

به نام خدا



نگین اسماعیل زاده ۹۷۱۰۴۰۳۴

پروژه نهایی درس هوش محاسباتی

دکتر حاجی پور

## فاز اول

الف) در این قسمت از داده ها مجموعاً ۹۶۶ بردار ویژگی شامل فرکانس میانه (۲۸ ویژگی)، فرکانس میانگین (۲۸ ویژگی)، فرکانس حاوی ۹۹ درصد انرژی سیگنال (۲۸ ویژگی)، انرژی باند های مختلف فرکانسی (آلفا، دلتا، تتا، بتا) (هر کدام ۲۸ ویژگی)، واریانس (۲۸ ویژگی)، چولگی (۲۸ ویژگی)، کشیدگی (۲۸ ویژگی)، هیستوگرام دامنه (۲۸۰ ویژگی) و همبستگی آماری (۴۰۶ ویژگی) استخراج شد ویژگی ها نرمالیزه شده و با نام Train\_Features.mat ذخیره شدند.

ب) برای این کار ابتدا باعث استفاده از معیار مبتنی بر ماتریس پخشی از ۹۶۶ ویژگی ۲۰ ویژگی برتر انتخاب اولیه شدند. سپس مجدداً با همان معیار قبلی برای هر دسته ی منتخب ۷ تایی ممکن از ۲۰ ویژگی انتخاب شده معیار دسته محاسبه شد و بهترین ۷ ویژگی توأمان برای بخش های بعد انتخاب شد.

ج) در این قسمت شبکه MLP برای حالت ۱ لایه، ۲ لایه و ۳ لایه نورون پنهان و هر کدام برای ۵ نوع متفاوت تابع فعالسازی و با تعداد نورون ها متفاوت با دسته ویژگی های استخراج شده آموزش داده شد. نتایج به این شکل بود :

بهترین شبکه از نظر میزان دقت، برای ۱ لایه پنهان دارای ۶ نورون پنهان و با تابع فعالسازی آستانه گذاری سخت ایجاد شد، دقت داده های اعتبار سنجی این شبکه به روش 5 fold cross validation محاسبه شد و برابر با  $Accuracy = 0.6582$  بدست آمد.

بهترین شبکه از نظر میزان دقت، برای ۲ لایه پنهان دارای ۲ نورون پنهان در لایه ی اول و ۳ نورون پنهان در لایه دوم و با تابع فعالسازی آستانه گذاری سخت ایجاد شد، دقت این شبکه به روش 5 fold cross validation محاسبه شد و برابر با  $Accuracy = 0.6804$  بدست آمد.

بهترین شبکه از نظر میزان دقت، برای ۳ لایه پنهان دارای ۳ نورون پنهان در لایه ی اول و ۱ نورون پنهان در لایه دوم و ۳ نورون پنهان در لایه ی سوم و با تابع فعالسازی آستانه گذاری سخت ایجاد شد، دقت این شبکه به روش 5 fold cross validation محاسبه شد و برابر با  $Accuracy = 0.6646$  بدست آمد.

نتیجتاً بهترین خروجی MLP مربوط به ۲ لایه پنهان با ۲ نورون در لایه ی اول و ۳ نورون در لایه ی دوم و با تابع فعالسازی آستانه گذاری سخت بود که دقت آن برابر با ۰.۶۸۰۴ بدست آمده است.

شبکه های بهینه ی مربوط به این بخش با نام های  $net1, net2, net3$  ذخیره شدند و خروجی آنها روی داده های آزمون نیز در  $y1, y2, y3$  ذخیره شدند.

د) در این قسمت برای شعاع های مختلف  $[0.01, 0.1, 0.5, 0.9, 1.5, 2, 2.5, 3, 5, 10, 15]$  و حداکثر تعداد نورون های  $[5, 10, 15, 20, 25]$  نتایج بررسی شد و میانگین دقت بهیه به ازای شعاع  $0.9$  و بیشینه تعداد نورون  $5$  رخ داد. در این حالت دقت میانگین شبکه برابر با  $Accuracy = 0.6741$  بدست آمد.

شبکه ی بهینه با نام  $net4$  و خروجی متناظر آن روی داده های آزمون با نام  $y4$  ذخیره شد.

ه) از مقایسه ی شبکه ی  $RBF$  با  $MLP$  تقریبا متوجه میشویم نتایج حدودا یکسان است. با این تفاوت که یافتن بهترین شبکه ی  $MLP$  بسیار بسیار پیچیده تر از شبکه ی  $RBF$  است و البته لازم به ذکر است که در بیشتر حالت ها (غیر از حالت بهینه) خروجی شبکه  $RBF$  از  $MLP$  دقت بهتری داشت. بنابراین استفاده از شبکه  $RBF$  قدرت آموزش سریع و دقیق تر داده های پیچیده و غیر خطی ای مانند داده های ضعیف  $eeg$  را برای ما فراهم میکند.

و) برچسب ها تعیین و ذخیره شده اند.

## فاز دوم

در این بخش از دوروش متفاوت برای انتخاب بهترین دسته ویژگی از بین ۲۰ بهترین ویژگی قسمت ب در فاز اول استفاده شد و سپس تمامی مراحل فاز ۱ طی شد.

روش اول : استفاده از الگوریتم ژنتیک با استفاده از توباکس **optimtool**

در این قسمت از کروموزوم های بیتی یه طول ۲۰ ژن استفاده شد که ۱ یا ۰ بودن هر ژن به معنای حضور یا عدم حضور ویژگی متناظر با آن ژن در دسته ویژگی های بهینه است واز معیار مبتنی بر ماتریس پخشی برای تابع ارزیابی استفاده شد. همچنین از عملگر ترکیب تک نقطه ای و جهش یکنواخت استفاده شد. در دو شکل زیر تنظیمات و کروموزوم خروجی حاصل از اجرای ای روش قابل مشاهده است.

The screenshot displays the Optimization Tool interface, which is divided into two main panels: "Problem Setup and Results" on the left and "Options" on the right.

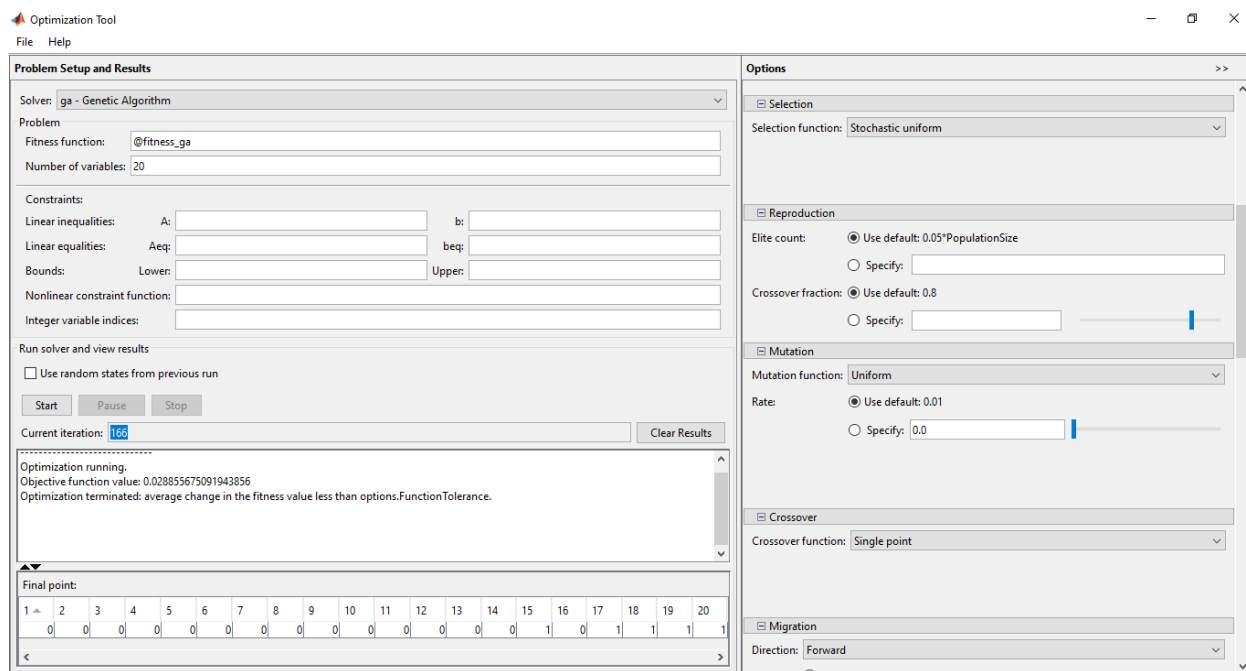
**Problem Setup and Results:**

- Solver:** ga - Genetic Algorithm
- Problem:**
  - Fitness function: @fitness\_ga
  - Number of variables: 20
- Constraints:**
  - Linear inequalities: A: [ ] b: [ ]
  - Linear equalities: Aeq: [ ] beq: [ ]
  - Bounds: Lower: [ ] Upper: [ ]
  - Nonlinear constraint function: [ ]
  - Integer variable indices: [ ]
- Run solver and view results:**
  - ☐ Use random states from previous run
  - Buttons: Start, Pause, Stop
  - Current iteration: 156
  - Clear Results button
  - Optimization running status: Objective function value: 0.028855675091943856. Optimization terminated: average change in the fitness value less than options.FunctionTolerance.
  - Final point table:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1

**Options:**

- Population:**
  - Population type: Bit string
  - Population size: ☒ Use default: 50 for five or fewer variables, otherwise 200; ☐ Specify: 20
  - Creation function: Uniform
- Initial population:** ☒ Use default: [ ]; ☐ Specify: [ ]
- Initial scores:** ☒ Use default: [ ]; ☐ Specify: [ ]
- Initial range:** ☒ Use default: [-10;10]; ☐ Specify: [ ]
- Fitness scaling:**
  - Scaling function: Rank
- Selection:**
  - Selection function: Stochastic uniform
- Reproduction:**
  - Elite count: ☒ Use default: 0.05\*PopulationSize



با توجه به خروجی الگوریتم، ویژگی‌های مربوطه انتخاب شدند و مراحل فاز قبل روی آن‌ها تکرار شد. نتایج به این شکل بدست آمد :

برای شبکه‌ی MLP نتیجه‌ی بهینه از نظر دقت میانگین رویداده‌های اعتبار سنجی برای دو لایه پنهان با دو نورون در لایه‌ی اول و سه نورون در لایه‌ی دوم و تابع فعال سازی آستانه گذاری سخت به روش 5 fold cross validation محاسبه شد و برابر با Accuracy = 0.6044 بدست آمد.

برای شبکه‌ی RBF نتیجه‌ی بهینه از نظر دقت میانگین رویداده‌های اعتبار سنجی برای شعاع ۵ و بیشینه‌ی تعداد نورون ۱۵ به روش 5 fold cross validation محاسبه شد و برابر با Accuracy = 0.56 بدست آمد.

از نتایج فوق به نظر می‌رسد معیار مبتنی بر ماتریس پخشی با درجه آزادی متغیر برای انتخاب ویژگی‌های بهینه چندان هم مناسب نیست و باعث کاهش تعداد ویژگی‌ها و کمتر شدن دقت شبکه‌ی آموزش داده شده است.

شبکه‌های بهینه‌ی مربوط به این بخش با نام‌های net7, net8 ذخیره شدند و خروجی آنها روی داده‌های آزمون نیز در y7, y8 ذخیره شدند.

روش دوم : پیاده سازی روش PSO و استفاده از آن

برای این بخش برای بهبود از روش PSO نیز استفاده شد. برای این روش ۱۵ ذره ی اولیه به صورت تصادفی تعیین شده اند. هر ذره یک بردار به طول ۱۵ است که هر درایه ی آن اندیس یکی از ویژگی ها را نشان میدهد. بنابراین ۱۵ ویژگی توأمان بهینه (که میتواند شامل ویژگی های تکراری باشد) در این روش در طول ۱۰۰۰ تکرار تعیین شده اند. بردار سرعت نیز بر اساس بیشنه های محلی و کلی تعیین شده است. تابع ارزیابی برای این روش نیز همان معیار مبتنی بر ماتریس پخشی در نظر گرفته شده است.

با استفاده از خروجی این روش، ویژگی های انتخاب شده را برای آموزش شبکه ها استفاده کردیم ونتایج به این صورت است :

برای شبکه ی MLP نتیجه ی بهینه از نظر دقت میانگین رویداده های اعتبار سنجی برای دو لایه پنهان با دو نورون در لایه ی اول و سه نورون در لایه ی دوم و تابع فعال سازی آستانه گذاری سخت به روش 5 fold cross validation محاسبه شد و برابر با  $Accuracy = 0.6804$  بدست آمد.

برای شبکه ی RBF نتیجه ی بهینه از نظر دقت میانگین رویداده های اعتبار سنجی برای شعاع ۱.۵ و بیشینه ی تعداد نورون ۵ به روش 5 fold cross validation محاسبه شد و برابر با  $Accuracy = 0.6741$  بدست آمد.

بنابراین با این روش به نظر میرسد در مجموع به ویژگی های بهتری برای آموزش دست یافته ایم.

شبکه های بهینه ی مربوط به این بخش با نام های net5,net6 ذخیره شدند و خروجی آنها روی داده های آزمون نیز در  $y5,y6$  ذخیره شدند.