

1- تکامل به چه دلیل اتفاق میافتد و هدف نهاییش چیست؟

تکامل به دلیل محدودیت منابع اتفاق می افتد. موجودات باید طوری تغییر کنند که قادر باشند برای این منابع محدود رقابت کنند و آن را به دست آورند و در نتیجه ی آن بقای خود را تضمین کنند، یا طوری خود را تطبیق دهند که به منابعی که دیگر موجودات نیاز ندارند متکی باشند. تغییرات فیزیکی موجودات زنده در نسل های متوالی، به منظور تطابق با محیط را تکامل گویند و هدف آن بقا و انتقال ژن های برتر (که توسط انتخاب طبیعی آنها را جدا میکند) به نسل های بعدی است. در هوش مصنوعی کاربرد تکامل در حل مسائل بهینه سازی هست، به این صورت که ابتدا با جستجوی عمومی سعی در پیدا کردن فضای جست و جوی حوالی جواب بهینه را داریم و سپس با جست و جوی محلی، محل دقیق جواب را پیدا میکنیم. در واقع مانند الگوی تکاملی، با بالا بردن تنوع در فضای مسئله جست و جوی عمومی و با انتخاب طبیعی دقیق تر می شویم و جست و جوی محلی را انجام میدهیم تا به جواب همگرا شویم.

2- ارتباط میان انتخاب طبیعی و تنوع در تکامل با یکدیگر، و همچنین ارتباط این دو با جستجوی عمومی و جستجوی محلی را شرح دهید.

انتخاب طبیعی و تنوع در خلاف یکدیگر عمل میکنند به این ترتیب که تنوع انواع موجودات با ویژگی ها و شایستگی های متفاوت (طیف گسترده ای از موجودات قوی یا ضعیف) را به وجود می آورد (که منجر به افزایش کمیت، و اگرایی الگوریتم، کاهش شایستگی، کاهش سرعت همگرایی، و فرار از بهینه ی محلی میشود) و برعکس آن انتخاب طبیعی تنها موجودات قوی را برای انتقال به نسل بعدی بر می گزیند (که منجر به افزایش کیفیت، همگرایی، افزایش شایستگی، افزایش سرعت همگرایی، و گیر کردن در بهینه ی محلی میشود). وجود تنوع و انتخاب لازمه ی الگوریتم های تکاملی است و در نبود هرکدام الگوریتم عملکرد خوبش را از دست میدهد. به این طریق که تنوع به تنهایی نمیتواند باعث شود الگوریتم به سمت موجودات شایسته تر پیش برود و بر عکس انتخاب طبیعی به تنهایی در بهینه ی محلی گیر میکند و هر دو برای داشتن عملکرد مفید به یکدیگر وابسته هستند.

تنوع در ارتباط با جستجوی عمومی، و انتخاب طبیعی متناسب با جستجوی محلی میباشد. بدین شکل که تنوع که معادل با Variation در موجودات است، باعث میشود که انتخاب از Range گسترده تری از موجودات صورت گیرد (جستجوی عمومی) اما انتخاب طبیعی در طول زمان منجر به گزینش موجودات شایسته تر و دادن شانس بقا به آنها میشود (جستجوی محلی)

3- میدانیم دو اصل اساسی الگوریتم های تکاملی "انتخاب طبیعی" و "تنوع" است، و دو شیوه ی $EA(\mu + \lambda)$ و $EA(\mu, \lambda)$ نیز برای انتخاب بازماندگان معرفی شده اند؛ که برحسب مقدار μ و λ حالات مختلفی برای الگوریتم داریم. در هر یک از حالات داده شده ی زیر، ابتدا با ذکر دلیل مشخص کنید الگوریتم تکاملی محسوب میشود یا خیر، و شیوهی کار هر کدام را توضیح دهید:

الف) $EA(1, 1)$

در این روش یک موجود داریم و با اعمال جهش روی آن یک موجود دیگر تولید میشود و آن را به نسل بعدی میبریم (برای بازترکیبی نیاز به بیش از یک والد داریم و در نتیجه در اینجا بازترکیبی اتفاق نمی افتد) یعنی انتخابی صورت نگرفته! در نتیجه این سازوکار نمیتواند الگوریتم تکاملی باشد!

ب) $EA(\mu, \mu)$

در این روش از جمعیت μ که داریم به همین تعداد فرزند با اعمال بازترکیبی و جهش تولید میکنیم و به نسل بعدی انتقال می دهیم. توجه شود که در اینجا نیز کل فرزندان تولید شده به نسل بعد می روند و برای اینکه بتوانیم انتخاب داشته باشیم

در مرحله ی انتخاب والدین این مهم را اعمال می کنیم (این شیوه ی انتخاب مانند همان الگوریتم ژنتیک است که در کلاس شناسنامه ی آن مورد بررسی قرار گرفت)

(ج) $EA(\mu, 1)$

در این مدل از μ موجودی که داریم، به تعداد 1 فرزند تولید میکنیم و در قدم بعدی باید به تعداد μ تا از این موجودات را برای انتقال به نسل بعد برگزینیم! در نتیجه باید همیشه توجه داشته باشیم که $\mu < \lambda$ باشد.

(د) $EA(\mu + 1)$

این الگوریتمی بسیار تدریجی است، از μ والد به تعداد یک فرزند تولید میکند و از بین همه ی اینها برای انتقال به نسل بعدی برمیگزیند. به این الگوریتم **std state** گویند و حالت خاص آن **genitor** است که فرزند جدید تولید شده جایگزین بدترین موجود در جمعیت بشود.

4- مفهوم همگرایی در الگوریتم تکاملی چیست؟ آیا در الگوریتم تکاملی همگرایی زودرس همیشه منجر به کاهش تنوع میشود؟ چرا؟

همگرایی به این معناست که تغییرات متوسط شایستگی جمعیت در k نسل متوالی، از حد آستانه ای کمتر باشد. همگرایی زودرس زمانی اتفاق می افتد که یک موجود X که شایستگی بسیار بیشتر از بقیه ی موجودات و شایستگی کمتر از بهینه ی اصلی دارد تولید شود، در این صورت در انتخاب های بعدی (با فرض اینکه شیوه ی انتخاب متناسب با شایستگی باشد) این موجود جای موجودات دیگر را گرفته و باعث پر شدن جمعیت توسط ژن های X میشود و تنوع از بین میرود.

5- از مشکلات روش انتخاب بر حسب بهترین شایستگی، میتوان به همگرایی زودرس و ساکن شدن الگوریتم اشاره کرد. هر کدام از این دو حالت را توضیح داده و بررسی کنید هر کدام تحت چه شرایطی اتفاق می افتند؟ جواب خود را با مثالی ساده نشان دهید.

همگرایی زودرس: فرض کنید شیوه ی انتخاب متناسب با شایستگی است، و موجود X با شایستگی f_i به طوری که $f_i < f_{max}$ و $f_i > f_{avg}$ تولید شود، طبیعتاً معیار "انتشار" برای این موجود بسیار بالا خواهد بود و بزرگ بودن انتشار، باعث پر شدن جمعیت توسط ژن های این موجود میشود. در این حالت بازترکیبی قادر به تولید جوابهای جدید نخواهد بود و فقط جهش می تواند جواب های جدید را تولید کند. در این حالت الگوریتم همیشه در حالت $< f_{max}$ خواهد ماند.

ساکن شدن: اگر در انتهای تولید یک نسل کلیه افراد جمعیت دارای مقادیر شایستگی نزدیک به هم باشند معیار "انتشار" برای همه آنها تقریباً یکسان خواهد بود، در این حالت هیچ گونه فشار انتخابی برای حرکت به سمت جوابهای بهتر وجود ندارد و احتمال انتخاب موجودات با هم برابر است و در نتیجه احتمال اینکه این جمعیت دوباره در نسل های بعدی تکرار شود زیاد است. این اتفاق در صورتی که شرایط انتخاب متناسب با شایستگی باشد و $f_b \sim f_{avg}$ باشد اتفاق می افتد.

6- درست یا غلط بودن عبارات زیر را معلوم کنید و در مورد هر کدام در حد یک خط توضیح دهید

الف) در بازنمایی مسئله، ژنها را به عنوان پارامترهایی از یک جواب مسئله در نظر میگیریم که تغییر آنها باعث افزایش یا کاهش تابع هدف میشود.

صحیح - بازنمایی در واقع همان شیوه ی کد کردن مساله است که یکی از مراحل آن تعیین ژن ها به عنوان پارامتر هایی از جواب مساله است

ب) بازنمایی مسئله به معنی معلوم کردن ژنها است.

غلط - بازنمایی به معنی شیوه ی کد کردن مساله است و در آن مشخص کردن کروموزوم، مشخص کردن ژن ها، کد کردن این ژن ها و تعیین تابع هدف انجام میشود که مشخص کردن ژن ها تنها یک مرحله از این فرایند است

پ) در تکامل، معیار «تنوع»، بهبود هر نسل نسبت به نسل قبل را تشویق میکند.

غلط - در تکامل دو عنصر اساسی تنوع و انتخاب طبیعی را داریم که تنوع باعث افزایش کمیت و کاهش کیفیت است و طیف وسیعی از موجودات را تولید میکند و از جهت دیگر انتخاب طبیعی به دنبال بهبود تابع فیتنس موجودات است

ت) تکامل تنها در جهت افزایش طول عمر اعضای جمعیت در هر نسل گام برمیدارد.

غلط - در چرخه ی تنوع و انتخاب طبیعی در فرایند تکامل، هدف انتقال ژن ها به نسل بعد است و پس از تولید مثل و انتقال ژن، تنوع دیگر کاری به موجودات ندارد و در نتیجه خود چرخه ی تکامل به صورت کلی به دنبال افزایش طول عمر اعضای نسل نمی باشد.

ث) تولید جمعیت اولیه در فرایند تکامل به صورت تصادفی نرمال انجام میشود که کل فضای مسئله را بپوشاند.

غلط - تولید جمعیت اولیه در فرایند تکامل به صورت تصادفی یکنواخت انجام میشود.

ج) در الگوریتم تکاملی، امکان یکسان شدن یک فرزند با والدین وجود دارد.

صحیح - امکان دارد با توجه به احتمال رخ دادن بازترکیبی و جهش، این دو عمل روی ژن های مساله اعمال نشوند و یک والد به نسل بعدی منتقل بشود.

چ) دو عنصر تنوع و انتخاب در الگوریتم های تکاملی به بالا بردن متوسط شایستگی کمک میکنند.

غلط - عنصر تنوع به تنهایی، منجر به کاهش متوسط شایستگی جمعیت می شود

ح) فشار انتخاب بالا در الگوریتم تکاملی منجر به سرعت همگرایی بالا و تنوع کم میشود.

صحیح - طبق تعریف، فشار انتخاب امید ریاضی تعداد انتخاب ها از بهترین موجودات است و هرچه فشار انتخاب بالاتر باشد، تنوع کمتر و سرعت همگرایی بالاتر را شاهد خواهیم بود.

خ) در انتخاب بازماندگان، روش (μ, λ) سرعت همگرایی کمتری نسبت به روش $(\mu + \lambda)$ دارد و با افزایش تنوع، از بهینه ی محلی فرار میکند. (فرض کنیم روش انتخاب متناسب با شایستگی است)

صحیح - روش میو+لاندا به اصطلاح دارای حافظه است و برعکس روش میو و لاندا فراموشکار است و همین

فراموشکاری باعث تنوع و فرار از بهینه محلی و کاهش سرعت همگرایی میشود

د) در تکامل، ویژگیهای ژنوتیپی و فنوتیپی موجودات به نسلهای بعدی آنها منتقل میشود.

غلط - ویژگی های فنوتیپی منتقل نمیشوند، برای مثال فرد ورزشکاری را در نظر بگیرید که عضلات قوی دارد، عضلات این فرد به فرزندانش منتقل نخواهد شد.

7- دو مدل بازنمایی برای مسئله (شیوه ی کد کردن ژن) را نام ببرید و در هر کدام از آنها مشخص کنید بازترکیبی و

جهش، جستجوی محلی انجام میدهند یا جستجوی عمومی؟

میتوان به بازنمایی باینری و کد گری اشاره کرد. که در بازنمایی کد گری جهش جستجوی محلی انجام میدهد و بازترکیبی جستجوی عمومی ولی در مورد بازنمایی باینری نمیتوان به طور قطع صحبت کرد، چرا که بستگی دارد کدام بیت ها

دستخوش تغییر میشوند، برای مثال در عمل جهش اگر یک بیت با ارزش کم جابجا شود، جستجوی محلی و در غیر این صورت جستجوی عمومی انجام شده، در بازترکیبی نیز همینطور است چرا که نمیدانیم کدام بیت ها جا به جا میشوند

8-فرض کنید برای داده های زیر که نشان دهنده شایستگی ها هستند، میخواهیم 5 مورد را در مرحله ی انتخاب بازماندگان انتخاب کنیم و به نسل بعدی ببریم. ابتدا روشهای sus و wheel roulette را با یکدیگر مقایسه کنید و با استفاده از این دو روش، انتخاب را بر روی داده ها انجام دهید در نهایت فشار انتخاب را نیز برای هر دو روش به دست آورید. به نظر شما برای این تعداد انتخاب، کدام روش بهتر عمل میکند؟ چرا؟ (اعداد تصادفی تولید کنید و الگوریتم را پیش ببرید)

1 1 2 1 2 6 7 8 3 4 5

هر دو روش SUS و roulette wheel سعی در انتخاب به صورت تصادفی یکنواخت دارند. در روش roulette wheel خط کشی به طول $[0,1]$ در نظر میگیریم و به هر کدام از موجودات بسته به احتمالشان که

با فرمول $p_i = \frac{f_i}{\sum f_i}$ به آنها نسبت داده شده، فضا اختصاص می دهیم، سپس به صورت تصادفی از روی خط کش

تولید شده انتخاب هایمان را شکل میدهیم و بدین ترتیب موجود با شایستگی بیشتر، احتمال انتخاب بیشتری دارد. در روش SUS نیز مانند روش roulette wheel به موجودات متناسب با شایستگی آنها فضا اختصاص میدهیم. با این تفاوت که

این بار یک عدد تصادفی در بازه $[0, \frac{1}{N_2}]$ تولید میکنیم که این عدد، ابتدای خط کش جدید ما خواهد بود. حال از ابتدای

این خط کش جدید ه بار به اندازه ی $\frac{1}{N_2}$ پیش میرویم تا به انتهای خط کش برسیم و هر نقطه ی توقف روی خط کش

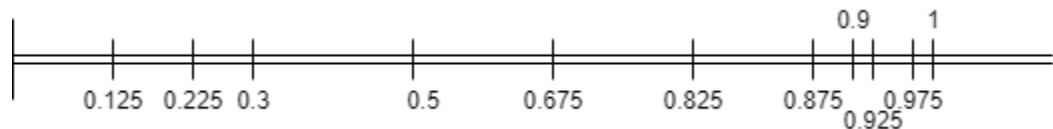
جدید، یک انتخاب خواهد بود. به این ترتیب اطمینان داریم که از کل فضا انتخابها انجام میشود. در روش roulette wheel اگر تعداد انتخاب ها کم باشند، نمی توانیم به تضمین یکنواختی آن اعتماد کنیم و در نتیجه در اینجا که تعداد انتخاب هایمان کم است، روش SUS عملکرد بهتری خواهد داشت.

حل با کمک roulette wheel:

ابتدا به کمک شایستگی های داده شده، احتمال انتخاب هر یک از موجودات را مشخص میکنیم:

$$p_1=\frac{5}{40}, p_2=\frac{4}{40}, p_3=\frac{3}{40}, p_4=\frac{8}{40}, p_5=\frac{7}{40}, p_6=\frac{6}{40}, p_7=p_9=\frac{2}{40}, p_8=p_{10}=p_{11}=\frac{1}{40}$$

و سپس این احتمالات را روی خط کش کنار یکدیگر میگذاریم:



و به تعداد 5 عدد تصادفی بین 0 و 1 تولید میکنیم برای مثال اعداد 0.22 و 0.45 و 0.84 و 0.35 و 0.54 که مشاهده میشود طبق این احتمالات، انتخاب های P_2 و P_4 و P_7 و P_4 و P_5 را خواهیم داشت.

فشار انتخاب برای این روش برابر با 1 خواهد بود.

حل با کمک SUS:

در این روش نیز مانند روش roulette wheel باید احتمال انتخاب موجودات را به دست آوریم و خط کش را ایجاد کنیم. سپس یک نقطه در بازه ی 0 و $\frac{1}{N_2}$ به صورت تصادفی انتخاب کنیم، برای مثال فرض کنیم این نقطه تصادفی 0.12 باشد،

این نقطه به عنوان نقطه شروع خط کش جدید و اولین انتخاب می باشد، سپس هر بار به اندازه ی $\frac{1}{N_2}$ جلو رویم، نقاط جدید برابر با 0.12 و 0.32 و 0.52 و 0.72 و 0.92 خواهد بود که متناظر با p_1 و p_4 و p_5 و p_6 و p_9 می باشد. اگر اندازه قطاع روی خط کش از بازه ای که به هر موجود نسبت دادیم کمتر باشد آنگاه احتمال انتخاب آن موجود 1 است غیر این صورت احتمال انتخاب برابر می شود با تقسیم اندازه بازه نسبت داده شده به هر موجود به اندازه قطاع جدا شده بر روی خط کش. توجه کنید به این دلیل که جمع احتمال انتخاب موجودات می تواند برابر با 1 نشود در نتیجه امید ریاضی نداریم پس این روش فاقد فشار انتخاب بر اساس تعریف است.