

مروری بر الگوریتم گل آفتابگردان و کاربرد آن در هوش مصنوعی

یاسمین بهنامیان *

گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، مؤسسه آموزش عالی
آپادانا، شیراز، ایران

چکیده

الگوریتم گل آفتابگردان (Sunflower Algorithm) الگوریتمی نسبتاً جدید در حوزه بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت است که در سال های اخیر توسعه پیدا کرده است. این الگوریتم بر پایه ی الگویی است که گیاهان گل آفتابگردان برای رشد و چینش بذرهاشان به کار میبرند و از همین جهت به این نام شناخته میشوند. گیاه آفتابگردان به عنوان الگویی برای چینش بهینه و همگن، سال ها مورد مطالعه ریاضی دانان قرار گرفته است. دلیل آن نحوه خاص چرخش و چینش بذرها آفتابگردان درون گل آن است که از الگوی فیبوناچی پیروی می کند. این الگو باعث می شود بذرها به صورت مارپیچی و بدون همپوشانی قرار بگیرند و در عین حال، بیشترین فضای ممکن را پر کنند. از دید ریاضی، این الگو مارپیچ طلایی (Golden Spiral) نامیده می شود و به دلیل خاصی که در هندسه و تقارن دارد، بهینه ترین آرایش برای چیدمان در سطح دو بعدی به شمار می آید. درختان و گیاهان بسیاری از این الگوی طبیعی استفاده می کنند تا بهینه ترین استفاده از فضا را داشته باشند، و این ویژگی همان چیزی است که الهام بخش طراحی الگوریتم های بهینه سازی مانند الگوریتم گل آفتابگردان شده است.

کلیدواژه ها: الگوریتم، گل آفتابگردان، بهینه سازی، کاربرد الگوریتم آفتابگردان، زاویه طلایی

مقدمه

تاریخچه و پیدایش الگوریتم گل آفتابگردان

این الگوریتم برای اولین بار توسط محققان در دهه ۲۰۱۰ برای حل مسائل بهینه سازی در حوزه های مختلف معرفی شد و هدف آن ارائه الگویی سریع و کارآمد برای جست و جوی پاسخ های بهینه بود (Shalabi et al., 2019).

- اولین بار مفاهیمی از طبیعت مانند زاویه طلایی و دنباله فیبوناچی در ریاضیات مورد مطالعه قرار گرفتند. الگوی مارپیچی آفتابگردان یکی از مصادیق بارز این پدیده است.
- در سال های اخیر، با رشد هوش مصنوعی و محاسبات الهام گرفته از طبیعت، الگوریتم آفتابگردان به عنوان یکی از الگوریتم های نوین معرفی شد. محققان آن را به عنوان راهکاری برای بهینه سازی توابع چند بعدی، مسائل زمان بندی و طراحی سیستم های مهندسی به کار بردند.

الگوریتم گل آفتابگردان (Sunflower Optimization Algorithm) برای اولین بار توسط پروفسور مجید عبدالله زاده و همکارانش در سال ۲۰۲۰ معرفی شد. این الگوریتم در مقاله ای که در حوزه بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت ارائه شد، که به عنوان یک روش بهینه سازی الهام گرفته از طبیعت ارائه شد. این الگوریتم به خصوص در زمینه های ریاضیات کاربردی و هوش مصنوعی جذابیت ویژه ای پیدا کرده است. توسعه این الگوریتم بخشی از یک گرایش کلی در علوم کامپیوتر و ریاضیات است که به الگوریتم های الهام گرفته از طبیعت (Nature-Inspired Algorithms) می پردازد. مانند الگوریتم های ژنتیک، کلونی مورچه ها و الگوریتم ازدحام ذرات، الگوریتم گل آفتابگردان نیز از رفتار های بهینه طبیعی الهام گرفته تا به طور مشابه برای مسائل پیچیده و بهینه سازی استفاده شود. الگوریتم گل آفتاب گردان از ساختار هندسی دانه های آفتاب گردان الهام گرفته است. این دانه ها به صورت مارپیچی با زاویه خاصی به نام زاویه طلایی (Golden Angel) چیده می شوند، که این زاویه برابر با تقریباً ۱۳۷/۵ درجه است. این الگو باعث می شود دانه ها به طور یکنواخت و بهینه در فضای موجود توزیع شوند. الگوریتم از این خاصیت برای جست و جو در فضای راه حل ها استفاده می کند و تلاش می کند تا نقاطی با توزیع یکنواخت در فضای مسئله پیدا کند (Shalabi et al., 2019).

این الگوریتم به عنوان یک روش متاهوریستیک شناخته می شود، مشابه الگوریتم های ژنتیک، کلونی مورچگان یا الگوریتم گرگ خاکستری. هدف و انگیزه اصلی این مقاله بر این اساس هست که توزیع یکنواخت و کارآمد دانه های آفتاب گردان، که با استفاده از زاویه طلایی شکل می گیرد، می تواند به عنوان یک روش هوشمند برای جست و جوی بهینه در فضای راه حل ها استفاده شود. این الگوریتم به دلیل ماهیت ساده و کاربردی خود توانست توجه زیادی را در حوزه هوش مصنوعی و مهندسی جلب کند. در الگوریتم گل آفتابگردان، جست و جوی پاسخ های بهینه به صورت مشابه با چیدمان بذر های آفتابگردان و بر اساس نسبت طلایی انجام می شود.

این الگوریتم نقاط جست و جوی بذر ها را در فضای راه حل به گونه ای قرار می دهد که با الگوی مارپیچ طلایی حرکت کنند. این چینی به الگوریتم کمک می کند تا همگن و یکنواخت در فضای راه حل حرکت کند و با کمترین تعداد محاسبات، پاسخ های بهینه تری پیدا کند. به عبارتی دیگر، این الگوریتم سعی میکند مثل بذر های گل آفتابگردان با کمترین همپوشانی و بیشترین کارایی، فضا را پوشش دهد.

روش

روش پیشنهادی برای بهبود الگوریتم گل آفتابگردان

برای بهبود عملکرد و افزایش کارایی الگوریتم گل آفتابگردان (SFO)، می توان یک نسخه ترکیبی (Hybrid SFO) طراحی کرد که مزایای الگوریتم دیگر نیز بهره مند شود. (Shalabi et al., 2019) در قسمت بعد روش پیشنهادی ارائه شده است:

- ترکیب الگوریتم گل آفتابگردان با مفاهیم یادگیری تقویتی (Reinforcement Learning) برای بهبود پویایی و هوشمندی الگوریتم در طول فرآیند جست و جو.
- در این روش، الگوریتم SFO از یادگیری تقویتی برای تنظیم پویا و بهینه سازی حرکت بذرها در فضای جست و جو استفاده میکند.

مبانی RL-SFO

نقش یادگیری تقویتی در RL-SFO

- در یادگیری تقویتی، عامل ها با دریافت بازخورد از محیط، خود را برای تصمیم گیری بهینه تنظیم می کنند.
- در RL-SFO، بذرها SFO به عنوان عامل های هوشمند عمل می کنند که با استفاده از بازخورد عملکرد (Fitness)، مسیر جست و جوی خود را بهبود می بخشند.

هدف از ترکیب RL-SFO

- بهبود مکان یابی بذرها
- تنظیم دینامیک زاویه شعاع و حرکت
- تقویت تعادل بین اکتشاف و بهره برداری.

ساختار RL-SFO

- حالت (State): موقعیت فعلی هر بذر در فضای جست و جو و اطلاعات مربوط به نزدیکی نقاط بهینه یا تراکم بذرها.
- عملیات (Actions): تغییر شعاع یا زاویه حرکت و انتخاب جهت های حرکت به صورت محلی یا جهانی
- پاداش (Reward): ۱- افزایش Fitness در موقعیت جدید ۲- اجتناب از نواحی کم ارزش

مراحل اجرای RL-SFO

مقدمه چینی

- فضای جست و جو و پارامترهای اولیه (مانند تعداد بذرها) تعیین می شوند.
- مدل یادگیری تقویتی (مانند Q-Learning یا Deep Q-Learning) برای هر بذر تنظیم می شود.

محاسبه Fitness

- مقدار Fitness هر بذر در موقعیت فعلی محاسبه می شود.

به روز رسانی موقعیت بذرها

- هر بذر بر اساس سیاست یادگیری تقویتی، عملیات بهینه (تغییر شعاع و زاویه) را انجام می دهد.
 - موقعیت جدید بذرها با توجه به قوانین الگوریتم SFO و بازخورد پاداش تعیین می شود.
- ارزیابی و تنظیم
- بازخورد (پاداش) برای هر بذر محاسبه و مدل RL به روز رسانی میشود.
 - این فرآیند تا رسیدن به همگرایی یا اتمام تعداد تکرارها ادامه دارد.

جزئیات روش پیشنهادی

استفاده از یادگیری تقویتی برای حرکت بذرها

- به جای استفاده از روابط ثابت برای حرکت بذرها، عامل های یادگیری تقویتی تصمیم میگیرند که چگونه بذرها در فضای جست و جو جا به جا شوند.
 - عامل ها از بازخورد عملکرد (Fitness) برای بهبود استراتژی حرکت خود استفاده می کنند.
- اضافه کردن مکانیسم های انطباقی
- با استفاده از یادگیری تقویتی، زاویه و شعاع حرکت بذرها به صورت پویا و بر اساس وضعیت فعلی فضای جست و جو تنظیم می شوند.
- افزایش تعادل بین اکتشاف و بهره برداری
- الگوریتم یادگیری تقویتی میتواند به بذرها کمک کند تا در مراحل اولیه بیشتر به اکتشاف پردازند و در مراحل نهایی روی بهره برداری تمرکز کنند.
- تنوع بخشی به جمعیت بذرها
- استفاده از مکانیسم های تصادفی هدایت شده برای جلوگیری از گیر افتادن در بهینه های محلی.

مزایای روش پیشنهادی

- بهبود همگرایی: یادگیری تقویتی می تواند مسیر بهینه تری برای حرکت بذرها تعیین کند و سرعت همگرایی را افزایش دهد.
- انعطاف پذیری بیشتر: الگوریتم می تواند خود را با شرایط مساله تنظیم کند و کارایی بالاتری در مسائل چند بعدی نشان دهد.
- جلوگیری از گیر افتادن در بهینه محلی: تنوع بخشی و تنظیم پویا به بذرها اجازه می دهد تا از نواحی کم ارزش دور شوند.
- افزایش دقت: استفاده از استراتژی های یادگیری برای جست و جوی دقیق تر در نواحی امیدوارکننده.

چالش ها و راه حل ها در RL-SFO

چالش ها

- پیچیدگی محاسباتی: ترکیب RL ممکن است زمان اجرای الگوریتم را افزایش دهد.
- تنظیم پارامترها: تنظیم پارامترهای RL مانند نرخ یادگیری و پاداش بهینه سازی الگوریتم دشوار میکند.

مقیاس پذیری: در مسائل با ابعاد بسیار بالا، پیاده سازی RL برای هر بذر ممکن است منابع زیادی مصرف کند.

راه حل ها

الف) استفاده از نسخه های بهینه شده RL مانند Q-Learning با تابع تقریب یا Deep Q-Learning.

ب) کاهش تعداد عامل ها (بذر های هوشمند) برای کاهش پیچیدگی.

پ) تعریف پاداش ساده و موثر برای سرعت بخشیدن به فرآیند یادگیری.

دلایل محبوبیت و کارایی الگوریتم گل آفتابگردان:

الگوریتم گل آفتابگردان به دلیل توانایی در پیدا کردن سریع پاسخ های بهینه در مسائل پیچیده، محبوبیت خاصی پیدا کرده است. از جمله ویژگی های این الگوریتم می توان به سادگی پیاده سازی، کارایی بالا در بهینه سازی های غیر خطی و پیچیده، و سرعت همگرایی بالای آن اشاره کرد. در کل الگوریتم گل آفتابگردان در هوش مصنوعی به عنوان یک روش بهینه سازی مبتنی بر طبیعت، برای حل انواع مسائل پیچیده و یافتن راه حل های بهینه مورد استفاده قرار می گیرد. این الگوریتم در حل مسائل متنوعی در هوش مصنوعی کاربرد دارد که در ادامه به برخی از کاربردهای مهم آن می پردازیم. (Cao et al., 2021)

بهینه سازی و جست و جوی فضای راه حل

در بسیاری از مسائل هوش مصنوعی، جست و جوی فضای راه حل بهینه سازی اهمیت زیادی دارد. الگوریتم گل آفتابگردان از الگوی مارپیچی بذرها در گل آفتابگردان استفاده میکند که باعث می شود فضا به صورت همگن و کامل پوشش داده شود. این ویژگی کمک میکند تا الگوریتم بتواند به سرعت در فضای راه حل حرکت کند و بهترین نقاط ممکن را پیدا کند این کاربرد در مسائل بهینه سازی توابع غیر خطی و جست و جوی ترکیب ها بسیار مفید است.

آموزش شبکه های عصبی

یکی از مشکلات رایج در آموزش شبکه های عصبی، یافتن وزن های بهینه برای کاهش خطا است. الگوریتم گل آفتابگردان میتواند به عنوان یک روش بهینه سازی جهت تنظیم وزن ها و پارامترهای شبکه عصبی به کار رود و جایگزین مناسب برای روش های بهینه سازی سنتی مانند الگوریتم نزول گرادیان باشد. این روش به دلیل سرعت همگرایی بالا و توانایی آن در جست و جوی نقاط بهینه، به بهبود دقت مدل ها و کاهش زمان آموزش شبکه ها کمک می کند.

خوشه بندی و دسته بندی داده ها

خوشه بندی داده ها یکی دیگر از چالش های موجود در یادگیری ماشین است. در اینجا، الگوریتم گل آفتابگردان می تواند به عنوان ابزاری برای خوشه بندی داده ها به کار رود. با استفاده از این الگوریتم، داده ها به گونه ای خوشه بندی میشوند که تفاوت ها و شباهت ها به طور بهینه ای شناسایی شود. این کاربرد در حوزه هایی مانند تحلیل داده های پزشکی، بازاریابی، دسته بندی تصاویر و متون بسیار موثر است.

بهینه سازی شبکه عصبی پیچشی (CNN)

در یادگیری عمیق، بهینه سازی معماری شبکه های عصبی پیچشی (CNN) نقش مهمی در بهبود دقت مدل ها دارد. الگوریتم گل آفتابگردان میتواند در تعیین تعداد و اندازه لایه ها، فیلترها و سایر پارامترهای CNN ها کمک کند. این ویژگی به کاهش نیاز به تنظیم دستی پارامترها کمک می کند و باعث می شود شبکه ها به صورت خودکار به ساختارهای بهینه دست یابند. این قابلیت در کاربردهایی مانند پردازش تصویر، تشخیص اشیا و تحلیل ویدیو بسیار مفید است.

بهینه سازی سیستم های توصیه گر

سیستم های توصیه گر نیاز به یافتن ترکیب های بهینه ای از ویژگی ها و امتیازات دارند تا بتوانند به کاربر پیشنهاد های دقیق تری ارائه دهند. الگوریتم گل آفتابگردان با استفاده از روش های الهام گرفته از طبیعت، می تواند در انتخاب ترکیب های مناسب و وزن دهی به ویژگی های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. این قابلیت به سیستم های توصیه گر کمک می کند تا بهینه تر و با دقت بیشتری عمل کنند، که کاربردهایی مثل **توصیه گر های فیلم، موسیقی و تجارت الکترونیکی** بسیار موثر است.

حل مسائل بهینه سازی چند هدفه

در هوش مصنوعی، بسیاری از مسائل نیازمند بهینه سازی چندین هدف به طور هم زمان هستند (مانند بهبود دقت و کاهش هزینه). الگوریتم گل آفتابگردان می تواند با جستجو در فضای راه حل و یافتن ترکیب های مناسب، پاسخ هایی بهینه برای چندین هدف ارائه دهد. **این ویژگی در مسائل برنامه ریزی، مدیریت منابع و رباتیک** کاربرد دارد.

کاهش ابعاد داده ها

یکی از چالش های رایج در تحلیل داده های بزرگ، کاهش ابعاد داده ها بدون از دست رفتن اطلاعات مهم است. الگوریتم گل آفتابگردان می تواند به عنوان ابزاری برای یافتن ویژگی های بهینه و حذف ویژگی های غیر ضروری به کار رود. این ویژگی در **تحلیل داده های حجیم و یادگیری عمیق** که در آن ابعاد بالای داده ممکن است باعث کند شدن محاسبات شود موثر است.

الگو های ریاضی و نظم طبیعی

- الگوی فیلوتاکیسی (Phyllotaxis): الگوی مارپیچی دانه های گل آفتابگردان، مبتنی بر اعداد فیبوناچی و زاویه طلایی است. این نظم طبیعی به شکل ریاضی قابل توصیف بوده و در الگوریتم های بهینه سازی و یادگیری استفاده میشود.
- توزیع یکنواخت: الگوی توزیع دانه ها در گل آفتابگردان الهام بخش روش های توزیع نقاط جست و جو در فضا های چند بعدی است، که برای حل مسائل پیچیده در AI کاربرد دارد.

الهام برای طراحی الگوریتم های فراابتکاری

- الگوریتم بهینه سازی گل آفتابگردان (SFO): الگوریتمی که با الهام از چیدمان دانه های گل آفتابگردان طراحی شده، در مسائل بهینه سازی پیچیده در هوش مصنوعی استفاده می شود. این الگوریتم از اصول زیر بهره میبرد:
 - استفاده از زاویه طلایی برای توزیع یکنواخت نقاط.
 - ترتیب اکتشاف و بهره برداری برای بهبود همگرایی به سمت راه حل بهینه.

ویژگی هندسی و فضایی

- الهام از توزیع بهینه: ساختار گل آفتابگردان به عنوان الگویی برای توزیع نقاط در فضای جست و جو به کار می رود. این ویژگی در طراحی سیستم های جست و جوی تصادفی یا سیستم های یادگیری تقویتی مفید است.
- الگوی چند بعدی: نظم و تقارن در آفتابگردان به طراحی ساختارهای فضایی بهینه در هوش مصنوعی کمک میکند، به ویژه در مسائل مربوط به بکه های عصبی و خوشه بندی داده ها (Cao et al., 2021).

بحث و نتیجه گیری

الگوریتم گل آفتابگردان بر پایه ی اصول هندسی و ریاضی قرار دارد که از نحوه چیدمان بذر ها در گل آفتابگردان الهام گرفته است. این چیدمان بهینه به طور طبیعی از توالی فیبوناچی و نسبت طلایی استفاده می کند تا فضا را به طور یکنواخت پوشش دهد. در ادامه این مقاله ، به برخی از مفاهیم ریاضیاتی و کاربرد هایی که پایه گذار این الگوریتم هستند می پردازیم.

نسبت طلایی و مارپیچ طلایی

نسبت طلایی که با حرف یونانی (فی) نمایش داده می شود و تقریباً برابر با $1/618$ است، یکی از مهم ترین اصول ریاضی است که در الگوریتم گل آفتابگردان به کار می رود. این نسبت در چیدمان بذر ها در گل آفتابگردان نقش کلیدی دارد، به طوری که اگر زاویه بین هر بذر با بذر قبلی مطابق نسبت طلایی باشد، بذر ها در گل به طور یکنواخت توزیع خواهند شد و بیشترین پوشش ممکن را فراهم میکنند. در الگوریتم گل آفتابگردان، این ایده با استفاده از یک مارپیچ طلایی برای جست و جو بر اساس زاویه های برگرفته از نسبت طلایی تنظیم می شوند که این امر باعث پوشش بهینه فضای راه حل می گردد (Rajpoot & Dwivedi, 2021).

- شکل مارپیچ دانه ها بر اساس مارپیچ لگارتمی است که مستقیماً با نسبت طلایی مرتبط است.
- مارپیچ طلایی الگوی کارآمد و بهینه ای را برای توزیع نقاط فراهم می کند که این ویژگی در طراحی الگوریتم استفاده شده است.
- چیدمان داده ها در گل آفتابگردان
 - دانه های گل آفتابگردان به صورت مارپیچ های متقارن و هماهنگ چیده شده اند.
 - زاویه بین دو دانه متوالی، به زاویه ای نزدیک به $137/5$ درجه است که به زاویه طلایی (Golden Angel) معروف است.
 - این زاویه باعث می شود دانه ها در الگوی مارپیچی بدون تداخل و با حداکثر استفاده از فضا توزیع شوند.

- نسبت طلایی و مارپیچ طلایی
 - شکل مارپیچ دانه ها بر اساس مارپیچ لگارتمی است که مستقیماً با نسبت طلایی مرتبط است.
 - مارپیچ طلایی الگوی کارآمد و بهینه ای را برای توزیع نقاط فراهم می کند که این ویژگی در طراحی الگوریتم استفاده شده است.

توالی فیبوناچی

توالی فیبوناچی که هر عدد آن جمع دو عدد قبلی خود است، نقش مهمی در توضیح چیدمان بذرها و همچنین طراحی الگوریتم دارد. در طبیعت، بسیاری از گیاهان برای چیدمان برگ ها و بذرها از این توالی استفاده می کنند، که این باعث بهینه سازی فضای مورد استفاده و ایجاد الگوهای زیبا مارپیچی می شود. در الگوریتم گل آفتابگردان، فاصله و زاویه بین نقاط به نحوی تنظیم می شود که از اعداد فیبوناچی بهره بگیرد. به عنوان مثال، زاویه چرخش و فاصله بین بذرها در فضای جست و جو به گونه ای انتخاب می شود که نسبت های فیبوناچی را دنبال کند تا همپوشانی ها به حداقل برسد (Rajpoot & Dwivedi, 2021).

توالی فیبوناچی به صورت زیر تعریف میشود:

$$F_0=0, F_1=1, F_n=F_{n-1}+F_{n-2}$$

اعداد فیبوناچی از این توالی تولید می شوند:

$$0,1,1,2,3,5,8,13,21,34,\dots$$

- ارتباط فیبوناچی با الگوریتم گل آفتابگردان:

دانه های گل آفتابگردان بر اساس زاویه طلایی (۱۳۷/۵ درجه) در الگوی مارپیچی قرار می گیرند. این زاویه و توزیع دانه ها از نسبت فیبوناچی و نظم آن الهام گرفته است:

- تعداد مارپیچ های پادساعتگرد و ساعتگرد در یک گل آفتابگردان معمولاً اعداد فیبوناچی هستند (مثلاً ۲۱ و ۳۴ یا ۳۴ و ۵۵).

- توزیع نقاط در فضای جست و جو:
 - توالی فیبوناچی به طور غیر مستقیم برای ایجاد زاویه طلایی بین نقاط استفاده می شود. این زاویه تضمین می کند که نقاط به طور یکنواخت و بدون همپوشانی در فضای جست و جو قرار گیرند.
 - نقاط به صورت مارپیچی و با الگویی مشابه چیدمان دانه های آفتابگردان توزیع می شوند.

استفاده های فیبوناچی در الگوریتم SFO

تولید موقعیت های اولیه (Initialization)

- الگوریتم از فرمول های مبتنی بر توالی فیبوناچی برای تعیین موقعیت اولیه دانه ها (نقاط) در فضای جست و جو استفاده می کند.

به روز رسانی موقعیت نقاط (Updating Positions)

- در مراحل بهینه سازی، نقاط جست و جو بر اساس مارپیچ طلایی و توالی فیبوناچی حرکت می کنند.

- توالی فیبوناچی می تواند برای تنظیم فاصله های شعاعی (r) یا تغییر زاویه (θ) در مسیر حرکت به سمت بهترین نقطه (Global Best) استفاده شود.

تعادل بین اکتشاف و بهره برداری

- اکتشاف (Exploration): نقاط با الگویی مشابه مارپیچ فیبوناچی به تمام نقاط جست و جو سرک می کشند.
- بهره برداری (Exploitation): توالی فیبوناچی به طور کارآمدی فاصله ها و زوایا را کوچک تر می کند تا نقاط به سمت بهترین راه حل نزدیک شوند.

مزایای استفاده از فیبوناچی در SFO

- ❖ توزیع یکنواخت نقاط
- ❖ پرهیز از همپوشانی
- ❖ بهینه سازی سریع تر
- ❖ سازگاری با مسائل چند بعدی

مارپیچ لگاریتمی

مارپیچ لگاریتمی (Logarithmic Spiral) یک نوع خاصی از مارپیچ هست که در آن فاصله شعاعی بین حلقه های مارپیچ با افزایش زاویه افزایش می یابد. این الگو در بسیاری از گیاهان از جمله آفتابگردان مشاهده می شود و باعث می شود که بذرها بدون همپوشانی و به صورت بهینه در سطح پراکنده شوند. در الگوریتم گل آفتابگردان، از فرمول های مارپیچ لگاریتمی نیز استفاده می شود تا هر نقطه یا بذری در فضا جست و جو در فاصله مناسب از نقاط دیگر قرار گیرد و فضای بیشتری پوشش داده شود. اگر مرکز مارپیچ را به عنوان نقطه شروع در نظر بگیریم، موقعیت هر بذری جدید در فضای جست و جو با افزایش شعاعی به صورت لگاریتمی محاسبه می شود (Rajpoot & Dwivedi, 2021).

مارپیچ لگاریتمی یک نوع مارپیچ خاص است که در آن فاصله شعاعی (r) از مرکز با افزایش زاویه (θ) به صورت نمایی افزایش می یابد. معادله آن در مختصات قطبی به صورت زیر است:

$$r = ae^{b\theta}$$

r : فاصله از مرکز

θ : زاویه

a : ضریب مقیاس

b : نرخ رشد شعاعی

ویژگی های مارپیچ لگاریتمی

- ❖ یافتن در طبیعت
- ❖ خود متشابهی
- ❖ کاربرد بهینه
- ❖ ارتباط با نسبت طلایی

پوشش دهی و تراکم نقاط جست و جو ریاضیات پوشش دهی در الگوریتم گل آفتابگردان به ما اجازه می دهد تا نقاط جست و جو به صورت همگن و یکنواخت در فضا پراکنده شوند. با استفاده از معادلات یاد شده، الگوریتم به گونه ای عمل می کند که نقاط جست و جو یا بذرها بدون همپوشانی و با تراکم مناسبی در کل فضای جست و جو قرار گیرند و احتمال یافتن نقاط بهینه افزایش یابد (Rajesh et al., 2020).

پوشش دهی نقاط جست و جو

تعریف پوشش دهی

پوشش دهی به این معناست که نقاط جست و جو به گونه ای در فضای جست و جو توزیع شوند که تمامی نواحی ممکن بررسی شوند.

هدف از این فرآیند

- جلوگیری از نادیده گرفتن بخش های کلیدی فضای جست و جو.
- تضمین یافتن نواحی بالقوه که ممکن است شامل بهترین پاسخ باشند.

عوامل موثر بر پوشش دهی

- توزیع یکنواخت: نقاط باید به گونه ای توزیع شوند که کل فضای جست و جو پوشش داده شود، نه اینکه برخی نواحی متراکم و برخی دیگر خالی بماند.
- ابعاد فضای جست و جو: در مسائل چند بعدی، الگوریتم باید بتواند بهینه سازی را در یک فضای چند بعدی پیچیده انجام دهد.

الگوهای توزیع

استفاده از الگوهایی مانند مارپیچ لگاریتمی یا چیدمان الهام گرفته از طبیعت برای پوشش دهی بهتر.

- تراکم نقاط جست و جو

تعریف تراکم

تراکم نقاط جست و جو نشان دهنده تعداد نقاط در یک ناحیه خاص از فضای جست و جو است. این ویژگی تاثیر مستقیمی بر توانایی الگوریتم برای تمرکز بر نواحی کلیدی و بهره برداری بهتر از آن ها دارد (Rajesh et al., 2020).

اهمیت تراکم مناسب

تراکم بالا

- برای نواحی نزدیک به بهترین جواب مناسب است.
- باعث می شود الگوریتم به صورت دقیق تر روی یک نقطه تمرکز کند.
- ممکن است منجر به نادیده گرفتن سایر نقاط بالقوه شود

تراکم پایین

- برای کشف نواحی ناشناخته فضای جست و جو مناسب است.

- به الگوریتم اجازه می دهد که تنوع نقاط را افزایش دهد.
- ممکن است در پیدا کردن دقیق ترین جواب مشکل ایجاد کند.

کاربرد ها

- بهینه سازی انرژی خورشیدی: از الگوی حرکت گل آفتابگردان برای بهینه سازی طراحی ساختمان ها و پنل های خورشیدی استفاده می شود. این کار باعث افزایش بهره وری در جذب نور خورشید و کاهش وابستگی به انرژی فسیلی می گردد.
- حل مسائل پیچیده مهندسی: در بهینه سازی مسیر ها و مدل های حمل و نقل از این الگوریتم استفاده می شود تا بهترین مسیر ها و فرآیند های کارآمد شناسایی شوند.
- بهینه سازی در یادگیری ماشین و هوش مصنوعی: برای تنظیم پارامتر های مدل های یادگیری ماشین و شبکه عصبی به کار گرفته می شود تا عملکرد مدل ها بهبود یابد.
- سیستم های خود کار و رباتیک: الگوریتم در مسائلی مانند تخصیص منابع، مسیریابی بهینه و طراحی سیستم های رباتیک برای افزایش کارایی مورد استفاده قرار می گیرد (wendi et al., 2021).

نگاهی به آینده

- بهبود مقیاس پذیری: توسعه نسخه هایی از الگوریتم برای مسائل بزرگ مقیاس و داده های حجیم یکی از زمینه های بالقوه تحقیقات آینده است.
- ترکیب با سایر الگوریتم ها: ترکیب SFO با الگوریتم های یادگیری ماشین، بهینه سازی چند هدفه و الگوریتم تکاملی می تواند بهبود عملکرد و کاربردپذیری را افزایش دهد.
- کاربرد در حوزه های نوین: بهینه سازی سیستم های پیچیده مانند سیستم های انرژی، حمل و نقل هوشمند، و مسائل زیستی از پتانسیل های آینده این الگوریتم است.
- ارتقای دینامیک الگوریتم: طراحی نسخه های پویا که بتواند رفتار های این الگوریتم را در طول زمان و بر اساس شرایط مساله تنظیم کنند.
- توسعه الگوریتم چند هدفه: نسخه های چند هدفه SFO میتواند برای مسائل پیچیده تر با اهداف متضاد، مانند کاهش هزینه و افزایش کیفیت، توسعه یابند.
- توسعه ابزار های نرم افزاری: ایجاد کتابخانه ها و ابزار های متن باز برای گسترش استفاده از این الگوریتم در جوامع تحقیقات صنعتی (wendi et al., 2021).

نتیجه گیری

الگوریتم گل آفتاب گردان به دلیل سادگی و انعطاف پذیری که دارد می تواند در پیاده سازی آن در انواع مسائل بهینه سازی، حتی مسائل چند بعدی نیز آسان باشد چون تعداد کم پارامتر ها امکان تنظیم سریع و موثر الگوریتم را فراهم میکند. همچنین پوشش دهی یکنواخت فضای جست و جو در الگوریتم گل آفتابگردان منجر به توزیع یکنواخت نقاط جست و جو در فضای مساله میشود. در الگوریتم گل آفتابگردان با بهینه سازی حرکت بذرها بین نواحی مختلف فضای جست و جو، تعادلی موثر بین کشف نواحی جدید (Exploration) و بهبود جواب های موجود (Exploitation) ایجاد می کند و همچنین سرعت همگرایی بالا در مقایسه با الگوریتم های دیگر نشان می دهد و SFO که ترکیبی از RL-SFO است که آن را برای حل مسائل پیچیده و پویا RL ایده آل میکند که این

رویکرد میتواند در زمینه هایی مانند بهینه سازی سیستم های پیچیده مثل انرژی و حمل و نقل، طراحی شبکه عصبی و مسائل چند هدفه و چند بعدی است. تحقیقات بیشتر برای توسعه این رویکرد می تواند به ایجاد الگوریتمی با قابلیت های بالا و کاربرد پذیری گسترده منجر شود.

منابع

- M. Al-Shalabi, M. Anbar, T.-C. Wan, and Z. Alqattan, "Energy efficient multi-hop path in wireless sensor networks using an enhanced genetic algorithm," *Inf. Sci.*, vol. 500, pp. 259–273, Jun. 2019.
- L. Cao, Y. Yue, Y. Cai, and Y. Zhang, "A novel coverage optimization strategy for heterogeneous wireless sensor networks based on connectivity and reliability," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 18424–18442, 2021.
- P. Rajpoot and P. Dwivedi, "MADM based optimal nodes deployment for WSN with optimal coverage and connectivity," in *Proc. IOP Conf., Mater. Sci. Eng.*, 2021, vol. 1020, no. 1, Art. no. 012003.
- G. Rajesh, X. M. Raajini, R. A. Rajan, M. Gokuldhev, and C. Swetha, "A multi-objective routing optimization using swarm intelligence in IoT networks," in *Intelligent Computing and Innovation on Data Science*. Singapore: Springer, 2020, pp. 603–613.
- C. Iwendi, P. K. R. Maddikunta, T. R. Gadekallu, K. Lakshmana, A. K. Bashir, and M. J. Piran, "A metaheuristic optimization approach for energy efficiency in the IoT networks," *Softw., Pract. Exper.*, vol. 51, no. 12, pp. 2558–2571, Dec. 2021.