

بررسی الگوریتم های زیستی و مبتنی بر گیاهان در هوش مصنوعی و روش های بهینه سازی

ایمان شفیعی نژاد^۱، شراره قاسمی^۲، کامران تقوی^۳

^۱استادیار و عضو هیئت علمی پژوهشگاه هوا فضا، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

^۲دکتری بیوتکنولوژی و ژنتیک گیاهی، دانشگاه پلی تکنیک مادرید، اسپانیا.

^۳دانشجوی دکتری، گروه مهندسی هوا فضا، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

چکیده

هوش مصنوعی مجموعه‌ای متناهی از دستورالعمل‌ها است، که به ترتیب خاصی اجرا می‌شوند و مسئله‌ای را حل می‌کنند. به عبارت دیگر یک الگوریتم، روشی گام به گام برای حل مسئله است. لذا در این مقاله به بررسی الگوریتم و کاربرد آن در رفتارهای طبیعت و گیاهان پرداخته شده است. امروزه در هوش مصنوعی استفاده فراوانی از الگوریتم های الهام گرفته شده از طبیعت صورت می‌گیرد. از آنجا که طبیعت دارای رفتاری بهینه است، روش های بهینه سازی فرا ابتکاری از شبیه سازی طبیعت و گیاهان استخراج شده است و کاربرد گسترده ای در هوش مصنوعی پیدا کرده است. لذا مقاله حاضر به بررسی ترویجی الگوریتم های زیستی و مبتنی بر گیاهان در هوش مصنوعی و روش های بهینه سازی پرداخته است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم زیستی، هوش مصنوعی، الگوریتم زنبور عسل، الگوریتم رشد گیاهان، بهینه سازی

۱. مقدمه

واژه الگوریتم از نام ریاضیدان و ستاره‌شناس ایرانی، ابوجعفر محمد بن موسی خوارزمی (الخوارزمی)، گرفته شده است. رساله‌ای که خوارزمی در قرن ۹ میلادی به عربی نگاشته بود، در قرن ۱۲ به لاتین با نام ترجمه شده است. در قرن ۱۳ میلادی واژه الگوریسموس به معنای «سیستم شمارش عربی (دهدهی)» (یعنی اعداد ۱ تا ۹ به علاوه صفر، و نیز مفهوم اعشار) بود؛ که هنوز هم یکی از معانی واژه الگوریتم است. در قرن ۱۹ این کلمه در فرانسوی به تغییر شکل پیدا کرد، البته معنایش ثابت ماند. طولی نکشید که این کلمه به شکل وارد زبان انگلیسی شد؛ ولی فقط در اواخر قرن ۱۹ میلادی بود که معنای عام‌تر امروزی‌اش را یافت، و به «هر مجموعه قواعدی که برای انجام یک رویه محاسباتی یا روال رایانه‌ای به کار رود» الگوریتم گفته شد [۱]. تبدیل نام الخوارزمی به الگوریسم و سپس الگوریتم احتمالاً تحت تأثیر واژه یونانی (به معنای عدد) و (به معنای محاسباتی) بوده است. برخی منابع هم کلمه لگاریتم را هم در تبدیل الگوریسم و الگوریتم بی تأثیر ندانسته‌اند.

روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی به دو دسته الگوریتم‌های دقیق و الگوریتم‌های تقریبی تقسیم‌بندی می‌شوند. الگوریتم‌های دقیق قادر به یافتن جواب بهینه به صورت دقیق هستند اما در مورد مسائل بهینه‌سازی سخت، کارایی کافی ندارند و زمان اجرای آن‌ها متناسب با ابعاد مسائل به صورت نمایی افزایش می‌یابد. الگوریتم‌های تقریبی قادر به یافتن جواب‌های خوب (نزدیک به بهینه) در زمان حل کوتاه برای مسائل بهینه‌سازی سخت هستند. الگوریتم‌های تقریبی نیز به سه دسته الگوریتم‌های ابتکاری^۱ و فراابتکاری^۲ و فوق ابتکاری^۳ بخش‌بندی می‌شوند. دو مشکل اصلی الگوریتم‌های ابتکاری، گیر افتادن آن‌ها در نقاط بهینه محلی، همگرایی زودرس به این نقاط است. الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل این مشکلات الگوریتم‌های ابتکاری ارائه شده‌اند. در واقع الگوریتم‌های فرا ابتکاری، یکی از انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی تقریبی هستند که دارای راهکارهای برون رفت از نقاط بهینه محلی هستند و قابلیت کاربرد در طیف گسترده‌ای از مسائل را دارند. رده‌های گوناگونی از این نوع الگوریتم در دهه‌های اخیر توسعه یافته‌است که همه این‌ها زیر مجموعه الگوریتم فراابتکاری می‌باشند [۲].

الگوریتم ژنتیک یک روش جستجوی مؤثر در فضاهای وسیع و بزرگ بر اساس ژن‌ها و کروموزوم‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به جهت‌گیری به سمت یافتن پاسخ بهینه در میان سایر پاسخ‌های ممکن می‌شود [۳]. الگوریتم جنگل جنگل تصادفی^۴، یک الگوریتم یادگیری ماشین با قابلیت استفاده آسان است که اغلب اوقات نتایج بسیار خوبی را حتی بدون تنظیم فرآیندهای آن، فراهم می‌کند. این الگوریتم به دلیل سادگی و قابلیت استفاده، هم برای دسته‌بندی^۵ و هم رگرسیون^۶، یکی از پر کاربردترین الگوریتم‌های یادگیری ماشین محسوب می‌شود [۴].

۲. روش‌های بهینه‌سازی

بهینه‌سازی بر پایه جغرافیای زیستی، الگوریتم تکاملی جدیدی بر اساس جمعیت است که ریاضیات جغرافیای زیستی، بر آن حاکم است و الگوریتم تکامل تفاضلی، الگوریتمی قدرتمند برای حل بسیاری از مسائل بهینه‌سازی است. الگوریتم تکامل تفاضلی در اکتشاف فضای جستجو و تعیین مکان مینیمم سراسری خوب، ولی در استخراج راه حل مساله کند است.

^۱Heuristic^۲Meta-heuristic^۳Hyper heuristic^۴Random Forest^۵Classification^۶Regression

در این مقاله قابلیت اکتشاف الگوریتم تکامل تفاضلی با قابلیت استخراج الگوریتم بهینه سازی بر پایه جغرافیای زیستی، ادغام شده و با معرفی یک عملگر مهاجرت ترکیبی، الگوریتم جدیدی برای حل مسائل بهینه سازی چندهدفه ارائه شده است. در الگوریتم پیشنهادی از فرایند مرتب سازی غیرمغلوب برای بهبود همگرایی و از مفهوم فاصله جمعیتی محلی برای حفظ پراکندگی اعضای موجود در مجموعه پرتو استفاده شده است. در این مقاله کارایی الگوریتم پیشنهادی با استفاده از چند تابع آزمون رایج آزمایش شده و معیارهای مطرح در مسائل بهینه سازی چندهدفه تکاملی، ارزیابی و با الگوریتم های مطرح در این زمینه مقایسه شده است. نتایج حاصل بیانگر کارایی مطلوب الگوریتم پیشنهادی در رقابت با سایر الگوریتم های مطرح است [۴۳].

۳. انواع الگوریتم ها

همچنین باتوجه به مطالعات اخیر می توان الگوریتم های جدید را به صورت دسته بندی های مختلف ارائه شده در جدول ۲و۱ مشاهده کرد.

جدول ۱. دسته بندی الگوریتم های فرا ابتکاری، بخش اول

۱	الگوریتم GA ژنتیک	۱۹۸۷	دانشگاه میشیگان	جان هالند	الگوریتم ژنتیک که به عنوان یکی از روشهای تصادفی بهینه یابی شناخته شده توسط جان هالند در سال ۱۹۶۷ ابداع شده است. بعدها این روش با تلاشهای گلدبرگ ۱۹۸۹، مکان خویش را یافته و امروزه نیز بواسطه تواناییهای خویش، جای مناسبی در میان دیگر روشها دارد.
۲	رقابت استعماری	۲۰۰۷	دانشگاه National ایالات متحده آمریکا	اسماعیل آتش پزگرتری	دکتر اسماعیل آتش پزگرتری، عضو هیات علمی دانشگاه National ایالات متحده آمریکا و یکی از دو بنیان گذار سازمان علمی-آموزشی فرادرس است؛ وی دارای مدرک دکترای تخصصی (PhD) مهندسی برق با گرایش پردازش سیگنال های ژئومیک از دانشگاه Texas A&M از ایالات متحده آمریکا می باشد. ایشان سابقه همکاری با مراکز طراز اول بیوانفورماتیک و پردازش سیگنال های ژئومیک و کار در لبه علم و تکنولوژی این حوزه را دارند. الگوریتم رقابت استعماری به عنوان الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر مدل سازی روند پرمکنتش میان کشورها در فرایند استعمار که چندین هزار بار ارجاع و استفاده مستقیم و مستقل در مقالات و پایان نامه ها شده است، یکی از الگوریتم های شناخته شده و پراستفاده حوزه بهینه هوشمند به حساب می آید که توسط ایشان به دنیای محاسبات هوشمند معرفی شده است.
۳	کلونی مورچه ها	۱۹۹۲	پلی تکنیک میلان	مارکو دوریگو	بهینه سازی کلونی مورچه ها (Ant Colony Optimization) و به اختصار ACO، که در سال ۱۹۹۲ توسط مارکو دوریگو (Marco Dorigo) و در رساله دکترای ایشان مطرح شد، یکی از بارزترین نمونه ها برای روش های هوش جمعی است. این الگوریتم از روی رفتار جمعی مورچه ها الهام گرفته شده است. مورچه ها با همکاری یکدیگر کوتاه ترین مسیر را میان لانه و منابع غذایی پیدا می کنند تا بتوانند در کمترین زمان، مواد غذایی را به لانه منتقل کنند. هیچ کدام از مورچه ها به تنهایی قادر به انجام چنین کاری نیستند، اما با همکاری و پیروی از چند اصل ساده بهترین راه را پیدا می کنند.
۴	ژنبور عمل	۲۰۰۵	دانشگاه ارجیس ترکیه	کارابوگا	الگوریتم کلونی ژنبورهای مصنوعی (ABC) توسط کارابوگا در سال ۲۰۰۵ برای بهینه سازی واقعی پارامترها ارائه شد، این الگوریتم یک الگوریتم بهینه سازی جدید معرفی شده است و رفتار کاوشی کلونی ژنبورها را برای مسایل بهینه سازی بدون محدودیت شبیه سازی می کند. برای حل مسائل بهینه سازی با محدودیت یک روش اداره محدودیت با این الگوریتم ترکیب می شود.

جدول ۲. دسته بندی الگوریتم های فرا ابتکاری، بخش اول

۵	روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO	۱۹۹۵	دانشگاه کارولینای شمالی	ابرهارت و کندی	در سال ۱۹۹۵ ابرهارت و کندی برای اولین بار PSO به عنوان یک روش جستجوی غیر قطعی برای بهینه‌سازی تابعی مطرح گشت. این الگوریتم از حرکت دسته جمعی پرندگان که به دنبال غذا می‌باشند، الهام گرفته شده‌است. گروهی از پرندگان در فضای به صورت تصادفی دنبال غذا می‌گردند. تنها یک تکه غذا در فضای مورد جستجو وجود دارد. هر راه حل که به آن یک ذره گفته می‌شود، PSO در الگوریتم معادل یک پرنده در الگوریتم حرکت جمعی پرندگان می‌باشد. هر ذره یک مقدار شایستگی دارد که توسط یک تابع شایستگی محاسبه می‌شود.
۶	جهش ترکیبی قورباغه	۲۰۰۶	دانشگاه آریزونا	یوسف، لری و پاشا	الگوریتم جهش ترکیبی قورباغه به انگلیسی (Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA، الگوریتمی برای بهینه‌سازی در هوش مصنوعی می‌باشد.
۷	الگوریتم چک‌آب‌های هوشمند	۲۰۰۷	دانشگاه شهید بهشتی	حامد شاه حسینی	این الگوریتم نخستین بار در سال ۲۰۰۷ میلادی، برابر ۱۳۸۶ خورشیدی برای یافتن گشایش و راه حل برای مسأله فروشنده دوره‌گرد پیشنهاد شد. از آن پس، شماری از پژوهشگران در پی بهبود و به کار بستن این الگوریتم برای مشکل‌ها و مسئله‌های گوناگون بوده‌اند.
۸	نیوین-رافسون	۱۷۳۶	دانشگاه کمبریج	جان کولسون	الگوریتم ریشه یابی است که تقریب‌های خوبی در نزدیکی ریشه یک تابع (صفرهای یک تابع) می‌زند.

جهت معرفی انواع الگوریتم‌ها انواع آن در زیر ارائه شده است.

۱. الگوریتم‌های جستجوی فرا اکتشافی پایه مانند: جستجوی تپه‌نوردی و جستجوی تصادفی

۲. الگوریتم‌های تکاملی: الگوریتم ژنتیک، برنامه‌نویسی ژنتیک، استراتژی تکامل، برنامه‌نویسی تکاملی، تکامل تفاضلی، الگوریتم ممیتیک، الگوریتم فرهنگی، الگوریتم ژنتیک تاگوچی، الگوریتم هم‌تکاملی، الگوریتم تکاملی دیپلوئیدی، ب‌هینه‌سازی تولیدمثل غیرجنسی و سیستم ایمنی مصنوعی.

۳. فرا اکتشافی زیستی: بهینه‌سازی کلونی مورچگان، کلونی زنبور مصنوعی، بهینه‌سازی کلونی موربانه، بهینه‌سازی کندوی زنبورعسل، بهینه‌سازی جامعه علامت-محور، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، الگوریتم رقابت استعماری، الگوریتم کرم شب‌تاب، الگوریتم قورباغه جهنده، بهینه‌سازی ازدحام گریه‌ها، الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه، الگوریتم بهینه‌سازی فاخته، الگوریتم بهینه‌سازی غذایابی باکتری، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ماهی‌ها، الگوریتم خفاش، بهینه‌سازی گله شیرها، بهینه‌سازی جستجوی گروهی، بهینه‌سازی گروه میگوها و جستجوی شکار، الگوریتم تکامل گرادیان، جستجوی جانداران همزیست و الگوریتم رقابت لیگ فوتبال

همچنین یک طبقه‌بندی جدید نیز برای الگوریتم‌های زیستی (روش‌های مبتنی بر هوش جمعی) ارائه شده است که شامل: الگوریتم‌های علامت-محور و الگوریتم‌های تقلید محور است [۴].

۴. الگوریتم های مبتنی بر گیاهان

یکی از مهمترین مسایل مورد بررسی در حوزه ی هوش مصنوعی هوش در گیاهان است. سالیان طولانی است که از گیاهان به عنوان موجودات زنده که بر اساس غریزه عمل می کنند و هیچ قدرت تصمیم گیری ندارند یاد می شود. بررسی رفتار گیاهان امروزه با کمک الگوریتم ها که در ایجاد هوش مصنوعی در زمینه پزشکی، کشاورزی، زیست محیطی و غیره کاربرد قابل توجهی دارند و به عبارتی در سهولت و امنیت زندگی انسانها نقش بسزایی دارند. [۵].

در این قسمت چند نمونه از مهمترین رفتارهای هوشمند گیاهان و کاربرد آنها در ایجاد هوش مصنوعی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. الگوریتم ازدیاد گیاه که روی مشکلات بهینه سازی مداوم به خوبی کار می کند. کاربرد آن در بهینه سازی گسسته و به ویژه در مسئله معروف فروشنده دوره گرد بررسی شده است. این تحقیق مربوط به اجرای ایده دونده های کوتاه و بلند هنگام جستجو برای چرخه های همیلتون در نمودارهای کامل است. عملکرد الگوریتم در یک لیست استاندارد از مشکلات آزمون با الگوریتم ژنتیک، شبیه سازی بازپخت، بهینه سازی ازدحام ذرات و الگوریتم کرم شب تاب مقایسه شده است [۶]. الگوریتم شبیه سازی رشد گیاه، نیز یک الگوریتم بهینه سازی هوش برای حل مشکلات مکان تأسیسات می باشد. نتایج محاسبه را با الگوریتم ژنتیک برای مشکل مکان مرکز توزیع می کنیم و از نتایج، مشاهده شد که الگوریتم فوق از نظر دقت از ژنتیک بهتر است. علاوه بر این، با انتخاب ۵۰ مشتری به طور تصادفی بررسی شده است. [۷].

تولید فصلی میوه و دانه ها مانند یک ایستگاه تغذیه مانند یک رستوران است. نمایندگانی که برای تغذیه از میوه ها می آیند مانند مشتریانی هستند که در رستوران حضور دارند. آنها با نرخ مشخصی می رسند و پس از برخی فرایندهای مناسب با نرخ مشخصی پذیرایی می شوند. این مورد در مورد پرندگان و حیواناتی است که از میوه رسیده تولید شده توسط گیاهانی مانند گیاه توت فرنگی دیدن می کنند و از آنها تغذیه می کنند. این پدیده زمینه ساز پراکندگی بذر گیاهان است. مدل سازی آن به عنوان یک فرآیند نوبت دهی منجر به الگوریتم جستجو / بهینه سازی مبتنی بر بذر می شود. این نوع الگوریتم انتشار گیاه توضیح داده می شود، مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد، در مورد مشکلات غیرمشخص آزمایش می شود و با الگوریتم های تثبیت شده مقایسه می شود. نتایج گنجانده شده است [۸].

۵. هوش ازدحامی و الگوریتم زنبور عسل

هوش ازدحامی، یک زمینه از هوش محاسباتی است که برای ساخت و توسعه سیستم های هوشمند چندعامله الهام گرفته از زیست، استفاده می شود. این رویکرد از رفتار جمعی عامل های طبیعی مانند دسته پرندگان و ماهی ها برای ساخت الگوریتم ها الگوبرداری کرده است. بانو هوش ازدحامی را این چنین تعریف می کند:

«هر گونه تلاش برای طراحی الگوریتم ها یا دستگاه های حل مسئله توزیع شده الهام گرفته از رفتار جمعی کلونی های حشرات دسته جمعی و دیگر جوامع حیوانی»

اصلاح ازدحام به طور کلی به مجموعه ای از تعامل عوامل یا افراد اشاره دارد. کلونی مورچه، ازدحام پرندگان و یا زنبورها یک نمونه ساده ای از سیستم جمعیتی است. نمونه دیگر از هوش جمعی کلونی زنبور عسل در اطراف کندو است.

روش های گوناگونی به مدل رفتار هوشمند خاص ازدحام زنبور عسل پیشنهاد شده است و برای حل مسایل از نوع ترکیبی استفاده شده است. آن ها یک ایده روبات بر رفتار جستجوی غذا از زنبورها را ایجاد کرده اند. معمولاً، همه این ربات ها از لحاظ فیزیکی و عملکرد یکسان هستند، به طوری که هر ربات را می توان به طور تصادفی جایگزین دیگری کرد. ازدحام دارای تحمل قابل توجهی است؛ شکست در یک عامل عملکرد کل سیستم را متوقف نمی کند. روبات های فردی، مانند حشرات، دارای قابلیت های محدود و دانش محدود از محیط زیست است. از سوی دیگر رفتار توسعه ازدحام هوش جمعی قابل ملاحظه است. آزمایشات نشان داد که ربات ها مانند حشرات در انجام وظایف واقعی رباتیک موفق هستند.

تئودور واس به استفاده از هوش جمعی زنبور در توسعه سیستم‌های مصنوعی با هدف در حل مسایل پیچیده در ترافیک و حمل و نقل پیشنهاد داده است. تئودور واس همچنین پیشنهاد کرد بهینه سازی متا اکتشافی کلونی زنبور عسل قادر به حل قطعی مسائل ترکیبی، و همچنین مسائل ترکیبی با مشخصه عدم قطعیت است.

کلونی زنبورها در طبیعت شامل منابع غذایی و زنبورها می باشد.

منابع غذایی: ارزش یک منبع غذایی بستگی به عوامل بسیاری مانند نزدیکی آن به کندو، غنای آن یا تمرکز انرژی آن و سهولت استخراج این انرژی دارد. به دلیل سادگی، "سودآوری" یک منبع غذایی را می توان با یک مقدار واحد نشان داد.

زنبورها هم به دو دسته ی زنبورهای کارگر و غیر کارگر تقسیم می شوند:

زنبورهای کارگر: آنها با یک منبع غذایی خاص مرتبط هستند که در حال حاضر در حال بهره برداری از آن هستند. آنها اطلاعاتی در مورد این منبع خاص، فاصله و جهت آن از کندو، سودآوری منبع حمل می کنند و این اطلاعات را با احتمال خاصی به اشتراک می گذارند.

زنبورهای غیرکارگر: آنها به طور مداوم به دنبال منبع غذایی برای بهره برداری هستند. دو نوع زنبور غیر کارگر وجود دارد: پیش آهنگ ها، جستجو در محیط اطراف کندو برای منابع غذایی جدید و جستجوگر ها که در کندو منتظر مانده و یک منبع غذایی را از طریق اطلاعات به اشتراک گذاشته شده توسط زنبورهای کارگر سازماندهی می کنند. میانگین تعداد پیش آهنگ ها در شرایط متوسط حدود ۵ تا ۱۰ درصد است.

تبادل اطلاعات بین زنبورها مهمترین رخداد در شکل گیری دانش جمعی است. مهمترین قسمت کندو برای تبادل اطلاعات، منطقه رقص است. ارتباط میان زنبورها با توجه به کیفیت منابع غذایی، در منطقه ی رقص اتفاق می افتد. این رقص، رقص چرخشی نامیده می شود.

از آنجاییکه اطلاعات در مورد تمام منابع غنی فعلی برای یک جستجوگر در منطقه ی رقص در دسترس است، احتمالاً او می تواند رقص های زیادی را تماشا کند و تصمیم می گیرد منبع سودآور را انتخاب کند. احتمال بیشتری وجود دارد که جستجوگرها منابع سودآور را انتخاب کنند به دلیل اینکه اطلاعات بیشتری در مورد منابع سودآور به اشتراک گذاشته می شود. زنبورهای کارگر اطلاعات خود را با احتمالاتی متناسب با سودآوری منبع غذایی به اشتراک می گذارند و به اشتراک گذاری این اطلاعات از طریق رقص چرخشی طولانی تر است. از این رو، استخدام متناسب با سودآوری منابع غذایی است.

در مورد زنبور عسل، خواص اساسی که خود سازماندهی بر آن متکی است، به شرح زیر است:

۱. بازخورد مثبت: با افزایش مقدار شهد منابع غذایی، شمار زنبورهای جستجوگر بازدیدکننده از آنها نیز افزایش می یابد.

۲. بازخورد منفی: فرآیند بهره برداری از منابع غذایی فقیر توسط زنبورها متوقف شده است.

۳. نوسانات: پیش آهنگ ها یک فرآیند جستجوی تصادفی را برای کشف منابع غذایی جدید انجام می دهند.

۴. تعاملات چندگانه: زنبورها اطلاعات خود را در مورد منابع غذایی با هم کندویی های خود در منطقه رقص به اشتراک می گذارند.

کلونی زنبورها در طبیعت شامل منابع غذایی و زنبورها می باشد. منابع غذایی: ارزش یک منبع غذایی بستگی به عوامل بسیاری مانند نزدیکی آن به کندو، غنای آن یا تمرکز انرژی آن و سهولت استخراج این انرژی دارد [۹].

^aBee Colony Optimization (BCO)

۶. نتیجه‌گیری

یک الگوریتم، روشی گام به گام برای حل مسئله است. امروزه به صورت گسترده‌ای از الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت در علوم مختلف استفاده می‌شود. این الگوریتم‌های الهام گرفته شده از طبیعت به ویژه از رفتار جانوران و گیاهان نسل جدیدی از روش‌های بهینه‌سازی و هوش مصنوعی را پایه‌گذاری کرده‌اند. در مقاله حاضر به بررسی ترویجی الگوریتم‌های زیستی و مبتنی بر گیاهان در هوش مصنوعی و روش‌های بهینه‌سازی پرداخته شده است. نگاه ترویجی این مقاله سعی دارد جایگاه این علوم میان رشته‌ای را تبیین نماید. در مقاله حاضر به الگوریتم‌های گیاهی و جانوری پرداخته شده است. در این راستا الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر رفتار زنبور عسل‌ها و شهد گیاهان اشاره شده است. تعاملات بهینه‌ای از این دست که از طبیعت بهینه‌پیرامون سرچشمه گرفته است، کاربرد گسترده‌ای در آینده هوش مصنوعی دارد و نقش اساسی در علوم میان رشته‌ای مانند ریاضیات، زیست‌شناسی، کامپیوتر و فنی و مهندسی دارد.

مراجع

- [۱] نعیمی پور، ک. نیپولیتان، ر. جعفرنژادقمی، ع (مترجم)، (۱۳۹۲)، طراحی الگوریتم‌ها، انتشارات علوم رایانه.
- [۲] لیزرسان، چ. استین، ک. ال رایوست، ر. کورمن، ت. دهقان طرزه، ع (مترجم)، مقدمه‌ای بر الگوریتم‌ها جلد ۱ (۱۳۹۷)، انتشارات نص.
- [۳] صنیعی‌آبادی، م. جبل عاملیان، ز. (۱۳۹۲)، الگوریتم‌های تکاملی و محاسبات زیستی، چاپ اول. انتشارات نیاز دانش.
- [۴] عبدی دویران، س. تشنه لب، م. علیاری شوره دلی، م. گل احمدی، ح. (۱۳۹۱)، طراحی الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه به کمک الگوریتم جغرافیای زیستی و الگوریتم تکاملی تفاضلی، هوش محاسباتی در مهندسی برق (سیستم‌های هوشمند در مهندسی برق)، دوره ۳، شماره ۳؛ از صفحه ۱۱ تا صفحه ۲۳.
- [۵] عتیقی، ف. رنجبر، ف. ناصری، الف. (۱۳۹۵)، استفاده از الگوریتم‌های هوشمند گیاهان در هوش مصنوعی، همایش ملی علوم و مهندسی کامپیوتر آینده پژوهشی-سرزمین پایدار.
- [6] Irem Selamoglu, B. Salhi, A. (2016), The Plant Propagation Algorithm for Discrete Optimisation: The Case of the Travelling Salesman Problem, In book: Nature-Inspired Computation in Engineering Chapter: 3 Publisher: Springer International Publishing.
- [7] Tong, L., Zhong-tuo, W. (2008). Application of Plant Growth Simulation Algorithm on Solving Facility Location Problem. Systems Engineering - Theory & Practice, Volume 28, Issue 12.
- [8] Sulaiman, M. Salhi, A. (۲۰۱۵). Seed-Based Plant Propagation Algorithm: The Feeding Station Model, The Scientific World Journal.
- [9] Karaboga, D.: An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization. Technical Report-TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department (2005)