

باسمه تعالی

موضوع :

الگوریتم ژنتیک و حل مسئله ی ۸ وزیر
Genetic Algorithms(GAs)

پاییز ۱۴۰۳ - ترم مهر ماه
هوش مصنوعی - دکتر مهدی مصلح
حسین کوشکیان

3	..... مقدمه بر الگوریتم ژنتیک
3	..... Crossover
4	..... Mutation (جهش)
4	..... نکات مهم در ارتباط با جهش
5	..... انواع انتخاب
5	..... 1. انتخاب بر اساس مناسب بودن (Fitness-Based Selection)
6	..... 2. انتخاب تصادفی (Random Selection)
6	..... 3. انتخاب بر اساس رنک (Rank Selection)
6	..... 4. انتخاب تعادلی (Elite Selection) (نخبه گرایی)
6	..... 5. انتخاب تصادفی با جانشینی (Stochastic Universal Sampling)
6	..... ویژگی موازی سازی الگوریتم ژنتیک
6	..... موازی سازی روال (Sequential Parallelism)
7	..... روش جزیره (Island Model)
7	..... حل مسئله
8	..... کروموزوم :
8	..... نسل :
8	..... شبیه سازی ساختار کروموزوم
8	..... حالت اول آرایه تک بعدی 64×1
8	..... حالت دوم آرایه دو بعدی 8×8 (صفحه ی واقعی شطرنج)
9	..... پیاده سازی مسئله
9	..... صحت سنجی کروموزوم ها
10	..... نسل اولیه
12	..... منابع

مقدمه بر الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک (GA) یکی از روش‌های پیشرفته در هوش مصنوعی است که به‌عنوان یک ابزار بهینه‌سازی و جستجو به‌کار می‌رود. این الگوریتم، الهام‌گرفته از اصول و فرآیندهای تکاملی طبیعت است که بر اساس نظریه انتخاب طبیعی چارلز داروین شکل گرفته است. در طبیعت، موجودات زنده به‌تدریج در پاسخ به تغییرات محیطی تکامل می‌یابند و تنها آن‌هایی که بهترین ویژگی‌ها را دارند، قادر به بقا و تولید مثل هستند. این فرآیند موجب می‌شود که ویژگی‌های مفید به نسل‌های بعدی منتقل شود و تنوع زیستی افزایش یابد. الگوریتم ژنتیک نیز بر همین اساس عمل می‌کند. در این روش، یک جمعیت از راه‌حل‌های ممکن به‌عنوان «کروموزوم» تعریف می‌شود و با استفاده از عملگرهای ژنتیکی مانند انتخاب، تقاطع (Crossover) و جهش (Mutation) به تولید نسل‌های جدید پرداخته می‌شود. هدف اصلی این الگوریتم، یافتن بهترین راه‌حل برای یک مسئله خاص با استفاده از جستجوی هوشمندانه در فضای ممکنات است.

“نه قوی‌ترین گونه و نه باهوش‌ترین آنها زنده میمانند بلکه گونه‌ای به حیات خود ادامه میدهد که با تغییرات سازگار شود” – نظریه‌ی تکامل داروین

هر سلول مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها هستند و این کروموزوم‌ها اساساً رشته‌های DNA هستند به‌طور کلی این کروموزوم‌ها در مفهوم باینری به صورت رشته‌های ۰ و ۱ نمایش داده میشوند

Crossover

تقاطع فرایندی است که در آن دو کروموزوم (یا راه حل) به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و بخشی از ویژگی‌های آن‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شود تا کروموزوم‌های جدید تولید شوند. این عمل به طور معمول در نقاط خاصی از کروموزوم‌ها انجام می‌شود که به آن‌ها نقاط تقاطع می‌گویند. به عنوان مثال، فرض کنید دو کروموزوم به شکل زیر داریم:

کروموزوم ۱: 101010

کروموزوم ۲: 110011

اگر نقطه تقاطع در وسط آن‌ها باشد، پس از عمل تقاطع کروموزوم‌های جدید به صورت زیر تولید می‌شوند:

کروموزوم جدید ۱: 101011

کروموزوم جدید ۲: 110010

این عمل به حفظ و گسترش ویژگی‌های مفید در جمعیت کمک می‌کند و می‌تواند به یافتن راه‌حل‌های بهتری منجر شود.

Mutation (جهش)

جهش به تغییرات تصادفی در کروموزوم‌ها اشاره دارد. این عمل معمولاً با تغییر یک یا چند ژن (بخش‌های کوچکی از کروموزوم) به یک حالت دیگر انجام می‌شود. هدف از جهش افزایش تنوع ژنتیکی در جمعیت و جلوگیری از انجماد در نقاط محلی است. به عنوان مثال، اگر کروموزوم 101010 داشته باشیم و تصمیم بگیریم که ژن دوم را تغییر دهیم، می‌توانیم به شکل زیر تغییر دهیم:

• قبل از جهش: 101010

• بعد از جهش: 111010

عمل جهش به الگوریتم این امکان را می‌دهد که به راه‌حل‌های جدید و غیرمنتظره‌ای دست پیدا کند که ممکن است از طریق تقاطع به تنهایی قابل دستیابی نباشد.

نکات مهم در ارتباط با جهش

جهش در الگوریتم ژنتیک می‌تواند مشکلاتی مانند از دست رفتن اطلاعات مفید، توزیع نامناسب ویژگی‌ها، کاهش سرعت همگرایی، ایجاد نقاط محلی و سختی در تنظیم پارامترها را به همراه داشته باشد.

برای حل این مشکلات، می‌توان از راهکارهای زیر استفاده کرد:

1. **تنظیم نرخ جهش:** تعیین نرخ جهش بهینه، نه خیلی بالا و نه خیلی پایین، می‌تواند به حفظ تنوع و جلوگیری از از دست رفتن ویژگی‌های مفید کمک کند.
2. **استفاده از جهش هدفمند:** به جای جهش تصادفی، می‌توان از روش‌های جهش هدفمند استفاده کرد که بر اساس ویژگی‌های خاص کروموزوم‌ها انجام می‌شود.
3. **ترکیب با عملگرهای دیگر:** ترکیب جهش با سایر عملگرهای ژنتیکی مانند تقاطع و انتخاب می‌تواند به بهبود کیفیت نسل‌های جدید کمک کند و از ایجاد نقاط محلی جلوگیری کند.
4. **اجرای چندین بار جهش:** اجرای چندین بار جهش در طول چرخه‌های مختلف الگوریتم می‌تواند به حفظ تنوع و بهینه‌سازی فضای جستجو کمک کند.

انواع انتخاب

1. انتخاب بر اساس مناسب بودن (Fitness-Based Selection)

در این روش، کروموزوم‌ها بر اساس نمره مناسب بودنشان (Fitness Score) انتخاب می‌شوند. کروموزوم‌هایی که مناسب‌تر هستند، شانس بیشتری برای انتخاب و تولید مثل دارند. این روش می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- **انتخاب تناسب (Roulette Wheel Selection):** در این روش، هر کروموزوم به نسبت نمره مناسب بودنش به یک دایره شبیه چرخ گردان تعلق می‌گیرد. هر چقدر نمره مناسب بودن یک کروموزوم بالاتر باشد، احتمال بیشتری برای انتخاب شدن خواهد داشت.
- **انتخاب تورنمنت (Tournament Selection):** در این روش، تعدادی کروموزوم به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و بهترین کروموزوم از بین آن‌ها به عنوان والد انتخاب می‌شود. این کار چندین بار تکرار می‌شود تا نسل جدید تولید شود.

2. انتخاب تصادفی (Random Selection)

در این روش، کروموزوم‌ها به‌طور تصادفی انتخاب می‌شوند، بدون توجه به نمره مناسب بودنشان. این روش می‌تواند به حفظ تنوع در جمعیت کمک کند، اما ممکن است کیفیت نسل‌های جدید را کاهش دهد.

3. انتخاب بر اساس رنک (Rank Selection)

در این روش، کروموزوم‌ها ابتدا بر اساس نمره مناسب بودنشان مرتب می‌شوند و سپس احتمال انتخاب هر کروموزوم بر اساس رتبه‌اش تعیین می‌شود. به این ترتیب، کروموزوم‌هایی با رتبه بالاتر شانس بیشتری برای انتخاب خواهند داشت.

4. انتخاب تعادلی (Elite Selection) (نخبه گرایی)

این روش شامل حفظ تعدادی از بهترین کروموزوم‌ها در نسل جدید بدون تغییر است. این کار اطمینان می‌دهد که ویژگی‌های مناسب از نسل‌های قبلی حفظ می‌شود و به روند بهینه‌سازی کمک می‌کند.

5. انتخاب تصادفی با جانشینی (Stochastic Universal Sampling)

این روش مشابه انتخاب تناسب است، اما با استفاده از چندین نقطه تصادفی برای انتخاب کروموزوم‌ها از روی دایره نمره مناسب بودن، به گونه‌ای طراحی شده است که تنوع بیشتری را حفظ کند.

ویژگی موازی سازی الگوریتم ژنتیک

• موازی سازی روال (Sequential Parallelism)

موازی سازی روال (Sequential Parallelism) به روشی اطلاق می‌شود که در آن الگوریتم ژنتیک به صورت خطی و توالی‌های مستقل از یکدیگر اجرا می‌شود. در این نوع موازی‌سازی، مراحل مختلف الگوریتم (مانند ارزیابی، انتخاب، تقاطع و جهش) به‌طور هم‌زمان در پردازش‌های مختلف انجام می‌شود، اما به‌طور مستقل از یکدیگر کار می‌کنند.

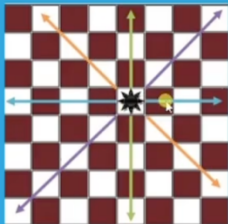
• روش جزیره (Island Model)

مدل جزیره‌ای (Island Model) یک نوع از موازی‌سازی جمعیتی در الگوریتم ژنتیک است که در آن چندین جمعیت مستقل وجود دارد که هر کدام در "جزیره" خاص خود تکامل می‌یابند. این جزیره‌ها می‌توانند به‌طور مستقل عمل کنند و در فواصل زمانی مشخصی، تبادل ژنتیکی با یکدیگر داشته باشند.

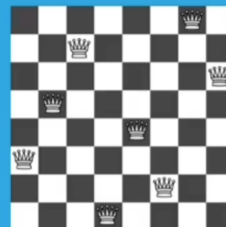
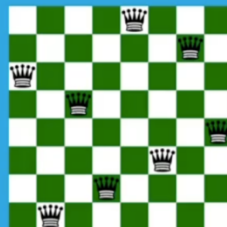
حل مسئله

مسئله 8 وزیر

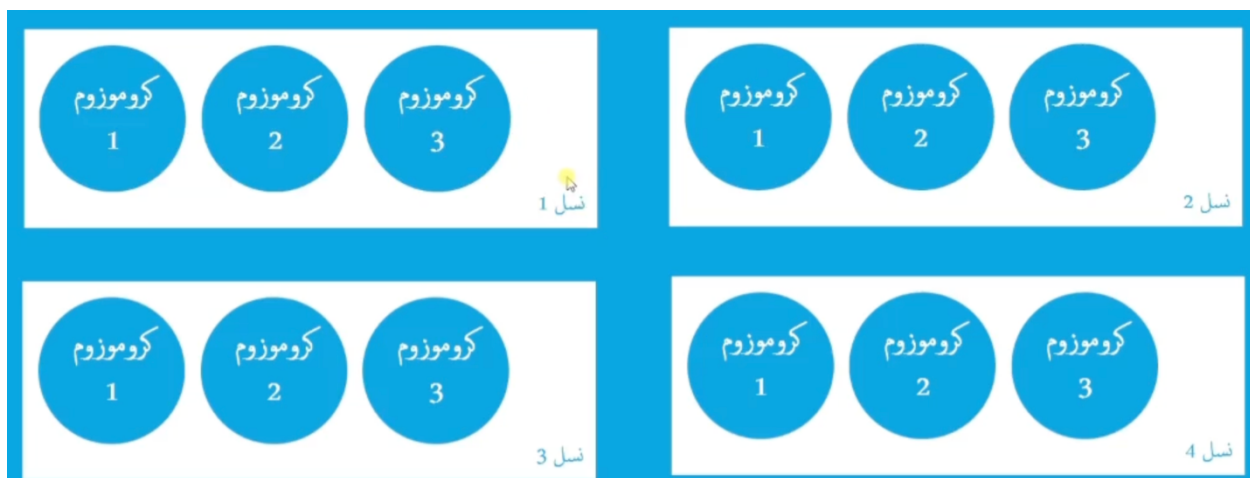
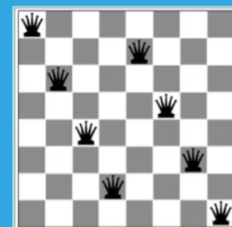
این مسئله به این صورت است که باید 8 وزیر را در صفحه شطرنج به گونه‌ای قرار دهید که هیچکدام دیگری را تهدید نکند.



نحوه‌ی حرکت وزیر در شطرنج



نمونه‌هایی از جواب درست



کروموزون :

هر کروموزوم برای ما نماینده ی یک جواب است که ممکن است درست باشد و یا درست نباشد

نسل :

و هر نسل هم مجموعه ای از کروموزوم ها است که ما قرار داد میکنیم که چه تعدادی باشد و هر نسل از روی نسل قبل خود ساخته میشود (تکامل پیدا میکند)

شبيه سازی ساختار کروموزوم

حالت اول : آرایه تک بعدی 64×1

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	..
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 حالت اولیه

0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	..
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	..
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

حالت دوم :

آرایه دو بعدی 2×8 (صفحه واقعی شطرنج)

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0

حالت اول آرایه تک بعدی ۱*۶۴

در این روش یک ارایه با ۶۴ تا خانه داریم که هر عدد یک نشان دهنده ی یک وزیر است

حالت دوم آرایه دو بعدی 8×8 (صفحه ی واقعی شطرنج)

در این روش ما یک صفحه ی شطرنج داریم و مثل حالت اول هر عدد یک نشان دهنده ی یک وزیر است

پیاده سازی مسئله

ما برای پیاده سازی این الگوریتم از روش دوم استفاده میکنیم
در هر کروموزوم لیستی از موقعیت مکانی وزیر ها نگه داری میشود و میتوان بدونه
بازنگری تمام خانه های صفحه را صحت سنجی کرد

مثال لیست موقعیت مکانی وزیر ها در صفحه:

آدرس خانه ها

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0	0	0

• $[(0,0),(1,2),(3,4),(4,6),(5,1),(5,5),(6,7),(7,3)]$

صحت سنجی کروموزوم ها

برای صحت سنجی سه حالت داریم یا وزیر ها به صورت افقی و یا عمودی همدیگر را
تهدید میکنند یا به صورت ضربدری

حالت عمودی

برای صحت سنجی این حالت فقط کافی است که ما بررسی کنیم در هر کروموزوم
دو x تکراری وجود نداشته باشد (در صورتی که وجود داشته باشد یعنی در یک
ستون هستند)

حالت افقی

برای صحت سنجی این حالت فقط کافی است که ما بررسی کنیم در هر کروموزوم
دو y تکراری وجود نداشته باشد (در صورتی که وجود داشته باشد یعنی در یک
ردیف هستند)

حالت مورب

برای حالت مورب کافی است که به صورت دو به دو در هر کروموزوم x ها را از
همدیگر و y ها را از هم دیگر کم کنیم اگر برابر باشد به این معنی است که در
قطر یک مربع قرار دارند

مثال

$[(0,0), (1,2), (3,4), (4,6), (5,1), (5,5), (6,7), (7,3)]$

به دو وزیر $(1,2)$ و $(6,7)$ دقت کنید

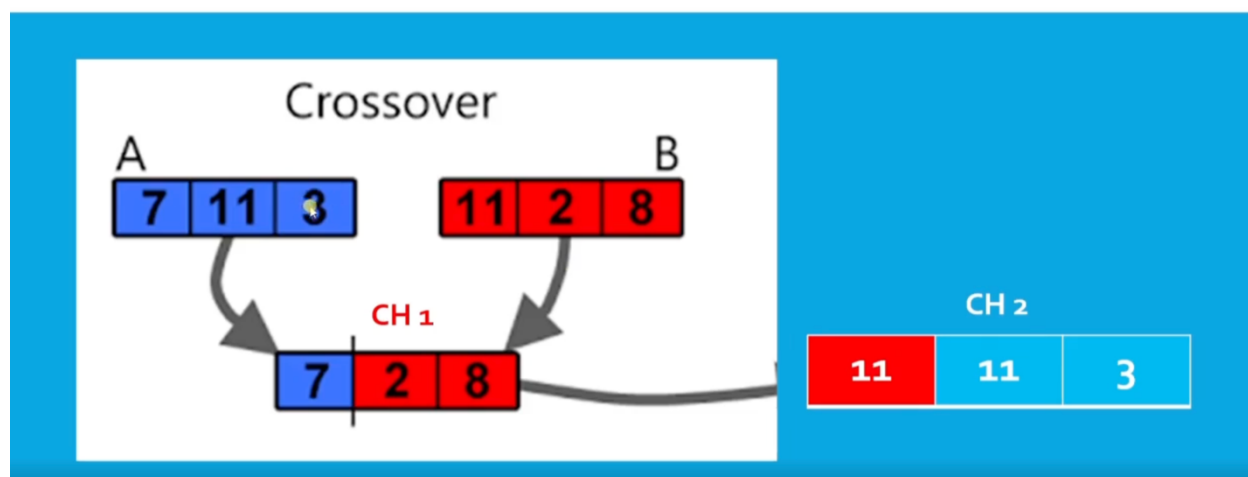
$$6-1 = 5, 7-2 = 5$$

به این معنا است که هر دو وزیر در حالت مورب همدیگر قرار دارند

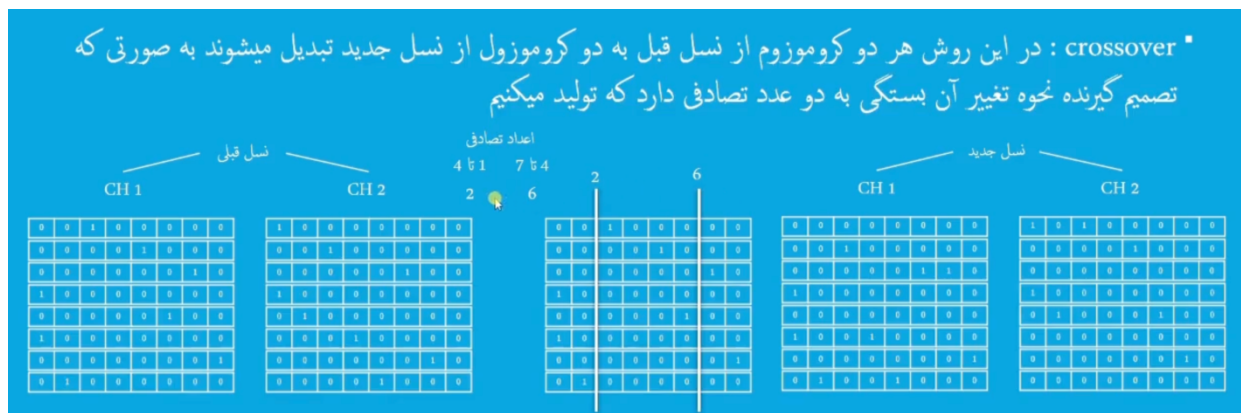
نسل اولیه

هر نسل شامل تعدادی کروموزوم است و هر کروموزوم میتواند جواب باشد
ما به صورت پیشفرض در هر نسل ۲۰۰ کروموزوم به صورت تصادفی تولید میکنیم
و تک به تک کروموزوم ها را بررسی میکنیم اگر جواب درست باشد تولید نسل
متوقف میشود و اگر به جواب درست نرسیدیم به تولید نسل بعد ادامه میدهیم

CROSSOVER



با روش کراس اور ما از روی نسل قبل یک نسل جدید میسازیم که در این مسئله هر دو کروموزوم در نسل قبل به دو کروموزوم از نسل جدید تبدیل میشوند



برای ترکیب دو عدد رندوم از بین $0 - 4$ خود عدد چهار شامل ان نیست و $4 - 7$ را انتخاب میکنیم

بعد از این که اعداد انتخاب شد دو ناحیه روی فرزند اول را انتخاب میکنیم و با ترکیب که در شکل بالا هم نشان داده شده ترکیب را انجام میدهم و دو فرزند جدید میسازیم

<https://blog.faradars.org/genetic-algorithm>

https://fa.wikipedia.org/wiki/الگوریتم_ژنتیک/

https://fa.wikipedia.org/wiki/تقاطع_الگوریتم_ژنتیک

<https://www.geeksforgeeks.org/genetic-algorithms/>

<https://www.aparat.com/v/mW1qu>

Code :

<https://github.com/ebrahimkarimi/nqueen-genetic-python>