فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال چهارم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، (پیاپی ۱۵): صص ۱۳-۲۴

# مطالعه و معرفی الگوریتم‌های هوش مصنوعی جهت حل مسائل بهینه‌سازی؛ کاربرد، مزایا و معایب

محمدرضا حسنی آهنگر[۱]، علی مقدسی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱۶

## چکیده

با توجه به نیاز برخی سازمان‌ها به‌ویژه سازمان‌های نظامی به سیستم‌های پیچیده، از روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی برای ارزیابی و تحلیل عملکرد این سیستم‌ها استفاده می‌شود. یکی از ابزارهایی که برای این منظور استفاده می‌شود، الگوریتم‌های هوش مصنوعی است. در این راستا می‌توان جریان مواد و کالاها، منابع انسانی، اطلاعات و غیره را در سازمان مدل کرد. به واسطه مدل‌کردن و تنظیم سناریوهای مختلف، سیستم را تجزیه‌وتحلیل نموده و نسبت به انجام بهبودهای بالقوه در آن تلاش می‌شود. برخی از این الگوریتم‌ها عبارت‌اند از: ژنتیک، شبکه عصبی، کلونی مورچه‌ها، آنیل شبیه‌سازی‌شده و جستجوی ممنوع. این الگوریتم‌ها برای سیستم‌های پیچیده و غیرقطعی، از جمله سامانه‌های اختفا شده در عملیات هوایی، سامانه پنهان‌کاری امن با نگرش پدافند غیرعامل و سایر موارد دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا چندین رویکرد برای طراحی جواب‌های با کیفیت و بهینه با توجه به تشخیص خط‌مشی‌های بهتر، شناخت و بهبود عملکرد، تصمیم‌گیری در مورد سیستم‌ها تحت محدودیت زمانی قابل پذیرش برای مسائل وجود دارد. این الگوریتم‌ها با توجه به دسته‌بندی و انواع آن‌ها، عملکرد، کارآیی، ویژگی و حوزه کاربردی خود را دارند و در حل مسائل بهینه‌سازی به ما کمک می‌کنند. در این مقاله با استفاده از منابع و تحقیقاتی که در این حوزه صورت پذیرفته است، مطالعه و معرفی الگوریتم‌های هوش مصنوعی جهت حل مسائل بهینه‌سازی ارائه می‌گردد. لذا با توجه به مزایا، معایب، کاربردها، زمان پردازش، حجم داده و حوزه به‌کارگیری هر یک؛ متخصصین این حوزه می‌توانند بهترین و بهینه‌ترین الگوریتم را برای حل مسائل پیچیده و غیرقطعی انتخاب و استفاده کنند.

**کلیدواژه‌ها:** هوش مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی، کلونی مورچه‌ها، آنیل شبیه‌سازی‌شده، الگوریتم جستجوی ممنوع

---

۱- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه جامع امام حسین(ع) mrhasani@ihu.ac.ir
۲- پژوهشگر دانشگاه جامع امام حسین(ع) - نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

«الگوریتم» دستورالعملی برای یافتن پاسخ درست یک مسئله سخت به وسیله شکستن آن مسئله به مراحل ساده و آسان می‌باشد. «هوش‌مصنوعی» یک علم است که در آن فناوری‌های مختلفی مانند سیستم‌های خبره و شبکه‌های‌عصبی وجود دارد. الگوریتم‌های هوش مصنوعی مجموعه‌ای خاص از روال منطقی و یا ریاضی ساده و خوب جهت طراحی مدلی از ماشین‌های با هوش است. این الگوریتم‌ها با بهره‌گیری از کامپیوتر و الگوگیری از درک هوش انسانی و یا حیوانی، و نهایتاً دستیابی به مکانیزم هوش‌مصنوعی در سطح هوش‌انسانی و انجام آزمایش‌هایی با این مدل و با هدف پی‌بردن به رفتار سیستم یا ارزیابی استراتژی‌های گوناگون (در محدوده‌ای که به وسیله معیار و یا مجموعه‌ای از معیارها اعمال شده است) برای عملیات سیستم، مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های پیچیده، سیستم‌هایی هستند که راه‌حل تحلیلی برای آن‌ها غیرممکن بوده و جهت طراحی آن‌ها مخصوصاً زمانی که هنوز ایجاد نشده‌اند به دلیل اینکه دارای ریسک بالا و در برخی اوقات خطرناک، همچنین هزینه‌بر بودن آن‌ها، با توجه به قابلیت‌های الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی، بیشتر از این الگوریتم‌ها برای آن سیستم‌ها استفاده می‌شود [۱]. با استفاده از این الگوریتم‌ها می‌توان طیف گسترده‌ای از مسائل پویا را در حوزه‌های پدافند غیرعامل، ساخت و تولید، پشتیبانی و خدمات، زمان‌بندی و توالی عملیات، طراحی قابلیت اطمینان، زمان‌بندی و مسیریابی وسایل نقلیه، تکنولوژی گروهی، مکان‌یابی و استقرار تجهیزات، مدل‌های غیرخطی، مسیریابی داخل و خارج شهری و سایر موارد، تجزیه‌وتحلیل نمود. در حوزه پدافند غیرعامل از سیستم‌های پیچیده بسیار استفاده می‌شود؛ از جمله سامانه‌های موشکی و پدافندی، سیستم رادارگریز از مرکز، سامانه‌های اختفاشده در عملیات هوایی و موارد دیگر. لذا استفاده از این الگوریتم‌ها به ما در طراحی و مدل‌کردن این سیستم‌ها بسیار کمک می‌کند. ایده اصلی الگوریتم‌های بهینه‌سازی در سال ۱۹۶۰ توسط «ریچنبرگ»[1] مطرح گردید[۱]. این الگوریتم‌ها اکثرا به دلیل بهینه‌سازی بر هرچه بهترکردن راه حل مربوط به یک مسئله تاکید دارد. بهینه‌سازی سعی دارد تا با تغییر دادن یک ایده ابتدایی به سوی جواب بهینه حرکت کند، این مسیر حرکت ممکن است به جواب بهینه[2] یا نزدیک به بهینه برسد. بهینه‌سازی به دنبال بهبود عملکرد در رسیدن به نقطه یا نقاط بهینه است[۱]. در مقایسه الگوریتم‌های بهینه‌سازی، دو معیار همگرایی و عملکرد مطرح می‌شود. مخصوصاً در سیستم‌های پدافند غیرعامل، این دو از معیارهای اساسی و مهم در نیازسنجی، مدل‌کردن، پیاده‌سازی، آزمایش و تست سامانه‌های پدافند غیرعامل می‌باشند. بعضی از الگوریتم‌ها دارای همگرایی بوده ولی ممکن است عملکرد ضعیفی داشته باشند، یعنی فرایند بهبود آنها از کارایی و سرعت لازم برخوردار نباشد؛ برعکس بعضی دیگر از الگوریتم‌ها همگرایی نداشته ولی عملکرد آن‌ها خیلی خوب است. در ادامه، ابتدا به بیان مسئله پرداخته شده و بعد از آن، روش تحقیق، سؤال و فرضیه‌های تحقیق آمده و سپس به مطالعه و معرفی الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی جهت حل مسائل بهینه‌سازی پرداخته شده است (ژنتیک، شبکه‌عصبی، کلونی مورچه‌ها، آنیل شبیه‌سازی‌شده و جستجوی ممنوع)؛ ساختار و معماری، نحوه پیاده‌سازی و کد برنامه الگوریتم‌ها. در پایان تحلیل و ارزیابی الگوریتم‌ها بر اساس برخی موارد از قبیل مزایا، معایب و حوزه کاربرد آنها با یکدیگر ارائه می‌گردد [۱و۲].

## ۲- بیان مسئله و اهداف تحقیق

به‌کارگیری و انتخاب الگوریتم‌های بهینه‌سازی، وابستگی شدیدی به شرایط مسئله مورد بحث، نوع متغیرها، گسترش و بزرگی مسئله و شرایط و محیط به‌کارگیری آن دارد. اشتباه در به‌کارگیری این ابزارها، هزینه و زمان زیادی تلف خواهد کرد. بنابراین باید در انتخاب این ابزارها دقت زیادی نمود. در این مقاله تحلیل و ارزیابی الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی جهت حل مسائل بهینه‌سازی ارائه می‌گردد. هدف از این مقاله بررسی، مطالعه و تجزیه‌وتحلیل الگوریتم‌های بهینه‌سازی به‌عنوان راه‌کار و روشی پیش‌روی پژوهشگران و متخصصین این حوزه می‌باشد که از بین الگوریتم‌های موجود، بهترین و بهینه‌ترین الگوریتم را انتخاب نمایند و در محیط تست و برآورد، حل مسائل و سیستم‌های پیچیده که از لحاظ ریاضی و آماری غیرقابل حل و یا هزینه‌بر بوده و ریسک آنها زیاد است به‌کار گیرند. با توجه به این که امکان انتخاب الگوریتم بهینه برای استفاده‌کنندگان این الگوریتم‌ها به خوبی میسر نیست، لذا این مقاله با توجه به تحلیل و ارزیابی که بین آن‌ها انجام می‌دهد تا حدودی این مشکل را حل می‌کند و در وقت و هزینه آن‌ها صرفه جویی می‌شود.

## ۳- روش تحقیق

هر کدام از الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی با توجه به قابلیت‌ها، خصوصیات، ویژگی‌ها، مزایا، معایب، معیارهایی از قبیل زمان پردازش و حجم داده و غیره، قابلیت استفاده با توجه به ساختار و پیاده‌سازی برای حل مسائل پویا و پیچیده که دارای ریسک بالایی است از جمله: حل مسائل در حوزه نظامی مانند طراحی و شبیه‌سازی موشک و سیستم‌های رادارگریز و پدافندی، حوزه پزشکی، حوزه امداد و نجات و غیره که شبیه‌سازی و تست آن‌ها از طریق روش‌های دیگر خطرناک و یا هزینه‌بر می‌باشد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و برای این

1- Rychnbrg
2- Optimal

کار از منابع اینترنتی، سایت‌ها، کتاب‌ها و راهنمایی اساتید محترم استفاده شده است.

## ۴- سؤال و فرضیه‌های تحقیق

چگونه می‌توان از بین الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی (بهینه‌سازی) الگوریتم بهینه را انتخاب نمود؟ موارد استفاده هر کدام از الگوریتم‌ها چیست؟ چه کاربردهایی دارند؟ نقاط قوت و ضعف آن‌ها چیست؟ همچنین با فرض این که در برخی مسائل بهینه‌سازی اگر بتوان از روش‌های آماری و تحلیل محض، شبیه‌سازی و مدل‌سازی (الگوریتم‌های بهینه‌سازی) بهره گرفت، کدام روش را انتخاب و برای حل مسائل از آن استفاده شود. در این مقاله با توجه به تحقیقات و مطالعاتی که انجام پذیرفته سعی شده است به این سؤال‌ها و فرضیه‌ها پاسخ داده شود.

## ۵- الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی در بهینه‌سازی

در این قسمت به بررسی و نحوه عملکرد انواع الگوریتم‌های هوش مصنوعی در مسائل بهینه‌سازی پرداخته شده است.

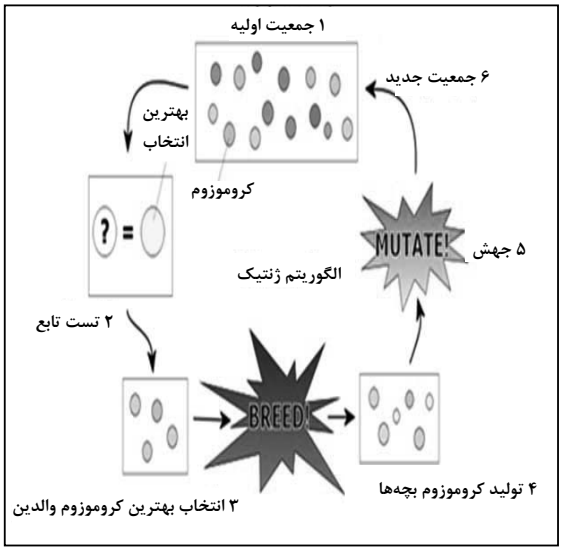
### ۵-۱- الگوریتم ژنتیک (GA)[1]

یکی از الگوریتم‌های جستجوی تصادفی است که ایده آن برگرفته از طبیعت است. الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به‌عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. مسئله‌ای که باید حل شود، ورودی است و راه‌حل‌ها طبق یک الگو کدگذاری می‌شود و متریک که تابع fitness نیز نام دارد، هر راه‌حل کاندید را ارزیابی می‌کند و اکثر آن‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند. در الگوریتم‌های ژنتیک ابتدا به طور تصادفی یا الگوریتمیک، چندین جواب برای مسئله تولید می‌شود. این مجموعه جواب جمعیت اولیه است. هر جواب یک کروموزوم است. سپس با استفاده از عملگرهای الگوریتم ژنتیک پس از انتخاب کروموزوم‌های بهتر، کروموزوم‌ها را با هم ترکیب کرده و جهشی در آنها ایجاد می‌شود. در نهایت نیز جمعیت فعلی با جمعیت جدیدی که از ترکیب و جهش در کروموزوم‌ها حاصل می‌شود، ترکیب می‌شود. در حقیقت روش جستجوی کامپیوتری برپایه الگوریتم‌های بهینه‌سازی و براساس ژن و کروموزوم‌هاست [۳].
شکل (۱) ساختار الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد.

#### ۵-۱-۱- مرحله ۱

یک سری کروموزوم به‌عنوان جمعیت اولیه به‌صورت تصادف انتخاب می‌شود. هر کروموزوم عددی در مبنای دو است.

1- Genetic Algorithm




شکل ۱- ساختار الگوریتم ژنتیک [۳]

| | |
|---|---|
| 1. | 00001011 |
| 2. | 00100010 |
| 3. | 01000000 |
| 4. | 11100001 |
| 5. | 01101100 |
| 6. | 00000111 |
| 7. | 11001010 |
| 8. | 11110000 |
| 9. | 00010101 |
| 10. | 10000000 |
| 11. | 11100100 |

به‌عنوان مثال، این کروموزوم‌ها به‌عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفته شده است: بعد از این‌که جمعیت اولیه معلوم شد این کروموزوم‌ها در تابع Fitness امتحان می‌شوند، بر حسب این که به جواب مورد نظر نزدیک‌ترند یا خیر، یک عدد بین صفر تا یک به آن‌ها اختصاص داده می‌شود که صفر یعنی به درد نمی‌خورد و یک یعنی خیلی‌خوب است [۳].

#### ۵-۱-۲- مرحله ۲ :

مرحله Breed است که طبق فرایند Crossover، کروموزوم‌ها با هم ازدواج می‌کنند و بچه‌دار می‌شوند.

**فرآیند Crossover:**

کروموزوم‌های برگزیده دوتا دوتا انتخاب شده و فرایند Crossover روی هر زوج به‌صورت زیر انجام می‌شود:

```
First pair:
00001|011
00100|010

After crossover:
00001010
00100011
```

در شکل بالا، فرآیند Crossover برای زوج اول مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشخص است اول هر کروموزوم از بیت ۵ام به دو قسمت تقسیم شده است و ۵ بیت اول کروموزوم اول با ۳ بیت دوم کروموزوم دوم ترکیب شده و برعکس. به این ترتیب دو فرزند جدید به وجود می‌آید. همین کار برای بقیه کروموزوم‌ها نیز انجام می‌شود که ممکن است یک کروموزوم دو یا چند بار در فرآیند Crossover به کار برده شود. احتمال شرکت کروموزوم‌هایی که سلامت بهتری دارند در فرآیند Crossover بیشتر است [۳].

**۵-۱-۳- مرحله ۳:**

بعد از فرآیند Crossover یک مرحله دیگر وجود دارد که احتمال وقوع آن خیلی‌کم است، این مرحله جهش یا Mutation است. در این فرآیند یک بیت تصادفی از یک کروموزوم تصادفی عوض می‌شود. مثلا اگر بیت چهارم یک کروموزوم انتخاب شود در صورتی که صفر باشد آن یک می‌شود یا بالعکس.

```
First chromosome:
00001011

After mutation:
00011011
```

این فرایند در محیط واقعی هم وجود دارد، مثلا در یک فرد، جهشی به‌وجود می‌آید و نابغه می‌شود و یا در فرد دیگر، جهش به‌وجود می‌آید و ناقص می‌شود. در الگوریتم ژنتیک نیز همین طور است، یک جهش امکان دارد کاملا مفید یا کاملاً مضر باشد. بعد از این مرحله دوباره کروموزوم‌های جدید به جمعیت اولیه برای نسل بعد بر می‌گردند و این فرآیندها تکرار می‌شوند تا به یک تلورانسی برسند و به جوابی که مناسب است نزدیک شوند. این روش در مقایسه با روش‌های دیگر که بر مبنای آزمایش و خطا هستند، روشی مناسب و پیشرفته است، و در موارد بسیاری سریع‌تر به جواب و نتیجه مطلوب می‌رسد [۲و۴].

الگوریتم‌های ژنتیک از چهار عملگر زیر برای حل مسائل استفاده می‌کنند:

۱- Fitness (برازش): با استفاده از این عملگر، میزان بهینگی هر کروموزوم تعیین می‌شود. ۲- Selection (انتخاب): وظیفه این عملگر، انتخاب کروموزوم‌هایی از میان جمعیت فعلی برای ترکیب شدن است.

۳- Crossover (ادغام): عملگر Crossover از کروموزوم‌های جمعیت میانی استفاده کرده و آن‌ها را با هم ترکیب می‌کند. عملگر Crossover با این امید اقدام به ترکیب کروموزوم‌ها می‌کند که شاید کروموزوم فرزند حاصل، از ترکیب دو یا چند کروموزوم پدر بهینه‌تر باشد.

۴- Mutation (جهش): عملگر جهش هنگامی که بر روی کروموزومی اعمال می‌شود باعث بروز جهش در آن کروموزوم می‌شود. روش معمول برای جهش، تغییر دادن یک یا چند ژن از کروموزوم بطور تصادفی می‌باشد [۲و۴].

**۵-۱-۴- کد برنامه الگوریتم ژنتیک**

ساختار کلی یک الگوریتم ژنتیک به‌صورت شبه کد زیر است [۲]:

```
Begin
1. Initializat ion
 1.1 Parameter Setting (P c , Pm , Stop Criteria , Pop Site , Selection Strategy , Crossover Op , Mutation Op , Perform Scalability , Num Gen )
 1.2 Initialize Population ( Randomly )
2. Fitness Evaluation
Repeat /* New generation/*
 3.Individual Selectionfor Mating Pool ( Size of Mating Pool = Pop Size)
4.Foreach consecutive pair apply Crossover ( For each consecutive pair apply Crossover with Probability Pc )
5. Mutate Chihdren( For each new-born apply mutation with Probability Pm )
6. Replace the Current Population by the resulting Mating Pool
7. Fitness Evaluation
Until Stopping Criteria is met
End for
End
```

**۵-۲- الگوریتم شبکه عصبی[1]:**

یک سامانه پردازشی داده‌هاست که از مغز انسان ایده گرفته و پردازش داده‌ها را بر عهده پردازنده‌های کوچک و بسیار زیادی سپرده، و به‌صورت شبکه‌ای به‌هم‌پیوسته و موازی با یکدیگر هستند تا یک مسئله را حل نمایند. در واقع این الگوریتم قابلیت حل مسئله بدون کمک فرد خبره یا متخصصان را دارا است و الگوهایی را در اطلاعات و داده‌ها شناسایی می‌کند. شبکه‌های‌عصبی با توانایی قابل توجه خود در استنتاج نتایج از داده‌های پیچیده، می‌توانند در استخراج الگوها و شناسایی گرایش‌های مختلفی که شناسایی آن‌ها برای انسان‌ها و کامپیوتر بسیار دشوار است استفاده شوند [۵].

1- Neural Network Alghoritm

### ۵-۲-۱- ساختار شبکه‌های عصبی

یک شبکه عصبی شامل اجزای سازنده لایه‌ها و وزن‌ها است. در حالت کلی در شبکه‌های عصبی سه نوع لایه نورونی وجود دارد:

**الف) لایه ورودی:** دریافت اطلاعات خامی که به شبکه تغذیه شده است.

**ب) لایه‌های پنهان:** عملکرد این لایه‌ها به‌وسیله ورودی‌ها و وزن ارتباط بین آنها و لایه‌های پنهان تعیین می‌شود. وزن‌های بین واحدهای ورودی و پنهان تعیین می‌کند که چه وقت یک واحد پنهان باید فعال شود.

**ج) لایه خروجی:** عملکرد واحد خروجی- بسته به فعالیت واحد پنهان و وزن- ارتباط بین واحد پنهان و خروجی است [۵].

شبکه‌های تک‌لایه‌ای و چندلایه‌ای نیز وجود دارد. در شبکه‌های تک‌لایه تمام واحدها به یک لایه اتصال دارند و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، ولی پتانسیل محاسباتی بیشتری نسبت به شبکه‌های چندلایه دارند. در شبکه‌های چندلایه واحدها به‌وسیله لایه‌ها شماره‌گذاری می‌شوند. (به جای دنبال‌کردن شماره‌گذاری سراسری) هر دو لایه از یک شبکه به وسیله وزن‌ها و در واقع اتصالات با هم ارتباط دارند [۵].

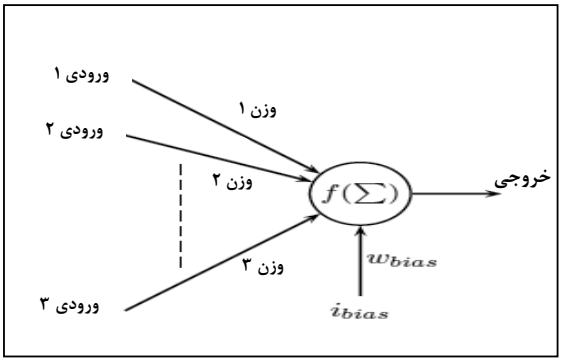
### ۵-۲-۲- انواع اتصال و یا پیوند وزنی در شبکه‌های عصبی

**پیشرو:** بیشترین پیوندها از این نوع است که در آن، سیگنال‌ها تنها در یک جهت حرکت می‌کنند. از ورودی به خروجی هیچ بازخوردی (حلقه) وجود ندارد. خروجی هر لایه بر همان لایه تاثیری ندارد.

**پسرو:** داده‌ها از گره‌های لایه بالا به گره‌های لایه پایین بازخورانده می‌شوند.

**جانبی:** خروجی گره‌های هر لایه به‌عنوان ورودی گره‌های همان لایه استفاده می‌شوند [۲و۶].

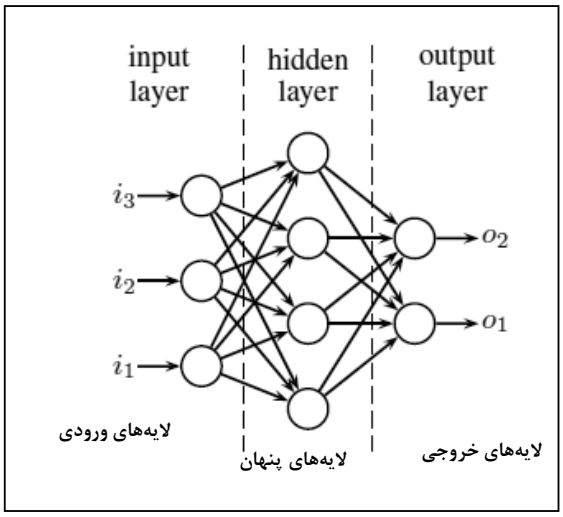
شکل‌های (۲ و ۳) شمای کلی این شبکه به همراه ساختار یک نورون از آن را نشان می‌دهند.




**شکل ۲- ساختار عمومی نرون عصبی [۲و۶]**

$\sum$ همان ذخیره‌سازی یا خازن است

$\Gamma$ فانکشن است که اگر از حدی مقدار هسته بیشتر شد تغییر حاصل می‌شود.




**شکل ۳- ساختار شبکه عصبی [۲و۶]**

### ۵-۳- الگوریتم کلونی مورچه‌ها (ACO)[1]

این الگوریتم، الهام‌گرفته از مطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه‌هاست. هدف این الگوریتم، یافتن کوتاه‌ترین مسیر میان منابع غذایی و آشیانه است. لذا از این الگوریتم برای بهینه‌یابی در مسائلی که نیاز به یافتن کوتاه‌ترین مسیر دارد استفاده می‌شود. این نوع رفتار مورچه‌ها دارای نوعی هوشمندی توده‌ای (در این نوع از هوشمندی عناصر رفتاری تصادفی دارند و بین آن‌ها هیچ نوع ارتباط مستقیمی وجود ندارد)، بوده که از دیرزمان مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است [۲].

### ۵-۳-۱- تفاوت هوشمندی توده‌ای (کلونی) و هوشمندی اجتماعی

در هوشمندی اجتماعی، عناصر، میزانی از هوشمندی را دارا هستند. اما در هوشمندی توده‌ای، عناصر رفتاری تصادفی دارند و بین آنها هیچ نوع ارتباط مستقیمی وجود ندارد و آن‌ها تنها به‌صورت غیرمستقیم و با استفاده از نشانه‌ها با یکدیگر در تماس هستند. بین موریانه‌ها هیچ نوع ارتباط مستقیمی وجود ندارد و آن‌ها تنها به‌صورت غیرمستقیم و از طریق نشانه‌ها با یکدیگر در تماس‌اند. «گرس» نام این رفتار را Stigmergie گذاشت، به معنی رفتاری که هماهنگی

1- Ant colony Algorithm

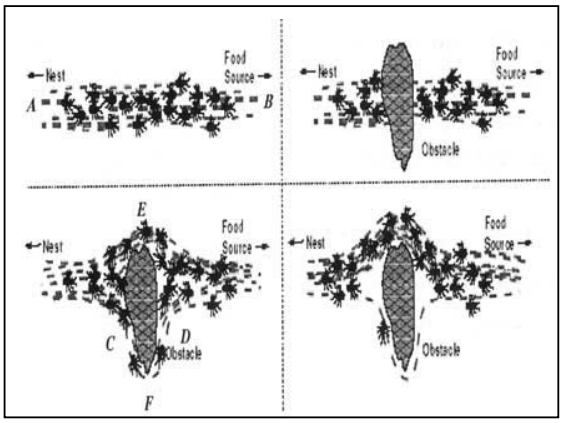
مابین موجودات را تنها از طریق تغییرات ایجاد شده در محیط ممکن می‌سازد [۲] و [۷].

**۵-۳-۲- بهینه‌سازی مسائل به روش کلونی مورچه (ACO)**

یافتن کوتاه‌ترین مسیر، یک مسئله بهینه‌سازی است که گاه حل آن بسیار دشوار است و گاه نیز بسیار زمان‌بر.

**مورچه‌ها چگونه می‌توانند کوتاه‌ترین مسیر را پیدا کنند؟**

مورچه‌ها هنگام راه‌رفتن از خود ردی از ماده شیمیایی به نام فرومون[1] به جای می‌گذارند. البته این ماده به‌زودی تبخیر می‌شود ولی در کوتاه‌مدت به‌عنوان رد مورچه بر سطح زمین باقی می‌ماند. یک رفتار پایه‌ای ساده در مورچه‌ها وجود دارد، آن‌ها هنگام انتخاب بین دو مسیر به‌صورت احتمالاتی[2] مسیری را انتخاب می‌کنند که فرومون بیشتری داشته باشد، یا به عبارت دیگر قبلا مورچه‌های بیشتری از آن عبور کرده باشند [۷].




**شکل ۴- ساختار الگوریتم کلونی مورچه‌ها [۱]**

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود مورچه‌هایی که روی مسیر AB در حرکت‌اند (در دو جهت مخالف)، اگر در مسیر مورچه‌ها مانعی قرار داده شود مورچه‌ها دو راه برای انتخاب‌کردن دارند. اولین مورچه از A می‌آید و به C می‌رسد، در مسیر، هیچ فرومونی نمی‌بیند. بنابراین برای مسیر چپ و راست احتمال یکسان می‌دهد و به‌طور تصادفی و احتمالاتی مسیر CED را انتخاب می‌کند. اولین مورچه‌ای که مورچه اول را دنبال می‌کند زودتر از مورچه اولی که از مسیر CFD رفته به مقصد می‌رسد. مورچه‌ها در حال برگشت و به مرور زمان اثر بیشتر فرومون را روی مسیر CED حس می‌کنند و آن را به‌طور احتمالی و تصادفی (نه حتماً و قطعاً) انتخاب می‌کنند. در نهایت، مسیر CED به‌عنوان مسیر بهینه‌تر برگزیده می‌شود. در حقیقت چون مسیر CED کوتاه‌تر است زمان رفت و برگشت از آن هم کمتر می‌شود و در نتیجه، مورچه‌های بیشتری نسبت به مسیر دیگر آن را طی خواهند کرد (چون فرومون بیشتری در آن وجود دارد). نکته بسیار با اهمیت این است که هر چند احتمال انتخاب مسیر پرفرومون توسط مورچه‌ها بیشتر است، ولی این کماکان احتمال است و قطعیت نیست. یعنی اگر مسیر CED پرفرمون‌تر از CFD باشد به‌هیچ عنوان نمی‌شود نتیجه گرفت که همه مورچه‌ها از مسیرCED عبور خواهند کرد، بلکه تنها می‌توان گفت که مثلاً ۹۰٪ مورچه‌ها از مسیر کوتاه‌تر عبور خواهند کرد. اگر فرض شود که بجای این احتمال قطعیت وجود می‌داشت، یعنی هر مورچه فقط و فقط مسیر پرفرومون‌تر را انتخاب می‌کرد آن‌گاه بر اساس این روش ممکن نبود به جواب برسد و اگر به طور تصادفی اولین مورچه مسیر CFD (مسیر دورتر) را انتخاب می‌کرد و ردی از فرمون بر جای می‌گذاشت، آن‌گاه همه مورچه‌ها به دنبال او حرکت می‌کردند و هیچ‌وقت کوتاه‌ترین مسیر یافت نمی‌شد. بنابراین، تصادف و احتمال نقش عمده‌ای در ACO دارند. نکته دیگر، مسئله تبخیر شدن فرومون برجای گذاشته شده است. بر فرض اگر مانع در مسیر AB برداشته شود و فرومون تبخیر نشود مورچه‌ها همان مسیر قبلی را طی خواهند کرد؛ ولی در حقیقت این طور نیست. تبخیرشدن فرومون و احتمال به مورچه‌ها امکان پیداکردن مسیر کوتاه‌تر جدید را می‌دهند. همان‌طور که گفته شد «تبخیر شدن فرومون» و «احتمال- تصادف» به مورچه‌ها امکان پیداکردن کوتاه‌ترین مسیر را می‌دهند. این دو ویژگی باعث ایجاد انعطاف در حل هرگونه مسئله بهینه‌سازی می‌شود [۱و۷].

**۵-۳-۳- کد برنامه الگوریتم کلونی مورچه‌ها**

شبه کد الگوریتم کلونی مورچه‌ها به‌صورت زیر است[۲]:

A Pseudo – code algorithm of AS for TSP :
1. Initialize the Pheromone deposits on each edge (i , j )between cities i and j to small Positive random values, i.e £ij(0)˜ U (0 , max).
2. Place all ants k € 1 , … , m on the originating city.
3. Let T+ be the shortest trip , and L+ the length of that trip .
4. For t =1 to Tmax do the following :
(a) For each ant , build the trip Tk(t) by choosing the next city n-1 times ( n is the of cities ) , with probability˜Φij,k(t)
(b) Compute the length of the route, Lk (t) , of each ant .
(c) If an improved route is found , update T+ and L+
(d) Update the pheromone deposits on each edge .
5. Output the shortest route T+

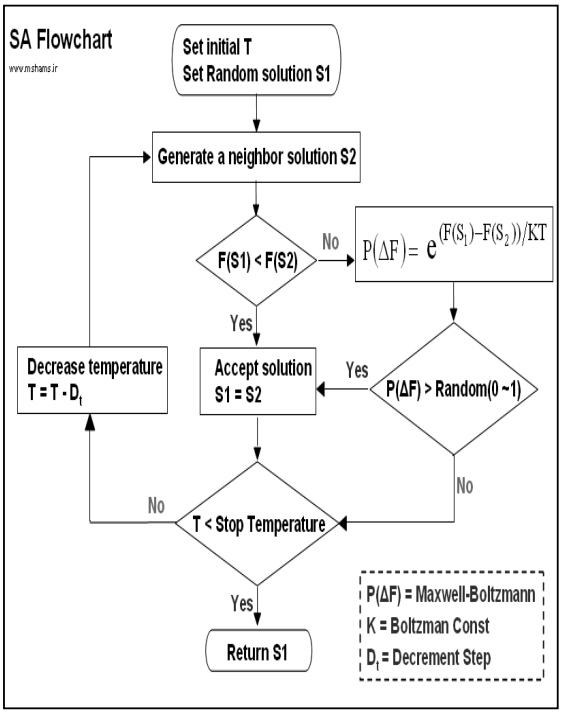
1- pheromon
2- Statistical

### ۵-۴- الگوریتم آنیل شبیه‌سازی‌شده(SA)[1]

این الگوریتم در سال ۱۹۸۳ توسط «کیرک پاتریک» و همکارانش ارائه گردید. الگوریتم شبیه‌سازی تبرید، یکی از قوی‌ترین الگوریتم‌ها در زمینه بهینه‌سازی ترکیباتی[2] به‌منظور یافتن یک جواب خوب (نه لزوماً بهینه) است. در فرآیند تبرید ابتدا حرارت فلزات را تا دمای بسیار بالایی افزایش‌داده و سپس یک فرآیند سردسازی و کاهش دمای تدریجی بر روی آن‌ها صورت می‌گیرد. در این فرآیند در هنگام افزایش حرارت فلز، سرعت جنبش اتم‌های آن به‌شدت افزایش‌یافته و در مرحله بعد، کاهش تدریجی دما موجب شکل‌گیری الگوهای خاصی در جای‌گیری اتم‌های آن می‌شود. این الگوریتم یک روش جستجوی محلی است که در آن، زیرمجموعه‌ای از جواب‌های موجه با حرکت مکرر از جواب فعلی به یک جواب در همسایگی آن جستجو می‌شود. این تغییر الگوی اتم‌ها باعث بروز خواص ارزشمندی در فلز تبریدشده می‌گردد که از جمله می‌توان به افزایش استحکام آن اشاره نمود [۲].

#### ۵-۴-۱- فلوچارت و دستورات برنامه

فلوچارت این الگوریتم در شکل (۵) آمده است:




**شکل ۵- فلوچارت الگوریتم آنیل شبیه‌سازی‌شده [۱و۲]**

```
S1 = Choose an initial solution
T = Choose an initial temperature
REPEAT
        S2 = Generate a neighbor of the solution C
        ΔF = objective( S1 ) – objective( S2 )
        IF (ΔF < 0 ) THEN
                S1 = S2
        ELSE   IF EXP( ΔF/ T )> Random(0~1) THEN
                S1 = S2
        END IF
        T = T – Dt
UNTIL T< Temperature Of Stop Condition
```

**شکل ۶- کد فلوچارت الگوریتم آنیل شبیه‌سازی‌شده [۱و۲]**

این روش برخلاف روش‌های جستجوی معمولی، در هر تکرار علاوه بر حرکت به سوی جواب بهتر، جواب‌های با مقدار تابع هدف بهتر را نیز با احتمال غیرصفری قبول می‌کندکه ضمن ذخیره جواب‌ها، بهترین جواب را نیز به دست می‌آورد. در نتیجه روش SA از نظر تئوری با غلبه بر بهینگی محلی، قادر به یافتن جواب بهینه مطلق نیز خواهد بود. ایده اصلی در روش SA تولید جواب در همسایگی جواب فعلی و محاسبه مؤثر تغییر در مقدار تابع هدف، $\Delta f$ است. اگر $\Delta f \geq 0$ باشد، جواب جدید قطعاً پذیرفته می‌شود. اگر $\Delta f > 0$ باشد، جواب جدید با احتمال پذیرفته می‌شود. T دمای سیستم است که درجه تصادفی بودن حرکت به سوی جواب را تعیین می‌کند. دمای سیستم مطابق با یک برنامه معین با پیشرفت روش حل، کاسته می‌شود. در واقع دمای سیستم مشخص‌کننده زیر فضای جواب مساله است که در هر تکرار مورد قبول قرار می‌گیرد. با توجه به کاربرد SA برای هر مساله بهینه‌سازی، باید دو دسته از پارامترها تعیین گردند: دسته اولپارامترهای مربوط به کنترل‌دما و تعداد جواب‌هایی که باید تولید شوند، می‌باشد.دسته دوم شامل‌ویژگی‌های خاص مساله مورد نظر می‌باشد[۲]. کد فلوچارت این الگوریتم در شکل ۶ آمده است.

#### ۵-۴-۲- پارامترهای SA

**نقطه شروع:** برای یک جواب قابل قبول که معمولاً به‌صورت تصادفی ایجاد می‌شود، نقطه شروع در سرعت همگرایی الگوریتم تا حدی مؤثر است. برای گسترش فضای جستجو و گریز از بهینه‌های محلی، الگوریتم معمولاً از چندین نقطه شروع مختلف اجرا می‌شود.

1- Simulated Annealing Algorithm
2- Combinatorial Optimization

**دمای اولیه(c0):** مقدار دمای اولیه تابع توزیع «بولتزمن» باید به گونه‌ای ساخته شود تا مقدار تابع نزدیک به یک باشد. اگر چه SA ضمن سادگی، ابزاری قوی برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیباتی می‌باشد، ولی دقت زیادی در انتخاب نحوه تولید موثر جواب‌ها، زمان‌بندی خنک‌کردن و کفایت تعداد جواب‌های تولیدشده لازم است. با این وجود زمینه‌هایی نیز برای بهبود روش وجود دارد [۸].

### ۵-۴-۳- کد برنامه الگوریتم آنیل شبیه‌سازی‌شده

شبه کد الگوریتم آنیل شبیه‌سازی‌شده به‌صورت زیر است[۲]:

**HIGH-LEVEL pseudo-code for simulated annealing (SA)**
**Procedure Simulated Annealing**
1. Initialization
1.1 Setcooling schedule
1.2 Define neighborhood solution
1.3 Generate initial solution (X0)
2. Evaluate initial solution and set x=x0
3. Generate new neighborhood solution (xi)
4. If f(xi) < f(x*) set x=x*
Or if p >r setx*=xi
5. Stop ifstopping criteria met ; otherwise go to 3

### ۵-۵- الگوریتم جستجوی ممنوع (TS)[1]

از رایج‌ترین تکنیک‌های حل مسئله بهینه‌سازی در چند دهه اخیر است. این الگوریتم یک روش جستجوی محلی است با این فرق که جهت جلوگیری از دور و تسلسل در جواب‌ها و غافل‌گیر شدن در جواب‌های بهینه محلی، یک لیست متنوع از خروجی‌ها ایجاد می‌کند، در هر مرحله، حرکت به سمت آنها ممنوع است و این لیست در هر مرحله به‌روز می‌شود. این روش به‌صورت یک الگوریتم متوالی مجموعه‌ای از جواب‌های مسئله یعنی X را با حرکت‌های پی‌درپی از یک جواب Xn به جواب دیگری مثل Xn+1 در همسایگی آن یعنی V(xn) به دست می‌آورد. این حرکت‌ها با هدف رسیدن به یک جواب خوب (بهینه یا نزدیک به بهینه) و با ارزیابی تابع هدفی مثل f(x) که می‌بایست حداقل شود صورت می‌گیرند. جهت کمینه‌سازی تابع f(x) بر روی مجموعه‌ای محدود از نقاط نظیر x در یک روش جستجوی محلی از جواب اولیه دلخواه مانند X∈x1 شروع و در قدم n، یک جواب جدید xn+1 از میان مجموعه همسایگی جواب فعلی xn یعنی V(xn) انتخاب می‌شود. همسایگی x به این صورت تعریف می‌شود که به هر نقطه X∈x یک زیرمجموعه V(x)∈X به نام همسایگی x نسبت داده می‌شود. دنباله جواب کنونی xn به ازای n=1,2,3,… تشکیل یک مسیر در فضای X را می‌دهد. رایج‌ترین معیار برای انتخاب جواب بعدی xn+1 انتخاب بهترین جواب از میان همسایه‌های xn است. یعنی اگر هدف، کمینه‌سازی تابع هدف باشد:

xn+1
∈ V (xn) ; ∀ x ∈ V(xn) ; f(xn + 1) ≤ f(x)

سپس xn+1 به‌عنوان جواب کنونی در خواهد آمد که البته هیچ‌گاه بدتر از جواب قبلی xn نخواهد بود.
یعنی: f(xn+1) ≤ f(xn)
در غیر این صورت یعنی در صورت عدم وجود جواب بهتر (یا مساوی) در همسایگی جواب فعلی متوقف می‌شود[۲].

### ۵-۵-۱- کد برنامه الگوریتم جستجوی ممنوع

شبه کد الگوریتم جستجوی ممنوع به‌صورت زیر است [۲]:

**Procedure Local Search**
**High-level Pseudo-code for local search**
1. choosexn∈ X to start the process .
2. Find xn+1∈V(xn) such that f(xn+1)<f(xn).
3. If no such xn+1 can be found ,xn is the local.
Optimum and the search stops.
4. Otherwise , replace xn with xn+1 and go to 2.

## ۶- تحلیل و ارزیابی الگوریتم‌های هوش مصنوعی

با توجه به مزایا، معایب و حوزه کاربرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی، ارزیابی و تحلیل عملکرد هر یک انجام می‌شود. بر اساس این موارد، قابلیت‌ها، خصوصیات، ویژگی‌ها و حوزه کاربرد هر کدام نیز مشخص می‌شود. هر یک از آن‌ها دارای مزایایی هستند که در حل مسائل بهینه‌سازی به استفاده‌کنندگان این الگوریتم‌ها کمک می‌کند. البته با توجه به شرایط مسئله مورد بحث، نوع متغیرها، گسترش و بزرگی مسئله، شرایط و محیط به‌کارگیری آن، ساختار و اهداف هر الگوریتم، مزایا و قابلیت‌های مربوط به حوزه آن نیز متفاوت می‌باشد. این الگوریتم‌ها همچنین دارای برخی معایب هستند که با استخراج آن‌ها و مقایسه معایب هر یک، نیازسنجی لازم برای استفاده بهتر و مناسب‌تر جهت حل مسائل بهینه‌سازی انجام می‌پذیرد. هر یک از الگوریتم‌ها با توجه به ساختار، نحوه پیاده‌سازی، گسترش و پراکندگی مسائل، کاربردهای متفاوتی دارند و به افراد و سازمان‌ها در حل مسائل بهینه‌سازی در زمان کمتر کمک می‌کنند. با مطالعه و بررسی مقاله‌های منبع و معیارهای زمان‌پردازش، حجم‌داده و حوزه به‌کارگیری هر الگوریتم، مزایا، معایب و حوزه‌های کاربردی پنج الگوریتم هوش مصنوعی (ژنتیک- شبکه‌عصبی- کلونی مورچه‌ها – آنیل شبیه‌سازی‌شده – جستجوی ممنوع) براساس جدول (۱) تحلیل و ارزیابی می‌شود. [۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹و۱۰].

1- Tabu Search

## ۷- نقش الگوریتم‌های هوش مصنوعی در پدافند غیرعامل

در دفاع غیرعامل، کارهایی انجام می‌شود تا نفوذی نتواند سیستم را هدف بگیرد، تجهیزات و شبکه را از بین ببرد، یا اگر خسارتی زد، خیلی کم باشد. به کلیه اقداماتی که انجام می‌شود تا خسارات وارده به رایانه‌ها، شبکه‌ها، تجهیزات، نرم‌افزار و سخت‌افزار مخصوصاً الگوریتم‌های هوش مصنوعی کاهش یابد، دفاع غیرعامل (پدافند غیرعامل) گفته می‌شود. این الگوریتم‌ها برای سیستم‌های پیچیده و غیرقطعی از جمله سامانه‌های اختفا شده در عملیات هوایی، سامانه پنهان‌کاری امن با نگرش پدافند غیرعامل و سایر موارد دیگر، مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به فعالیت و نحوه عملکرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی که در مقاله آمده است، این الگوریتم‌ها در نیازسنجی، مدل کردن، پیاده‌سازی، آزمایش و تست سامانه‌های امن و ایجاد امنیت در فضای سایبر که نیاز به بالاترین قابلیت اطمینان و تحمل‌پذیری خطا را در پدافند غیرعامل دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند و به اهداف پدافند غیرعامل در این حوزه کمک می‌کنند. از جمله اهداف پدافند غیرعامل در این حوزه عبارت‌اند از: توجه پیشگیرانه و پدافند غیرعاملی برای کاهش آسیب‌پذیری، افزایش پایداری و قابلیت اطمینان، کاستن از اثرات سوء خطاهای درونی و بیرونی در سیستم‌های پیچیده و غیرقطعی.

**جدول ۱- تحلیل و ارزیابی الگوریتم‌های هوش مصنوعی (ژنتیک- شبکه عصبی- کلونی مورچه‌ها- آنیل شبیه‌سازی‌شده- جستجوی ممنوع)**

| تاریخچه و معیارهای مقایسه الگوریتم‌های هوش مصنوعی | تاریخ ارائه الگوریتم و شخصی که اولین بار الگوریتم را ارائه داده است | حوزه کاربرد الگوریتم | مزایا | معایب |
|---|---|---|---|---|
| **الگوریتم ژنتیک** | این الگوریتم در سال ۱۹۷۰ توسط «هلند»، «دیجونگ» و «گلدبرگ»[1] مطرح گردید | ۱. زمان‌بندی و توالی عملیات<br>۲. طراحی قابلیت اطمینان<br>۳. زمان‌بندی و مسیریابی وسایل نقلیه<br>۴. تکنولوژی گروهی<br>۵. مکان‌یابی<br>۶. استقرار تجهیزات<br>۷. طراحی و بهینه‌یابی در شبکه‌های عصبی<br>۸. تخصیص منابع | ۱. جستجوی هوشمند و مؤثر در فضاهای بزرگ جهت یافتن نقطه بهینه کلی<br>۲. استفاده از مقدار تابع هدف برای جستجو<br>۳. استفاده از قواعد احتمالی به‌عنوان ابزاری برای هدایت عمل جستجو در مناطقی از فضا<br>۴. کلی بودن الگوریتم و مستقل بودن اجزای آن<br>۵. جستجوی بسیار ساده و قابل درک<br>۶. انجام محاسبات دقیق<br>۷. توابع پیوسته را به‌صورت گسسته کد می‌کند | ۱. چگونگی نوشتن عملگر برازندگی<br>۲. نارس‌بودن الگوریتم – فاصله یک کروموزوم با سایر کروموزوم‌ها که به جواب بهینه محلی مسئله منجر می‌شود<br>۳. مصرف حافظه بالا |
| **الگوریتم شبکه عصبی** | ۱. اولین شبکه عصبی در سال ۱۹۴۳ توسط «وارن مک کالچ» و «والتربتیس» ایجاد شد.<br>۲. در سال ۱۹۶۹ «مینسکی» و «پاپرت» در زمینه این الگوریتم کتابی منتشر کردند. | ۱. مدیریت و برنامه‌ریزی<br>۲. آنالیز بازار<br>۳. سیستم‌های محاسبه هزینه موجودی<br>۴. سیستم‌های پردازش رفتار مشتری<br>۵. سیستم‌های مسیر یابی، مدل‌های غیرخطی<br>۶. طبقه‌بندی ، شناسایی و تشخیص الگو<br>۷. پردازش سیگنال<br>۸. پیش‌بینی سری‌های زمانی<br>۹. مدل‌سازی و کنترل<br>۱۰. بهینه‌سازی محصول | ۱. قابلیت یادگیری و یادگیری تطبیقی<br>۲. پراکندگی اطلاعات<br>۳. قابلیت تعمیم<br>۴. پردازش موازی<br>۵. مقاوم بودن<br>۶. خودسازماندهی<br>۷. عملگرهای بی‌درنگ<br>۸. تحمل خطا<br>۹. دسته‌بندی<br>۱۰. پایداری و انعطاف‌پذیری<br>۱۱. استنتاج نتایج از داده‌های مبهم و پیچیده جهت استخراج الگوها | ۱. عدم قواعد و دستورات مشخص برای طراحی شبکه عصبی جهت کاربرد اختیاری<br>۲. عدم دسترسی به فیزیک مسئله (عدم مرتبط ساختن پارامترها یا ساختار شبکه با پارامترهای فرایند)<br>۳. دقت نتایج بستگی زیادی به اندازه مجموعه آموزش دارد.<br>۴. آموزش شبکه ممکن است مشکل و یا حتی غیرممکن باشد. |

1- Holland & Dejong & Golgberg

| تاریخچه و معیارهای مقایسه<br>الگوریتم‌های هوش مصنوعی | تاریخ ارائه الگوریتم و شخصی که اولین بار الگوریتم را ارائه داده است | حوزه کاربرد الگوریتم | مزایا | معایب |
|---|---|---|---|---|
| | | ۱۱. سیستم‌های خبره و فازی<br>۱۲. مسائل مالی، بیمه، امنیتی، بازار بورس و وسایل تفریحی<br>۱۳. سیستم‌های بازرسی کیفیت<br>۱۴. پیشنهاد پروژه<br>۱۵. پدافند غیرعامل (جهت سامانه‌های رادارگریز از مرکز و انتخاب مسیر بهینه در عملیات هوایی که توسط شبکه عصبی طراحی می‌شود). | ۱۲. قابلیت حل مسئله بدون کمک فرد خبره یا متخصصان | ۵. پیش‌بینی عملکرد آینده شبکه عصبی (عمومیت‌یافتن) آن به سادگی امکان‌پذیر نیست.<br>۶. عدم توانایی در توجیه پاسخ تولیدشده |
| **الگوریتم کلونی مورچه‌ها** | این الگوریتم در سال ۱۹۹۰ توسط «مارکو دوریگو» مطرح گردید | ۱. مسائل تخصیص مربعی (QAP)<br>۲. مسائل زمان‌بندی تولید کارگاهی<br>۳. مسیریابی داخل و خارج شهری<br>۴. مسیریابی شبکه‌های کامپیوتری<br>۵. مسیریابی بین پست‌های شبکه‌های توزیع برق ولتاژ بالا<br>۶. شبکه‌های ارتباطی<br>۷. پدافند غیرعامل (برای انتخاب بهینه‌ترین مسیر در اختفا و پنهان‌کاری و غیره). | ۱. انعطاف‌پذیری<br>۲. جستجوی موازی، تصادفی و هدایت‌شده<br>۳. حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی<br>۴. بهینه‌یابی در مسائلی که نیاز به یافتن کوتاه‌ترین مسیر دارد. | ۱. عدم هوشمندی عناصر به علت ارتباط نشانه‌ای و عدم ارتباط مستقیم آن‌ها با یکدیگر<br>۲. عدم طرح از پیش تعیین‌شده در رفتار مورچه‌ها به علت تصادفی بودن رفتار آن‌ها با یکدیگر<br>۳. حیات در محیط گسسته (مورچه‌های واقعی نمی‌توانند جدا از کلونی به حیات خود ادامه دهند)<br>۴. زمان‌بر بودن |
| **الگوریتم آنیل شبیه‌سازی‌شده** | ۱. ایده اولیه این الگوریتم توسط «متروپلیس»[1] و «ساندیس» در سال ۱۹۵۳ مطرح شد.<br>۲. در سال ۱۹۸۳ «کریک پاتریک» و همکارانش جستجوی جواب‌های موجه یک مسئله بهینه‌سازی با هدف همگرایی به جواب بهینه را مطرح کردند. | ۱. بهینه‌سازی توابع آماری جهت بررسی مسائل اقتصادی (اقتصاد سنجی)<br>۲. مسائل تخصیص درجه دوم<br>۳. زمان‌بندی<br>۴. مکان‌یابی و استقرار تجهیزات تولیدی<br>۵. تئوری بازی‌ها | ۲. مصرف حافظه بسیار پایین<br>۳. پیاده‌سازی آسان<br>۴. با توجه به تمرکز بر جستجوی محلی جواب‌های قابل قبولی ارائه می‌دهد<br>۵. به دلیل وجود روند تصادفی هدایت شده (احتمال پذیرش پایین برای پاسخ-های غیر بهینه) توانایی گذر از بهینه محلی ( Local Optima) را دارد.<br>۶. جستجوی جواب‌های موجه یک مسئله بهینه‌سازی با هدف همگرایی به جواب بهینه | ۱. وابستگی زیادی به مقدار اولیه پارامترها دارد.<br>۲. در صورت انتخاب مقدار نامناسب برای پارامتر دمای اولیه، به احتمال زیاد در بهینه محلی گیر می‌کند.<br>۱. پیش‌بینی مقدار اولیه مناسب برای پارامترهای مسئله، بدون بنچ‌مارک (Benchmark) ممکن نیست. |

1- Metropolis

| تاریخچه و معیارهای مقایسه الگوریتم‌های هوش مصنوعی | تاریخ ارائه الگوریتم و شخصی که اولین بار الگوریتم را ارائه داده است | حوزه کاربرد الگوریتم | مزایا | معایب |
|---|---|---|---|---|
| **الگوریتم جستجوی ممنوع** | ۱. ریشه این الگوریتم به دهه ۱۹۷۰ برمی‌گردد<br>۲. اولین بار در سال ۱۹۸۶ توسط «گلور»۱ به شکل کنونی درآمد.<br>۳. ایده اصلی الگوریتم توسط «هانسن»۲ نیز مطرح است. | ۱. برنامه‌ریزی منابع<br>۲. توزیع انرژی<br>۳. لجستیک<br>۴. ساخت انعطاف‌پذیر<br>۵. مدیریت اتلاف<br>۶. طبقه‌بندی الگو<br>۷. برای حل مسائلی که الگوریتم حل چندجمله ای برای آن‌ها به دست نیامده است<br>۸. روش نوین جستجوی فرا-ابتکاری<br>۹. پدافند غیرعامل (در مواردی که نیاز به برد طولانی نبوده و جهت تست ابزارها و در صورت نیاز به پاسخ نزدیک به بهینه جستجو درچندین جواب به دست آمده صورت می‌پذیرد). | ۱. ساختارهای حافظه‌ای انعطاف‌پذیری<br>۲. حافظه بلندمدت<br>۳. نگرش بر پایه تناوب<br>۴. تمرکزدهی و تنوع‌بخشی<br>۵. نوسان استراتژیک<br>۶. متصل‌کردن مجدد مسیر<br>۷. ایجاد یک فهرست متنوع از جواب‌ها برای جلوگیری از دور و تسلسل در جواب‌ها و گیرافتادن در جواب‌های بهینه محلی<br>۸. فهرست متنوع جواب‌ها در مرحله قبل در هر مرحله به‌روز می‌شود<br>۹. هدایت جستجو در دستیابی به جواب‌های خوب در فضای جواب پیچیده<br>۱۰.بهره‌گیری بهتر از اطلاعات جستجو<br>۱۱.تنوع در جستجو | ۱. دنبال کردن مسیری غیر بهره‌ور و روبرو شدن با وضع غیرمطلوب بدون داشتن امید فرار<br>۲. ایجاد دور و تسلسل در جستجو<br>۳. زمان محاسبات طولانی و ایجاد جواب‌های ضعیف<br>۴. عدم متنوع‌سازی مناسب در زمان محاسبات بالا |

## ۸- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، الگوریتم‌های هوش مصنوعی به‌عنوان رویکردهای ابتکاری جهت حل مسائل بهینه‌سازی، پیچیده و غیرقطعی مطرح شده‌اند؛ لذا کاربردهای مختلفی در مسائل مربوط به دینامیک (پویا) در حوزه‌های پدافند غیرعامل، ساخت و تولید، پشتیبانی و خدمات، زمان‌بندی و توالی عملیات، طراحی قابلیت اطمینان، زمان‌بندی و مسیریابی وسایل نقلیه، تکنولوژی گروهی، مکان‌یابی و استقرار تجهیزات، مدل‌های غیرخطی، مسیریابی داخل و خارج شهری و سایر موارد دارند. ضمن اینکه به‌دلیل گستردگی حوزه پدافند غیرعامل هر کدام از حوزه‌های ذکر شده در بالا نیز به‌گونه‌ای به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم با این حوزه در ارتباط هستند. آشنایی و مطالعه این الگوریتم‌ها می‌تواند کمک شایانی به افراد و سازمان‌ها در حل مسائل پیچیده و پویا نماید. مسائلی که با روش‌های آماری نمی‌توان آن‌ها را حل نمود و یا در صورت حل آنها با این روش هزینه‌بر و دارای ریسک بالایی می‌باشد. هر کدام از این الگوریتم‌ها با توجه به ساختار، معماری و معیارهایی از قبیل زمان‌پردازش، حجم داده و حوزه به‌کارگیری، مزایا و معایب و کاربردهای خاص خود را دارند. در این مقاله تحلیل و ارزیابی هر الگوریتم جهت حل مسئله‌های بهینه‌سازی ارائه گردید. به‌کارگیری و انتخاب الگوریتم‌های بهینه‌سازی وابستگی شدیدی به شرایط مسئله مورد بحث، نوع متغیرها، گسترش و بزرگی مسئله، و محیط به‌کارگیری هر کدام دارد. این اطمینان وجود دارد که تمامی الگوریتم‌های مورد بحث از الگوریتم‌های موفق بهینه‌یابی هستند، ولی موضوع اصلی این است که اشتباه در به‌کارگیری این ابزارها هزینه و زمان زیادی تلف خواهد کرد. بنابراین در انتخاب این الگوریتم‌ها نیاز به دقت زیادی است. باید جواب‌های مجهول را کنار یکدیگر گذاشت و در نهایت از مشاوره و راهنمایی افراد اهل فن و خبره که با الگوریتم‌ها کار کرده و آشنایی خوبی با آنها دارند، برای انتخاب الگوریتم بهینه‌تر استفاده شود.

1- Glover
2- Honson

## مراجع


۱. عالم تبریزی، اکبر؛ زندیه، مصطفی؛ محمدرحیمی، علیرضا؛ «الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی ترکیبی»، انتشارات صفار– اشراقی، سال (**۱۳۸۷**).

2. Dorigo, M. "Optimization, Learning and Natural Algorithms", Ph.D.Thesis, Politecnicodi Milano, Italy, (**1992**).
3. Adel, M. & EL-Baz, "A genetic algorithms for facility layout Problems of different Manufacturing environment", computers & industrial enginner, vol.47, pp.233-246, (**2004**).
4. George Katodrytis,"Genetic Algorithms in Design: Theory and Application", School of Architecture and Design, American University of Sharjah, U.A.E. (**2005**) IEEE.
5. ZHANG Xiao-qiang , WANG Hui-bing , YU Hong-zhen; "Neural Network Based Algorithm and Simulation of Information Fusion in the Coal Mine" , School of Management, China University of Mining &Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008 , China Univ Mining & Technol, 17(4): 0595 – 0598, (**2007**).
6. Christian Blum, ALBCOM,LSI, Universitat Polit`ecnica de Catalunya Barcelona, Spain; KrzysztofSocha, IRIDIA,Universit´e Libre de Bruxelles Brussels, Belgium,; "Training feed-forward neural networks with ant colony optimization: An application to pattern classification" This work was supported by the Spanish CICYT project TRACER (grant TIC-2002-04498-C05-03), and by the "Juan de la Cierva" program of the Spanish Ministry of Science and Technology of which Christian Blum is a post-doctoral research fellow. This work was also partially supported by the ANTS project, an Action de Recherche Concert´ee funded by the Scientific Research Directorate of the French Community of Belgium, (**2002**).
7. DANIEL ANGUS AND TIM HENDTLASS, "Dynamic Ant Colony Optimisation", Centre for Intelligent Systems and Complex Processes, Swinburne University of Technology, VIC 3122, Australia, Applied Intelligence 23, 33–38, (**2005**).
8. Darrall Henderson, Diane E. Vaughan , Sheldon H. Jacobson, Ron R. Wakefield, Edward C. Sewell, "Solving the shortest route cut and fill problem using simulated annealing", Discrete Optimization, European Journal of Operational Research 145, page: 72–84, (**2003**).
9. A. Sadegheih, "Scheduling problem using genetic algorithm, simulated annealing and the effects of parameter values on GA performance", Applied Mathematical Modelling , page: 147–154, Elsevier Inc, March (**2005**).
10. Martijn, C. Schut, VU University, Computer Science, De Boelelaan 1081, 1081 HV Amsterdam, The Netherlands "On model design for simulation of collective intelligence", Information Sciences page:132–155, August (**2009**).

# The Study and Introducing Artificial Intelligence Algorithm to Solve OptimizationIssues: Application, Advantages and Disadvantages

**M. R. Hasani Ahangar**[1]

**A. Moghadasi**[2]

## Abstract

Due to the need of some organizations, especially military organizations to complex systems, modeling and simulation methods are used to evaluate and analyze the performance of these systems. One of the tools used for this purpose is the artificial intelligence algorithm. In this regard, the materials and goods flow, human resources, information and so on, can be modeled. By modeling and adjusting various scenarios, the system can be analyzed and efforts are made for potential improvements. Some of these algorithms are: genetic, neural networks, ant colony, simulated annealing and forbidden or taboo search. These algorithms will be used for such complex and non-deterministic systems as in aerial concealment, safe covert systems, considering other passive defense approaches. Therefore; this approach has several design solutions for optimizing the diagnostic quality and better strategies to understand and improve the performance, making decisions about the system under time constraint issues, acceptable. Based on the categories and their different types, these algorithms, have their own performance, functionality and features and application field and will help us in solving optimization problems. This paper intends to study and introduce artificial intelligence algorithms to solve optimization problems based on the resources and research conducted in this field. Therefore, taking the advantages, disadvantages, applications, processing time, data volumes and application field of each of them into considerations, experts in the field can select and utilize the best and most optimum algorithm to solve the complex and inconsistent problems.

**Key Words:** *Artificial Intelligence, Genetic Algorithm, Neural Network, Ant Colony, Simulated Annealing, Taboo Search*

1- Assistant Professor and Academic Member of Imam Hossein Comprehensive University (mrhasani@ihu.ac.ir)
2- MS Candidate of Software Engineering, Imam Hossein Comprehensive University, (Moghaddasi@mitrc.ir) - Writer in Charge