

به نام خدا

گزارش پروژه اول

**موضوع: Multi-Layer Perceptron for Image
Classification**

درس: یادگیری عمیق

استاد درس: آقای دکتر حامد ملک

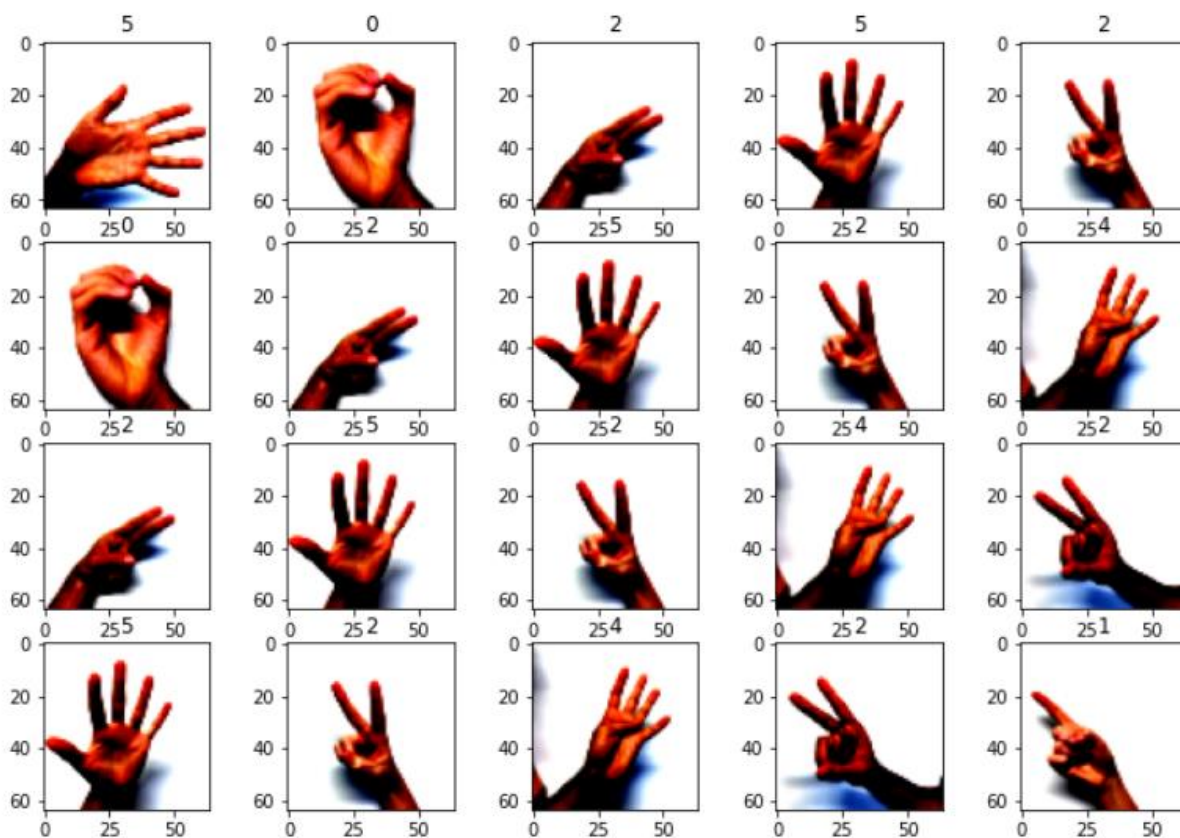
تهیه و تنظیم: سیدسروش مجد

شماره‌ی دانشجویی: ۴۰۰۴۴۳۱۸۱

فروردین ۱۴۰۱

مقدمه

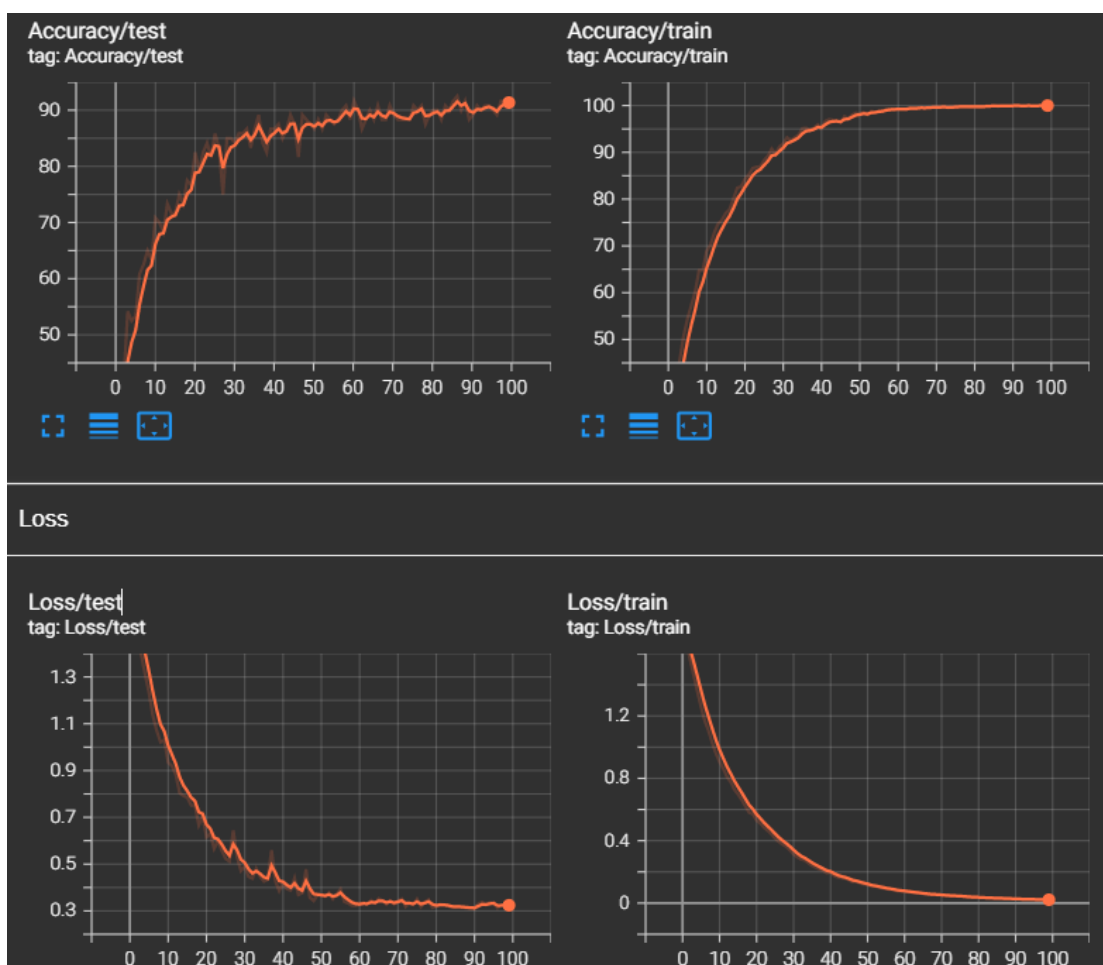
در این پروژه می‌خواهیم با `pytorch` شبکه عصبی `mlp` پیاده سازی کنیم تا مسئله `classification` برای تصاویری که از دستان افراد مختلف برای نمایش `sign language` digits را حل کنیم. ارقام بین ۰ و ۵ هستند. نمونه‌هایی از این داده‌ها و لیبل‌هایشان در شکل زیر نمایش داده شده‌اند.



۱- تکمیل توابع و اسکریپت‌های پایتون و آموزش یک مدل اولیه و گزارش نتایج

نتایج شبکه mlp با لایه‌های مخفی ۱۲ ۲۵، نرخ یادگیری ۰.۰۰۱، اپتیمایزر SGD و ۱۰۰ اپاک:

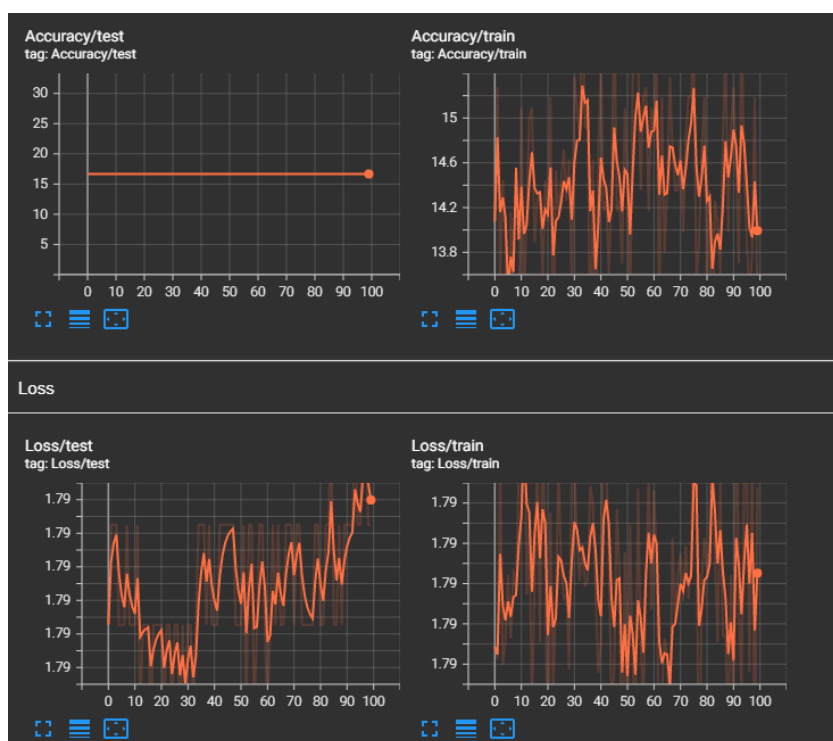
```
Epoch [1/100]: Train Loss: 1.7726, Train Accuracy: 23.8889, Test Loss: 1.7270, Test Accuracy:32.5000
Epoch [11/100]: Train Loss: 0.8362, Train Accuracy: 72.8704, Test Loss: 0.8909, Test Accuracy:70.0000
Epoch [21/100]: Train Loss: 0.4713, Train Accuracy: 87.0370, Test Loss: 0.5828, Test Accuracy:82.5000
Epoch [31/100]: Train Loss: 0.2907, Train Accuracy: 91.3889, Test Loss: 0.4739, Test Accuracy:84.1667
Epoch [41/100]: Train Loss: 0.1724, Train Accuracy: 96.1111, Test Loss: 0.4096, Test Accuracy:87.5000
Epoch [51/100]: Train Loss: 0.1101, Train Accuracy: 98.0556, Test Loss: 0.4260, Test Accuracy:83.3333
Epoch [61/100]: Train Loss: 0.0708, Train Accuracy: 99.1667, Test Loss: 0.3350, Test Accuracy:90.0000
Epoch [71/100]: Train Loss: 0.0486, Train Accuracy: 99.5370, Test Loss: 0.3429, Test Accuracy:88.3333
Epoch [81/100]: Train Loss: 0.0356, Train Accuracy: 99.7222, Test Loss: 0.3313, Test Accuracy:88.3333
Epoch [91/100]: Train Loss: 0.0266, Train Accuracy: 99.9074, Test Loss: 0.3338, Test Accuracy:90.0000
write successful
```



۲- بررسی تاثیر وزن های اولیه لایه های dense استفاده شده.

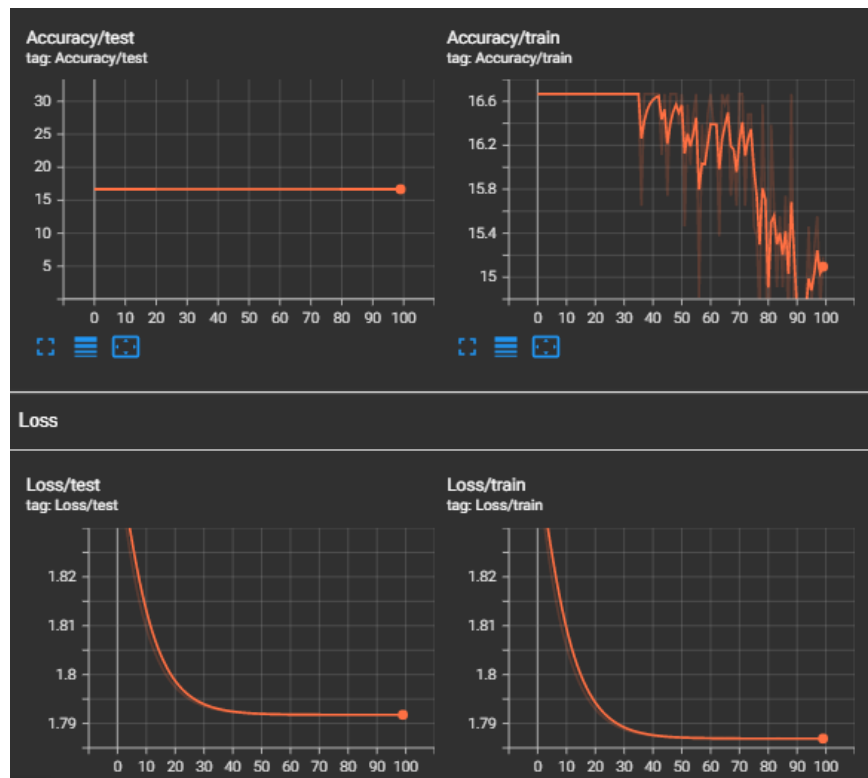
مقداردهی اولیه صفر:

```
Epoch [1/100]: Train Loss: 1.7920, Train Accuracy: 14.0741, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [11/100]: Train Loss: 1.7920, Train Accuracy: 15.0926, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [21/100]: Train Loss: 1.7919, Train Accuracy: 14.0741, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [31/100]: Train Loss: 1.7920, Train Accuracy: 15.3704, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [41/100]: Train Loss: 1.7920, Train Accuracy: 15.5556, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [51/100]: Train Loss: 1.7919, Train Accuracy: 14.4444, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [61/100]: Train Loss: 1.7920, Train Accuracy: 14.9074, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [71/100]: Train Loss: 1.7920, Train Accuracy: 14.8148, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [81/100]: Train Loss: 1.7920, Train Accuracy: 13.5185, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [91/100]: Train Loss: 1.7919, Train Accuracy: 15.2778, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
write successful
```



مقداردهی یونیفرم:

```
Epoch [1/100]: Train Loss: 1.8482, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.8450, Test Accuracy:16.6667
Epoch [11/100]: Train Loss: 1.8107, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.8095, Test Accuracy:16.6667
Epoch [21/100]: Train Loss: 1.7979, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.7975, Test Accuracy:16.6667
Epoch [31/100]: Train Loss: 1.7938, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.7935, Test Accuracy:16.6667
Epoch [41/100]: Train Loss: 1.7925, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.7923, Test Accuracy:16.6667
Epoch [51/100]: Train Loss: 1.7921, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.7919, Test Accuracy:16.6667
Epoch [61/100]: Train Loss: 1.7920, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [71/100]: Train Loss: 1.7919, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [81/100]: Train Loss: 1.7919, Train Accuracy: 13.7037, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
Epoch [91/100]: Train Loss: 1.7919, Train Accuracy: 13.9815, Test Loss: 1.7918, Test Accuracy:16.6667
write successful
```



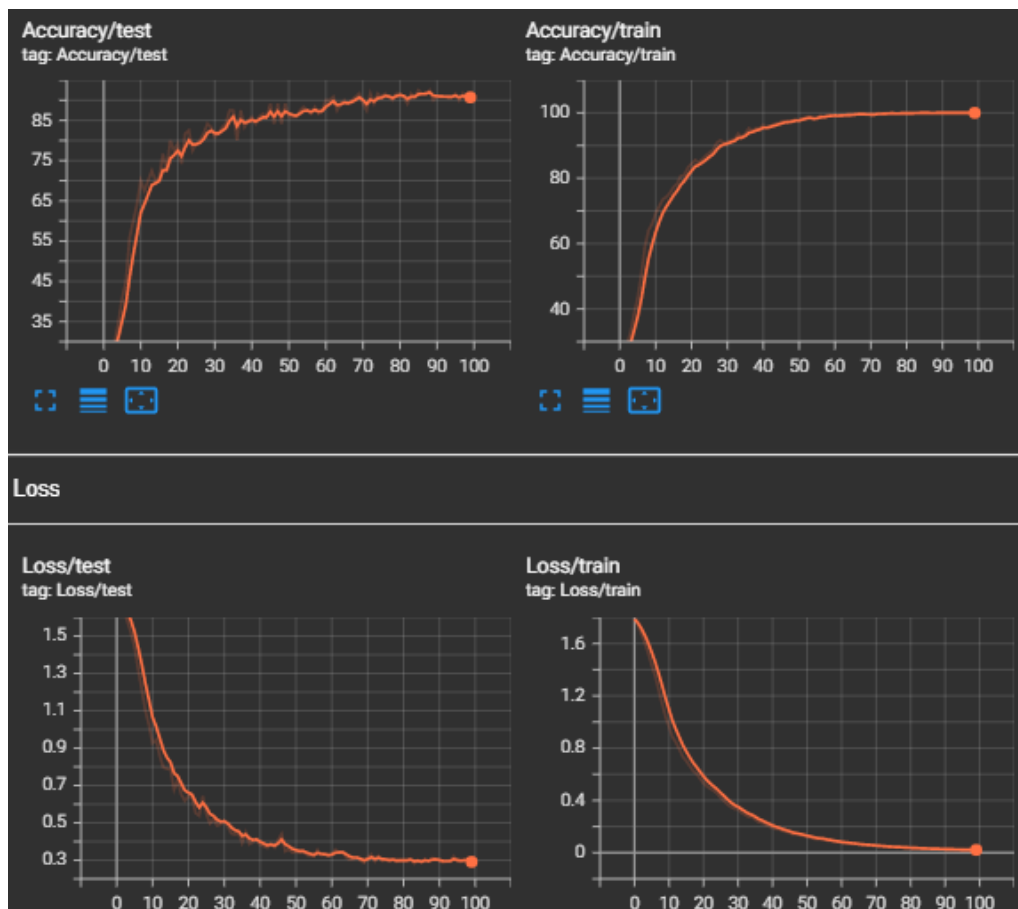
در مقداردهی zero constant مقادیر اولیه و وزن ها همگی برابر با صفر می شوند و در هنگام backpropagation گرادیان ها برابر با صفر خواهند بود و عملیات train انجام نمی شود. در حالت uniform وزن ها مقدار تصادفی می گیرند و می بینیم که باز هم train انجام نشده است.

۳- بررسی تاثیر وجود و عدم وجود توابع فعالسازی متفاوت در روند آموزش

توابع فعالساز برای یادگیری الگوهای پیچیده در داده‌ها استفاده می‌شوند و این تابع فعالساز است که مشخص می‌کند یک نورون فعال شود یا نه. انتخاب تابع فعالساز با توجه به داده انجام می‌شود و روش قطعی برای انتخاب آن نیست و باید توابع متفاوت امتحان شوند.

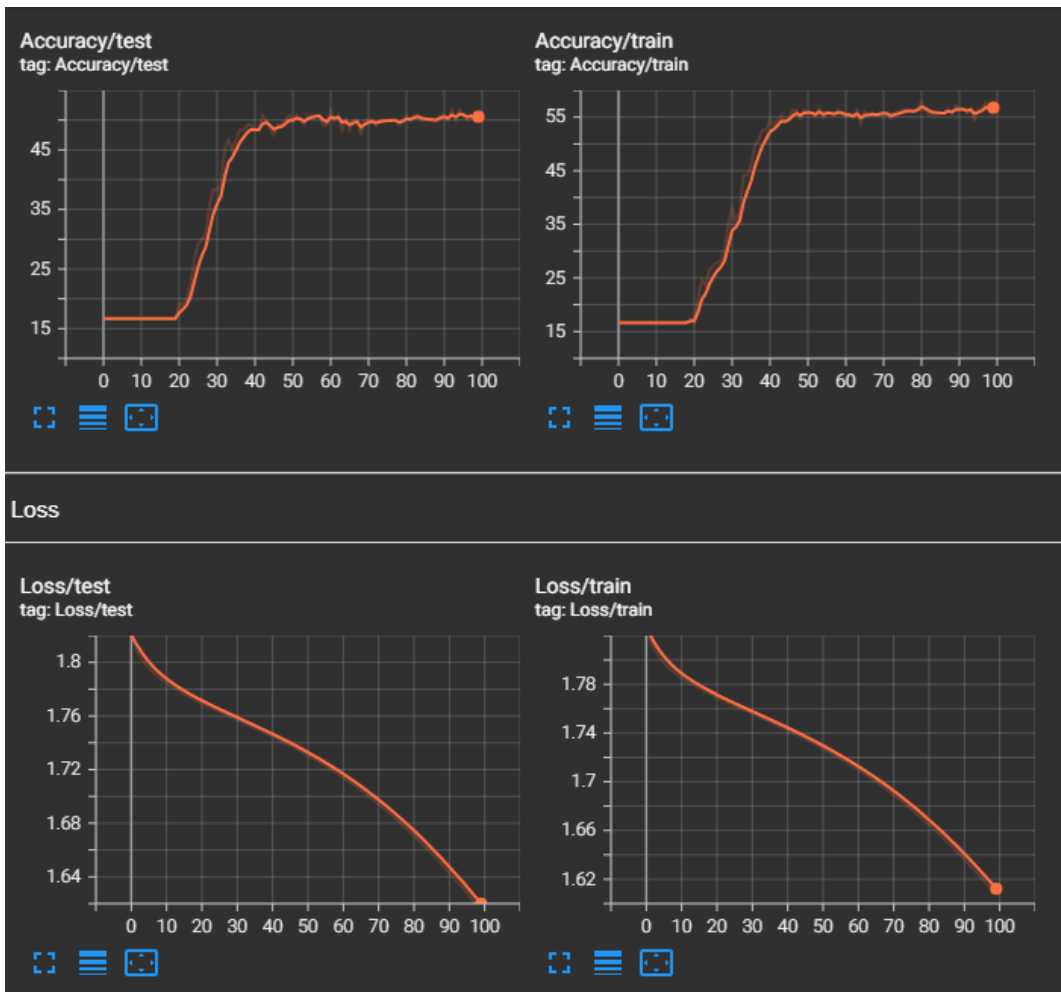
بدون تابع فعال ساز:

```
Epoch [1/100]: Train Loss: 1.7211, Train Accuracy: 27.4074, Test Loss: 1.6363, Test Accuracy:30.8333
Epoch [11/100]: Train Loss: 0.7868, Train Accuracy: 75.0926, Test Loss: 0.8022, Test Accuracy:73.3333
Epoch [21/100]: Train Loss: 0.4687, Train Accuracy: 86.1111, Test Loss: 0.5621, Test Accuracy:81.6667
Epoch [31/100]: Train Loss: 0.2798, Train Accuracy: 92.3148, Test Loss: 0.4223, Test Accuracy:86.6667
Epoch [41/100]: Train Loss: 0.1637, Train Accuracy: 96.4815, Test Loss: 0.3640, Test Accuracy:85.8333
Epoch [51/100]: Train Loss: 0.0943, Train Accuracy: 98.8889, Test Loss: 0.3564, Test Accuracy:84.1667
Epoch [61/100]: Train Loss: 0.0649, Train Accuracy: 99.2593, Test Loss: 0.3065, Test Accuracy:88.3333
Epoch [71/100]: Train Loss: 0.0382, Train Accuracy: 100.0000, Test Loss: 0.2937, Test Accuracy:89.1667
Epoch [81/100]: Train Loss: 0.0269, Train Accuracy: 100.0000, Test Loss: 0.2897, Test Accuracy:90.8333
Epoch [91/100]: Train Loss: 0.0206, Train Accuracy: 100.0000, Test Loss: 0.2778, Test Accuracy:92.5000
write successful
```



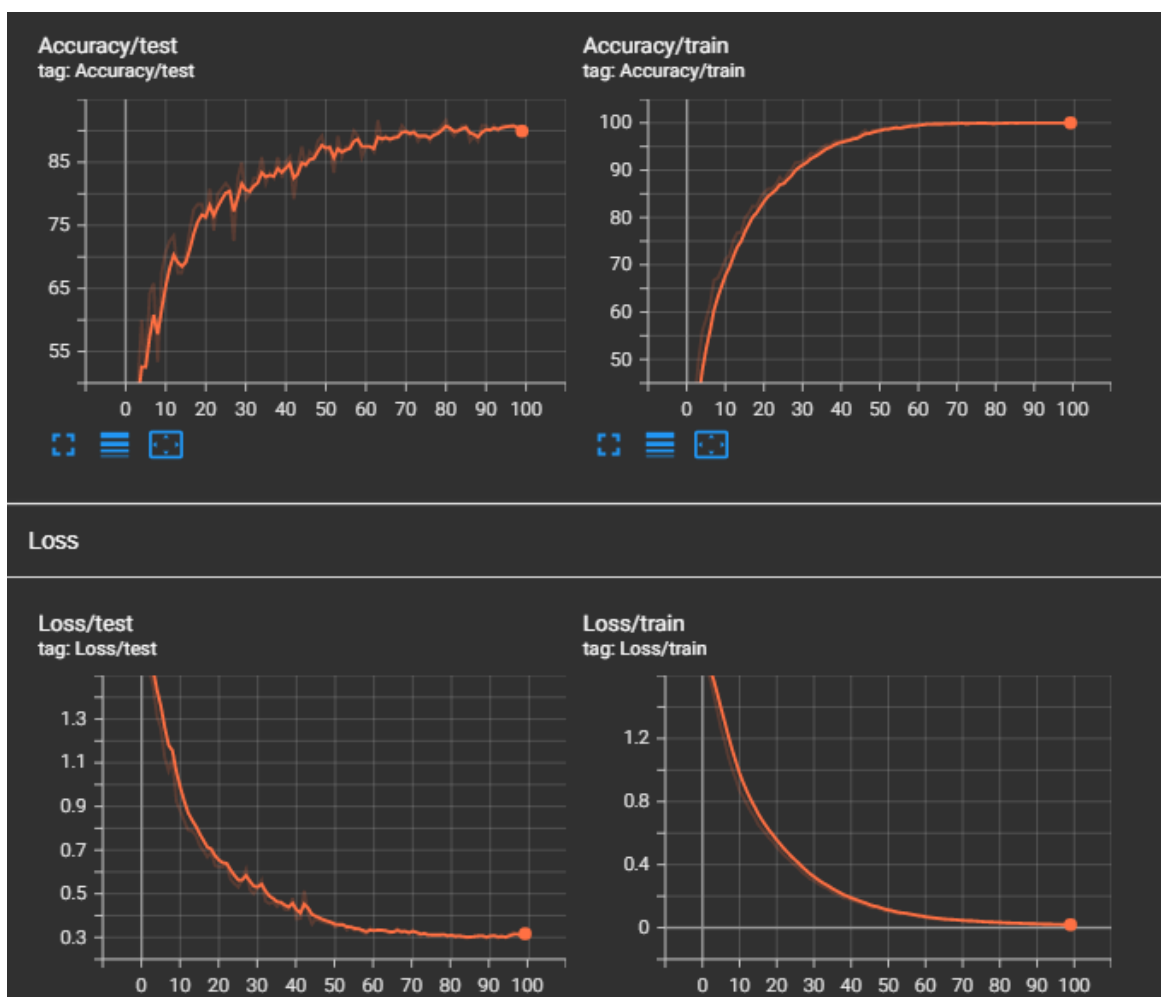
سیگموئید:

```
Epoch [1/100]: Train Loss: 1.8280, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.8207, Test Accuracy:16.6667
Epoch [11/100]: Train Loss: 1.7856, Train Accuracy: 16.6667, Test Loss: 1.7846, Test Accuracy:16.6667
Epoch [21/100]: Train Loss: 1.7692, Train Accuracy: 16.9444, Test Loss: 1.7695, Test Accuracy:19.1667
Epoch [31/100]: Train Loss: 1.7559, Train Accuracy: 38.0556, Test Loss: 1.7571, Test Accuracy:38.3333
Epoch [41/100]: Train Loss: 1.7424, Train Accuracy: 54.3519, Test Loss: 1.7447, Test Accuracy:48.3333
Epoch [51/100]: Train Loss: 1.7274, Train Accuracy: 55.9259, Test Loss: 1.7307, Test Accuracy:50.0000
Epoch [61/100]: Train Loss: 1.7099, Train Accuracy: 55.0926, Test Loss: 1.7142, Test Accuracy:51.6667
Epoch [71/100]: Train Loss: 1.6893, Train Accuracy: 55.9259, Test Loss: 1.6944, Test Accuracy:50.0000
Epoch [81/100]: Train Loss: 1.6648, Train Accuracy: 57.7778, Test Loss: 1.6711, Test Accuracy:50.8333
Epoch [91/100]: Train Loss: 1.6364, Train Accuracy: 56.4815, Test Loss: 1.6430, Test Accuracy:50.8333
write successful
```



رلو:

```
Epoch [1/100]: Train Loss: 1.7914, Train Accuracy: 17.2222, Test Loss: 1.7827, Test Accuracy:14.1667
Epoch [11/100]: Train Loss: 1.2253, Train Accuracy: 57.2222, Test Loss: 1.1905, Test Accuracy:60.8333
Epoch [21/100]: Train Loss: 0.6203, Train Accuracy: 79.7222, Test Loss: 0.7450, Test Accuracy:70.0000
Epoch [31/100]: Train Loss: 0.3567, Train Accuracy: 89.9074, Test Loss: 0.6124, Test Accuracy:76.6667
Epoch [41/100]: Train Loss: 0.2195, Train Accuracy: 94.5370, Test Loss: 0.5227, Test Accuracy:77.5000
Epoch [51/100]: Train Loss: 0.1332, Train Accuracy: 97.3148, Test Loss: 0.4497, Test Accuracy:80.8333
Epoch [61/100]: Train Loss: 0.0813, Train Accuracy: 99.0741, Test Loss: 0.4072, Test Accuracy:85.0000
Epoch [71/100]: Train Loss: 0.0593, Train Accuracy: 99.5370, Test Loss: 0.3660, Test Accuracy:84.1667
Epoch [81/100]: Train Loss: 0.0374, Train Accuracy: 99.8148, Test Loss: 0.3760, Test Accuracy:83.3333
Epoch [91/100]: Train Loss: 0.0261, Train Accuracy: 100.0000, Test Loss: 0.3711, Test Accuracy:86.6667
write successful
```

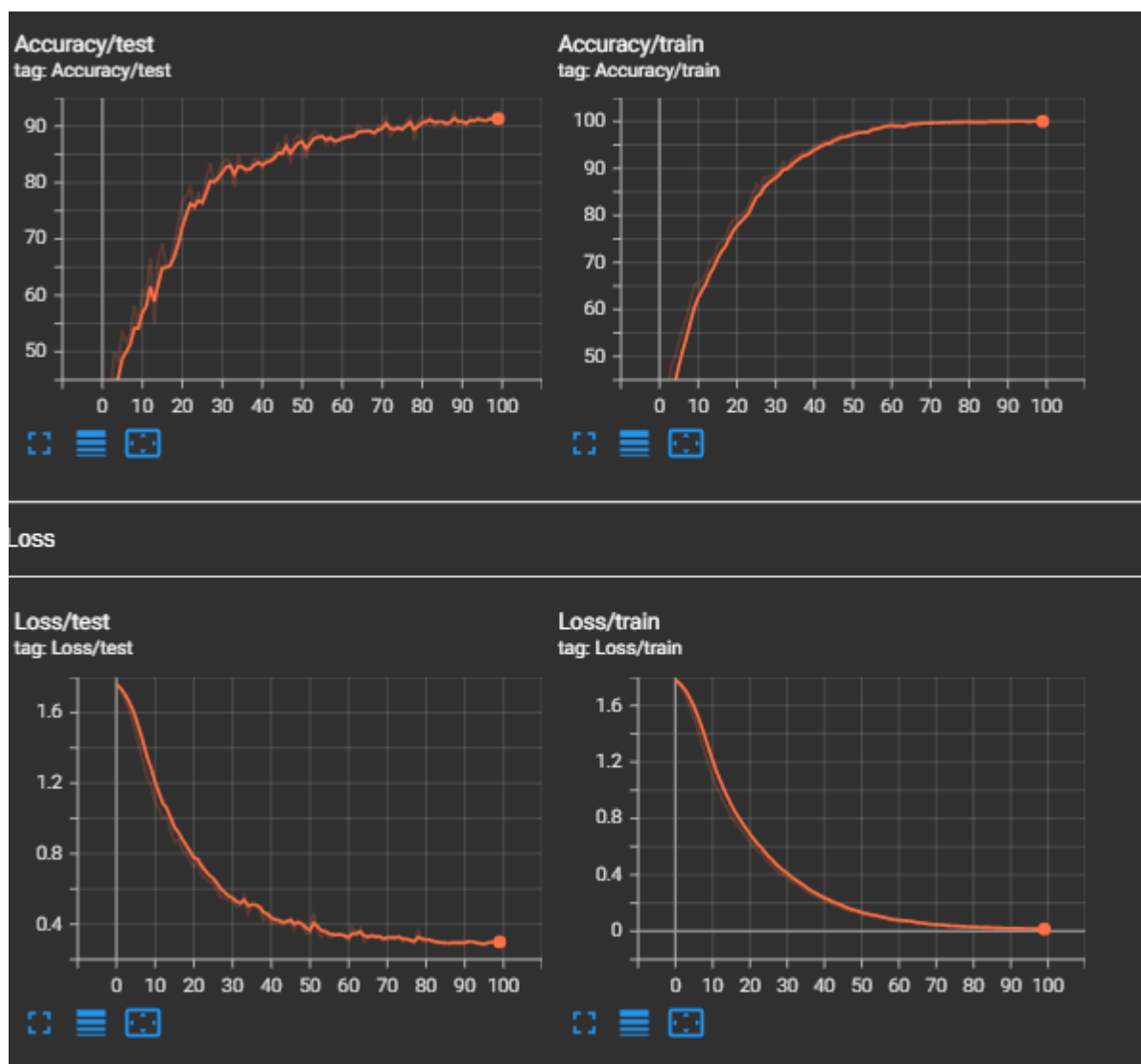


با استفاده تابع سیگموئید مدل بسیار کند train می‌شود زیرا خروجی این تابع بین ۰ و ۱ است و مقدار گرادیان کم است. ولی در حالت های بدون استفاده از تابع فعال ساز و استفاده از رلو نتایج قابل قبول بود.

۴- بررسی تاثیر معماری های متفاوت) با کم و زیاد کردن تعداد لایه ها

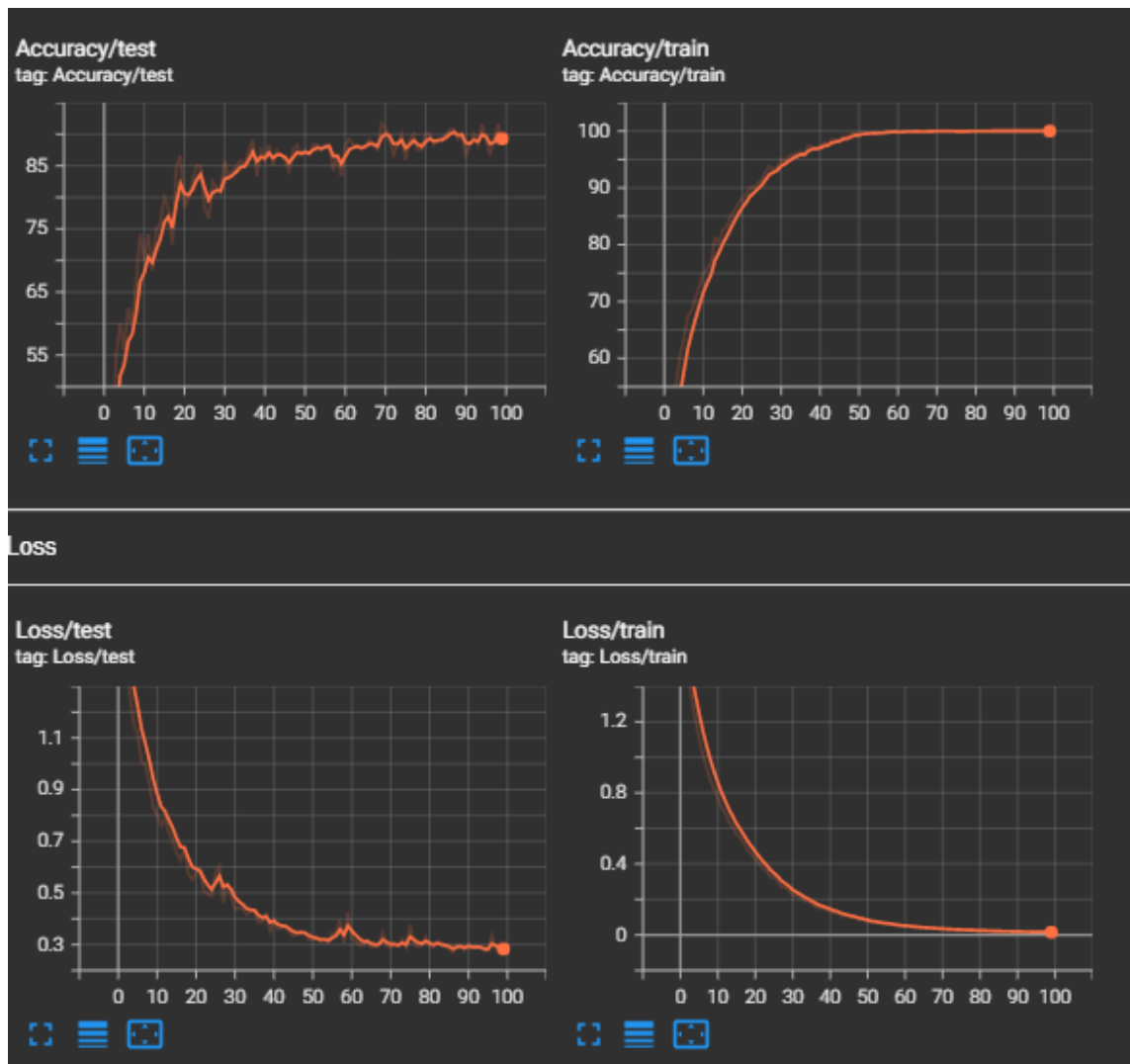
لایه ها: [۵۰ ۱۰۰ ۵۰۰]:

```
Epoch [1/100]: Train Loss: 1.7816, Train Accuracy: 20.0000, Test Loss: 1.7631, Test Accuracy:21.6667
Epoch [11/100]: Train Loss: 1.0956, Train Accuracy: 65.6481, Test Loss: 1.0939, Test Accuracy:60.8333
Epoch [21/100]: Train Loss: 0.6346, Train Accuracy: 79.4444, Test Loss: 0.7229, Test Accuracy:76.6667
Epoch [31/100]: Train Loss: 0.3848, Train Accuracy: 88.7963, Test Loss: 0.5328, Test Accuracy:83.3333
Epoch [41/100]: Train Loss: 0.2176, Train Accuracy: 94.8148, Test Loss: 0.4024, Test Accuracy:82.5000
Epoch [51/100]: Train Loss: 0.1195, Train Accuracy: 97.5926, Test Loss: 0.3491, Test Accuracy:87.5000
Epoch [61/100]: Train Loss: 0.0738, Train Accuracy: 99.3519, Test Loss: 0.3086, Test Accuracy:88.3333
Epoch [71/100]: Train Loss: 0.0429, Train Accuracy: 99.6296, Test Loss: 0.3294, Test Accuracy:90.0000
Epoch [81/100]: Train Loss: 0.0284, Train Accuracy: 99.8148, Test Loss: 0.3087, Test Accuracy:91.6667
Epoch [91/100]: Train Loss: 0.0191, Train Accuracy: 100.0000, Test Loss: 0.2955, Test Accuracy:90.8333
write successful
```



لایه ها: [۵۰ ۱۰۰]:

```
Epoch [1/100]: Train Loss: 1.7498, Train Accuracy: 24.8148, Test Loss: 1.6759, Test Accuracy:37.5000
Epoch [11/100]: Train Loss: 0.7692, Train Accuracy: 75.0000, Test Loss: 0.8038, Test Accuracy:70.0000
Epoch [21/100]: Train Loss: 0.4277, Train Accuracy: 88.1481, Test Loss: 0.5809, Test Accuracy:78.3333
Epoch [31/100]: Train Loss: 0.2241, Train Accuracy: 95.0000, Test Loss: 0.4361, Test Accuracy:85.8333
Epoch [41/100]: Train Loss: 0.1350, Train Accuracy: 97.2222, Test Loss: 0.3987, Test Accuracy:85.8333
Epoch [51/100]: Train Loss: 0.0746, Train Accuracy: 99.3519, Test Loss: 0.3202, Test Accuracy:87.5000
Epoch [61/100]: Train Loss: 0.0500, Train Accuracy: 99.7222, Test Loss: 0.3245, Test Accuracy:88.3333
Epoch [71/100]: Train Loss: 0.0334, Train Accuracy: 100.0000, Test Loss: 0.2907, Test Accuracy:90.8333
Epoch [81/100]: Train Loss: 0.0236, Train Accuracy: 100.0000, Test Loss: 0.2935, Test Accuracy:90.0000
Epoch [91/100]: Train Loss: 0.0182, Train Accuracy: 100.0000, Test Loss: 0.3040, Test Accuracy:86.6667
write successful
```



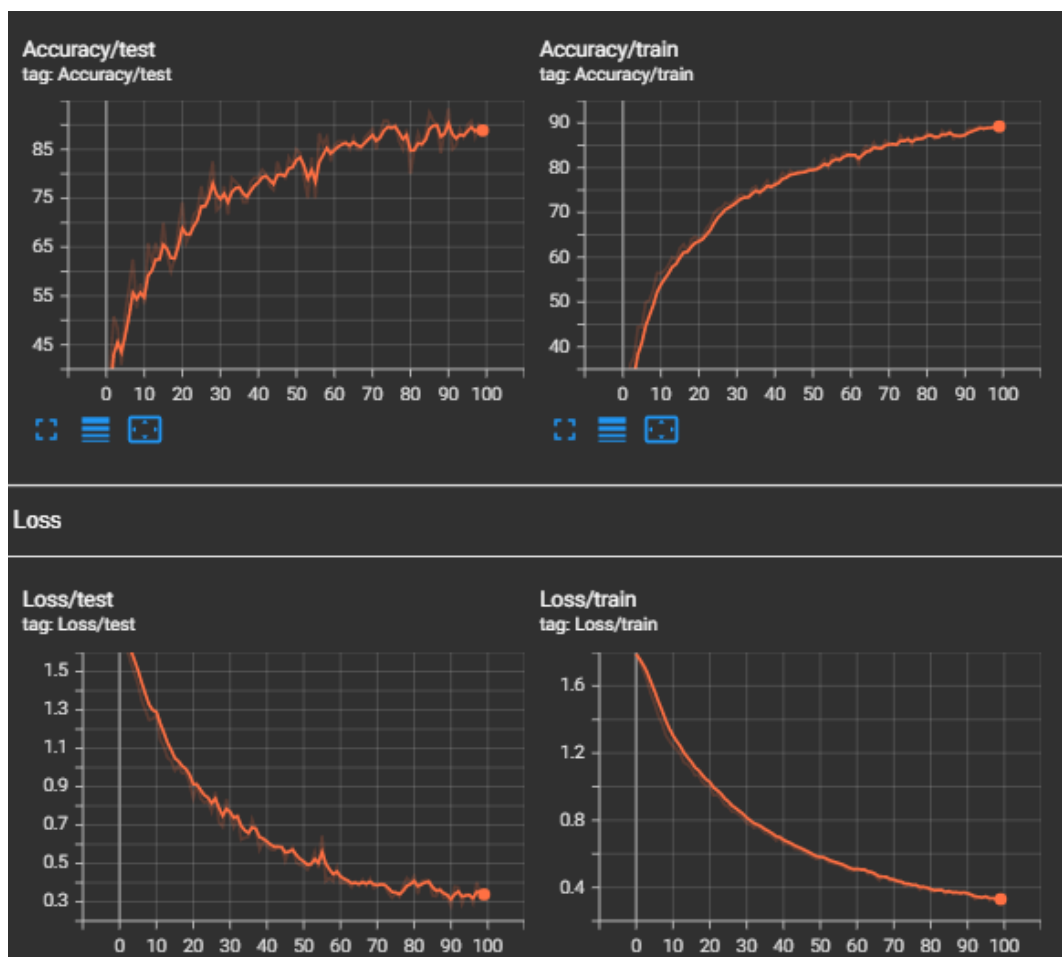
overfit زمانی رخ می‌دهد که مدل بیش از حد روی داده‌ها فیت شده باشد یعنی به جای اینکه داده‌ها را یاد بگیرد آن‌ها را حفظ می‌کند و خطا روی داده‌های آموزشی بسیار

کم و خطا روی داده‌های تست زیاد است. از جمله روش‌های جلوگیری از **overfitting** کاهش پارامترهای یادگیر از طریق قانونمندسازی است یا اینکه تعداد داده‌ها را افزایش دهیم یا نورون‌ها و لایه‌های شبکه را کاهش دهیم و از **dropout** استفاده کنیم. یعنی نورون‌ها را با یک احتمالی غیر فعال کنیم. راه دیگر کاهش ابعاد داده‌ها است که البته می‌توان از این روش‌ها باهم نیز استفاده کرد تعداد لایه و نورن‌های زیاد باعث زمانبر شدن آموزش، **overfit** شدن شبکه، و همچنین تعداد کم لایه‌ها و نورون‌ها باعث می‌شود مدل روی داده‌های **train** فیت نشود در مدل ما با تعداد نورون‌ها و لایه‌های داده شده، تعداد لایه‌های زیاد باعث کمی **overfit** شده است (دقت روی داده‌های ترین ۱۰۰ شده است) و باعث شود دقت بر روی داده‌های تست از حدی فراتر نرود. ولی باز هم حدود ۹۰ درصد و قابل قبول است.

۵- استفاده از تکنیک‌های data augmentation و dropout برای جلوگیری از بیش‌برازش

استفاده از data augmentation برای شبکه با لایه‌های [۵۰ ۱۰۰]:

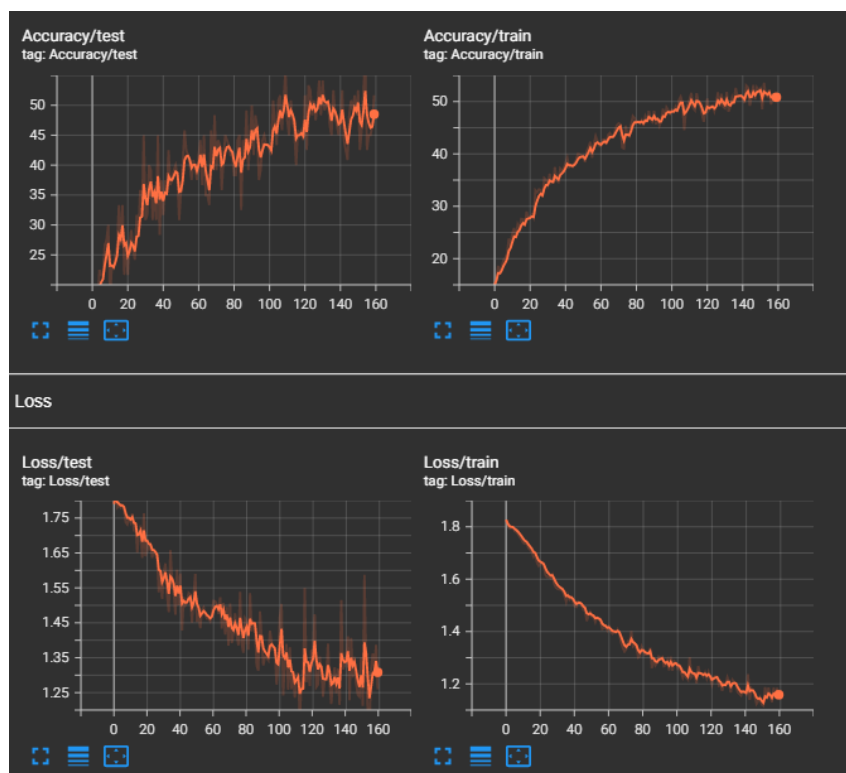
```
Epoch [1/160]: Train Loss: 1.7734, Train Accuracy: 21.3889, Test Loss: 1.7365, Test Accuracy:18.3333
Epoch [11/160]: Train Loss: 1.2204, Train Accuracy: 55.5556, Test Loss: 1.1390, Test Accuracy:59.1667
Epoch [21/160]: Train Loss: 0.9876, Train Accuracy: 65.5556, Test Loss: 1.0438, Test Accuracy:56.6667
Epoch [31/160]: Train Loss: 0.7982, Train Accuracy: 71.8519, Test Loss: 0.7089, Test Accuracy:76.6667
Epoch [41/160]: Train Loss: 0.6796, Train Accuracy: 75.9259, Test Loss: 0.5747, Test Accuracy:75.0000
Epoch [51/160]: Train Loss: 0.5824, Train Accuracy: 80.4630, Test Loss: 0.5098, Test Accuracy:80.8333
Epoch [61/160]: Train Loss: 0.5075, Train Accuracy: 83.7037, Test Loss: 0.4547, Test Accuracy:83.3333
Epoch [71/160]: Train Loss: 0.4438, Train Accuracy: 84.4444, Test Loss: 0.3819, Test Accuracy:90.0000
Epoch [81/160]: Train Loss: 0.3909, Train Accuracy: 85.3704, Test Loss: 0.3235, Test Accuracy:90.8333
Epoch [91/160]: Train Loss: 0.3982, Train Accuracy: 85.9259, Test Loss: 0.2877, Test Accuracy:88.3333
Epoch [101/160]: Train Loss: 0.3460, Train Accuracy: 88.3333, Test Loss: 0.3458, Test Accuracy:87.5000
Epoch [111/160]: Train Loss: 0.3245, Train Accuracy: 89.2593, Test Loss: 0.2385, Test Accuracy:90.8333
Epoch [121/160]: Train Loss: 0.2665, Train Accuracy: 90.6481, Test Loss: 0.2056, Test Accuracy:93.3333
Epoch [131/160]: Train Loss: 0.2593, Train Accuracy: 92.1296, Test Loss: 0.2970, Test Accuracy:86.6667
Epoch [141/160]: Train Loss: 0.2373, Train Accuracy: 91.9444, Test Loss: 0.2047, Test Accuracy:95.0000
Epoch [151/160]: Train Loss: 0.2368, Train Accuracy: 92.8704, Test Loss: 0.2089, Test Accuracy:93.3333
write successful
```



با استفاده از تکنیک augmentation و افزایش حجم داده توانستیم از overfitting جلوگیری کنیم و دقت شبکه با لایه های [۵۰ ۱۰۰] که در مرحله قبل آموزش دادیم را از ۸۶ به ۹۳ افزایش دهیم.

استفاده از drop out

```
Epoch [1/160]: Train Loss: 1.8314, Train Accuracy: 17.4074, Test Loss: 1.7969, Test Accuracy:20.8333
Epoch [11/160]: Train Loss: 1.7308, Train Accuracy: 23.3333, Test Loss: 1.7519, Test Accuracy:19.1667
Epoch [21/160]: Train Loss: 1.6752, Train Accuracy: 27.7778, Test Loss: 1.6725, Test Accuracy:31.6667
Epoch [31/160]: Train Loss: 1.6367, Train Accuracy: 31.2963, Test Loss: 1.6081, Test Accuracy:33.3333
Epoch [41/160]: Train Loss: 1.5615, Train Accuracy: 33.9815, Test Loss: 1.5310, Test Accuracy:42.5000
Epoch [51/160]: Train Loss: 1.5196, Train Accuracy: 37.5926, Test Loss: 1.5612, Test Accuracy:33.3333
Epoch [61/160]: Train Loss: 1.4457, Train Accuracy: 44.0741, Test Loss: 1.5351, Test Accuracy:42.5000
Epoch [71/160]: Train Loss: 1.3987, Train Accuracy: 43.1481, Test Loss: 1.5135, Test Accuracy:35.8333
Epoch [81/160]: Train Loss: 1.3536, Train Accuracy: 45.1852, Test Loss: 1.4244, Test Accuracy:39.1667
Epoch [91/160]: Train Loss: 1.3437, Train Accuracy: 43.2407, Test Loss: 1.4574, Test Accuracy:45.8333
Epoch [101/160]: Train Loss: 1.3281, Train Accuracy: 44.1667, Test Loss: 1.3315, Test Accuracy:46.6667
Epoch [111/160]: Train Loss: 1.2782, Train Accuracy: 47.0370, Test Loss: 1.2297, Test Accuracy:50.8333
Epoch [121/160]: Train Loss: 1.2170, Train Accuracy: 49.5370, Test Loss: 1.3169, Test Accuracy:45.8333
Epoch [131/160]: Train Loss: 1.1806, Train Accuracy: 48.3333, Test Loss: 1.2769, Test Accuracy:45.8333
Epoch [141/160]: Train Loss: 1.1450, Train Accuracy: 51.2963, Test Loss: 1.3188, Test Accuracy:51.6667
Epoch [151/160]: Train Loss: 1.1490, Train Accuracy: 51.4815, Test Loss: 1.2909, Test Accuracy:50.0000
write successful
```



drop out بعضی از خروجی‌ها را حذف می‌کند و اینجا می‌بینیم که موثر واقع نشده است و در اینجا می‌توان گفت که underfit رخ داده است.

۶- tune کردن ابرپارامترهای مدل برای پیدا کردن بهترین مدل