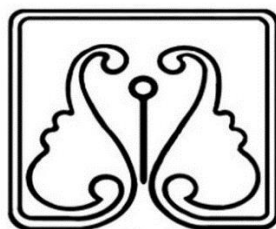


# الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان ( پیوسته )

بهنام نعیمی، محمد عاشورزاده و مائده یوسف زاده

دانشجویان علوم کامپیوتر دانشگاه گیلان

اوایل مرداد ماه ۱۳۹۹



دانشگاه گیلان

استاد : جناب آقای دکتر علی جمالیان

فهرست

بخش اول: توضیح و معرفی الگوریتم.....	۲
مقدمه و ایده اصلی الگوریتم .....	۲
هدف الگوریتم.....	۳
کاربرد الگوریتم.....	۳
انواع الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان .....	۴
بخش دوم : مراحل الگوریتم.....	۴
بایگانی پاسخ ها .....	۵
مراحل الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان پیوسته .....	۵
بخش سوم : ساختار داده مورد استفاده در پیاده سازی الگوریتم .....	۸
بخش چهارم : نتایج عددی اجرای الگوریتم بر روی توابع آزمون.....	۹
منابع رفرنسی .....	۹

## بخش اول: توضیح و معرفی الگوریتم

### مقدمه و ایده اصلی الگوریتم

الگوریتم کلونی مورچگان<sup>۱</sup> الهام گرفته شده از مطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه ها است. این مطالعات نشان داده که مورچه‌ها حشراتی اجتماعی هستند که در کلونی‌ها زندگی می‌کنند و رفتار آن‌ها بیشتر در جهت بقا کلونی است تا در جهت بقا یک جزء از آن. یکی از مهم‌ترین و جالبترین رفتار مورچه‌ها، رفتار آن‌ها برای یافتن غذا است و به ویژه چگونگی پیدا کردن کوتاهترین مسیر میان منابع غذایی و آشیانه. این نوع رفتار مورچه‌ها دارای نوعی هوش ازدحامی<sup>۲</sup> است که اخیراً مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است در دنیای واقعی مورچه‌ها ابتدا به طور تصادفی به این سو و آن سو می‌روند تا غذا بیابند. سپس به لانه بر می‌گردند و ردی از فرومون<sup>۳</sup> به جا می‌گذارند. چنین ردهایی پس از باران به رنگ سفید در می‌آیند و قابل رویت اند. مورچه‌های دیگر وقتی این مسیر را می‌یابند، گاه پرسه زدن را رها کرده و آن را دنبال می‌کنند. سپس اگر به غذا برسند به خانه بر می‌گردند و رد دیگری از خود در کنار رد قبل می‌گذارند؛ و به عبارتی مسیر قبل را تقویت می‌کنند. فرومون به مرور تبخیر می‌شود که از سه جهت مفید است:

- باعث می‌شود مسیر جذابیت کمتری برای مورچه‌های بعدی داشته باشد. از آنجا که یک مورچه در زمان دراز راه‌های کوتاه‌تر را بیش تر می‌پیماید و تقویت می‌کند هر راهی بین خانه و غذا که کوتاه تر (بهتر) باشد بیشتر تقویت می‌شود و آنکه دورتر است کمتر.

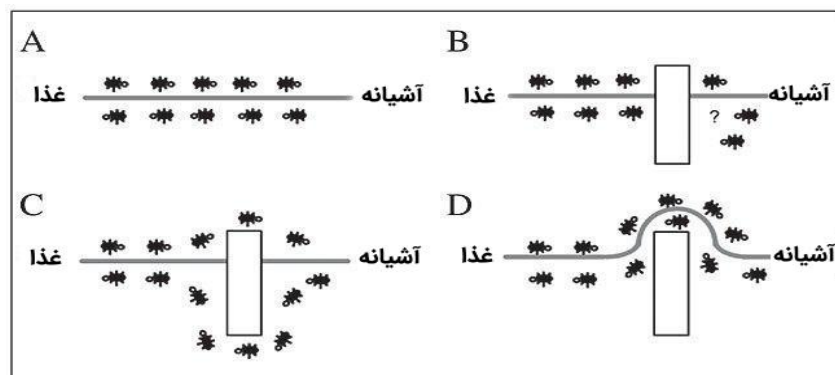
---

<sup>۱</sup> Ant-Colony-Optimization

<sup>۲</sup> EDA (Estimation of Distribution Algorithms)

<sup>۳</sup> (Pheromone)

- اگر فرومون اصلاً تبخیر نمی‌شد، مسیرهایی که چند بار طی می‌شدند، چنان بیش از حد جذاب می‌شدند که جستجوی تصادفی برای غذا را بسیار محدود می‌کردند.
- وقتی غذای انتهایی یک مسیر جذاب تمام می‌شد رد باقی می‌ماند.



تصویر ۱: یافتن کوتاهترین مسیر توسط مورچگان

لذا وقتی یک مورچه مسیر کوتاهی (خوبی) را از خانه تا غذا بیابد بقیه ی مورچه‌ها به احتمال زیادی همان مسیر را دنبال می‌کنند و با تقویت مداوم آن مسیر و تبخیر ردهای دیگر، به مرور همه ی مورچه‌ها هم مسیر می‌شوند.

## هدف الگوریتم

هدف الگوریتم مورچه‌ها تقلید این رفتار توسط مورچه‌هایی مصنوعی ست که روی تصویر ۱ در حال حرکت اند. مسئله یافتن کوتاه‌ترین مسیر است، پس بنابراین بهینه ترین مسیر هدف قرار دارد.

## کاربرد الگوریتم

از کاربردهای این الگوریتم، رسیدن به راه حل تقریباً بهینه در مساله فروشنده دوره گرد<sup>۴</sup> است. به طوری که انواع الگوریتم مورچه‌ها برای حل این مسئله تهیه شده . زیرا این روش عددی نسبت به روشهای تحلیلی و

<sup>۴</sup>TSP(Traveling salesman Problem)

## الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان (پیوسته)

ژنتیک در مواردی که نمودار مدام با زمان تغییر کند یک مزیت دارد؛ و آن این که الگوریتمی است با قابلیت تکرار، و لذا با گذر زمان می تواند جواب را به طور زنده تغییر دهد؛ که این خاصیت در روتینگ شبکه های کامپیوتری و سامانه حمل و نقل شهری مهم است. <sup>۴</sup>

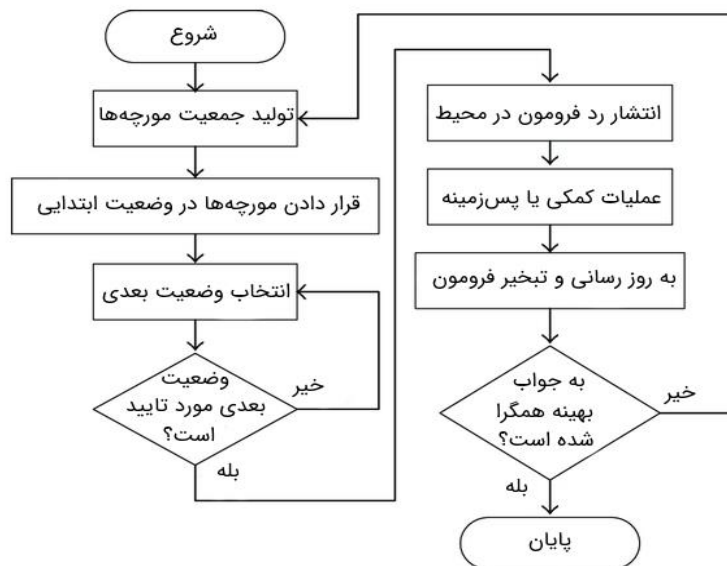
## انواع الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان

الگوریتم کلونی مورچگان به دو نسخه ی الگوریتم کلونی مورچگان در فضای پیوسته<sup>۵</sup> و الگوریتم کلونی مورچگان در فضای گسسته تقسیم بندی می شود. در واقع الگوریتم کلونی مورچگان در فضای پیوسته تعمیمی از این الگوریتم در فضای گسسته است که در این تحقیق، ما به الگوریتم در فضای پیوسته می پردازیم.

الگوریتم کلونی مورچگان با توجه به ساختار هایی که در طبیعت از آن ایده برداری شده خیلی به طور مستقیم نمی تواند در فضای پیوسته مورد بررسی قرار بگیرد، اما با رعایت همان فاکتورها و اصول هایی که در الگوریتم گسسته وجود داشت، یعنی تبخیر و تقویت فرومون، ارتباط غیر مستقیم و ... البته به بیانی دیگر الگوریتم را به الگوریتم پیوسته تعمیم می دهیم.

## بخش دوم : مراحل الگوریتم

دور نمای کلی از مراحل الگوریتم با فلوچارت ساده ای از الگوریتم کلونی مورچگان گسسته در تصویر ۲ آمده است. که در ادامه مراحل الگوریتم در فضای پیوسته عنوان می شود. <sup>۶</sup>



تصویر ۲: فلوچارت الگوریتم کلونی مورچگان

### بایگانی پاسخ‌ها<sup>۶</sup>

یک مفهومی که در الگوریتم در فضای پیوسته خیلی مهم است و بر مبنای آن پاسخ‌های تصادفی انتخاب میشوند، مفهوم بایگانی فضای پاسخ‌ها است. به این صورت است که در یک فضای پیوسته تمامی مقادیر از ارزش مساوی برخوردار نیستند و برخی مقادیر برای انتخاب شدن اولویت و احتمال بیشتری دارند. معمولاً یک فضای پیوسته را با توجه به صورت سوال و اولویت‌های مذکور با تعدادی توزیع نرمال<sup>۷</sup> (گاوسی) پوشش می‌دهیم که به آنها راه‌حل و به مجموعه‌ی آنها یک فضای بایگانی پاسخ گفته میشود.

توجه داشته باشید که هر راه‌حل می‌تواند چندین متغیر داشته باشد.

### مراحل الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته<sup>□□□</sup>

الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان (پیوسته)

اگر بخواهیم مراحل الگوریتم  $ACO_R$  را به زبانی ساده و صریح بیان کنیم میتوان به مراحل زیر اشاره کرد:

نکته: قطعه کدی که در فضای متلب ارایه شده است از همین الگوریتم استفاده شده است.

(۱) تولید پاسخ های اولیه، ارزیابی آنها، مرتب سازی و قرار دادن در بایگانی ( ایجاد یک بایگانی فضای پاسخ )

به اندازه نیاز جمعیت اولیه تولید میکنیم و آنها را مرتب میکنیم، مرتب سازی از آن جهت است که هر راه حل که مقدار هزینه ایش کمتر است در اول قرار میگیرد . پس بهترین پاسخ در ردیف اول است.

(۲) محاسبه ی ضرایب  $w_l$  وزنی و احتمالات  $p_l$ .

$$w_l = \frac{1}{qk\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{l-1}{qk}\right)^2\right)$$

$$p_l = \frac{w_l}{\sum_m w_m}$$

$w_l$  : ضریب وزنی راه حل  $l$ ام.

$q$  : در اینجا حکم فشار<sup>۸</sup> انتخاب دارد، به عبارت دیگر تعیین میکند که بین خوب و بد چه تفاوت وزنی باشد. هر چه عدد مقدار آن را کاهش دهیم فشار انتخاب بیشتر در نتیجه تفاوت وزنی بیشتر خواهد شد و هر چه قدر مقدارش را کمتر کنیم تفاوت وزنی کمتر خواهد شد.

---

<sup>۸</sup> Selection Pressure

$k$ : ثابت تعداد راه حل های انتخابی در فضای پاسخ.

$p_l$ : احتمال انتخاب راه حل  $l$ ام.

(۳) مدل احتمالی مربوط به هر متغیر را جدا گانه ایجاد میکنیم.

به عنوان مثال اگر تابعی دارای بیست متغیر ( پارامتر) باشد دارای بیست مدل احتمالی در فضای بایگانی پاسخ است.

(۴) تعداد مشخصی نمونه تصادفی با استفاده از مدل احتمالی به دست آمده استفاده میکنیم.

(۵) نمونه های جدید و موارد موجود در بایگانی را ادغام می کنیم، سپس اعضای آن را مرتب و اعضای اضافی را حذف می کنیم. ( ایجاد بایگانی فضای پاسخ جدید )

(۶) به روز رسانی بهترین پاسخ یافته شده.

بهترین پاسخ راه حلی است که کمترین هزینه را داشته باشد.

(۷) در صورتی که شرایط خاتمه محقق نشده باشد از مرحله ی سوم تکرار میکنیم در غیر این الگوریتم را پایان می دهیم.

نکته: باید دقت داشته باشیم پس از تولید جمعیت ( اولیه یا در حال اجرای الگوریتم ) که به صورت تصادفی مقادیری در بایگانی فضای پاسخ اتخاذ میشوند، باید همسایگی آنها را نیز مورد بررسی قرار دهیم به همین دلیل معمولاً از توزیع نرمال با میانگین  $\sigma$  در نظر میگیریم. تعیین مقدار این متغیر را با سیاستی خاص که تقریباً احتمال انتخاب تمام مقادیر فضای پاسخ هست را ممکن میسازد را در نظر میگیریم.

برای مثال اگر در فضای پاسخ چند عدد به صورت تصادفی انتخاب کنیم آنگاه  $\sigma$  با سیاست زیر برای افزایش قابلیت پویش به کار میبریم.



الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان (پیوسته)

$$\sigma_l^i = \xi \frac{\sum_r |s_l^i - s_l^r|}{k-1} \quad \xi > 0$$

در اینجا S یک راه حل از فضای پاسخ و k تعداد پاسخ های انتخابی در فضای پاسخ است.

توجه داشته باشید هر چه قدر راه حل l ام در جای خلوت تری باشد باید فضای بیشتری را تحت پوشش قرار بدهند در نتیجه قابلیت پوشش<sup>۹</sup> بیشتر خواهد بود و هر چه قدر راه حل در جای شلوغ تری باشد (یعنی راه حل های دیگری نیز اطراف آن انتخاب شده باشند) بنابراین فضای کمتری در اطراف خود و با دقت تر را پوشش میدهد و قابلیت انتفاع<sup>۱۰</sup> بیشتر میشود.

توجه داشته باشید که نکته ی بالا، اساسی ترین نکته برای پیوسته سازی الگوریتم کلونی مورچگان است. زیرا باعث ایجاد همسایگی اطراف راه حل تصادفی می شود.

### بخش سوم : ساختار داده مورد استفاده در پیاده سازی الگوریتم

برای پیاده سازی الگوریتم کلونی مورچگان (پیوسته) در متلب از ساختار داده های زیر استفاده کرده ایم؛

۱) ساختار<sup>۱۱</sup>؛ نوعی از ذخیره اطلاعات (Data Type) در نرم افزار متلب (MATLAB) می باشد که در آن، اطلاعات مرتبط را به صورت یک گروه در نظر می گیریم و هر گروه از اطلاعات را در یک فیلد (Field) قرار می دهیم. هر فیلد (Field)، می تواند شامل هر نوع (Type) اطلاعات باشد.

---

<sup>۹</sup> Exploration

<sup>۱۰</sup> Exploitation

<sup>۱۱</sup> (Structure)

(۲) آرایه های چند بعدی: آرایه های چند بعدی در متلب یک بسط نرمال از ماتریس دو بعدی است.

(۳) استفاده از توابع دستی<sup>۱۲</sup>.

### بخش چهارم : نتایج عددی اجرای الگوریتم بر روی توابع آزمون

نتایج مربوط به اجرای الگوریتم بر روی توابع آزمون در پوشه گزارش نتایج ذکر شده است.

(۱) برای اجرای الگوریتم کفایت فایل ACOR را اجرا کرده و سپس عدد تابع آزمون مربوطه را با توجه به <http://benchmarkfcns.xyz/unimodal> وارد کرده تا نتایج را مشاهده کنید.

(۲) برای توابع آزمونی که دارای  $n$ -بعد هستند به طور پیشفرض مقدار  $n$  را ۲۰ در نظر گرفته ایم.

(۳) در تابع آزمون شماره ۱۲ مقدار  $d$  و  $\alpha$  را به ترتیب ۱ و ۰.۵ فرض کرده ایم.

(۴) تابع RouletteWheelSelection.m برای پیاده سازی چرخ رولت است.

### منابع رفرنسی

---

<sup>□</sup> دانشنامه آزاد، کلونی مورچگان مصنوعی، ویکی‌پدیا [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

<sup>□□</sup> «مرتضی جادریان»، دانشجوی مقطع دکتری مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی، Ant Colony Optimization، فرادرس، <https://blog.faradars.org/ant-colony-optimization>.

<sup>□□□</sup> سید مصطفی کلامی هریس، دانشجوی دکترا مهندسی برق-کنترل، متلب سایت، [www.matlabsite.com](http://www.matlabsite.com).