

مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های فرا ابتکاری

الگوریتم‌های فرا ابتکاری

حسین کریمی

- مقدمه
- ضرورت استفاده از این الگوریتم‌ها
- انواع روش‌های حل یک مسئله بهینه‌سازی
- ویژگی‌های الگوریتم‌های فرا ابتکاری
- تقسیم‌بندی روش‌های فرا ابتکاری
- مقایسه روش‌های حل مسائل بهینه‌سازی
- مروری بر تاریخچه الگوریتم‌های فرا ابتکاری

- یک الگوریتم، توصیفی از گام‌هایی است که به گونه‌ای مناسب‌تر در یک برنامه کامپیوتری پیاده‌سازی می‌شود تا توسط شرطی از پیش تعیین شده متوقف شود.
- طراحی یک الگوریتم در مسائل بهینه‌سازی می‌تواند چند هدف زیر را داشته باشد:
 - دستیابی به نقطه بهینه محلی
 - دستیابی به نقطه بهینه سراسری
 - یافتن همه نقاط بهینه سراسری
 - یافتن همه نقاط بهینه سراسری و محلی

- الگوریتم‌های فرا ابتکاری، فراتکاملی یا فرا اکتشافی نوعی از الگوریتم‌های تصادفی هستند که برای یافتن پاسخ بهینه یا نزدیک به بهینه به کار می‌روند.
- رویکردهای فرا ابتکاری امروزه کاربرد بسیاری در شاخه‌های مختلف علم بهینه‌سازی پیدا کرده‌اند.
- رویکردهای فوق بر خلاف روش‌های دقیق بهینه‌سازی، به دنبال نقاط تا حد ممکن نزدیک به بهینه سراسری می‌باشند بطوریکه نظر تصمیم‌گیرنده را تا سطح قابل قبولی برآورده سازد.

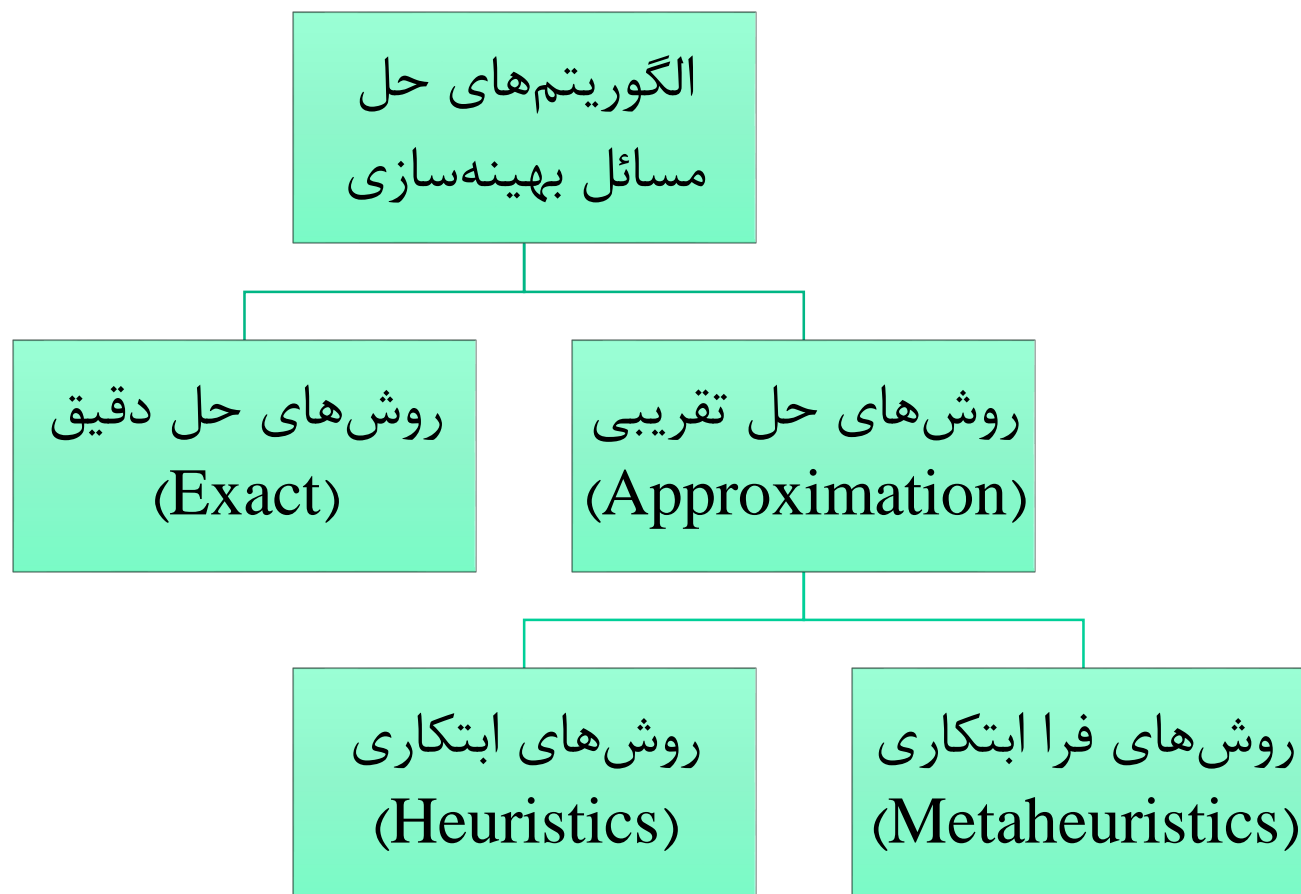
ضرورت استفاده از این الگوریتم‌ها

- بسیاری از مسائل بهینه‌سازی در صنعت و علوم از لحاظ محاسبات رسیدن به جواب بهینه رام نشدنی هستند.
- مسئله‌ای رام‌نشدنی است که حل آن توسط الگوریتمی با زمان چندجمله‌ای غیر ممکن باشد. بحث ما بر سر خود مسئله است و نه الگوریتم حل مسئله.
- مثلاً حل مسئله سری فیبوناچی با روش تقسیم و حل از مرتبه‌نمایی و با روش پویا از مرتبه خطی است، پس مسئله فیبوناچی از نوع رام‌نشدنی نیست.

ضرورت استفاده از این الگوریتم‌ها-ادامه

- در بسیاری از مسائل عملیاتی، رسیدن به یک جواب خوب، رضایت بخش است.
- به دلیل این که رسیدن به جواب بهینه در این مسائل از لحاظ زمانی بسیار زمان بر و گاهی اوقات ناممکن است، روش‌های فرا ابتکاری به عنوان یک روش تقریبی مورد استفاده قرار می‌گیرید.
- لازم به ذکر است که
 - الگوریتم‌های فرا ابتکاری یک جواب قابل قبول را در یک زمان حل معقول ارائه می‌دهند.
 - الگوریتم‌های فرا ابتکاری هیچ تضمینی را برای بهینه بودن یک جواب ارائه نمی‌کنند.

انواع روش‌های حل یک مسئله بهینه‌سازی



انواع روش‌های حل یک مسئله بهینه‌سازی – ادامه

روش‌های حل دقیق

- این روش‌ها به دنبال یافتن جواب بهینه سراسری هستند. البته قابلیت این را دارند که جواب را با دقتی از پیش تعیین شده نیز بیابند که لزوماً بهینه سراسری نیستند.
- مثال:
 - روش سیمپلکس
 - شاخه و کران
 - برنامه‌ریزی پویا
- بسیاری از نرم‌افزارهای بهینه‌سازی با استفاده از روش‌های مذکور به دنبال یافتن جواب بهینه خواهند بود.
- در بسیاری از آن‌ها زمان حل مسئله برای مسائل با ابعاد بالا بسیار زیاد خواهد بود.

انواع روش‌های حل یک مسئله بهینه‌سازی – ادامه

روش‌های حل ابتکاری

- در این گونه روش‌ها به‌طور عمده به دنبال جست‌وجوی جواب بهینه در فضای شدنی هستیم
- یک منطق جزئی کاملی برای حل مسئله استفاده می‌شود
- اغلب این گونه روش‌ها نیز زمان بالایی را برای یافتن جواب بهینه نیاز دارند و ممکن است برخی جواب‌های شدنی به دلیل برخورداری بودن الگوریتم از یک منطق جزئی، مورد جست‌وجو قرار نگرفته و جواب به دست آمده به‌طور الزام بهینه سراسری نباشد.
- مثال:
 - 2-OPT
 - 3-OPT
 - VNZ
 - الگوریتم برگس

انواع روش‌های حل یک مسئله بهینه‌سازی – ادامه

روش‌های حل فرا ابتکاری

- در این روش‌ها با آنکه جست‌وجوی جواب بهینه، به صورت تصادفی و بدون منطق جزئی انجام می‌شود، جست‌وجو دارای یک منطق کلان و جهت‌دار بوده و احتمال یافتن جواب نزدیک بهینه سراسری بسیار بالا است.
- زمان حل نیز نسبت به سایر روش‌های جست‌وجو مناسب‌تر است.
- در این‌گونه روش‌ها دو معیار کیفیت جواب و زمان حل موردنظر است. نباشد.
- مثال:

GA ■
TS ■
SA ■
PSO ■
HS ■
ABC ■

ویژگی‌های الگوریتم‌های فرا ابتکاری

تصادفی بودن در این الگوریتم‌ها وجود دارد.

اغلب در این الگوریتم‌ها خرق عادت مشاهده می‌شود.

اغلب الهام گرفته از طبیعت هستند.

یک منطق کلان و جهت‌دار دارند.

به پارامترهای موردنظر در الگوریتم بسیار حساس هستند

مقایسه روش‌های حل مسائل بهینه‌سازی

انواع روش‌های حل	دقت	سرعت	منطق نسبی و جزئی
دقیق	↑	↓	↑
ابتکاری			
فرا ابتکاری			

مروری بر تاریخچه الگوریتم‌های فرا ابتکاری



- مبدأ لغت (Heuristic) به یونان باستان بر می‌گردد که به معنی هنر پیدا کردن استراتژی یا قواعد جدید برای حل مسائل بوده است.
- پیشوند (Meta) نیز یک لغت یونانی است که به معنی یک سطح و روش بالاتر است.
- لغت Metaheuristic برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ توسط فرد گلوور (Fred Glover) مطرح شده است.





■ بر اساس نظر سورنسن (Sorensen) و همکاران که یک مرور تاریخی بر این الگوریتم‌ها داشته‌اند. پنج دوره زمانی برای این الگوریتم‌ها می‌توان در نظر گرفت.

• دوره پیش نظری (Pre-theoretical) - تا سال ۱۹۴۰

• دوره آغازین (Early) - از ۱۹۴۰ تا ۱۹۸۰

• دوره روش محوری (Method-centric) - از ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰

• دوره چارچوب محوری (Framework-centric) - از ۲۰۰۰ تا کنون

• دوره علمی (Scientific) - آینده



دوره پیش نظری

- در این دوره روش‌های ابتکاری و گاهی اوقات فرا ابتکاری استفاده می‌شده، اما مطالعات دقیقی بر روی این روش‌ها انجام نشد.
- مغز انسان از دیرباز به طور خیلی قوی و خوبی از طفولیت مدام در حال حل مسئله بوده است. این نوع حل کردن به نوعی ابتکاری و نه لزوماً دقیق است. به عنوان مثال، وقتی با نیزه به دنبال شکار بوده، خط سیر نیزه را آنی و به صورت ابتکاری در ذهن مشخص کرده و نیزه را رها می‌کرد. لزوماً این کار به صورت بهینه نبوده است.
- بر اساس دانش امروزه بشر، اگر بخواهیم به طور دقیق خط سیر نیزه را محاسبه کنیم، شکار تا به ثمر نشستن نتیجه تصمیم ما فرار خواهد کرد و محو خواهد شد.

دوره آغازین

- مطالعات اولیه الگوریتم‌های ابتکاری در این دوره شروع شد.
- در سال ۱۹۴۵، الگوریتم مجارستانی بعد از اتمام جنگ جهانی دوم ارائه شد.
- الگوریتم‌های سازنده و بهبود دهنده در این دوره ارائه شدند.
- برای مثال، الگوریتم‌های دایجکسترا، الگوریتم‌های حریصانه در این دوره ارائه شدند.
- این دوره سکوی پرتابی برای این موضوع در دوره بعدی بوده است.
- در این دوره هوش مصنوعی و الگوریتم‌های تکاملی همانند ژنتیک ارائه شد.

دوره روش محوری

- در دهه ۱۹۸۰ اولین مقاله‌ای ارائه شده که ایده‌ای متفاوت از روش‌های تکاملی داشت. این روش، شبیه‌سازی تبرید بوده که کرک‌پاتریک (Kirkpatrick) در سال ۱۹۸۳ ارائه کرد.
- در سال ۱۹۸۶، گلوور یکی از بهترین الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی را ارائه کرد که توانست جستجوی محلی را جهت دهد. این الگوریتم جست و جوی ممنوعه بود.
- در این دوره روش شبکه‌های عصبی نیز ارائه شد.

دوره چارچوب محوری

- در این دوره الگوریتم‌های ترکیبی (Hybrid) پیشنهاد شدند.
- شاید این دوره را بتوان دوره الگوریتم‌های فرا ابتکاری ترکیبی نامید.
- در این دوره نه تنها الگوریتم‌های فرا ابتکاری با الگوریتم‌های فرا ابتکاری تلفیق شدند، بلکه با روش‌های دیگری همانند برنامه‌ریزی محدودیت‌ها (Constraint Programming)، برنامه‌ریزی پویا و ساخه و کران نیز تلفیق شدند.
- در سال ۲۰۱۰ تلفیق روش‌های حل دقیق و فرا ابتکاری توسط مانیزو (Maniezzo) و همکاران، تحت عنوان مت‌هیوریستیک (Matheuristics) نام گرفت.
- در اواسط دوره روش محوری و این دوره، الگوریتم‌های جدید استعاره گرفته از طبیعت و کارهای انسان ایجاد شده که در واقع یک الگوریتم فرا ابتکاری نمی‌تواند باشد و حرف جدیدی برای گفتن ندارد. به عقیده سورنسن و گلوور، این برگه سیاهی در تاریخ الگوریتم‌های فرا ابتکاری است که سریع‌تر باید ورق بخورد.

دوره علمی

- با توجه به این که روش‌های فرا ابتکاری همانند روش‌های حل دقیق مبانی نظری و تئوری قوی و مستدلی ندارند. پیش‌بینی می‌شود که در ادامه پژوهشگران به دنبال توسعه مبانی نظری و تئوری این حوزه باشند.
- به این معنی که رفتار این الگوریتم‌ها به طور کلی برای مسائل اثبات شود، هر چند که کار بسیار سختی است.
- نمونه‌هایی از این پژوهش‌ها توسط واتسون (Watson) و همکاران در سالهای ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ برای مسائل زمان‌بندی جریانی و زمان‌بندی کارگاهی انجام شده است.