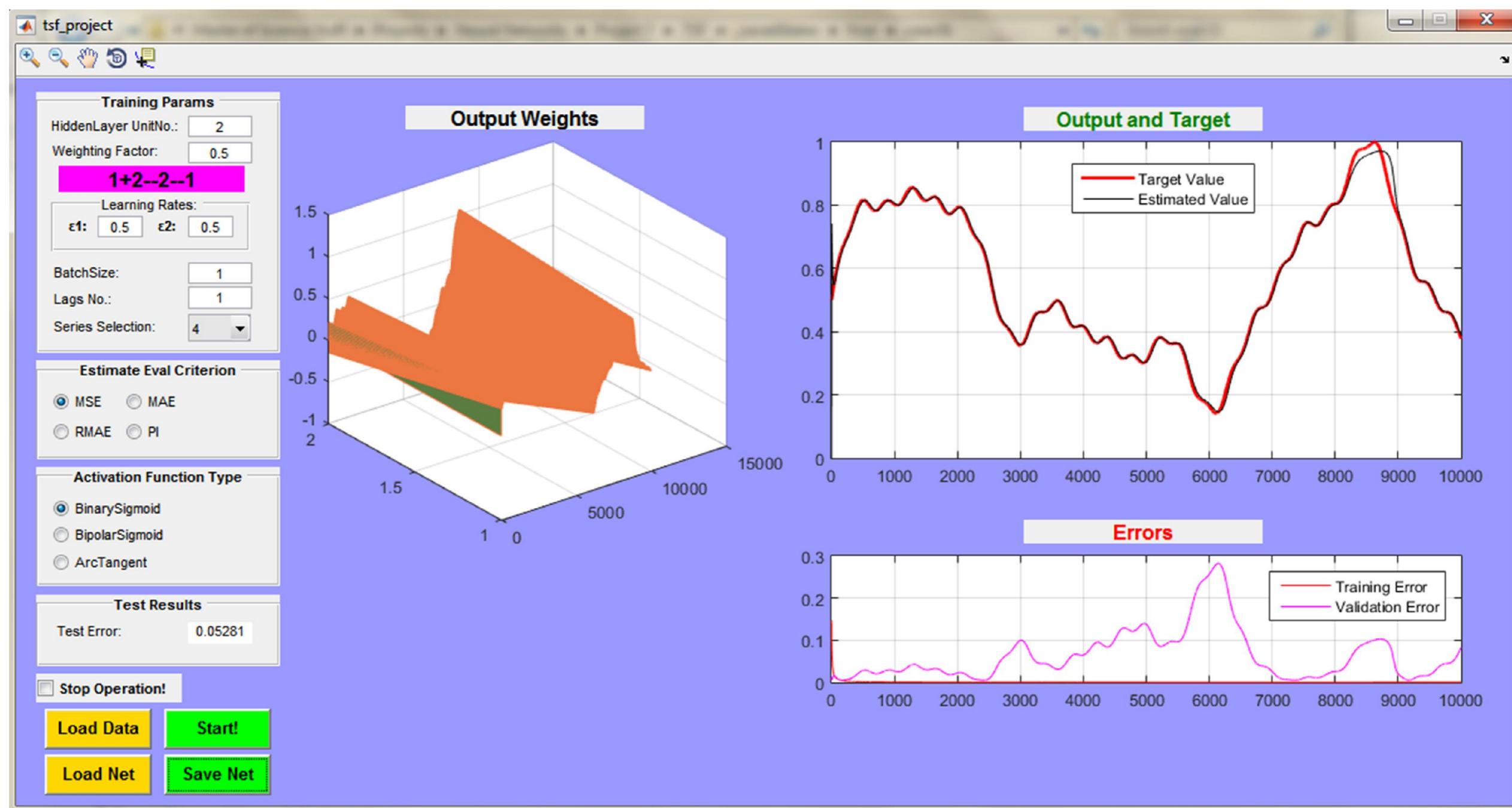
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
									Train	Valid	Test
Train 06	1+2—2--1	.5		Eps1 .5	Eps2 .5	1	1	2	MSE	Binary Sigmoid	8.79e-5 .0054 .0708



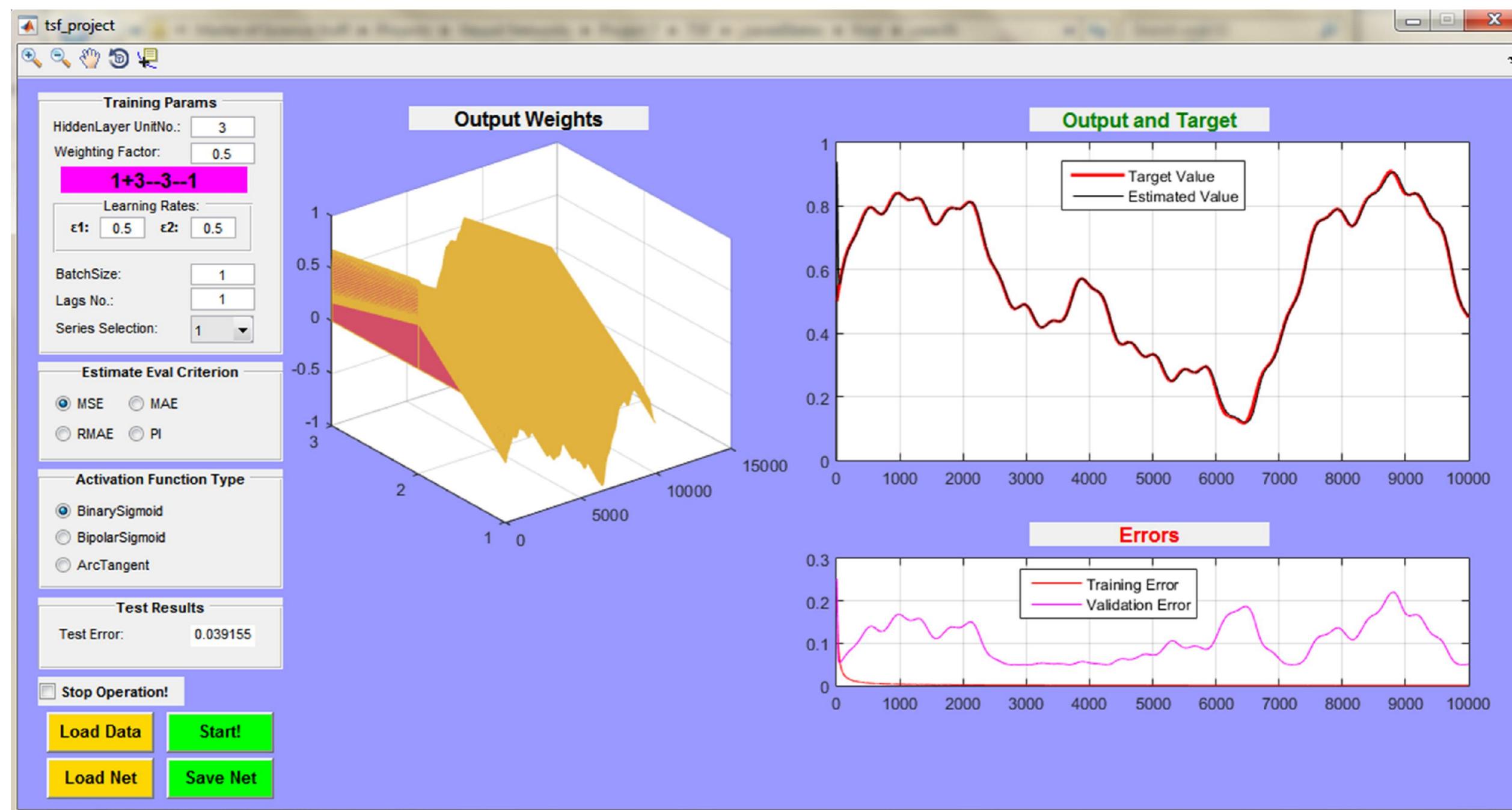
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 07	1+2—2--1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	1	1	3	MSE	Binary Sigmoid	Train .0009	Valid .0055	Test .1051



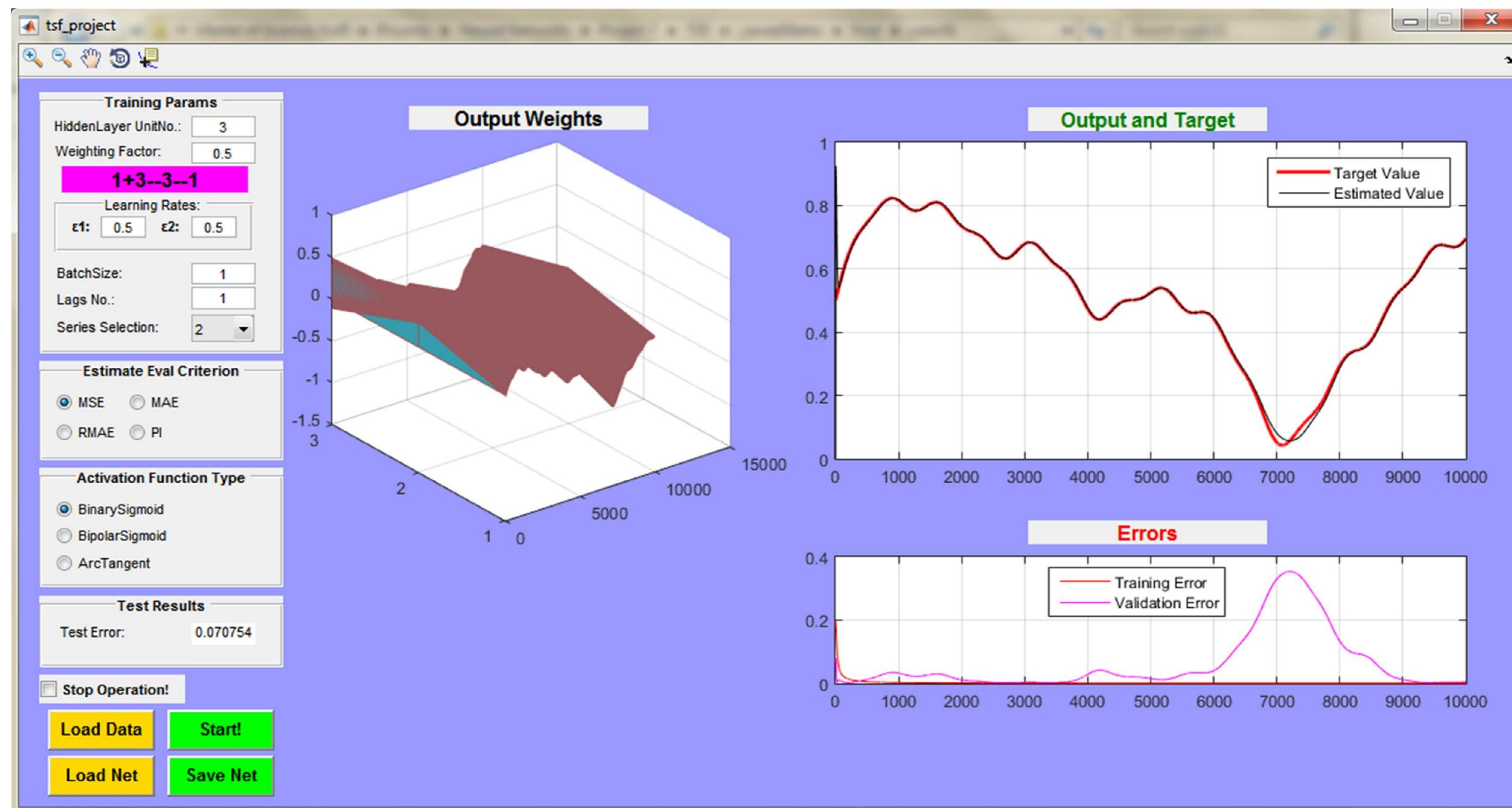
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 08	1+2—2--1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	1	1	4	MSE	Binary Sigmoid	Train .0003	Valid .0823	Test .0528



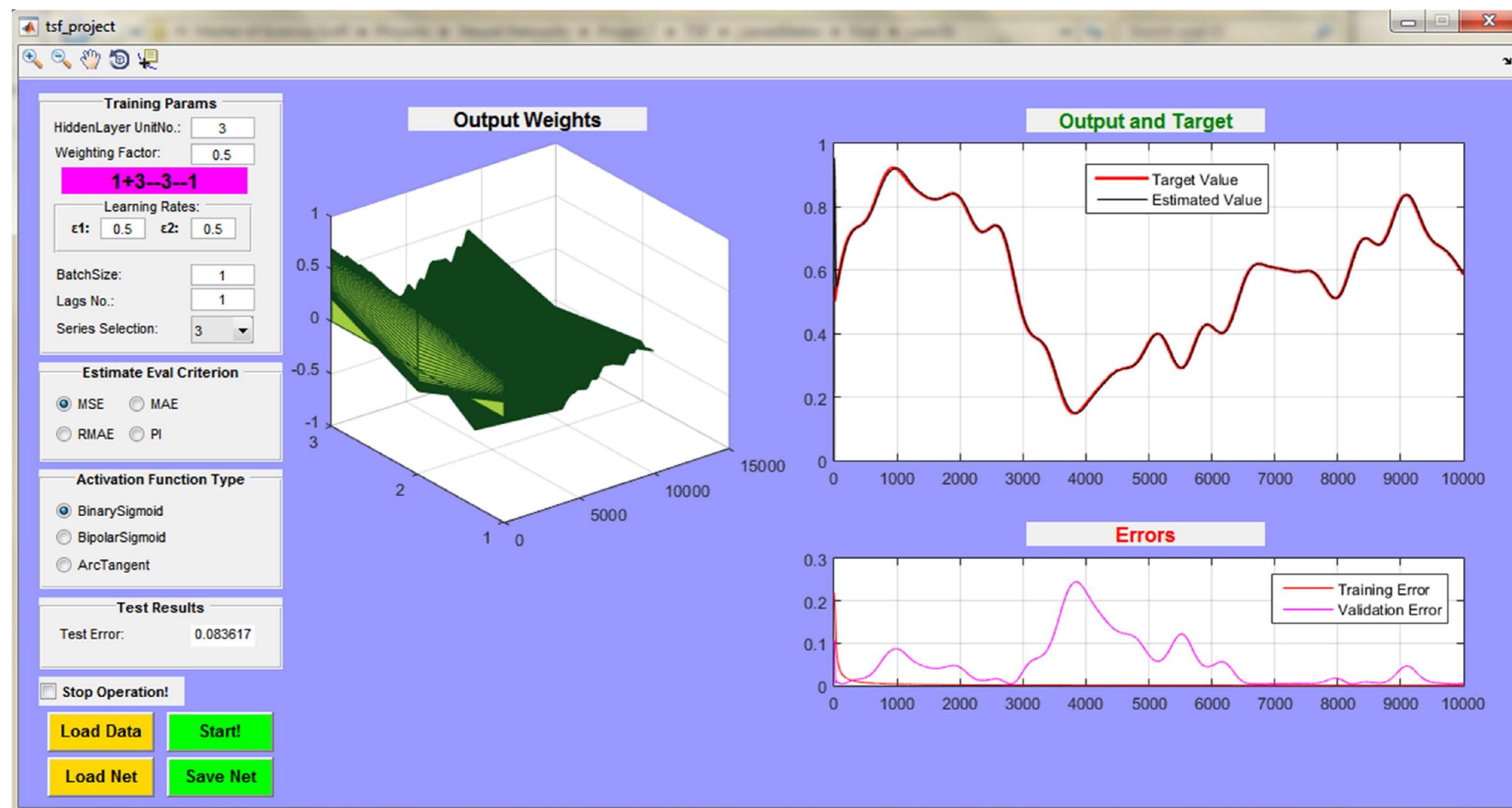
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 09	1+3—3--1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	1	1	1	MSE	Binary Sigmoid	Train .0003	Valid .0501	Test .0392



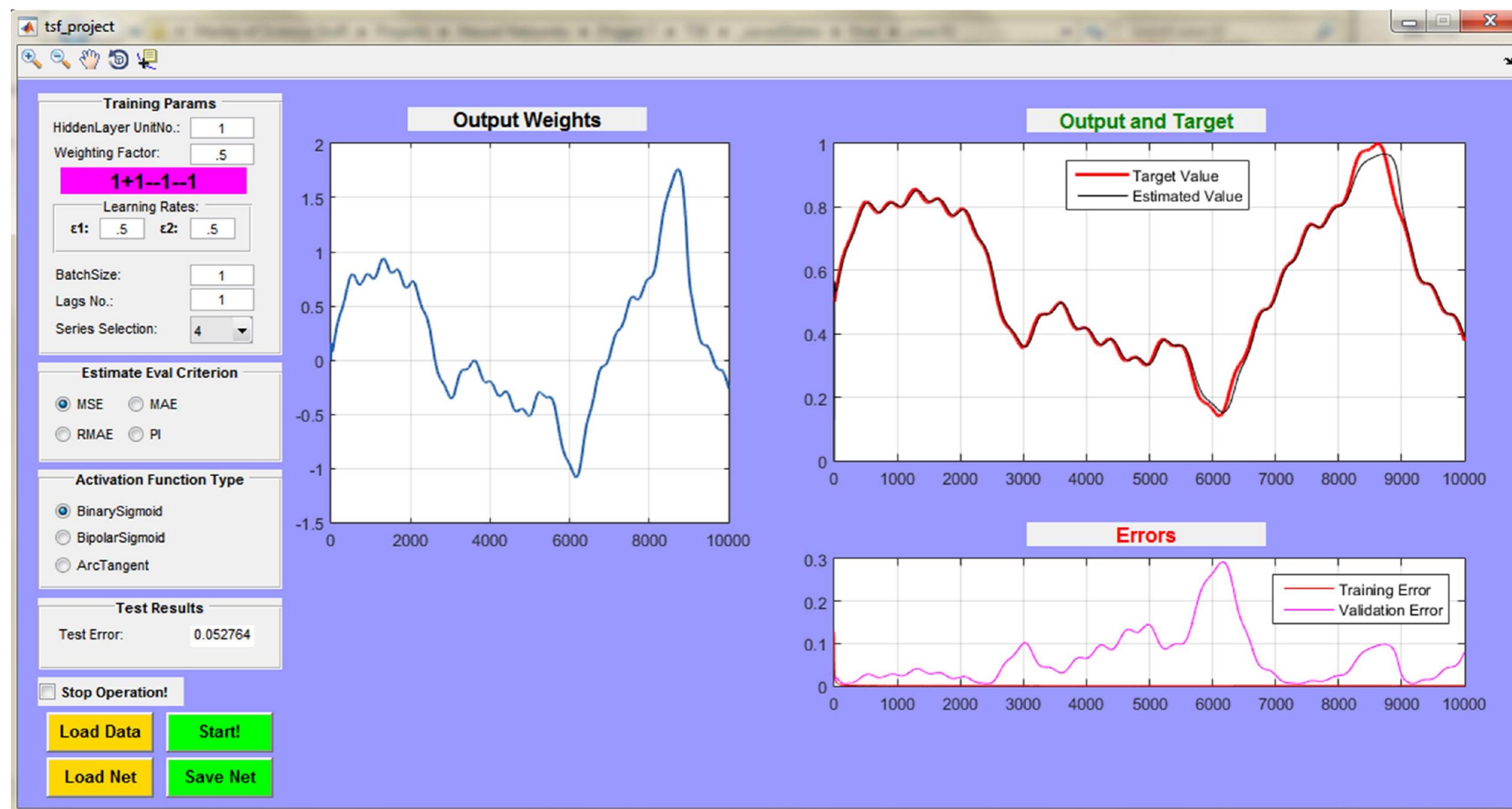
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors				
									Eps1	Eps2	Train	Valid	Test
Train 10	1+3—3—1	.5		.5	.5	1	1	2	MSE	Binary Sigmoid	.0003	.0053	.0708



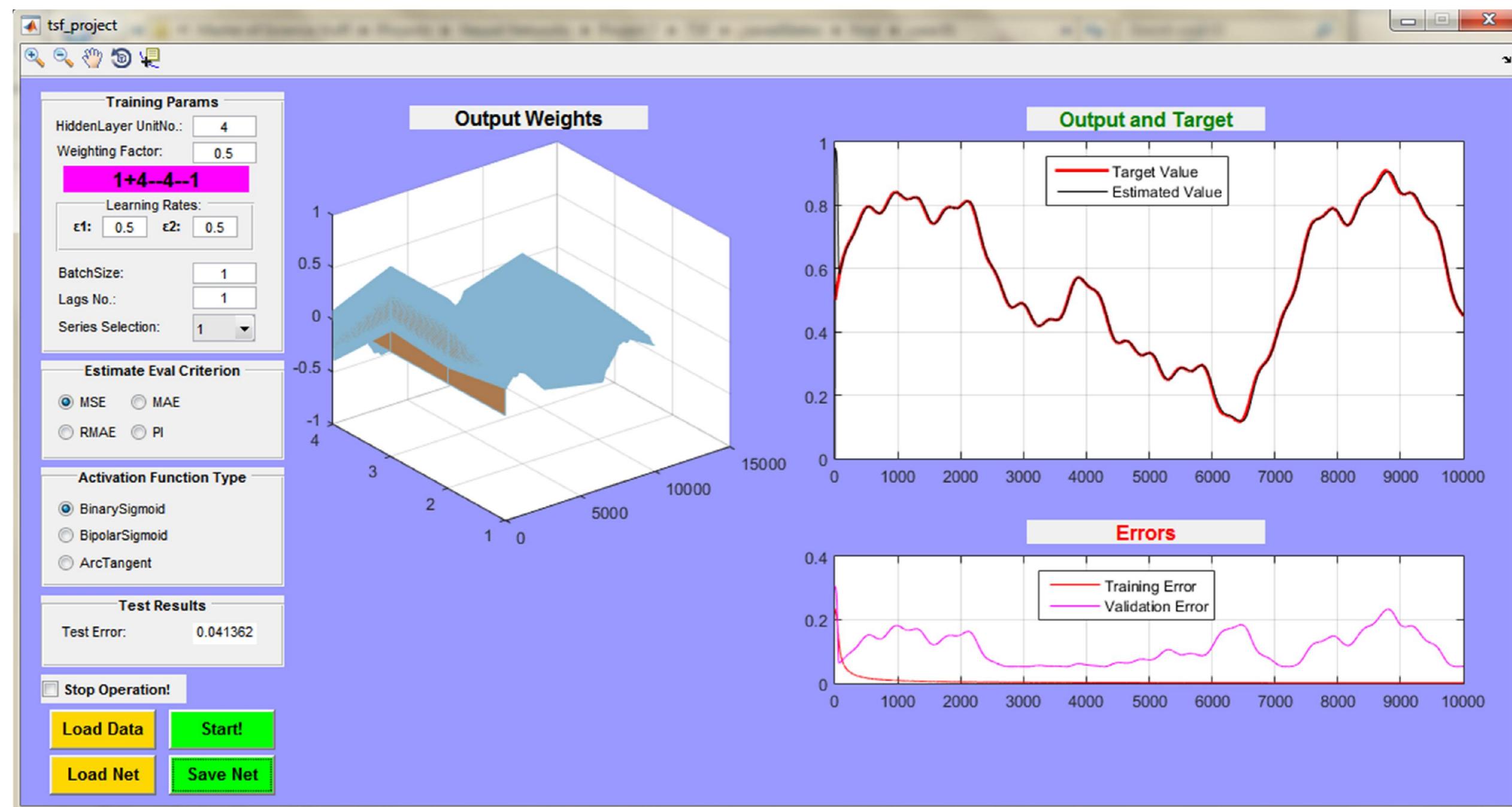
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors				
									Eps1	Eps2	Train	Valid	Test
Train 11	1+3—3--1	.5		.5	.5	1	1	3	MSE	Binary Sigmoid	.0004	.0054	.0836



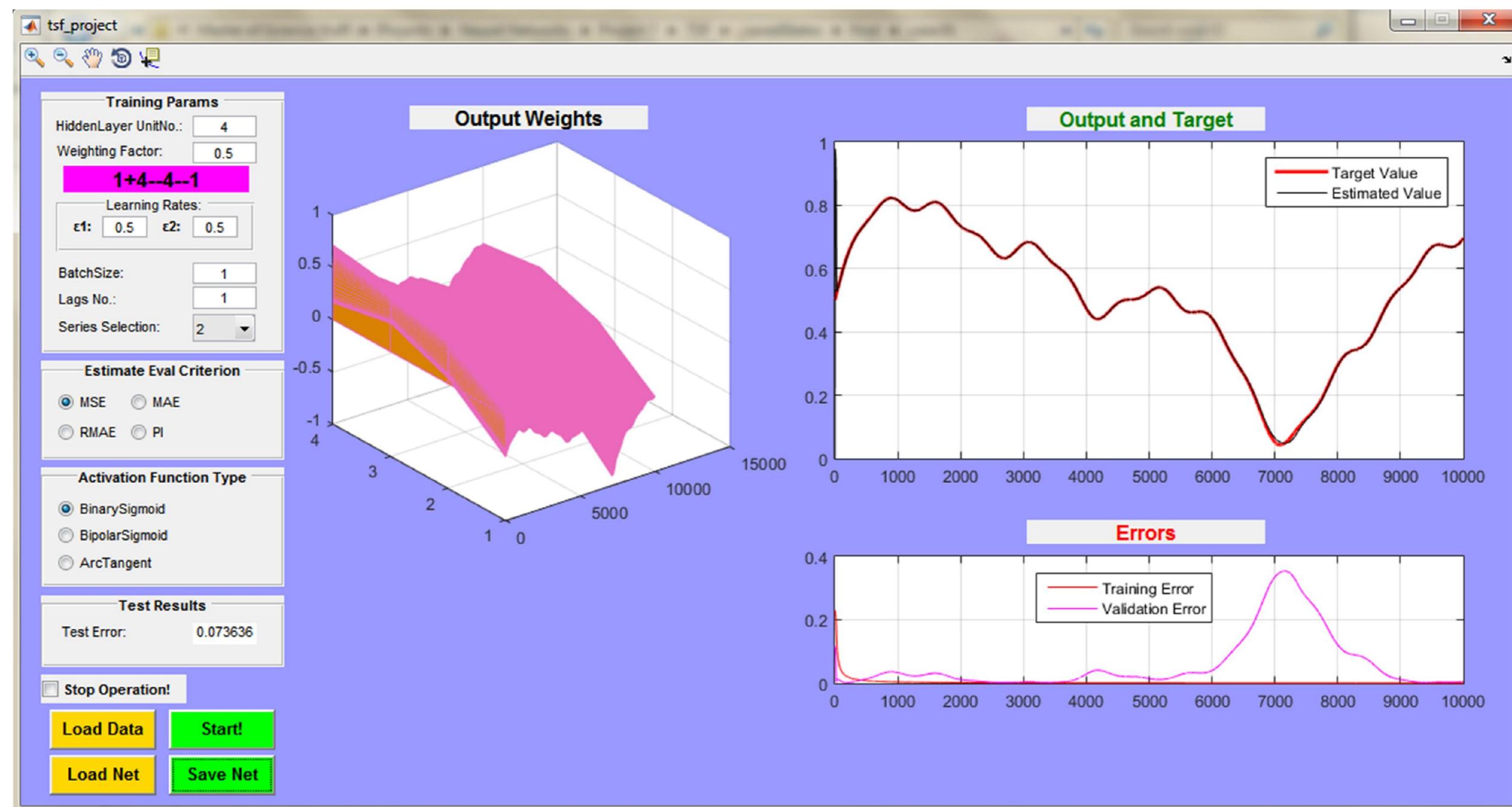
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors				
									Eps1	Eps2	Train	Valid	Test
Train 12	1+3—3--1	.5		.5	.5	1	1	4	MSE	Binary Sigmoid	.0004	.0810	.0528



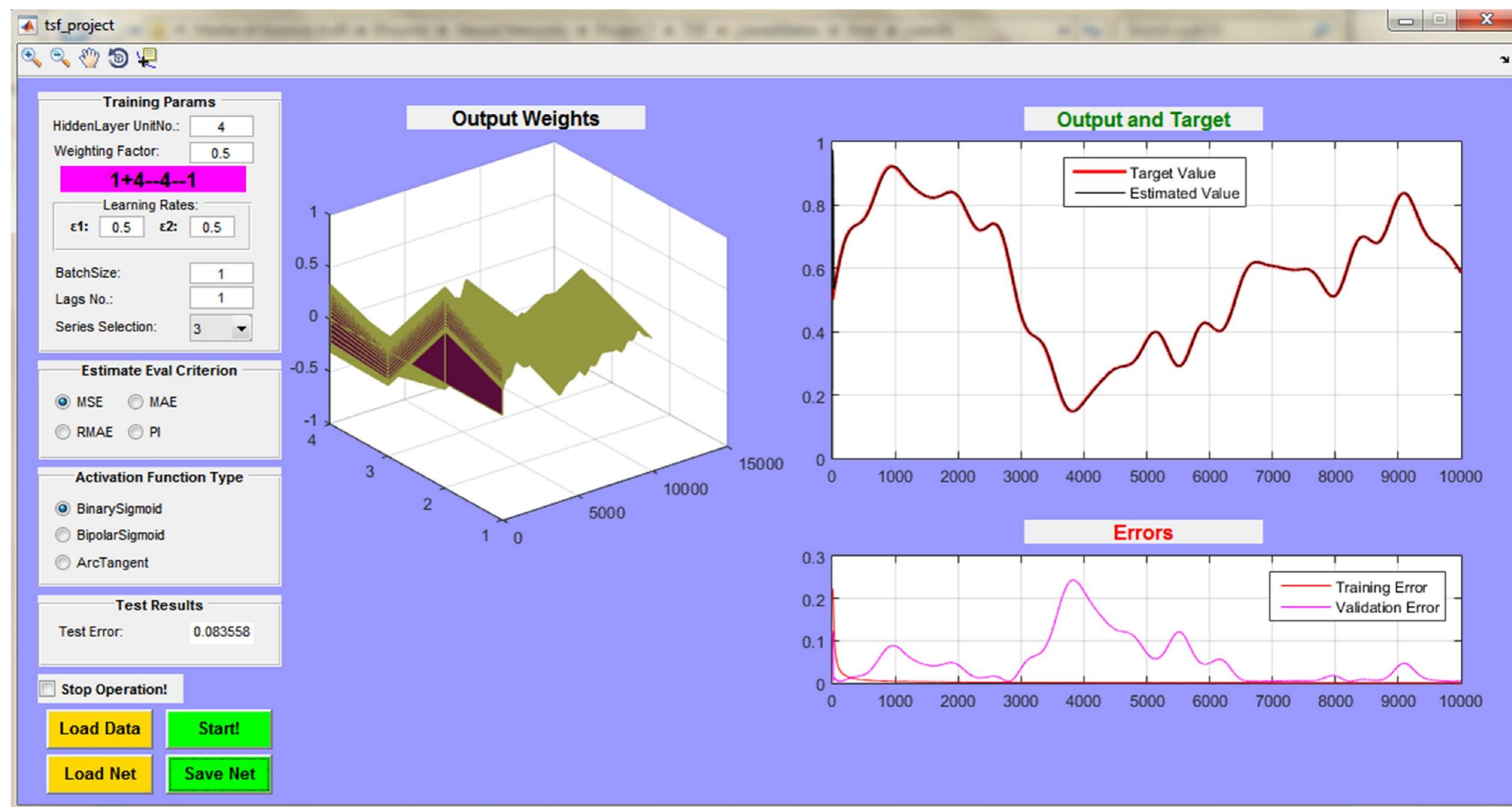
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors				
									Eps1	Eps2	Train	Valid	Test
Train 13	1+4—4—1	.5		.5	.5	1	1	1	MSE	Binary Sigmoid	.0009	.0530	.0414



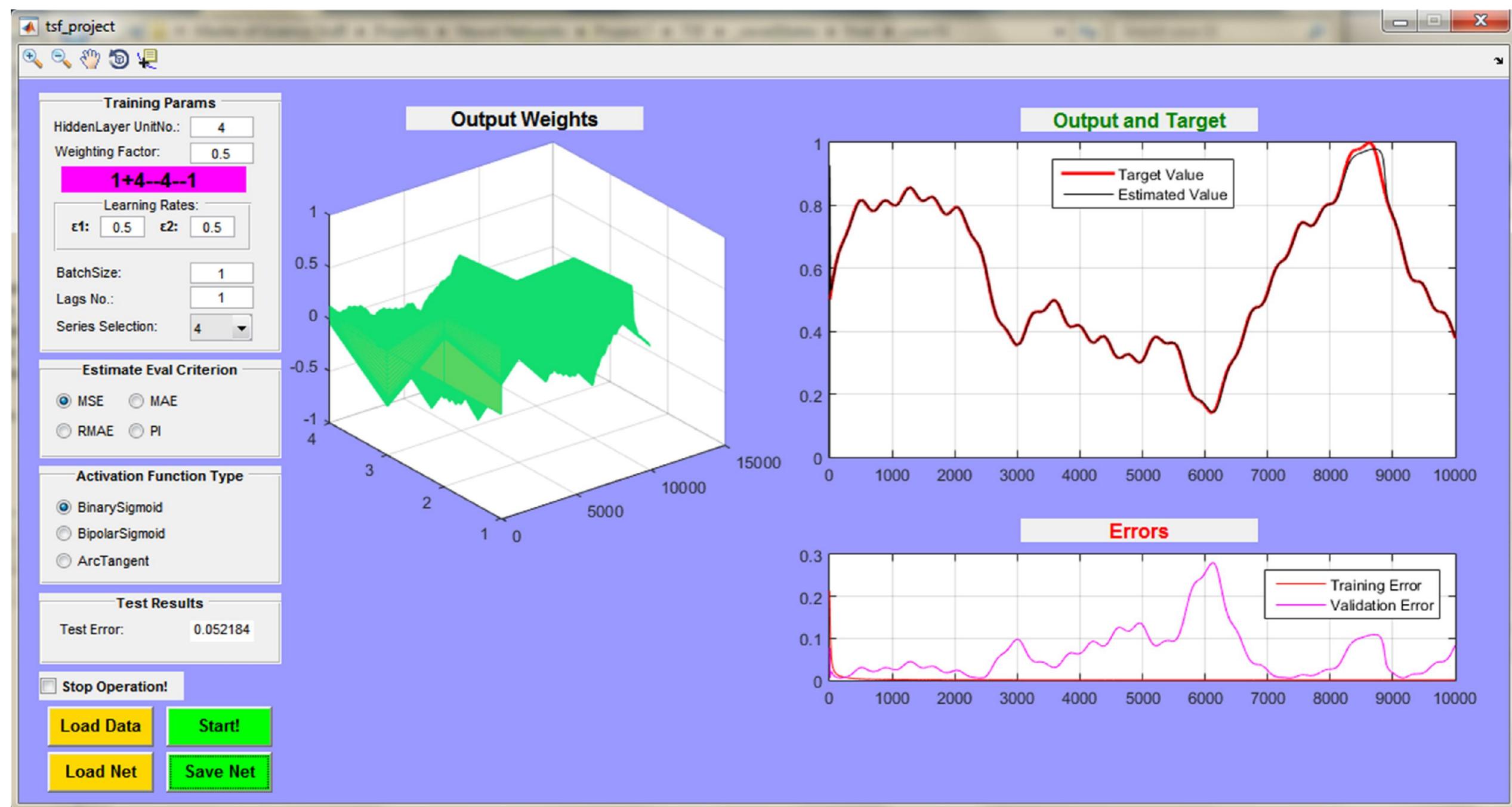
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 14	1+4—4—1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	1	1	2	MSE	Binary Sigmoid	Train .0004	Valid .0056	Test .0736



Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors				
									Eps1	Eps2	Train	Valid	Test
Train 15	1+4—4—1	.5		.5	.5	1	1	3	MSE	Binary Sigmoid	.0004	.0055	.0836



Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 16	1+4—4—1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	1	1	4	MSE	Binary Sigmoid	Train .0002	Valid .0834	Test .0522



نتیجه گیری:

در این آزمایش‌ها برای هر معماری چهار آزمایش با داده‌های چهار سری اول از ده سری مجموعه‌داده‌ی ارائه شده توسط مسئله انجام شده است که در همگی آن‌ها پارامترهای مسئله مشترک می‌باشند؛ و از جمله‌ی آن‌ها این موارد می‌باشند: نرخ تأثیر سیگنال بازگشتی (Weighting Factor)، نرخ‌های یادگیری (eta1 و eta2)، روش بهروزرسانی وزن‌ها (در اینجا با اندازه‌ی batch برابر ۱ از نوع افزایشی یا incremental و بیشتر از آن از نوع دسته‌ای خواهد بود)، تعداد قدم‌های زمانی برای تخمین مستقیم در قدم‌های بعدی (در اینجا lagsNo یا همان stepsAhead)، معیار ارزیابی تخمین (که در اینجا در همه‌ی آزمایش‌ها معیار مذبور از نوع MSE می‌باشد) و در نهایت نوع تابع فعالسازی (در اینجا در همه‌ی آزمایش‌ها از تابع logisticSigmoid استفاده شده است). لازم به ذکر است که داده‌های مورد استفاده در تمامی آزمایش‌های قیدشده در این گزارش، همگی نرمال‌سازی شده و در بازه‌ی [0,1] قرار دارند.

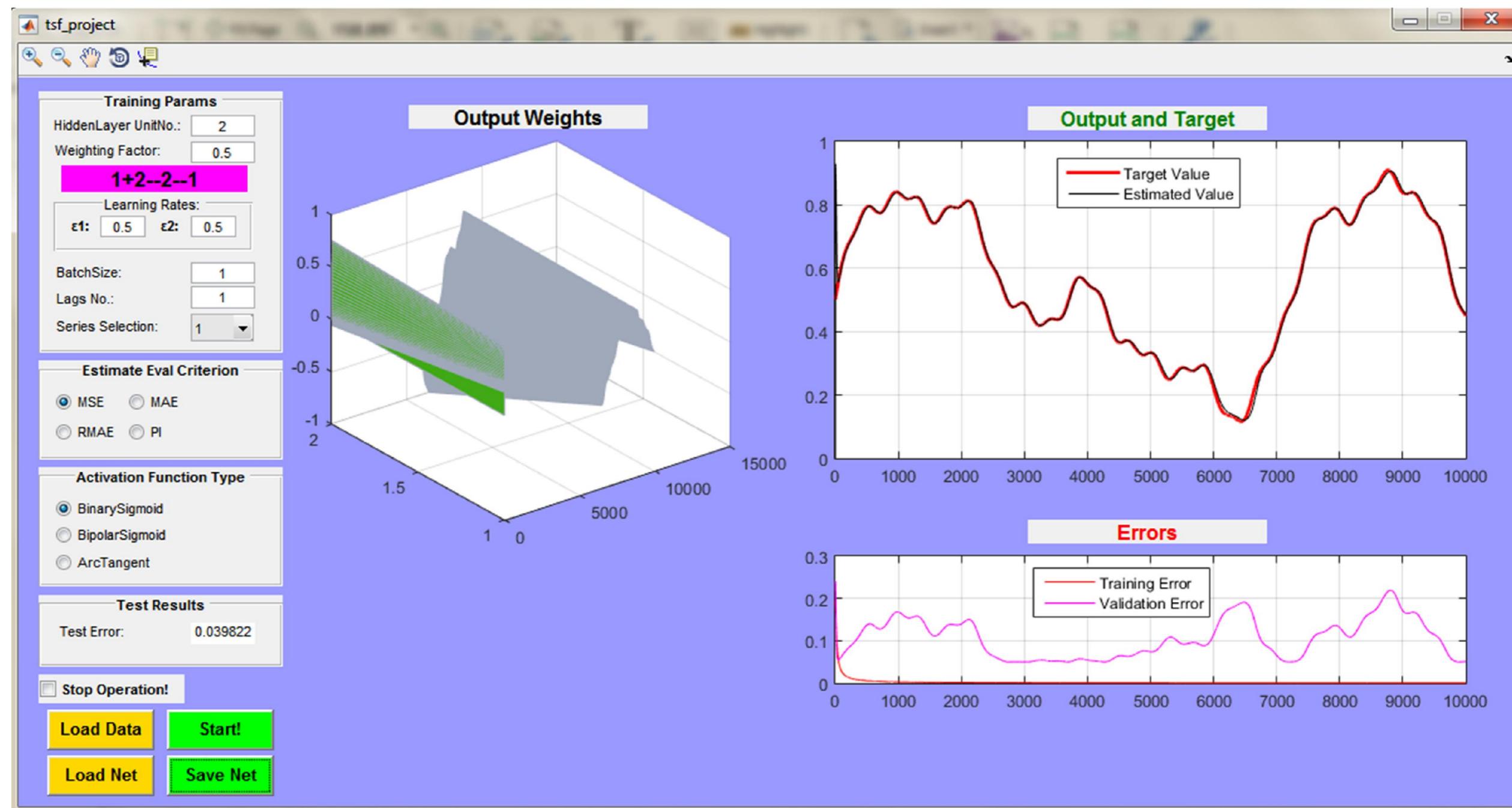
در همگی آزمایش‌های این گزارش بر خلاف سفارش قیدشده در تعریف پروژه، ۱۰ هزار داده‌ی اول هر سری به عنوان داده‌های آموزشی، ۱۰ هزار داده‌ی بعدی به عنوان داده‌های آزمایشی و ۳ هزار داده‌ی بعدی به عنوان داده‌های ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و این مسئله بنا به مطالب قیدشده در اسلایدهای درس (اسلاید ۱۱۹ صفحه‌ی ۱۷) رعایت شده است که عنوان می‌کند که عمل آزمایش شبکه جهت افزایش خاصیت عمومی‌سازی (generalization) و کفايت آموزش آن (adequacy of training) با یک سری داده‌های مجاور به داده‌های آموزشی انجام شده و عمل ارزیابی آن نیز با یک سری داده‌ها منتخب از قسمت دیگری از سری زمانی انجام می‌گردد.

همانطور که مشاهده می‌گردد نتایج تخمین برای همگی آزمایش‌ها با پارامترهای مذبور مطلوب بوده و نرخ خطای آموزشی، ارزیابی و آزمایشی نیز در همگی آن‌ها مشابه و مقدار پایینی می‌باشد و این نشان از آن دارد که شبکه‌ی ما صحیح کار کرده و پارامترهای تنظیم‌شده نیز مطلوب می‌باشند و ما نیز در ادامه‌ی این گزارش از همین پارامترها استفاده خواهیم نمود.

۲. بررسی معماری (۱+۲—۲—۱) در حالت دسته‌ای و غیر دسته‌ای

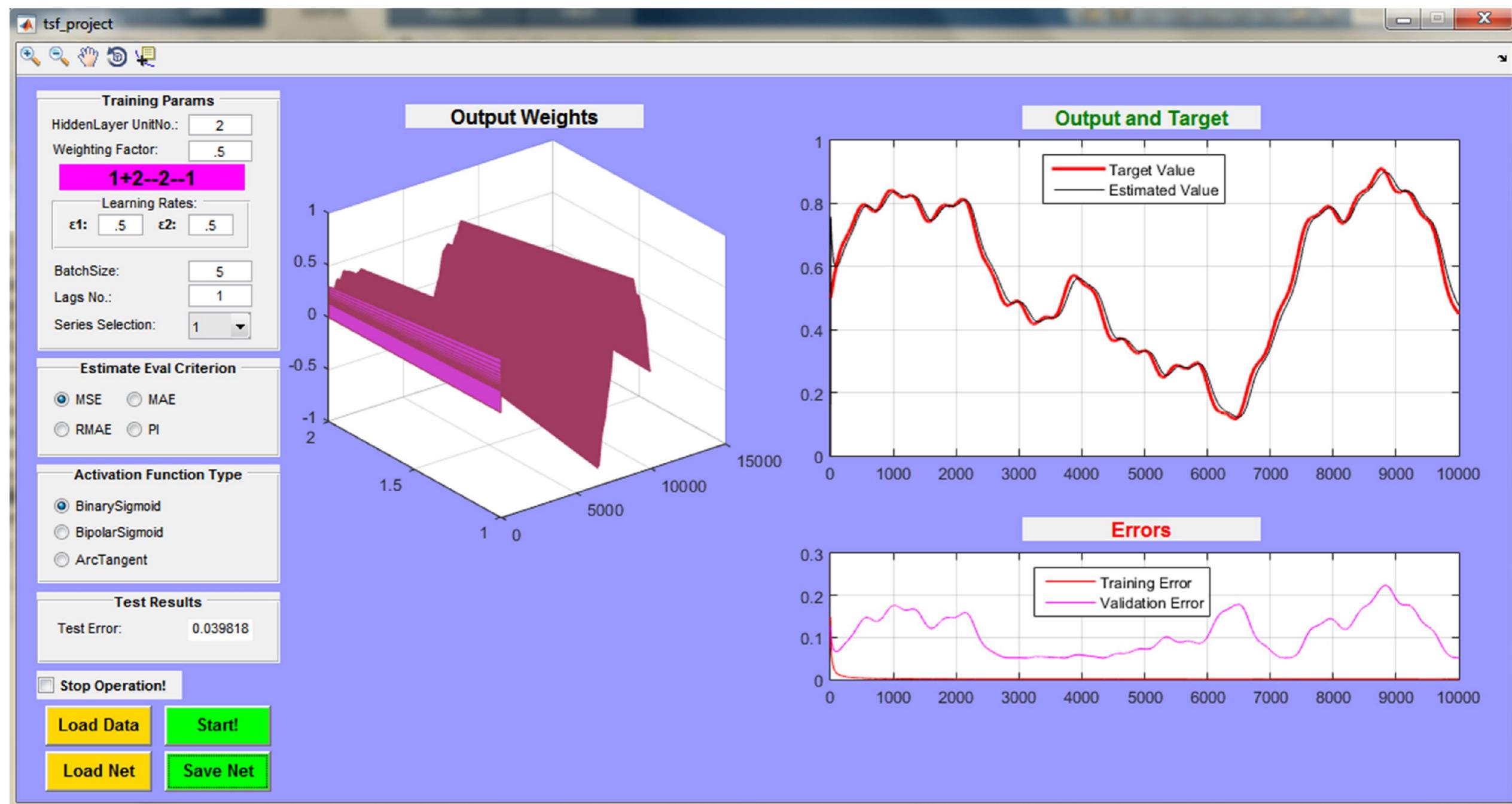
آزمایش هفدهم (حالت افزایشی یا غیر دسته‌ای در معماری ۱+۲—۲—۱)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
Train 17	1+2—2--1	.5	Eps1 Eps2 .5 .5	1	1	1	MSE	Binary Sigmoid	Train .0003	Valid .0511	Test .0398



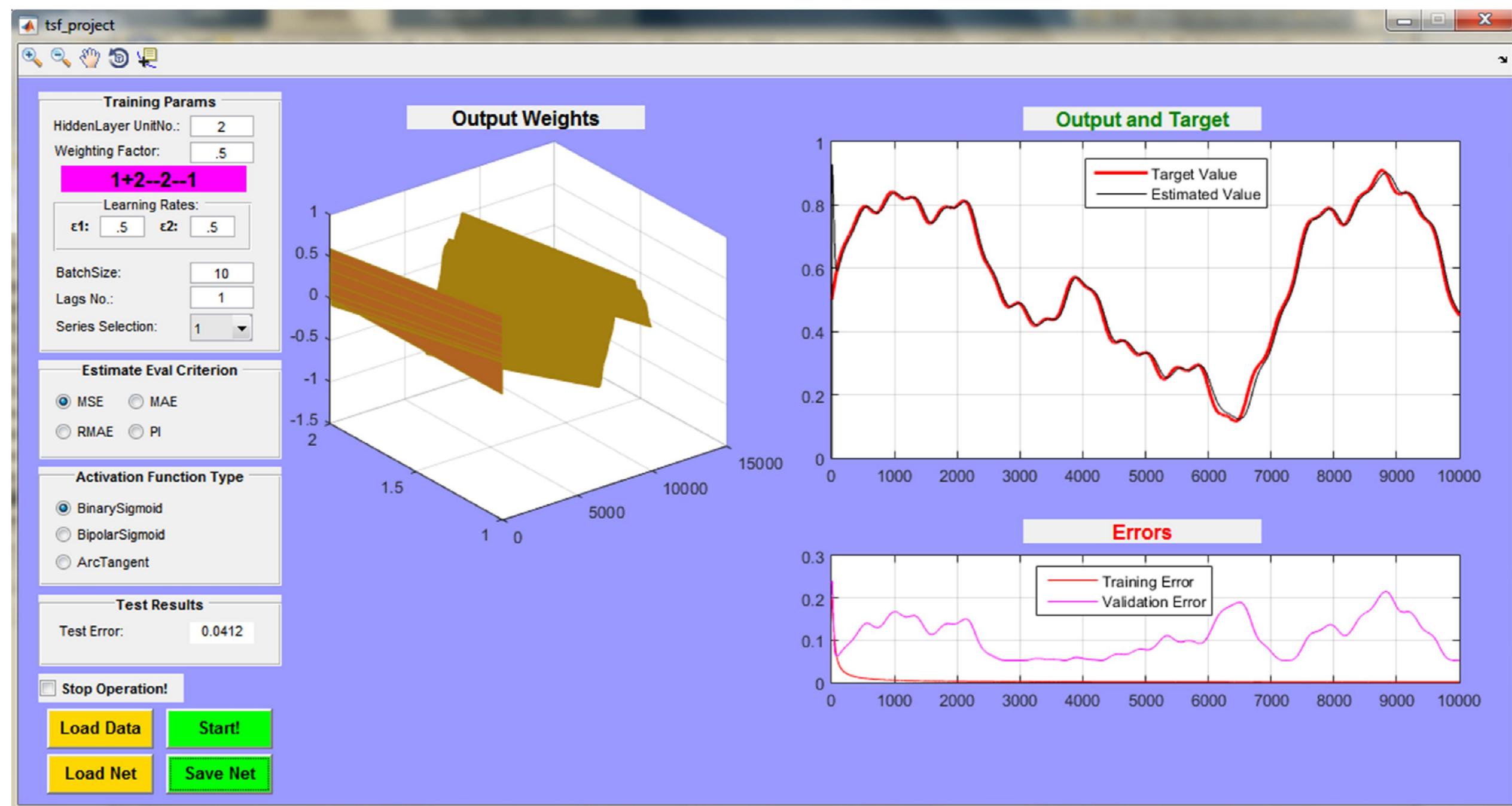
آزمایش هیجدم (حالت دسته‌ای در معماری ۱—۲—۲—۱+۲)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 18	1+2—2--1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	5	1	1	MSE	Binary Sigmoid	Train .0006	Valid .0510	Test .0398

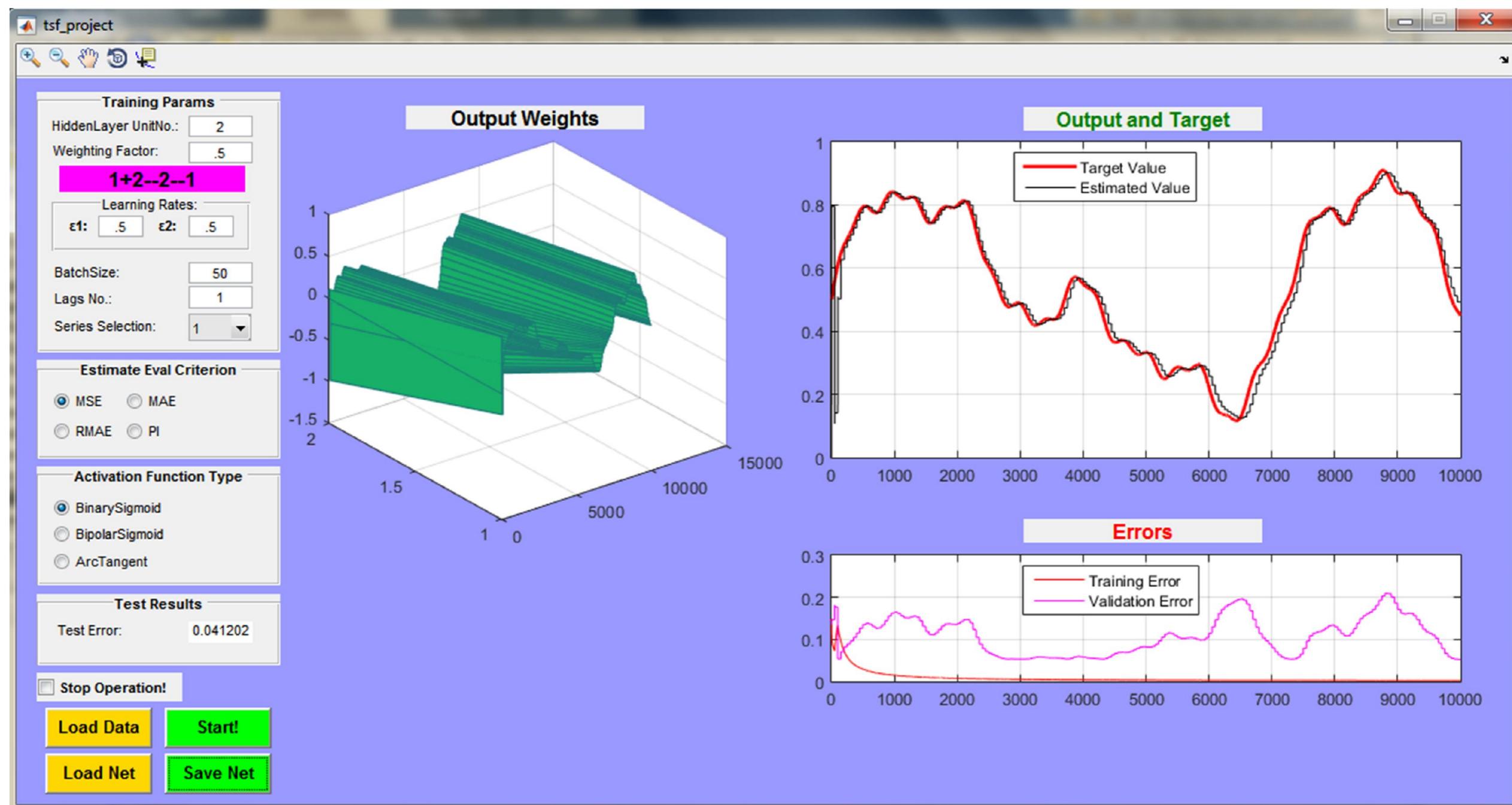


آزمایش نوزدهم (حالت دسته‌ای در معماری ۱—۲—۲—۱+۲)

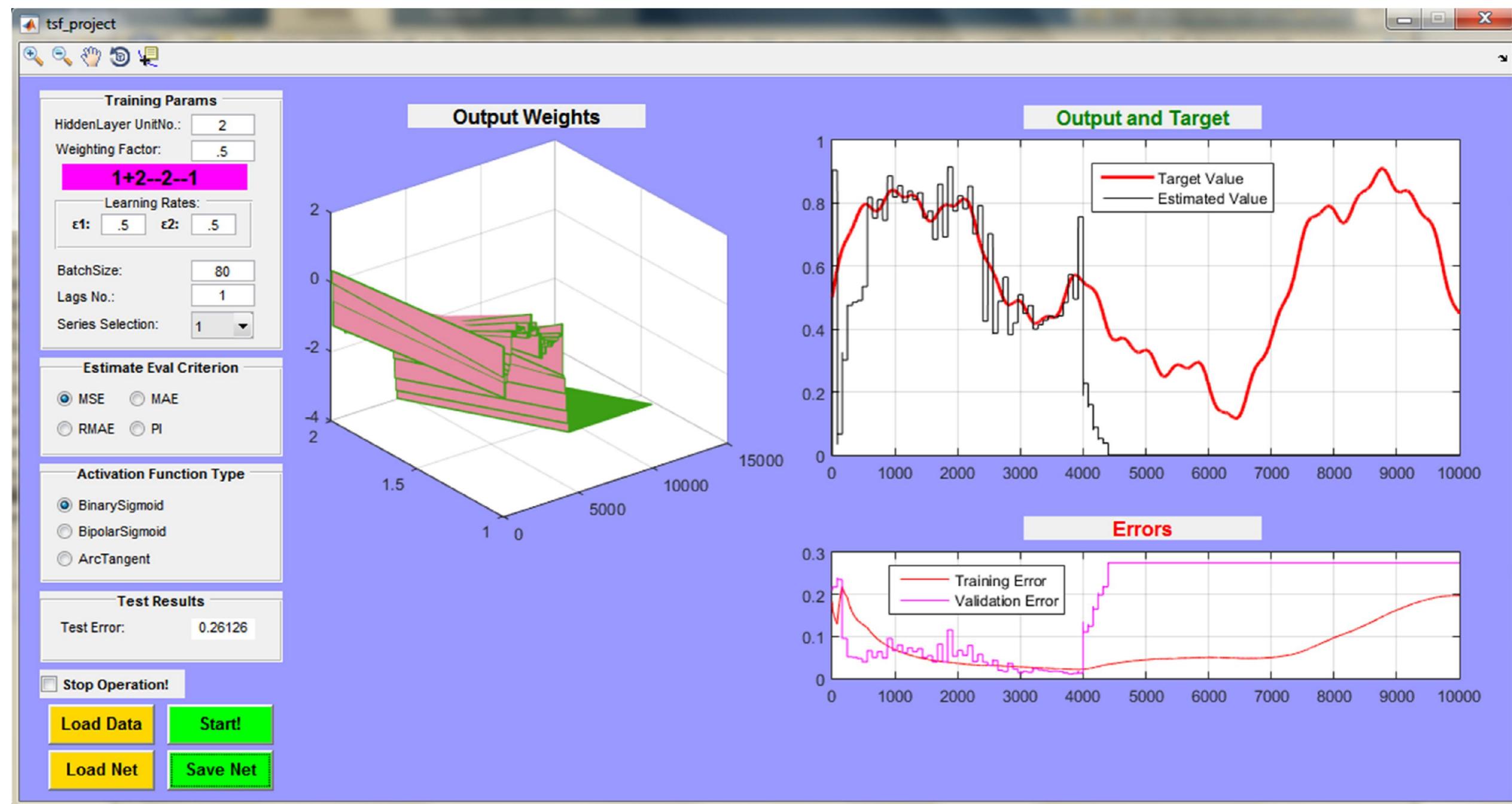
Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
									Eps1	Eps2	Train
Train 19	1+2—2--1	.5		.5	.5	10	1	Binary Sigmoid	.0007	.0528	.0412



Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 20	1+2—2--1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	50	1	1	MSE	Binary Sigmoid	Train .0021	Valid .0527	Test .0412



Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
Train 21	1+2—2--1	.5	Eps1 .5	Eps2 .5	80	1	1	MSE	Binary Sigmoid	Train .197	Valid .2756	Test .2613



نتیجه‌گیری:

در این آزمایش‌ها معماری (۱+۲—۲) را در حالت دسته‌ای و غیر دسته‌ای در چهار آزمایش با اندازه‌ی دسته‌ی متفاوت بررسی کرده و نتایج را با آزمایش هفدهم که در حالت غیر دسته‌ای یا همان افزایشی (incremental) انجام شده است مقایسه نموده‌ایم.

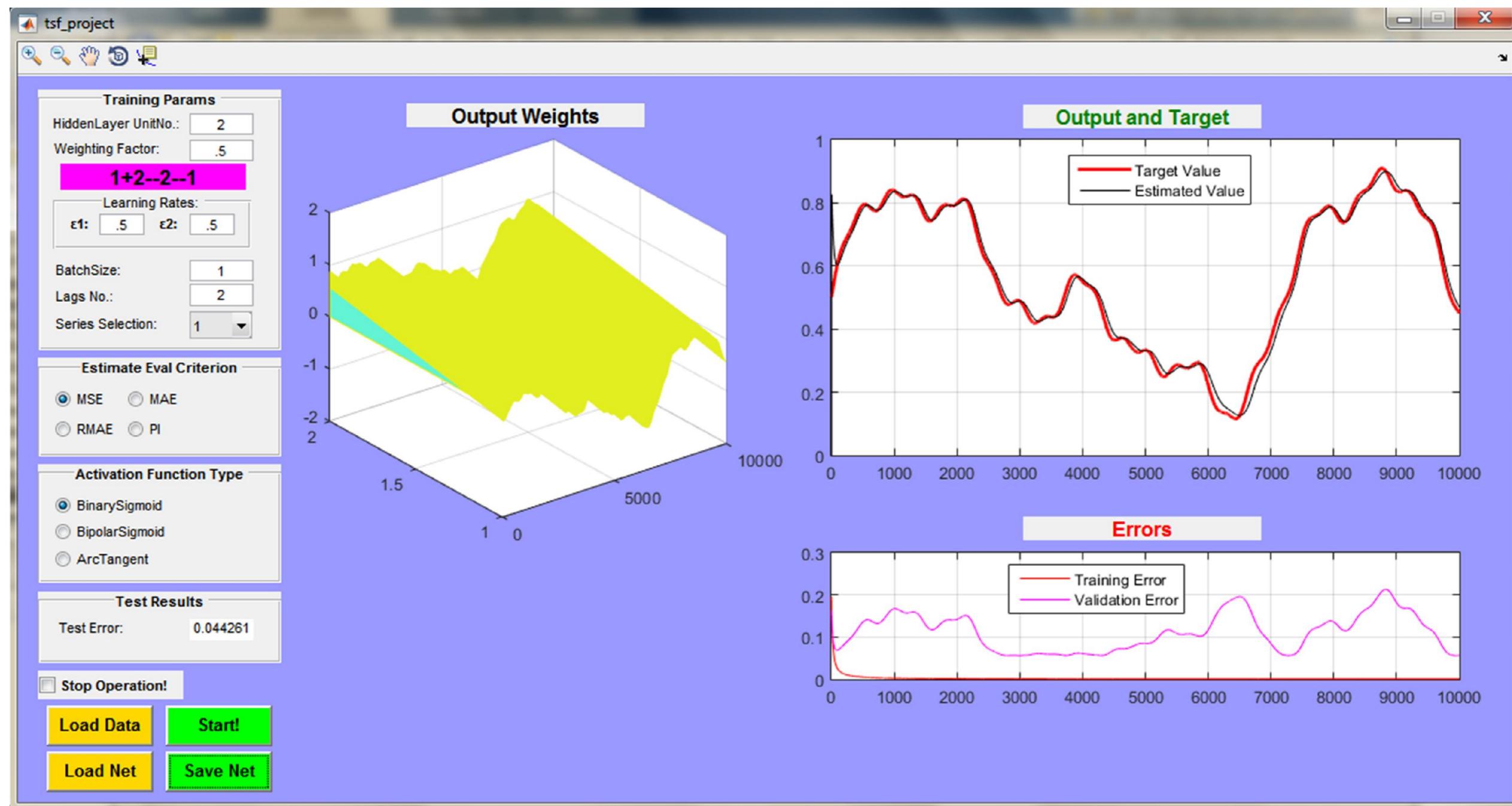
با توجه به مطالب قیدشده در ۴۹۵ کتاب **Neural Networks for Applied Sciences**, در روش دسته‌ای در سری زمانی برخلاف روش دسته‌ای مورد استفاده در شبکه‌ی پرسپترون (که در آن همگی داده‌های دسته به یکباره به شبکه ارائه شده و خروجی‌های شبکه نیز به یکباره حاصل شده و گرادیان خطا نیز به صورت تجمعی و طی عملیات ماتریسی به وزن‌های شبکه اعمال می‌گردید) گرادیان خطا به ازای هر کدام از داده‌های دسته حاصل شده و با یکدیگر جمع می‌گردند و در نهایت در انتهای دسته مجموع گرادیان خطا به وزن‌های شبکه اعمال می‌گردد و در ادامه‌ی دسته بعدی تا انتهای دسته وزن‌های شبکه بلا تغییر می‌مانند.

همانطور که از آزمایش‌ها پیداست با اندازه دسته‌ی کم (در اینجا ۵ و ۱۰) نرخ خطا کم بوده و تخمین حاصله نیز با حالت غیر دسته‌ای چندان تفاوتی نداشته و با افزایش اندازه‌ی دسته تخمین نهائی دچار نوسان شده و در اندازه دسته‌ی ۸۰ این نوسان به اوج خود رسیده و پس از تخمین حدود ۴۰۰۰ داده، تخمین نهائی برای داده‌های بعدی سری برابر صفر می‌گردد و این نشان از عدم توان شبکه برای تخمین صحیح داده‌ها در قدم بعدی با اندازه‌ی دسته‌ی بالا را دارد؛ چرا که نرخ خطا با افزایش اندازه‌ی دسته بالا رفته و مجموع گرادیان خطا نیز توان اصلاح صحیح وزن‌ها برای تخمین درست را دارا نمی‌باشد. لذا در ادامه‌ی این گزارش روش افزایشی یا همان غیر دسته‌ای را بر روش دسته‌ای ترجیح خواهیم داد.

۳. بررسی معماری (۱+۲—۲—۱) برای تخمین سری در دو قدم بعد

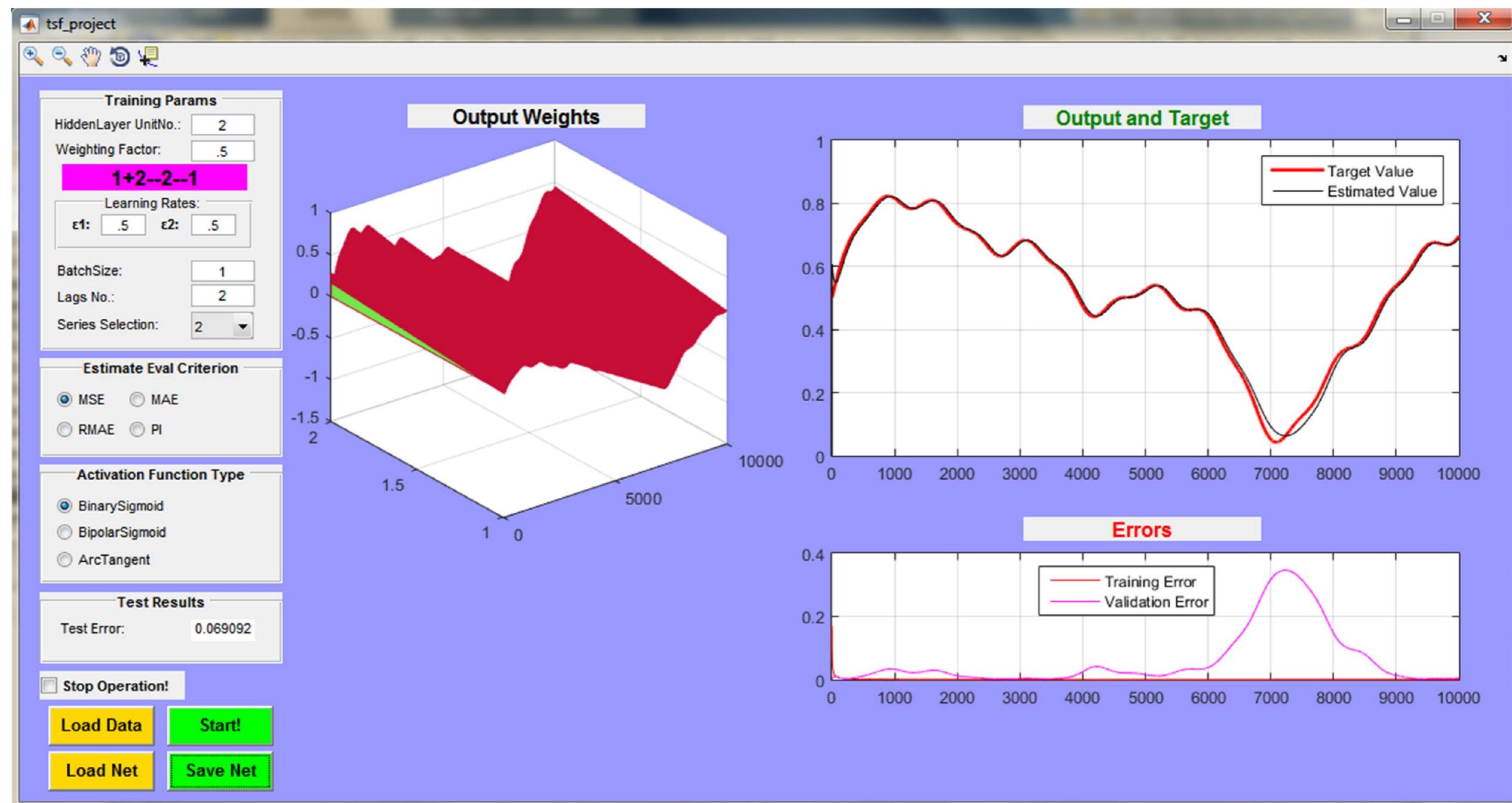
آزمایش بیست و دوم (تخمین سری اول در دو قدم بعد)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
Train			Eps1 Eps2						Train	Valid	Test
22	1+2—2--1	.5	.5 .5	1	2	1	MSE	Binary Sigmoid	.0007	.0568	.0443



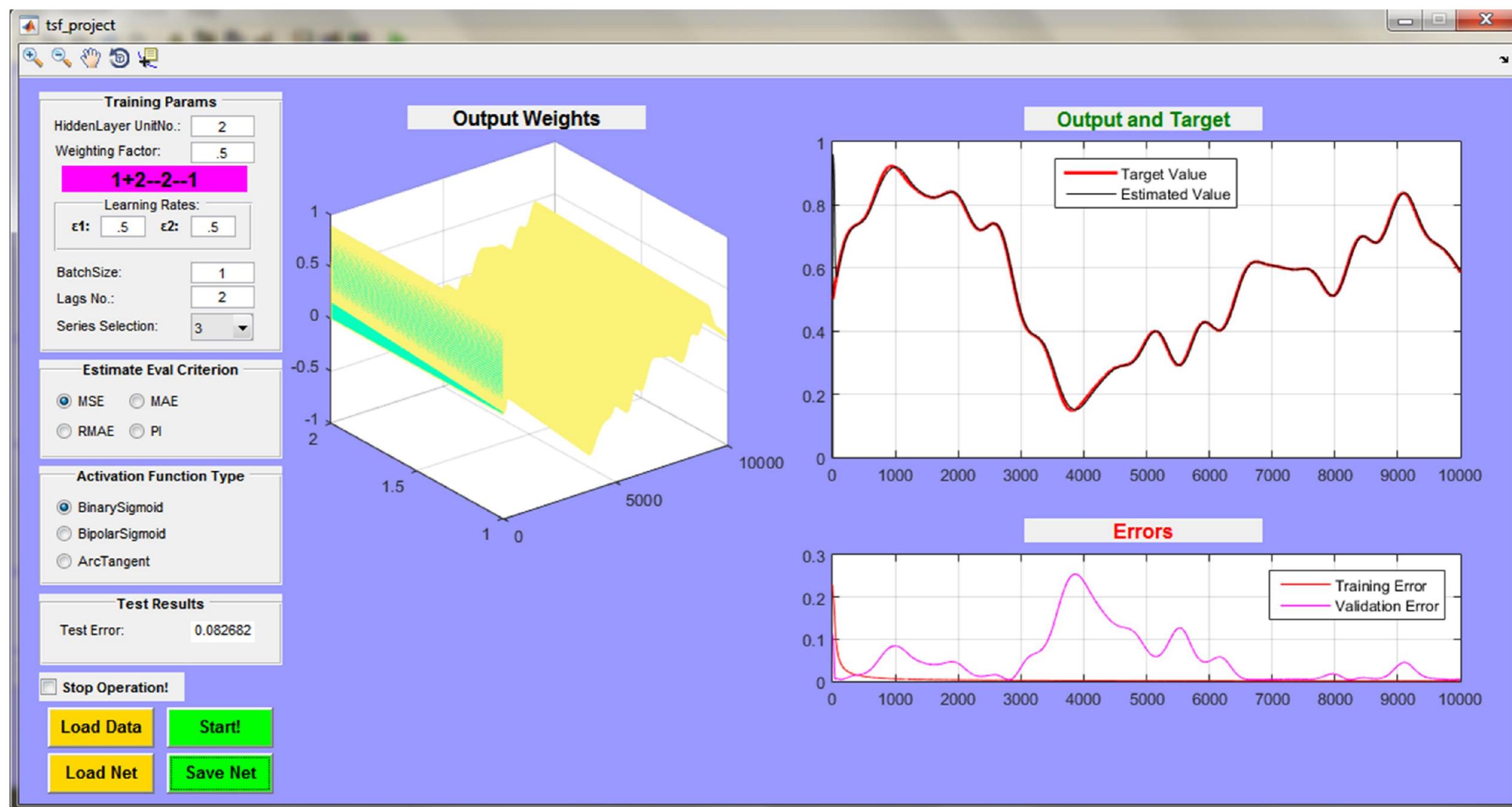
آزمایش بیست و سوم (تخمین سری دوم در دو قدم بعد)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
Train 23	1+2—2--1	.5	Eps1 Eps2 .5 .5	1	2	2	MSE	Binary Sigmoid	Train .0003	Valid .0047	Test .0690



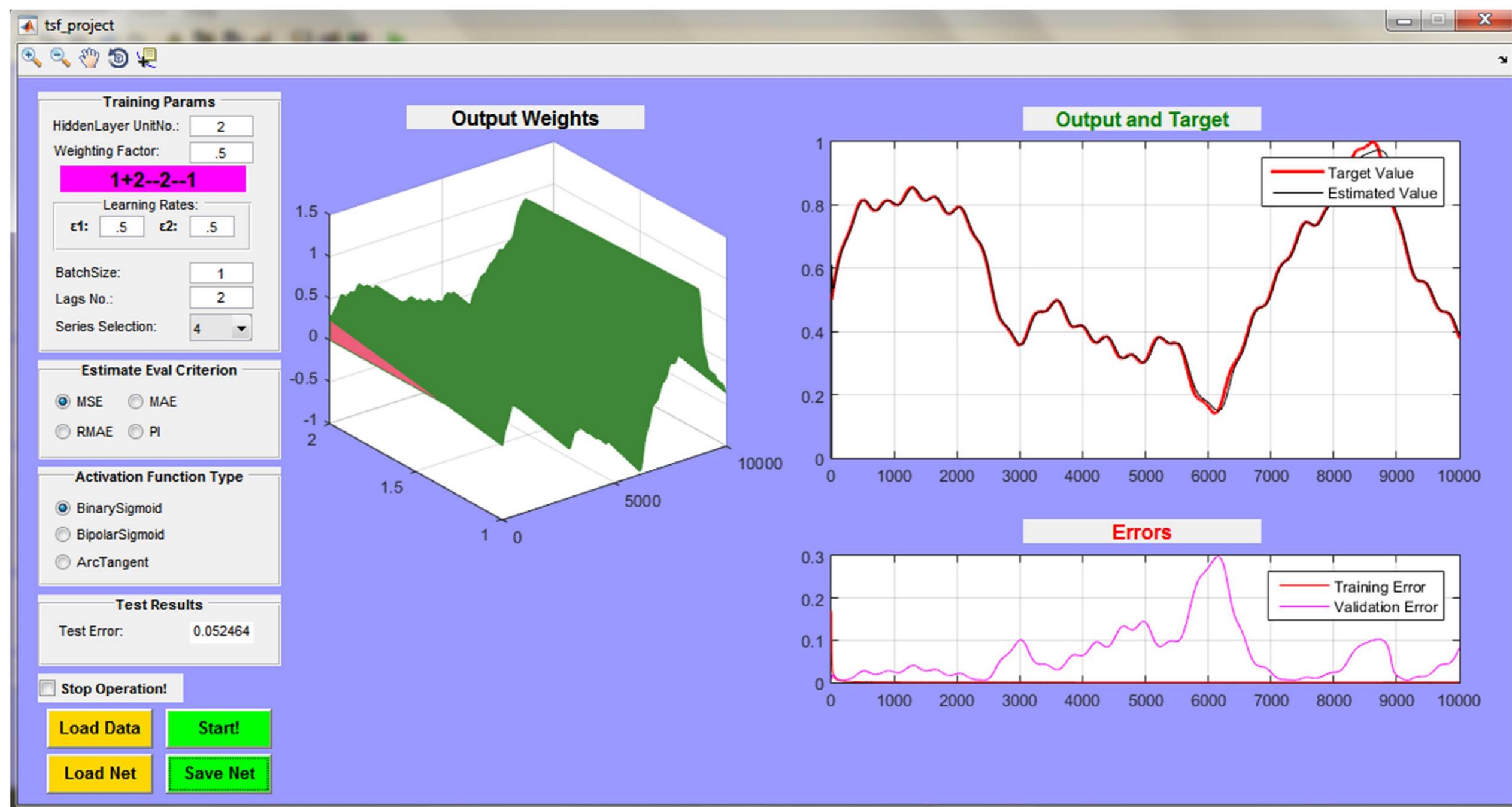
آزمایش بیست و چهارم (تخمین سری سوم در دو قدم بعد)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
									Train	Valid	Test
Train 24	1+2—2--1	.5		Eps1 .5	Eps2 .5	1	2	3	MSE	Binary Sigmoid	.0006 .0052 .0827



آزمایش بیست و پنجم (تخمین سری چهارم در دو قدم بعد)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors					
									Eps1	Eps2	Train	Valid	Test	
Train 25	1+2—2--1	.5			.5	.5	1	2	4	MSE	Binary Sigmoid	.0003	.0812	.0525



نتیجه گیری:

در این آزمایش‌ها داده‌های چهار سری اول با معماری $(1+2-2)$ و با همان پارامترهای قیدشده در قسمت اول گزارش، در دو قدم بعدی به طور مستقیم تخمین زده شده‌اند.

با توجه به مطالب قیدشده در صفحه‌ی ۵۰۵ کتاب **Neural Networks for Applied Sciences**، در روش تخمین داده‌ها در دو قدم بعدی برخلاف روش تخمین با طول گام یک که در آن لایه‌ی مخفی به لایه‌ی خروجی یک رویه‌ی نگاشت همزمان را به عنوان مثال از $(z(t+1)y(t+1))$ به $(z(t+2)y(t+2))$ انجام می‌دهد؛ در این روش لایه‌ی مخفی-خروجی یک نگاشت مستقیم به طول گام یک از مثلا $(z(t+1)y(t+1))$ به $(z(t+2)y(t+2))$ انجام می‌دهد.

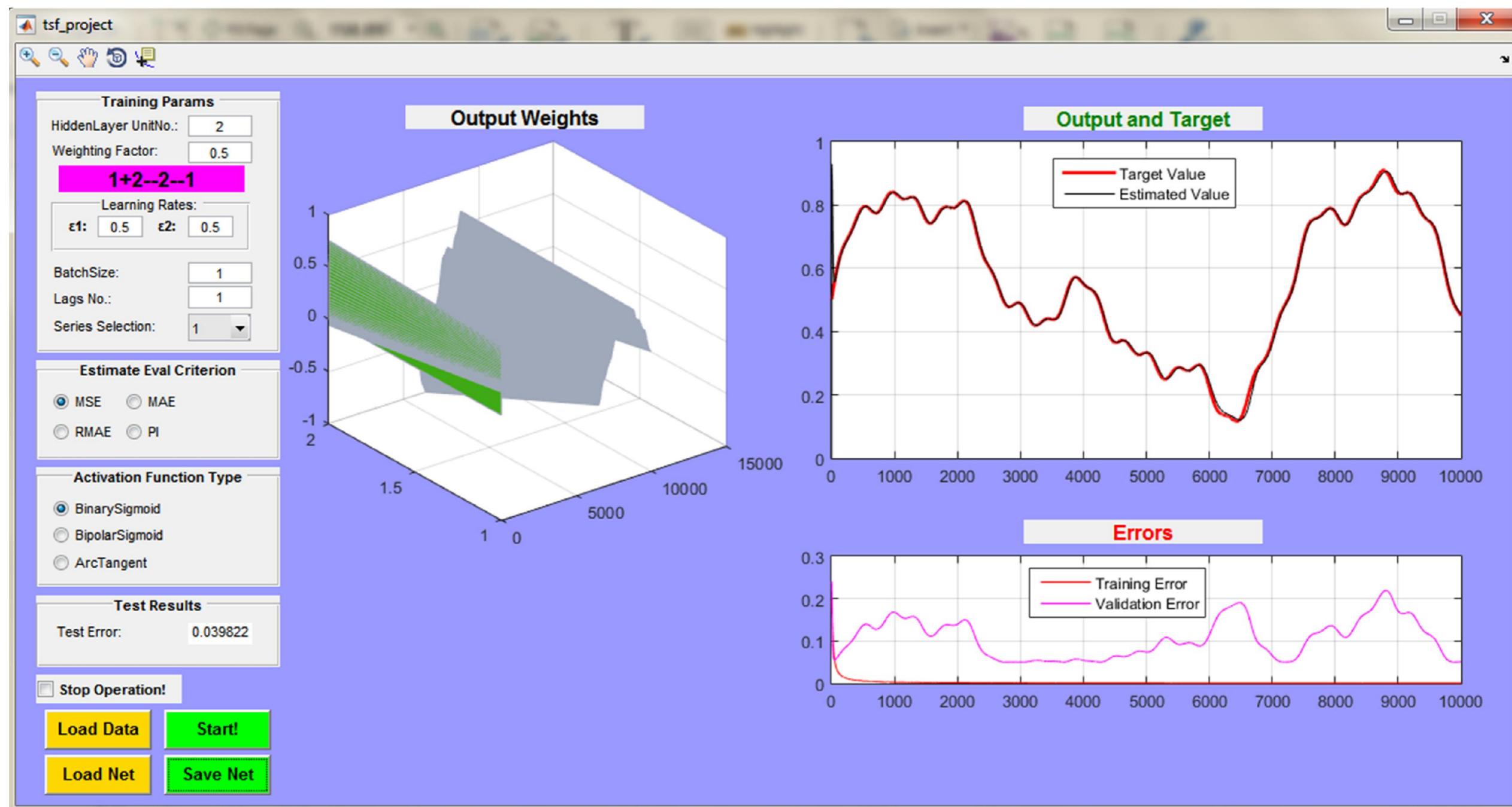
همان‌طور که پیداست نرخ خطا در همگی آزمایش‌ها پایین بوده و تخمین‌های حاصله نیز چندان با حالت تخمین به طول گام یک متفاوت نمی‌باشند و این نشان از عملکرد صحیح شبکه و صحت پارامترهای اعمال شده به شبکه دارد.

لازم به ذکر است که شبکه‌ی فعلی با همین پارامترها و با طول گام برابر 10 نیز مورد آزمایش واقع شد که باز هم نتایج تخمین بسیار مطلوب و نرخ خطا نیز پایین بود.

۴. بررسی تأثیر نوع تابع فعال سازی مورد استفاده در معماری (۱—۲—۲—۱+۲)

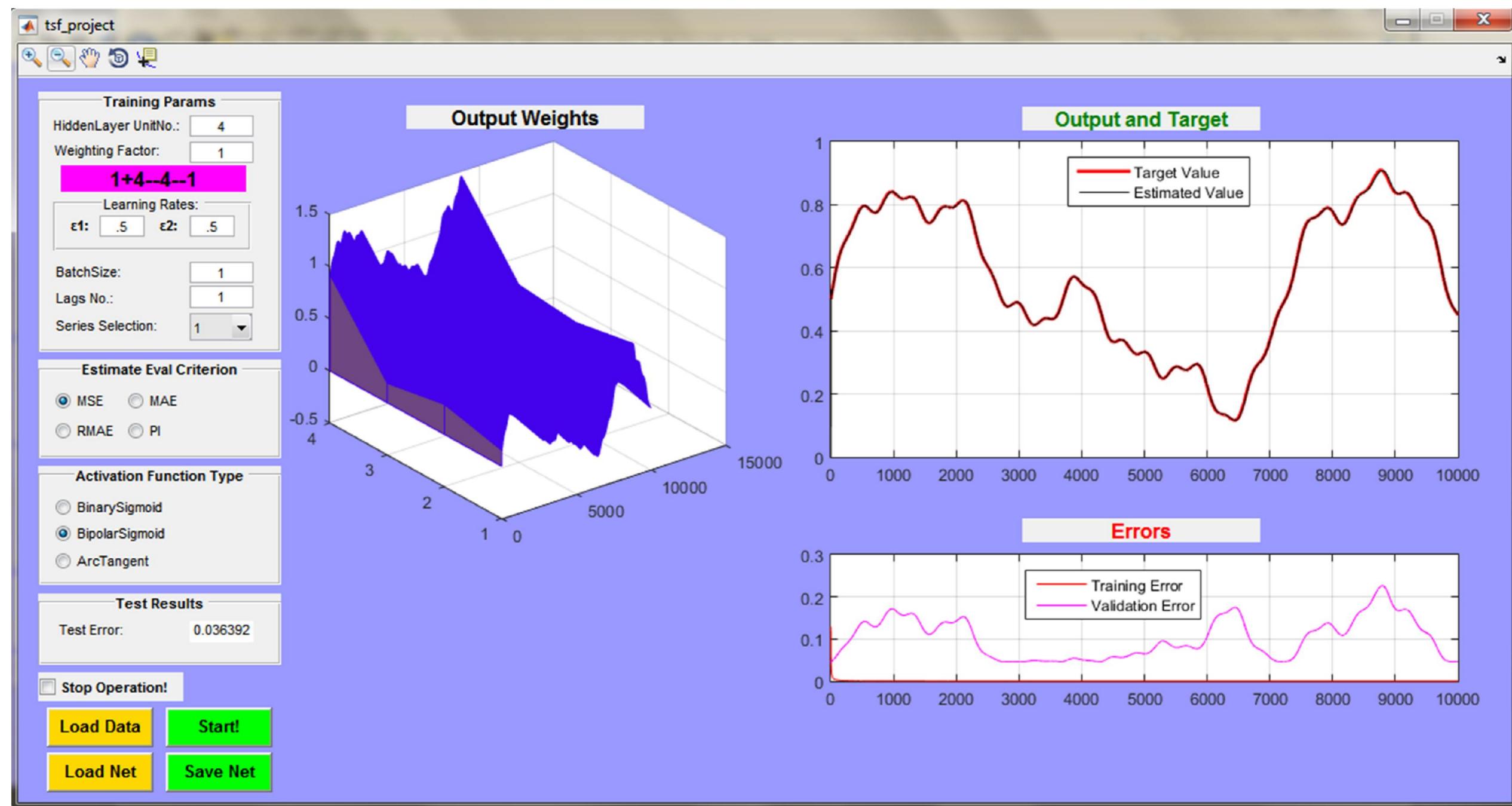
آزمایش بیست و ششم (نوع تابع فعال سازی: **Binary Sigmoid**)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
Train 26	1+2—2--1	.5	Eps1 Eps2 .5 .5	1	1	1	MSE	Binary Sigmoid	Train .0003	Valid .0511	Test .0398



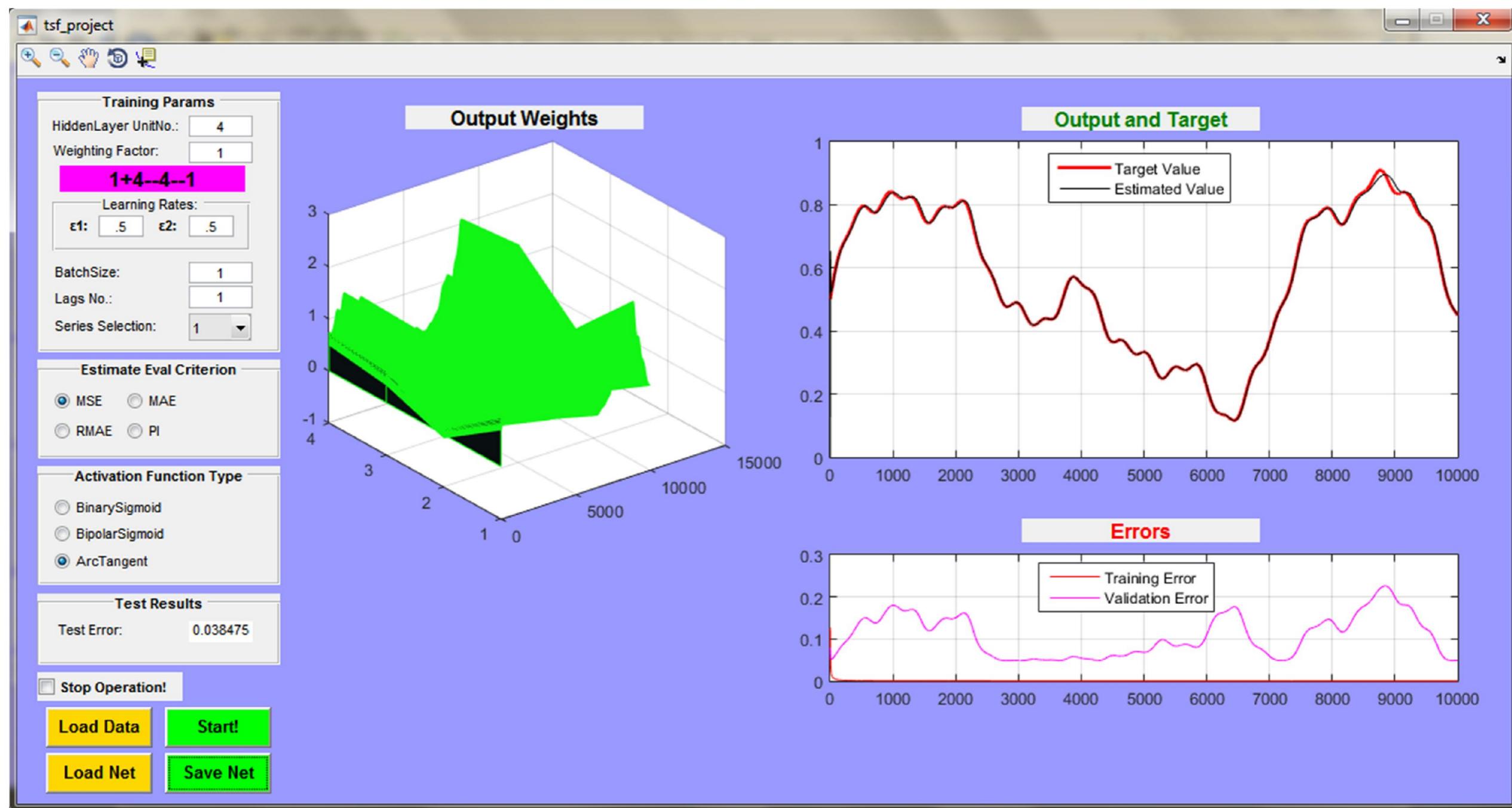
آزمایش بیست و هفتم (نوع تابع فعال سازی: Bipolar Sigmoid)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors		
									Train	Valid	Test
Train 27	1+2—2-1	1	.5	.5	1	1	MSE	Bipolar Sigmoid	3.145e-5	.0466	.0364



آزمایش بیست و هشتم (نوع تابع فعال سازی: ArcTangent)

Exp. No.	Elman Architecture	Weighting Factor	Learning Rates	BatchSize (1 is equal to incremental mode)	StepsAhead (LagsNo)	Selected Series (1 to 10)	Estimation Evaluation Criterion	Activation Function Type	Final Errors			
									Train	Valid	Test	
Train 28	1+2—2-1	1	.5	.5	1	1	1	MSE	ArcTangent	7.473e-5	.0493	.0385



نتیجه‌گیری:

در این آزمایش‌ها انواع توابع فعالسازی جهت برآورد خروجی نورون‌های لایه‌ی مخفی و لایه‌ی نهائی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که مشاهده گردید در مورد توابع **ArcTangent** و **BipolarSigmoid**، نرخ تأثیر سیگنال بازگشتی (Weighting Factor) با مقدار 0.5 (که در سایر آزمایش‌ها تاکنون مورد استفاده بود) سبب متمایل شدن تخمینی سری به صفر در همان ابتدای آموزش شد و در نتیجه برای دو تابع مذکور از مقدار 1 برای نرخ تأثیر سیگنال بازگشتی استفاده گردید که سبب بهبود تخمین نهائی و افت شدید نرخ خطای شبکه گردید.

در نهایت می‌توان گفت که با توجه همدامنه بودن داده‌های نرمال‌شده در بازه‌ی [0,1] در این گزارش و خروجی تابع **LogisticSigmoid**، تابع مزبور نتایج بهتری را نسبت به سایر توابع قید شده با دامنه‌ی خروجی بین -1 و $+1$ حاصل می‌نماید. لذا ما نیز این تابع را بر سایر توابع فعالسازی ترجیح می‌دهیم.