به نام خدا
دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
سوالات امتحانی نیمسال دوم ۴۰۳-۴۰۴

این قسمت توسط استاد درس تکمیل گردد	نام استاد: خلیلیان	عنوان درس: رایانش تکاملی	تاریخ امتحان ۱۴۰۴/۴/۵	مدت زمان پاسخگوئی: ۹۰
	استفاده از ماشین حساب مجاز است ■	استفاده از ماشین حساب مجاز نیست ☐	امتحان جزوه/کتاب باز است ■	امتحان جزوه/کتاب باز نیست ☐
این قسمت توسط دانشجو تکمیل گردد	نام و نام خانوادگی:	شماره دانشجویی:	شماره صندلی:	رشته: هوش مصنوعی

نحوه محاسبه نمره پایان ترم	نمره ورقه امتحانی		نمره میان ترم		نمره تحقیق/پروژه		نمره کلاسی		نمره نهایی

ردیف	محل درج نمره نهایی به حروف و امضای استاد درس :	درج بارم الزامیست

۱

هدف: فرض کنید مجموعه‌ای از نقاط داده ورودی-خروجی (x,y) داریم و می‌خواهیم با استفاده از **برنامه‌ریزی ژنتیکی (Genetic Programming - GP)**، یک تابع ریاضی را پیدا کنیم که به بهترین شکل این داده‌ها را مدل کند. ۵

داده‌های ورودی-خروجی:

x	y
1	3
2	7
3	13
4	21
5	31

با بهره‌گیری از اصول برنامه‌ریزی ژنتیکی، یک تابع ریاضی بیابید که به بهترین نحو با داده‌های فوق مطابقت داشته باشد. انتظار می‌رود که تابع نهایی به فرم y=x2+x+1 نزدیک باشد. برای حل این مسئله، موارد زیر را به تفصیل شرح دهید:

1. **مجموعه توابع و پایانه‌ها:(Terminals)**
   - لیست کاملی از عملگرهای ریاضی مجاز (مانند +,−,*,/, توان sqrt, و غیره) را مشخص کنید.
   - پایانه‌های قابل استفاده شامل متغیر ورودی x و مجموعه ای از ثابت‌های عددی مانند ...,1,2,3 را تعریف کنید.
2. **نمایش درختی توابع:(Tree Representation)**
   - توضیح دهید که چگونه یک تابع ریاضی به صورت یک درخت ساختاریافته (Syntax Tree) نمایش داده می‌شود.
   - با ارائه یک مثال واضح (مثلاً تابع x2+x+1 یا هر تابع دیگری که خودتان انتخاب می‌کنید)، نحوه نگاشت تابع به ساختار درختی را نشان دهید.
   - تاکید کنید که در این مسئله، تنها متغیر ورودی x مورد استفاده قرار می‌گیرد و متغیرهای اضافی مانند y در مثال کلی x+(2*y) وجود نخواهد داشت.
3. **تابع برازش:(Fitness Function)**
   - تابع برازش را به گونه‌ای تعریف کنید که میزان دقت یک تابع تولید شده توسط برنامه‌ریزی ژنتیکی را در پیش‌بینی مقادیر y بر اساس x اندازه‌گیری کند.
   - پیشنهاد می‌شود از **مجموع مربعات خطا (Sum of Squared Errors - SSE)** استفاده کنید. فرمول SSE را به همراه توضیح دهید که چرا SSE کمتر نشان‌دهنده برازش بهتر است.
   - اگر راهکار جایگزینی برای تابع برازش دارید مثلاً ریشه میانگین مربعات خطا RMSE یا خطای مطلق میانگین MAE ، آن را نیز می‌توانید مطرح و توجیه کنید.
4. **عملگرهای جهش:(Mutation Operators)**
   - حداقل دو نوع عملگر جهش مختلف را برای درختان برنامه‌ریزی ژنتیکی تعریف و با مثال توضیح دهید. مثال‌ها می‌توانند شامل موارد زیر باشند :
     - **جهش نقطه‌ای: (Point Mutation)** جایگزینی یک گره (عملگر یا پایانه) با یک گره دیگر از مجموعه مجاز.
     - **جهش زیردرخت: (Subtree Mutation)** جایگزینی یک زیردرخت تصادفی با یک زیردرخت جدید که به صورت تصادفی تولید شده است.
   - اهمیت این عملگرها در حفظ تنوع جمعیت را توضیح دهید.
5. **عملگرهای ترکیب:(Crossover Operators)**
   - رایج‌ترین عملگر ترکیب در برنامه‌ریزی ژنتیکی، یعنی **ترکیب زیردرخت (Subtree Crossover)** را توضیح دهید.
   - نحوه انتخاب نقاط برش در دو والد و تعویض زیردرخت‌ها برای تولید فرزندان جدید را به تفصیل شرح دهید.

6. **پارامترهای الگوریتم:(Algorithm Parameters)**
   - مجموعه‌ای از پارامترهای اصلی الگوریتم برنامه‌ریزی ژنتیکی را که برای اجرای این مسئله انتخاب می‌کنید، لیست کنید. این پارامترها می‌توانند شامل موارد زیر باشند :
     - اندازه جمعیت(Population Size)
     - تعداد نسل‌ها(Number of Generations)
     - نرخ جهش(Mutation Rate)
     - نرخ ترکیب(Crossover Rate)
     - اندازه حداکثر عمق درخت (Maximum Tree Depth) اولیه و در طول تکامل
     - روش انتخاب (Selection Method) مانند انتخاب چرخ رولت یا تورنمنت.
   - توجیه مختصری برای انتخاب هر یک از این مقادیر ارائه دهید.
7. **نتایج:(Results)**
   - توصیف کنید که پس از اجرای الگوریتم برنامه‌ریزی ژنتیکی، چگونه بهترین تابع ریاضی (درخت) را از جمعیت نهایی شناسایی می‌کنید.
   - نحوه گزارش بهترین تابع یافت شده (به فرم ریاضی) و مقدار برازش (SSE) مربوط به آن را توضیح دهید.

۲- نرمال‌سازی تابع برازش :چرا و چه زمانی ممکن است نیاز به نرمال‌سازی مقادیر تابع برازش باشد؟ چگونه می‌توان این کار را انجام داد؟ (مانند استفاده از مقیاس‌بندی خطی، مقیاس‌بندی توانی و غیره)۳نمره

۳- تأثیر تابع برازش بر همگرایی :چگونه انتخاب تابع برازش می‌تواند بر سرعت و کیفیت همگرایی الگوریتم تکاملی تأثیر بگذارد؟۳ نمره

۴- با استفاده از الگوریتم ژنتیک، مقدار xرا پیدا کنید که تابع $f(x)$را ماکزیمم کند. موارد زیر را در نظر بگیرید:

- نمایش کروموزوم :چگونه مقدار xرا در کروموزوم الگوریتم ژنتیک نمایش می‌دهید؟ (می‌توانید از نمایش باینری یا نمایش اعشاری استفاده کنید.)
- تابع برازش :(Fitness Function) تابع برازش در این مسئله چیست؟ (به طور مستقیم می‌توانید از تابع $f(x)$به عنوان تابع برازش استفاده کنید(.
- انتخاب :(Selection) یک روش انتخاب مناسب را انتخاب و توضیح دهید. (مانند انتخاب چرخ رولت یا انتخاب تورنمنت)
- جهش :(Mutation) یک عملگر جهش ساده تعریف کنید. (مثلاً تغییر تصادفی یک بیت در نمایش باینری یا اضافه کردن یک مقدار تصادفی کوچک به مقدار xدر نمایش اعشاری(
- ترکیب :(Crossover) یک عملگر ترکیب ساده تعریف کنید. (مثلاً ترکیب تک نقطه‌ای یا ترکیب میانگین)
- پارامترهای الگوریتم :مقادیر مناسب برای پارامترهای الگوریتم ژنتیک مانند اندازه جمعیت، نرخ جهش و نرخ ترکیب را انتخاب کنید.
- نتایج :پس از اجرای الگوریتم ژنتیک، بهترین مقدار xو مقدار تابع $f(x)$در آن نقطه را گزارش کنید.

۴ نمره

لطفا عنوان پژوهش خود را در پایان برگه به همراه شرح کارهای انجام شده به طور مختصر بنویسید.

موفق باشید.