

گزارش الگوریتم ممیتیک

Memetic Algorithm

ارائه دهنده: ناصر باقری محمودآبادی

۱- نظریه داروین جهانی

داروین از روی آزمایش‌هایش در مورد پرورش جانوران و مشاهده‌ی طبیعت متوجه شد که زادگانی بیشتر از آنچه زنده می‌مانند به وجود می‌آیند. این موضوع در مورد گیاهان و جانوران از درختان تا فیل‌ها و هرچه که بین آنهاست، صادق بود. بعضی از جانوران میلیون‌ها تخم با هزاران لارو تولید می‌کنند، و برخی گیاهان میلیون‌ها هاگ یا دانه ایجاد می‌کنند، اما خوشبختانه کثرت عظیمی از این تولیدمثل اضافی به دوران بلوغ نمی‌رسد.

به طور خلاصه تکامل عبارت است از انشقاق همراه با تغییر (تغییر در توالی ژن‌ها) که در اثر انتخاب طبیعی (تولیدمثل افتراقی) پیش می‌آید، و بر روی تغییراتی که در نتیجه جهش و عوامل دیگر ایجاد شده‌است اثر می‌گذارد، در حالی که محیط زیست کار انتخاب طبیعی را انجام می‌دهد. داروین معتقد است که تکامل یک موجود محدود به ژن‌ها نیست.

بر اساس نظریه داروین نسل‌هایی که از ویژگی‌های و خصوصیات برتری نسبت به نسل‌های دیگر برخوردارند شانس بیشتری نیز برای بقا و تکثیر خواهند داشت و ویژگی‌ها و خصوصیات برتر آنها به نسل‌های بعدی آنان نیز منتقل خواهد شد. همچنین بخش دوم نظریه داروین بیان می‌کند که هنگام تکثیر یک ارگان فرزند، به تصادف رویدادهایی اتفاق می‌افتد که موجب تغییر خصوصیات ارگان فرزند می‌شود و در صورتی که این تغییر فایده‌ای برای ارگان فرزند داشته باشد موجب افزایش احتمال بقای آن ارگان فرزند خواهد شد. در محاسبات کامپیوتری، بر اساس این نظریه داروین روش‌هایی برای مسائل بهینه‌سازی مطرح شدند که همه این روش‌ها از پردازش تکاملی در طبیعت نشأت گرفته‌اند. ما نیز به این روش‌های جستجو، الگوریتم‌های جستجوی تکاملی می‌گوییم.

۲- معرفی الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک بخشی از نظریه حسابگری تکاملی است که در حال حاضر به عنوان بخشی از هوش مصنوعی به سرعت در حال رشد می‌باشد. ایده اصلی این الگوریتم در نظریه تکامل داروین نهفته است. از نظر کاربردی، الگوریتم ژنتیک یکی از روش‌های بهینه‌سازی مسائل است که اساس آن بر انتخاب طبیعی (عامل اصلی تکامل زیستی) و برخی مفاهیمی که از علم ژنتیک الهام گرفته شده‌اند، استوار است. در این روش به بیان ساده، برای بهینه‌سازی تابع هدف (تابع تناسب) مساله، در هر مرحله، از یک جمعیت اولیه کروموزوم‌ها (افراد) که در حقیقت پاسخ‌های اولیه مساله می‌باشند، به یک جمعیت جدید از کروموزوم‌ها و یا یک نسل جدید که در حقیقت پاسخ‌های ثانویه مساله مفروض می‌باشند می‌رسیم. بنابراین با تکرار این عملیات و تولید جمعیت جدید از جمعیت قبلی در هر مرحله و در نتیجه رسیدن به نسل‌های موفق، جمعیت به سمت یک پاسخ بهینه رشد خواهد کرد.

اصول کار الگوریتم ژنتیک به صورت روند زیر ارائه می گردد:

گام ۱ - کد گذاری

گام ۲ - انتخاب تصادفی جمعیت اولیه از مجموعه پاسخ ها

گام ۳ - محاسبه میزان سازگاری گروه پاسخ با تابع هدف (Fitness)

گام ۴ - ایجاد جمعیت جدید با استفاده از عملگر های ژنتیک (تکثیر ترکیب و جهش)

گام ۵ - تکرار مراحل سوم و چهارم تا هنگامی که جواب نهایی همگرا گردد.

۳- مشکلات الگوریتم ژنتیک

الگوریتم های ژنتیکی ناحیه هایی از فضای حالت مساله که بهینه های سراسری و محلی در آن واقع شده اند را بخوبی شناسایی می کنند ولی در ادامه مسیرشان به سمت بهینه سراسری بسیار کند عمل می کنند. دومین مشکل عمده ای که الگوریتم های ژنتیک با آن مواجه می باشند عدم پایداری این الگوریتم ها می باشد.

از بین راهکارهای متعددی که برای برطرف ساختن مشکلات الگوریتم ژنتیک ارائه شده است استراتژی ترکیب جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده است. استراتژی ترکیب از به کارگیری تکنیک های مختلف در فرایند حل مساله حاصل می گردد. الگوریتم های ممیتک مشهورترین عضو این خانواده به شمار می آیند که از ترکیب الگوریتم های ژنتیک با یک هیوریستیک جستجوی محلی حاصل می گردد.

برای این منظور به ازای هر موجودی که در جامعه تولید می گردد، یک جستجوی محلی با شعاع همسایگی از پیش تعیین شده ای حول کروموزوم مربوطه در فضای حالت مساله انجام می پذیرد.

۴- تاریخچه الگوریتم ممیتک

همانطور که اصطلاح ژنتیک^۱ از واژه ی ژن برداشت شده است اصطلاح ممیتک^۲ نیز از واژه مم برداشت شده است. زیست شناسان ژن را واحد انتقال خصوصیات فیزیولوژیکی از قبیل رنگ چشم، رنگ مو و... از والدین به فرزندان می دانند. روانشناسان نیز مم را واحد انتقال خصوصیات رفتاری از قبیل تندخویی، سنت گرایی و ... از والدین به

^۱ genetic

^۲ memetic

فرزندان می دانند. مم به نوعی واحد پایه برای انتقال فرهنگ محسوب می‌شود. به عبارت دیگر مم یک عنصر فرهنگی یا رفتاری است که به وسیله عوامل غیر ژنتیکی از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود.

اصطلاح مم بر اثر یک مقایسه ژنی در زمینه تکامل فرهنگی (رفتاری) در سال ۱۹۷۶ توسط شخصی به نام ریچارد داوکینز در کتاب ژن خودخواه از این واژه به منظور تاکید بر شباهت آن به ژن بهره جست. داوکینز این کلمه را با کوتاه کردن mimeme که از کلمه یونانی mimema «به معنای چیزی که تقلید شده» ابداع کرد. او اظهار می‌دارد که مایل به بکار بردن واژه‌ای تک بخشی بوده‌است که از نظر آوایی شبیه به واژه «ژن» باشد.

الگوریتم ممیتک یک الگوریتم ژنتیک ترکیبی است که توسط لامارک و بالدوین به عنوان نظریه پردازان اولیه بیان شده و توسط موسکاتو در سال ۱۹۸۹ بطور کامل ارائه شده است. با توجه به ماهیت مسائل مختلف، نحوه طراحی یک الگوریتم ممیتکی حائز اهمیت می‌شود.



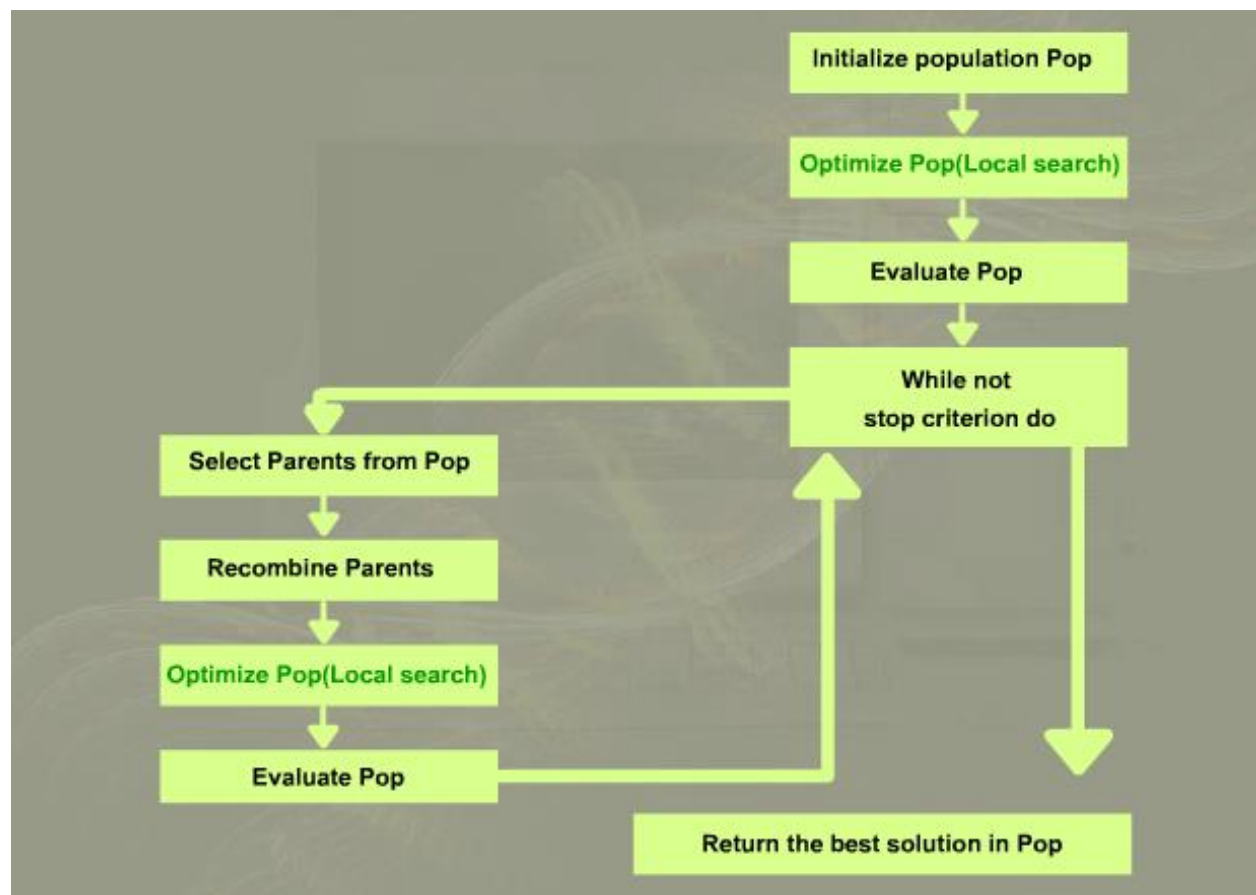
تصویر ۱: دکتر Dawkins

۵- معرفی الگوریتم‌های ممتیک

الگوریتم ممتیک گونه ای از الگوریتم‌های تکاملی است که در آن جستجوهای ابتکاری محلی با الگوریتم ژنتیک ترکیب می‌شوند تا در زمان کمتری نتایج بهتری به دست آید. این الگوریتم بر این ایده استوار است که هر عضو جمعیت می‌تواند به اندازه اطرافیان خود (همسایگان)، شایستگی خود را افزایش دهد.

این الگوریتم میزان مطلوبیت هر یک از جواب‌ها را بر اساس یک تابع برازندگی محاسبه کرده و با استفاده از عملگرهایی چون تقاطع و جهش، جوابهای جدیدی را تولید می‌کند.

در پایان، هر نسل روی مجموعه‌های از جواب‌های آن نسل، یک جستجوی محلی با هدف تشدید فرایند جستجو انجام میشود تا کیفیت جوابهای بهینه محلی افزایش یابد. سپس زیر مجموعه‌ای از نسل فعلی (مجموعه جواب های فعلی، والدین و جواب‌های جدید، فرزندان) بر اساس برای بقا به نسل بعد منتقل می‌شوند. فرآیند تولید نسل های جدید تا زمان برقرار شدن شرایط توقف ادامه می‌یابد.



اما با وجود تعریف گسترده‌ی مم، در جامعه‌ی محققان محاسبات تکاملی، الگوریتم ممتیک اغلب به صورت ترکیبای از روش‌های تکاملی و جستجویی محلی دانسته می‌شود. بدین نحو که با استفاده از روشهای مختلف جستجوی محلی که برای مساله‌ی مورد نظر طراحی شده است نتیجه‌ی حاصل از فرآیند تکامل را بهبود می‌بخشند.

این نوع پیاده‌سازی مم حاصل برداشت‌های از مم است که در آن بخش تکاملی مانند الگوریتم، دیگر فرآیندی ژنتیکی نیست بلکه شبیه‌ساز بستر جابه‌جایی مم‌ها است و جستجوی محلی نیز معادل با فرآیند یادگیری و تطبیق‌های است که هر فرد جامعه بر واحدهای اطلاعاتی‌ای که با آن سر و کار دارد اعمال می‌کند. پس روش‌های متداول در تکامل در اینجا بر فرهنگ‌ها و ایده‌ها اعمال می‌شوند و نه بر ژنها. بهبود فردی‌ای که به عنوان بخش‌های از الگوریتم ممتیک صورت می‌گیرد و معمولاً به صورت جستجویی محل‌های پیاده‌سازی می‌شود ممکن است در مراحل مختلفی از فرآیند بهینه‌سازی رخ دهد.

اما تعبیر استعاره‌ای مم به صورت‌های دیگری نیز ممکن است. به عنوان مثال مم می‌تواند به صورت سنت فرهنگی برای حل یک مساله‌ای مشترک برای اعضای جامعه نیز تعبیر شود. این سنت می‌تواند در شکل‌دهی باور افرادی که تازه به آن فرهنگ پا گذاشته‌اند، مثلاً تازه به دنیا آمده‌اند، نقش داشته و آنها را به سمت آنچه پیش از آن تجربه شده و آزمون پس داده رهنما باشد. در این تعبیر مم چیزی جدا از ژن موجودات است و در سطح‌های دیگر عمل می‌کند. مم به صورت جهته اولیه و به عنوان نقطه‌ی آغازینی برای جستجوی پاسخ مناسب مساله عمل می‌کند.

```

Begin
    INITIALIZE population;
    While (convergence criterion not reached)
        EVALUATE the fitness of every individual;
        SELECT parents;
        RECOMBINE to produce offspring;
        MUTATE offspring;
        IMPROVE offspring via local search;
        REPLACE individual with new version;
    End while
End

```

شبه کد ۱ : شبه کد الگوریتم ممتیک

۶-۱. جستجوی محلی در الگوریتم ممیتک

جستجوی محلی در الگوریتم ممیتک یک فرایند تکراری که طی آن جواب های در همسایگی جواب فعلی ارزیابی و در صورتی که بهتر باشند جایگزین جواب فعلی خواهند شد.

```
BEGIN
  /* given a starting solution  $i$  and a neighbourhood function  $n$  */
  set  $best = i$ ;
  set  $iterations = 0$ ;
  REPEAT UNTIL ( depth condition is satisfied ) DO
    set  $count = 0$ ;
    REPEAT UNTIL ( pivot rule is satisfied ) DO
      generate the next neighbour  $j \in n(i)$ ;
      set  $count = count + 1$ ;
      IF ( $f(j)$  is better than  $f(best)$ ) THEN
        set  $best = j$ ;
      FI
    OD
    set  $i = best$ ;
    set  $iterations = iterations + 1$ ;
  OD
END
```

شبه کد ۲: شبه کد جستجوی محلی

برخلاف الگوریتم های ژنتیک که افراد را از لحظه تولد تا حضور در فرایند تولید مثل برای نسل بعد (آخر عمر فرد) ثابت و بدون تغییر می داند، یک فرد در یک الگوریتم ممیتک می تواند میزان شایستگی خود را در یک نسل با عملگری موسوم به تقلید ارتقا بخشد. جستجوی محلی به عنوان یک یادگیری سازنده برای هر نمونه در چرخه الگوریتم تکاملی تغییرات انجام شده روی یک نمونه حفظ می کند.

ایده کلیدی استفاده از چند عملگر جستجوی محلی در الگوریتم های ممیتکی، بالا بردن مشارکت و رقابت مم های متفاوت است، در حالیکه قادر باشند با یکدیگر کار کنند تا به هدف بهینه اشتراکی دست یابند. برخی از محققان پیشنهاد نموده اند که عملگرهای مم باید همزمان روی آن ژن هایی که برای بهبود محلی انتخاب شده اند، اجرا شوند و یک مکانیزم یادگیری دقیق باید شانس انتخاب آنها را در مرحله بعد تطبیق دهد. هر چند نری و دیگران، یک الگوریتم ممیتکی با مم چندگانه با یک روش غیر رقابتی

پیشنهاد کردند که روشهای جستجوی محلی متفاوت در طی دوره‌های تکاملی جمعیت‌های متفاوت می‌تواند فعال گردد.

در ادامه مفهوم‌های ممیتک و تفاوت‌های آن با دیگر الگوریتم‌ها و کاربردش در محیط‌های پویا بحث شده است.

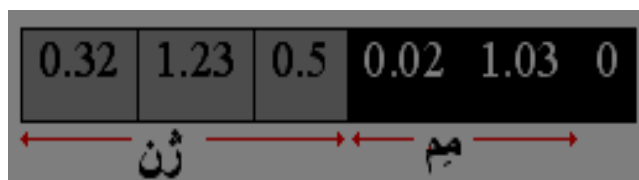
۲-۶. الگوریتم‌های ممیتک مبتنی بر نظریه لامارک

برخی از متخصصان معتقدند آنچه که یک موجود در طول زندگی از محیط و جامعه خود می‌آموزد در ساختار ژنی آن موجود نیز کد می‌شود. این اعتقاد مبنای رویکرد لامارک است. در این رویکرد پس از آن که در همسایگی یک عضو جمعیت جستجوی محلی صورت گرفت، بهترین همسایه جایگزین آن عضو می‌شود، به این ترتیب بهبود در شایستگی اعضاء جمعیت هم توسط عملگرهای ژنتیک و هم توسط عملگر ممیتک (جایگزینی بهترین همسایه) صورت می‌گیرد. نتیجه حاصل از تقلید که با جستجوی محلی حاصل می‌گردد بر روی مقادیر اولیه ژن‌های کروموزوم ذخیره می‌گردد.

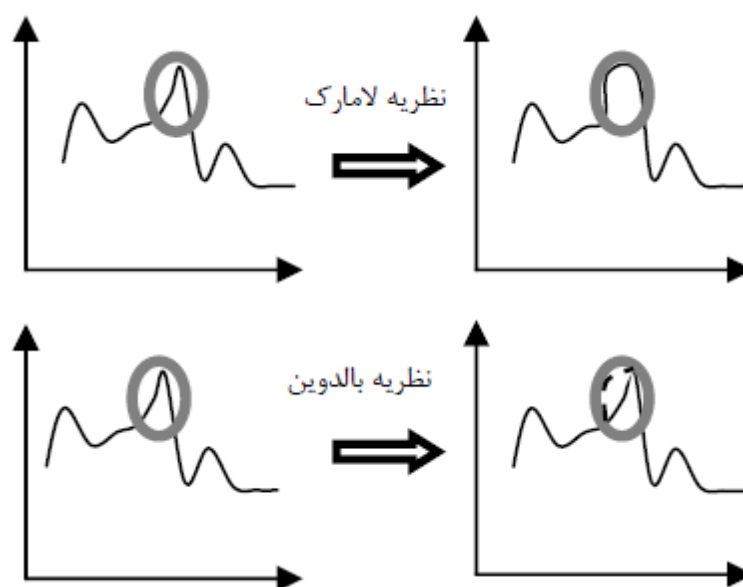
۳-۶. الگوریتم‌های ممیتک مبتنی بر نظریه بالدوین

بعضی از دیگر صاحب نظران معتقدند دلایل کافی برای این مدعا که آموخته‌های موجود در ژن او کد می‌شود، وجود ندارد و آموخته‌های موجود تنها در طول حیات خود او در اختیار هستند و فقط توسط آموزش (تقلید) به موجود دیگر انتقال می‌یابند، بنابراین در رویکرد بالدوین پس از آن که در همسایگی یک عضو جمعیت جستجوی محلی صورت گرفت، شایستگی بهترین همسایه یک عضو جمعیت را جایگزین شایستگی آن عضو می‌نمایند. در واقع در این روش یک عضو جمعیت در تجربه همسایگانش سهیم می‌شود به همین علت به آن اثر بالدوین نیز می‌گویند. در برخی از روش‌ها از هر دو رویکرد به صورت همزمان نیز بهره برده شده است که به آنها متا لامارکی گفته می‌شود

الگوریتم‌های ممیتک مبتنی بر نظریه بالدوین، محل ذخیره‌سازی مم از ژن جدا می‌باشد که در شکل زیر نشان داده شده است.



در الگوریتم های ممتیک بالدوینی زن ها در تولید مثل و مم ها در انتخاب کروموزوم برای شرکت در تولید مثل به کار گرفته می شوند. این استراتژی سبب می شود که از بین افرادی که میزان شایستگی یکسانی دارند، کروموزوم هایی که در همسایگی شان جواب های بهتری وجود دارد با احتمال بیشتری برای تولید مثل انتخاب گردند.



در شکل بالا بر روی قله، در نظریه لامارک جمعیت و ارزش آنها جایگزین شده اند ولی در نظریه بالدوین فقط ارزش جمعیت همسایه برابر بهینه محلی می باشد.

۶- تفاوت الگوریتم ژنتیک با ممتیک

میان تکامل ژنتیکی و فرهنگی تفاوت های عمده ای وجود دارد. اول این که تکامل فرهنگی خیلی سریع تر از تکامل ژنتیکی اتفاق می افتد و یک فرآیند قوی با منابع کم می باشد. دوم این که در تکامل فرهنگی، به ندرت تغییر، محصول کپی خطاها یا تبادل تصادفی واحدهای هم ساز اطلاعاتی است. در حوزه علم، ترکیب خام ایده ها به بهبود نظریه ها منجر نمی شود. یک دانشمند معمولاً یک ایده را بعد از ترکیب با ایده های خود و اعتبارسنجی خود می پذیرد. فرآیند ترکیب ایده ها، به نوآوری منجر می گردد. علت این امر گردآوری دانش و مم های جدید از سایر حوزه های دیگر است. تکامل زیستی با مؤلفه نوآوری همراه نیست و اجازه ظهور تجربه در کروموزوم های والد را نمی دهد. می توان گفت که تکامل طبیعی یک فرایند بی پایان است در حالی که تکامل فرهنگی یک فرآیند مبتنی بر هدف می باشد که در آن واحدهای انتقال اطلاعات به صورت هوشمند عمل می کنند.

برخلاف الگوریتم های ژنتیک که افراد را از لحظه تولد تا حضور در فرایند تولید مثل برای نسل بعد (آخر عمر فرد) ثابت و بدون تغییر می داند، یک فرد در یک الگوریتم ممیتک می تواند میزان شایستگی خود را در یک نسل با عملگری موسوم به تقلید ارتقا بخشد.

۷- مشکلات الگوریتم ممیتک

الگوریتم های ممیتک دارای مشکلات زیادی هستند. اولین مشکل، طراحی یک جستجوی محلی مناسب برای مساله مورد نظر می باشد. سپس مشخص کردن مقدار شعاع همسایگی می باشد که این مقدار براساس ازمون و خطا بدست می آید. حافظه ی ذخیره سازی، ارزیابی تناسب اندام، نمودار متمرکز از انتخاب، زمان شبیه سازی از دیگر مشکلات الگوریتم های ممیتک می باشد.

۸- مثالی از الگوریتم ممیتک

مساله فروشنده دوره گرد یک از مسائل شناخته شده در مهندسی کامپیوتر است که در این مساله یک فروشنده دوره گرد با شروع از یک مبدا و گذشتن از همه شهرها به مقصد می رسد. هدف آن است که این فروشنده کمترین مسیر را بین مسیرهای موجود بیابد. حل دقیق این مساله از مسائل دشوار و زمانبر است. استفاده از روش های هوشمند از جمله الگوریتم ممیتک می تواند منجر به تسریع رسیدن به جواب شود. هدف این پروژه پیاده سازی روش حل مساله فروشنده دوره گرد با استفاده از الگوریتم ممیتک است

Array *pop* stores population

Size of *pop*=*P*

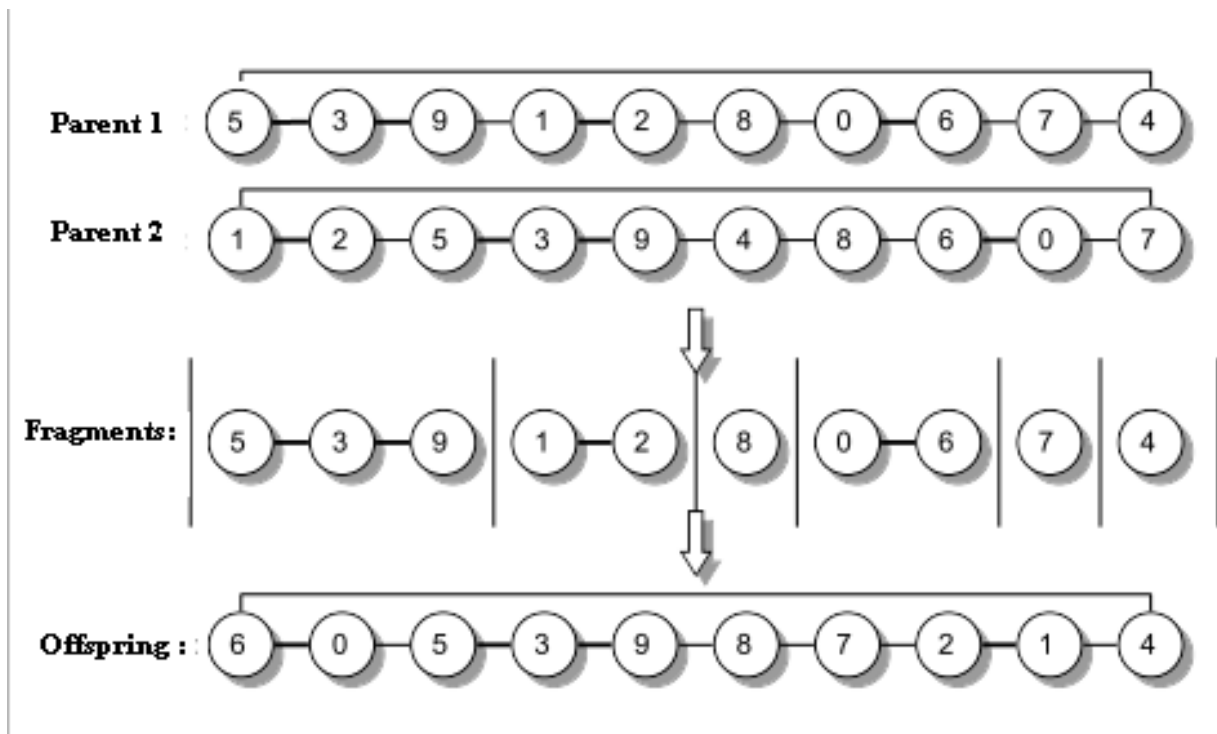
No of cities=*N*

Tour represented as 1234....*N*

Fitness function-cost of the tour

TSP - Crossover

- Distance Preserving Crossover
- $d(p1, p2) = d(p1, child) = d(p2, child)$
- $d(x, y) = \#edges \text{ not common in } x \text{ and } y$



۹- منابع

1. Y. S. Ong, M. H. Lim, N. Zhu and K. W. Wong, 'Classification of Adaptive Memetic Algorithms: A Comparative Study', IEEE Transactions On Systems, Man and Cybernetics - Part B, Vol. 36, No. 1, pp. 141-152, February 2006.
2. J. E. Smith "Co-evolving memetic algorithms: A review and progress report", *IEEE Trans. Syst., Man Cybern., Part B: Cybern.*, vol. 37, p.6, 2007.
3. Y. S. Ong and A. J. Keane, "Meta-Lamarckian in memetic algorithm," *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 8, pp. 99–110, Apr. 2004.
4. N. Krasnogor, B. Blackburne, J. D. Hirst, and E. K. N. Burke, "Multimeme algorithms for the structure prediction and structure comparison of proteins," in *Parallel Problem Solving From Nature, 2002, Lecture Notes in Computer Science*.
5. Krasnogor, N., Gustafson, S.: Toward truly "memetic" memetic algorithms: discussion and proof of concepts. In: D. Corne, G. Fogel, W. Hart, J. Knowles, N. Krasnogor, R. Roy, J. E. Smith, A. Tiwari (eds.) *Advances in Nature-Inspired Computation: The PPSN VII Workshops*. PEDAL (Parallel, Emergent and Distributed Architectures Lab). University of Reading. ISBN 0-9543481-0-9 (2002)
6. E. Eiben and J. E. Smith *Introduction to Evolutionary Computing*, 2003. :Springer-Verlag