



## درآمدی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین

### تمرین کامپیوتری شماره ۱

طراحان: پاشا براهیمی، علی اخگری

مدرس: دکتر فدایی

مهلت تحویل: پنجشنبه ۱۱ آبان ۱۴۰۲، ساعت ۲۳:۵۹

### مقدمه

در این قسمت، با روش‌هایی که برگرفته از طبیعت و انتخاب طبیعی هستند، آشنا می‌شویم. در این روش‌ها که به طور کلی الگوریتم‌های ژنتیک نامیده می‌شوند، ایده‌هایی برای مدل‌سازی جفت‌گیری، جهش و انتخاب طبیعی به کار گرفته می‌شود. در این گونه الگوریتم‌ها، ممکن است با انتخاب معیارهای ساده‌ی انتخاب طبیعی، نتایج مطلوب به دست نیاید و باید معیاری در نظر بگیریم که علاوه بر عملکرد فردی، به گوناگونی جمعیت نیز اهمیت دهد.

الگوریتم‌های ژنتیک عموماً در مسئله‌هایی با فضای حالت بزرگ کاربرد دارند؛ این الگوریتم‌ها نمونه گرفتن از جمعیت و ترکیب و تغییر افراد و ارزیابی آن‌ها انجام می‌دهند و سعی می‌کنند که نسل به نسل جواب‌ها را بهبود دهند تا به جواب مورد نظر برسند.

در این پروژه قصد داریم با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک، یکی از مسائل مربوط به بهینه‌سازی را پیاده‌سازی کنیم. هدف یک مسئله بهینه‌سازی، یافتن بهترین راه‌حل از مجموعه بزرگی از راه‌حل‌های ممکن است، جایی که «بهترین» راه‌حل با مجموعه‌ای از معیارها یا اهداف تعریف می‌شود. حل مسائل بهینه‌سازی می‌تواند به مزایای قابل توجهی مانند افزایش کارایی، کاهش هزینه‌ها، بهبود عملکرد و موارد دیگر منجر شود.

### توضیح مسئله

در این قسمت شما به مسئله curve fitting می‌پردازید. در این مسئله شما باید با توجه به نقاطی که به شما داده شده است، ضرایب مربوط به یک عبارت چند جمله‌ای را تعیین کنید. هدف این است که بر اساس نقاط داده شده، رابطه بین متغیر مستقل ( $x$ ) و متغیر وابسته ( $y$ ) تعیین شود. به طور مثال به نقاط داده شده زیر توجه کنید:

$$a = [0, 1] , b = [1, 0] , c = [2, -5] , d = [-1, -8]$$

این چهار نقطه روی منحنی  $y = 1 + 3x - 5x^2 + x^3$  می‌باشند.

ورودی‌های مسئله شامل درجه چند جمله‌ای مورد نظر، محدوده ضرایب و تعدادی نقطه بر روی آن چندجمله‌ای خواهد بود. دقت کنید که تعداد نقاطی که به شما داده می‌شود، لزوماً به اندازه‌ای نیست که چندجمله‌ای را به صورت یکتا مشخص کند و ممکن است از تعداد نقاط لازم برای این کار، کمتر باشد. همچنین، توجه کنید که ضرایب مطلوب مسئله، همواره اعداد صحیح هستند.

## پیاده‌سازی مسئله

### بخش یک: مشخص کردن مفاهیم اولیه

در الگوریتم‌های ژنتیک ابتدا باید یک تعریف برای ژن ارائه دهید و سپس با استفاده از آن، یک کروموزوم بسازید. هر کروموزوم مجموعه‌ای از ژن‌ها است و این مجموعه یا همان کروموزوم، یک راه پیشنهادی برای حل مسئله مورد نظر می‌باشد.

توجه داشته باشید که در الگوریتم‌های ژنتیک باید اکثر کارها را با استفاده از تصادفی کردن وقایع انجام دهید، چرا که اگر فضای حالت بزرگ باشد پیدا کردن شرطی که همه‌ی محدودیت‌ها را برقرار سازد بسیار دشوار است. به همین دلیل، تعریف کروموزوم‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد و باید به گونه‌ای باشد که امکان اعمال تابع تناسب و توابع دیگر بر روی آن فراهم باشد.

### بخش دو: تولید جمعیت اولیه

پس از تعریف و پیاده‌سازی کروموزوم‌ها، باید جمعیت اولیه‌ای از کروموزوم‌ها به صورت تصادفی بسازید. تعداد این جمعیت می‌تواند به عنوان یک پارامتر حل مسئله باشد و به انتخاب‌های شما بستگی دارد.

### بخش سه: پیاده‌سازی و مشخص کردن تابع معیار سازگاری

بعد از تولید جمعیت اولیه، نیاز داریم تا تابع معیاری تعریف کنیم که بتواند برای شناسایی کروموزوم‌های برتر که شرایط و محدودیت‌های مسئله را بهتر مدل می‌کنند استفاده شود. ابتدا یک تعریف مناسب برای این تابع معیار ارائه دهید، و سپس آن را برای این مسئله پیاده سازی کرده، و میزان سازگاری جمعیت خود را بدست آورید.

### بخش چهار: پیاده‌سازی crossover و mutation و تولید نسل بعدی

حال برای اینکه به یک پاسخ از مسئله داده شده نزدیک شویم، نیاز است در هر نسل، جمعیت جدیدی با استفاده از جمعیت نسل قبل آن تولید گردد. برای این کار، باید از روش‌های crossover و mutation استفاده گردد.

تابع crossover بر روی دو کروموزوم اعمال می‌شود، و آن‌ها را ترکیب می‌کند تا به کروموزوم‌هایی از ترکیب آن دو که در حالت ایده آل بهترین ویژگی‌های دو ژن اولیه را دارند برسد. این ترکیب و نرخ ایجاد آن باید به عنوان پارامترهای مسئله در نظر گرفته شوند.

تابع mutation بر روی یک کروموزوم اعمال می‌شود، و آن را جهش و یا تغییر می‌دهد؛ به این امید که بتواند به کروموزوم بهتری جهش پیدا کند. می‌توانید درصد معقولی از ژن‌های برتر را نیز برای انتقال مستقیم به نسل‌های آینده در نظر بگیرید.

### بخش پنج: ایجاد الگوریتم ژنتیک روی مسئله

پس از انجام بخش‌های بالا، باید این توابع پیاده‌سازی شده را در یک الگوریتم استفاده کنید. توجه کنید که نیاز است هاپیر پارامترهایی برای میزان randomness و نحوه نزدیک شدن به پاسخ نهایی خود داشته باشید که با تغییر آن‌ها به جواب بهتری برسید.

### سوالات

1. جمعیت اولیه‌ی بسیار کم یا بسیار زیاد چه مشکلاتی را به وجود می‌آورند؟
2. اگر تعداد جمعیت در هر دوره افزایش یابد، چه تاثیری روی دقت و سرعت الگوریتم می‌گذارد؟
3. تاثیر هر یک از عملیات crossover و mutation را بیان و مقایسه کنید. آیا می‌توان فقط یکی از آنها را استفاده کرد؟ چرا؟
4. به نظر شما چه راهکارهایی برای سریع‌تر به جواب رسیدن در این مسئله‌ی خاص وجود دارد؟
5. با وجود استفاده از این روش‌ها، باز هم ممکن است که کروموزوم‌ها پس از چند مرحله دیگر تغییر نکنند. دلیل این اتفاق و مشکلاتی که به وجود می‌آورد را شرح دهید. برای حل آن چه پیشنهادی می‌دهید؟
6. چه راه حلی برای تمام شدن برنامه در صورتی که مسئله جواب نداشته باشد پیشنهاد می‌دهید؟
7. با افزایش درجه چندجمله‌ای، زمان پیدا کردن ضرایب به چه صورت تغییر می‌کند؟
8. به نظر شما افزایش و یا کاهش تعداد نقاط به چه صورت در اجرای الگوریتم تاثیر می‌گذارد؟

\* جواب این سوالات را به صورت کامل در گزارش خود بنویسید.