مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره بیست و ششم / بهار ۱۳۹۵

طراحی الگویی جهت پیش بینی قیمت طلا، با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و الگوریتم ژنتیک و ارائه الگوریتم ترکیبی

زهرا امیرحسینی[۱]
عاطفه داورپناه[۲]

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۷

چکیده

امروزه سرمایه گذاری در بازارهای طلا، بخش مهمی از اقتصاد هر کشور را تشکیل می دهد؛ به همین دلیل پیش بینی قیمت طلا برای سرمایه گذاران از اهمیت ویژه ای برخوردار شده است تا بتوانند کمترین ریسک را در سرمایه گذاری خود داشته یاشند. در سالهای گذشته، از روش های کلاسیک برای پیش بینی قیمت طلا استفاده می نمودند. درحالیکه بازار طلا یک سیستم غیر خطی است، لذا هدف پژوهش حاضر پیش بینی قیمت طلا در بازار بین المللی، با در نظر گرفتن عوامل موثر بر آن با استفاده از الگوریتم های نوین ابتکاری می باشد. در تحقیق حاضر سه سناریو مطرح شده است؛ پیش بینی قیمت طلا با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان، پیش بینی قیمت طلا با استفاده از الگوریتم ژنتیک و پیش بینی قیمت طلا با ترکیب الگوریتم پرواز پرندگان و ژنتیک. بدین منظور ابتدا با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی K-means اقدام به خوشه‌بندی داده‌ها به دو خوشه می‌کنیم. هر خوشه شامل بخشی از داده‌های مجموعه آموزش و مجموعه تست می‌باشد. در مرحله دوم با توسعه الگوریتم پرواز پرندگان (بهبود الگوریتم پرواز پرندگان با استفاده از الگوریتم ژنتیک) اقدام به توسعه یک سیستم پیش بینی برای هر خوشه می‌کنیم و در واقع برای هر خوشه یک سیستم پیش بینی را توسعه داده و در نهایت پیش‌بینی قیمت طلا را برای داده‌های مجموعه تست در هر خوشه و با استفاده سیستم پیش بینی توسعه شده برای آن خوشه انجام می‌شود. مرحله‌ی اول به کمک نرم افزار داده کاوی کلمنتاین به انجام رسیده است و کدهای اجرایی مرحله ی دوم الگوریتم به زبان برنامه نویسی متلب نوشته شده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که استفاده از الگوی ترکیبی پرواز پرندگان با الگویی ژنتیک؛ به علت پوشش نقاط ضعف هر یک از الگوها و استفاده از نقاط قوت آنها در مسیر پیش بینی، دقت پیش بینی بیشتری دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم پرواز پرندگان، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ترکیبی پیشنهادی،پیش بینی قیمت طلا.

۱- استادیار گروه مدیریت، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران .(نویسنده مسئول)
z.amirhosseini@qodsiau.ac.ir
۲- دانش آموخته گروه حسابداری، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران.

۱- مقدمه

انسان موجودی است که ذاتاً و آنچنان که ادوار گذشته گواهی می‌کند، به دنبال رمز گشایی از پدیده‌های پیرامون خود است. تا بدین ترتیب قادر به پیش بینی رفتار آن پدیده‌ها باشد و بتواند این امکان را برای خود ایجاد کند که متناسب با آنچه که می‌پندارد و در آینده ممکن است رخ دهد، واکنش نشان دهد. روشن است که در عرصه‌های اقتصادی این مسئله بیشتر به چشم می‌خورد و چه انسان را موجودی عاقل اقتصادی بدانیم و چه نه، نمی‌توان فکر تلاش وی برای پاسخگویی صحیح به پیچیدگی‌ها و مسائل و ابهامات عرصه‌های اقتصادی را نادیده گرفت. ماهیت بسیار پویا و تغییرات همیشگی در بازار سرمایه محققان و اقتصاد دانان را همیشه در فکر بهترین راه برای پیش بینی‌های آینده و تصمیم گیری مناسب با آن قرار داده است. چرا که هرچه پدیده‌ای پویاتر و از حالت ایستا دورتر باشد پیش بینی آن در آینده دشوارتر است.

فلزات قیمتی همچون طلا، نقره و پلاتین از جمله مهم‌ترین متغیرهای موثر در سیستم‌های مالی بوده و پیش بینی قیمت آنها برای تصمیم گیران از اهمیت زیادی برخوردار است. بالاخص از گذشته‌ها طلا در بازار توجه بسیاری را به خود جلب کرده است و همین توجه باعث شده محققان، سرمایه گذاران و فعالان بازار سرمایه همواره به دنبال ابداع و استفاده از متدهای جدید پیش بینی، در جهت دستیابی به نتایج بهتر باشند. تا کنون روش‌های زیادی برای پیش بینی قیمت طلا مورد استفاده قرار گرفته است، از جمله روش‌های سنتی کمی مانند رگرسیون، مدل‌های سری‌های زمانی، اتورگرسیون و میانگین متحرک (ARIMA) و غیره که برای پیش بینی در بازارهای مالی نیز بسیار مورد توجه بوده‌اند. اما از آنجاکه بازار طلا یک سیستم غیر خطی است، و از عوامل مختلفی از جمله قیمت نقره، شاخص دلار آمریکا، قیمت نفت خام، نرخ تورم، نرخ بهره، شاخص سهام، تولید جهانی طلا، قیمت طلای جهانی و ... متاثر می باشد، استفاده از روش های کلاسیک برای تصمیم گیری صحیح در شرایط پویای بازار طلا می تواند خطای پیش بینی را افزایش دهد. با پیشرفت و توسعه روش های غیر خطی همچون شبکه های عصبی، شبکه های عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک و ... ؛ می توان از این روش های نوین ابتکاری و هوش مصنوعی، برای پیش بینی قیمت طلا استفاده نمود. اما نکته مهم این است که از میان روش‌های مختلف کدامیک برای پیش بینی قیمت طلا مناسب‌تر است؟ و یا اینکه در شرایط حال یک جامعه کدام روش بهتر عمل می‌کند؟ همچنین با توجه به اینکه روش‌های مختلف هر کدام دارای نقص‌های مختلفی هستند، تا چه اندازه می‌توان به نتایج حاصل از یک روش پیش بینی تکیه کرد؟ از این رو در این پژوهش تلاش کردیم با استفاده از الگوریتمی نوین به پیش بینی قیمت طلا بپردازیم و این الگوریتم را به عنوان ابزاری جدید برای پیش بینی معرفی نماییم. به عبارتی هدف اصلی این تحقیق، طراحی مدلی جهت پیش بینی قیمت طلا با استفاده از الگوریتم نوین ابتکاری پرواز پرندگان(PSO)[1] به صورت ترکیبی با الگوریتم ژنتیک(GA)[2] می‌باشد. به نحوی که نتایج بهتر و نزدیکتر به واقعیت به نسبت روش‌های قبلی مورد استفاده نشان دهد. در واقع از بعد کاربردی در این تحقیق ارائه چارچوبی با کم‌ترین خطا برای پیش بینی قیمت طلا می‌باشد. بنابراین در این پژوهش به دنبال پاسخ به این سئوال هستیم که آیا با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و الگوریتم ژنتیک می توان الگویی جدید جهت

پیش بینی قیمت طلا طراحی نمودکه خطای پیش بینی کمتری نسبت به روش‌هایی که قبلاً مورد استفاده قرار گرفته‌اند داشته باشد؟

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

یکی از ابزارهای مهم مدیریت استفاده از روش های مختلف پیش بینی است. مدیر برای تصمیم گیری نیاز به برآورد رویدادهای آینده با استفاده از اطلاعات گذشته دارد.[5] پیش بینی در زندگی بشر یک ضرورت محسوب می‌شود و به قطع یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در عرصه‌های تصمیم‌گیری، به ویژه در حوزه مسائل مالی و اقتصادی را می‌توان پیش‌بینی آینده در شرایط عدم اطمینان و بر اساس اطلاعات موجود دانست. لذا در این راستا همواره پژوهشگران به دنبال فناوری‌هایی بوده‌اند که بتوانند نتایج مناسبی برای پیش‌بینی ارائه کنند. نکته بسیار مهمی که در مورد هر پیش‌بینی وجود دارد، دقت آن است. پیش‌بینی مانند هر فرایند دیگری از چند فعالیت تشکیل شده است که می توان آن را به سه مرحله آماده‌سازی، ساخت مدل و پیش‌بینی تقسیم کرد.[16] تاکنون تکنیک‌های متفاوتی جهت پیش بینی ارائه شده است که هر یک مزایا و معایب خاص خود را داشته‌اند. به طور کلی این تکنیک‌ها به دو دسته‌ی روش‌های سنتی(مدل‌های سری‌های زمانی و مدل‌های سببی) و روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی(منطق فازی ، شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم‌های تکاملی و استدلال احتمالاتی) تقسیم می‌شوند. [15] در تحقیق حاضر به بررسی دو الگوریتم پرواز پرندگان و الگوریتم ژنتیک پرداخته می شود.

۲-۱- الگوریتم پرواز پرندگان

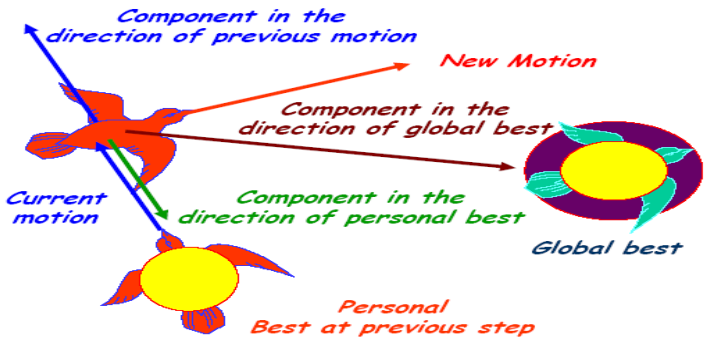
این الگوریتم از جمله الگوریتم های بهینه‌سازی الهام گرفته شده از طبیعت و همچنین از تکنیک‌های محاسبات پویا است که بر پایه جمعیت اولیه استوار است و شبیه سازی رفتار اجتماعی یک گروه پرندگان در یافتن غذا می‌باشد. این روش نخستین بار در سال ۱۹۹۵ به عنوان یک روش بهینه سازی توسط ابرهارت و کندی بکار گرفته شد. از آنجایی که استفاده از این الگوریتم تنها نیازمند یکسری عملگرهای محاسباتی ابتدایی است، اجرای این الگوریتم ساده و از نظر هزینه های اقتصادی مقرون به صرفه است.[7] الگوریتم پرواز پرندگان با یک جمعیت از راه حل‌های تصادفی مسئله که به آنها ذره[۳] گفته می‌شود، آغاز می‌شود. الگوریتم ابتدایی از شبیه‌سازی رفتار اجتماعی یک گروه از پرندگان در یافتن غذا الهام گرفته شده است. پرنده به کمک همکاری اجتماعی با پرندگان دیگر گروه برای یافتن غذا تلاش می‌کند. هر پرنده با توجه به مکان قبلی خود و یا با ارتباط با یکی از اعضای گروه که بهترین غذا را یافته است، مکان فعلی خود را به آن سمت ترک می‌کند. در این روش هر یک از ذرات سعی می‌کنند با تنظیم مسیر خود و حرکت به سمت بهترین تجربه شخصی و بهترین تجربه جمعی گروه، به سوی راه حل نهایی حرکت کنند. در این الگوریتم هر ذره دارای یک سرعت خاص است. این ذرات در فضای جستجو با سرعتی که بصورت دینامیکی با توجه به رفتار گذشته‌شان تنظیم می‌شود، پرواز می‌کنند. در نتیجه ذرات تمایل دارند در طول مرحله جستجو به

سمت بهترین و مناسب ترین منطقه جستجو حرکت نمایند. حرکت دسته جمعی ذرات یک تکنیک کارا برای حل مسایل بهینه‌سازی است که بر مبنای قوانین احتمال و بر اساس جمعیت کار می‌کند. آغاز کار PSO به این شکل است که گروهی از ذرات (راه حل‌ها) به صورت تصادفی به وجود می‌آیند و با به روز کردن نسل‌ها سعی در یافتن راه حل بهینه می‌نمایند. در هر گام، هر ذره با استفاده از مکان فعلی خود و دو مقدار بهترین به روز می‌شود. اولین مورد بهترین موقعیتی است که تا کنون ذره موفق به رسیدن به آن شده است. موقعیت مذکور با نام pbest[۴] شناخته و نگهداری می‌شود. بهترین مقدار دیگری که توسط الگوریتم مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهترین موقعیتی است که تاکنون توسط جمعیت ذرات بدست آمده است. این موقعیت باgbest[۵] نمایش داده می‌شود. کلیه ذرات بهترین مکان خود، بهترین مکان ذرات گروه و همچنین مقدار تابع هدف متناظر با هر مکان را می‌دانند. در هر مرحله از الگوریتم رفتار ذره بصورت ترکیب تصادفی سه امکان پیروی از مسیر خود ذره، برگشتن به بهترین مکان قبلی خودش و رفتن به بهترین مکان قبلی یا فعلی ذرات گروه انتخاب می‌شود. رفتار ذره در این الگوریتم به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود:

$$V_{i,t} = V_{i,t} + c_1 r_{1,t}(P_{i,t} - X_{i,t}) + c_2 r_{2,t}(P_{g,t} - X_{i,t}) \qquad (۱)$$

$$X_{i,t+1} = X_{i,t} + V_{i,t} \qquad (۲)$$

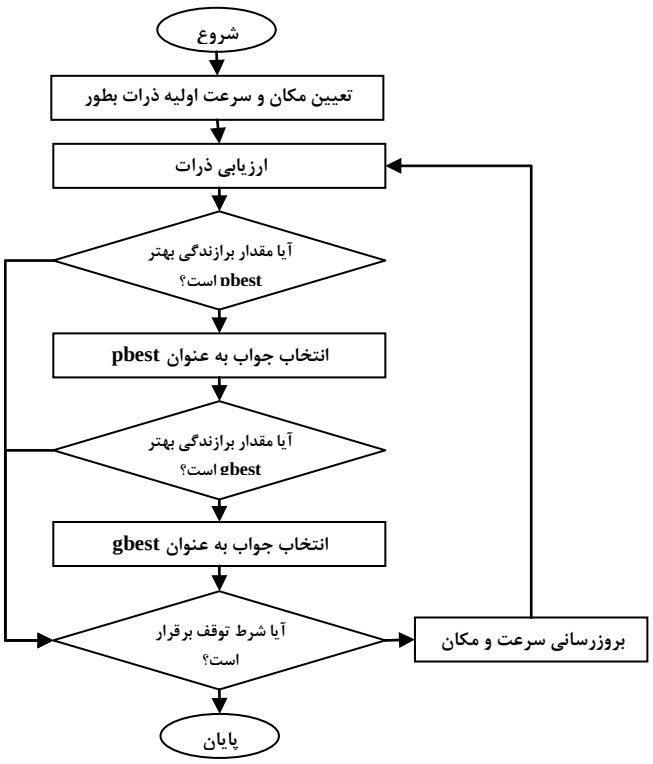
$X_{i,t}$: مکان ذره i ام در مرحله تکرار t، $V_{i,t}$: سرعت ذره یا نرخ تغییر مکان ذره i ام در مرحله تکرار t، $P_{i,t}$: بهترین مکان قبلی ذره i ام در مرحله تکرار t، $P_{g,t}$: بهترین مکان بین تمام ذرات در مرحله تکرار t، C_1،C_2: ضرایب ثابت(پارامترهای یادگیری هستند که نشان دهنده میزان اعتماد به هر یک از دو امکان می‌باشند و معمولا $C_1=C_2=2$ پیشنهاد میشود)، $r_{1,t}$،$r_{2,t}$: مقدار تصادفی بین (۰،۱) . نمایش رفتار هر ذره در اگوریتم PSO و نحوه انتخاب مسیر جدید آن در نمودگر ۱ نشان داده شده است.[10]



نمودگر ۱: نمایش رفتار ذرات در الگوریتم پرواز پرندگان

مراحل اجرای الگوریتم عبارتند از مرحله ۱: تعیین مکان و سرعت اولیه‌ی ذرات بطور تصادفی؛ مرحله۲: محاسبه مقدار تابع هدف برای هر ذره‌ی i با توجه به مکان هر ذره؛ مرحله ۳: مقایسه مکان فعلی ذره‌ی i ام با بهترین مکان همان ذره؛ مرحله ۴: تشخیص موفق ترین ذره همسایه و بهترین مکان ذرات گروه تا این مرحله از جستجو و مرحله ۵: تغییر سرعت و مکان ذره مطابق با روابط (۱) و (۲) و بازگشت به مرحله۲.

سمت راست معادله (۱) از سه قسمت تشکیل شده است که قسمت اول، سرعت فعلی ذره است و قسمت‌های دوم و سوم تغییر سرعت ذره و چرخش آن به سمت بهترین تجربه شخصی و بهترین تجربه گروه را به عهده دارند. اگر قسمت اول را در این معادله در نظر نگیریم، آنگاه سرعت ذرات تنها با توجه به بهترین تجربه ذره و بهترین تجربه گروه تعیین می‌شود. به این ترتیب، بهترین ذره گروه، در مکان خود ثابت باقی می‌ماند و سایرین به سمت آن ذره حرکت می‌کنند. در واقع حرکت دسته جمعی ذرات بدون قسمت اول معادله (۱)، پروسه‌ای خواهد بود که طی آن فضای جستجو به تدریج کوچک می‌شود و جستجویی محلی حول بهترین ذره شکل می‌گیرد. در مقابل اگر فقط قسمت اول معادله (۱) را در نظر بگیریم، ذرات راه عادی خود را می‌روند تا به دیواره محدوده برسند و به نوعی جستجویی سراسری انجام میدهند.

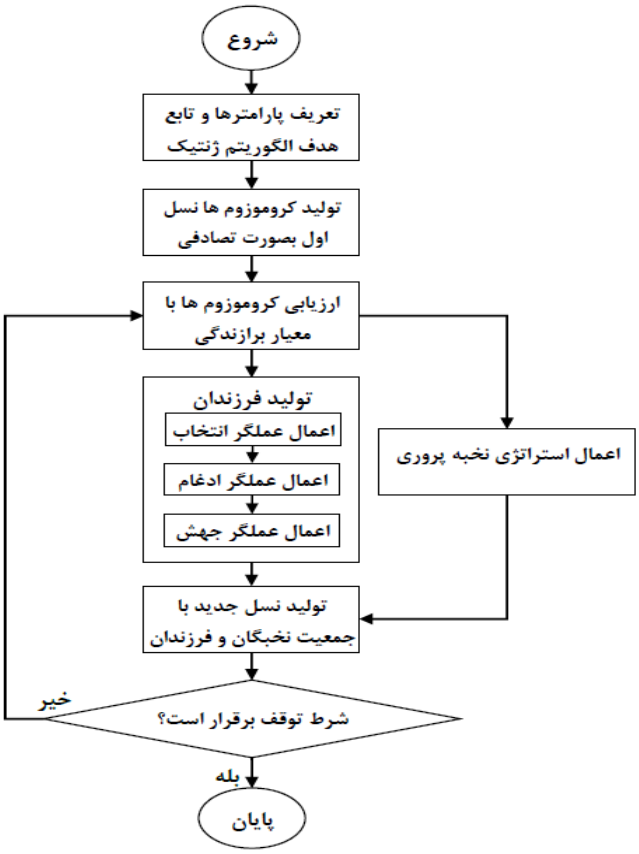


نمودگر ۲- مراحل الگوریتم پرواز پرندگان

۲-۲- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یک روش جستجوی احتمالی است که از شبیه‌سازی تکامل زیستی و طبیعی استفاده می‌کند. به تعبیری دیگر این الگو یکی از روش‌های بهینه‌سازی الهام گرفته شده از طبیعت است که بر مبنای مدل‌سازی ریاضی نظریه تکامل و فرآیند انتخاب طبیعی در طبیعت می‌باشند.الگوریتم ژنتیک با به کار گیری اصول انتخاب طبیعی و بقای بهترین‌ها برای تولید تخمین‌های هر چه بهتر یک جواب، روی جمعیتی از جواب‌های بالقوه عمل می‌نماید. در هر نسل، مجموعه‌ای جدید از تخمین‌ها توسط فرآیند انتخاب افراد مطابق با سطح برازندگی‌شان در دامنه مسئله و پرورش آنها با هم با استفاده از عمل گر های گرفته شده از ژنتیک طبیعی ایجاد می‌گردد. این فرآیند ما را به سمت تکامل جمعیت‌هایی از افراد، که با محیط مربوطه‌شان بهتر از والدینشان وفق داده شده‌اند هدایت می‌کند[8]. تابع هدف در طبیعت همان قدرت و سرعت موجودات است که طبیعت آن را برای هر موجود محاسبه می‌کند. اصول بنیادی الگوریتم ژنتیک اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط جان هلند، در دانشگاه میشیگان آمریکا، ابداع شد.[18] یکی از برتری های این الگوریتم نسبت به سایر مدل های پیش بینی، عدم وابستگی این الگوریتم بر فرضیه های آماری محدود کننده و نرمال بودن توزیع نسبتها یا برابری واریانس یا کوواریانس ماتریس نسبتها می باشد. [3]

الگوریتم ژنتیک، با تعریف یک کروموزوم[۶] یا یک آرایه از مقادیر پارامتری که باید بهینه باشد شروع می-شود. هر درایه در هر کروموزوم ژن نامیده می‌شود. مجموعه‌ای از این کروموزوم‌ها جمعیت[۷] الگوریتم را تشکیل می‌دهد. اگر مسئله دارای N_{par} پارامتر متغیر باشد می‌توان هر کروموزوم را به صورت $[P_1, P_2, ..., P_{N_{par}}]$ نشان داد که P_i، i امین پارامتر مسئله است. یکی از ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک این است که به جای تمرکز بر روی یک نقطه از فضای جستجو یا یک کروموزوم بر روی جمعیتی از کروموزوم‌ها کار می‌کند، بدین ترتیب در هر مرحله، الگوریتم ژنتیک دارای جمعیتی از کروموزوم‌ها بوده که خواص مورد نظر را بیشتر از جمعیت مرحله قبل دارا است.[1] علاوه بر این در الگوریتم ژنتیک تابع هزینه[۸] مقدار تابع هدف به ازای یک دسته پارامتر (یک کروموزوم) است و می‌تواند به صورت یک تابع ریاضی، یا نتیجه یک آزمایش یا نتیجه یک بازی باشد. تابع هدف جهت تعیین اینکه افراد چگونه در محدوده مسئله ایفای نقش می‌نمایند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مناسب بودن یا نبودن جواب با مقداری که از تابع برازندگی[۹] به دست می‌آید سنجیده می‌شود. هر چه که یک جواب مناسب‌تر باشد مقدار برازندگی بزرگ‌تری دارد و احتمال بقای کروموزوم متناظر با آن بیشتر خواهد بود. مراحل مختلف اجرای الگوریتم ژنتیک به شرح نمودگر ۳ میباشد.[11]



نمودگر ۳- مراحل الگوریتم ژنتیک

۲-۳- پیشینه پژوهش

در زمینه پیش بینی قیمت طلا تا کنون تحقیقات گوناگونی با روش‌های مختلف صورت گرفته است. عبدالرضا یزدانی مزینی و همکارانش(۲۰۱۲)، به پیش بینی تغییرات قیمت طلا با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی و شبکه‌های عصبی پرداختند و نتایج آن را با مدل سنتی ریاضی خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته مقایسه کردند. نتایج نشان داد که مدل شبکه‌های عصبی فازی نسبت به دو مدل دیگر نتیجه بهتری دارد. همچنین نتایج آنالیز حساسیت در این تحقیق نشان دهنده تأثیر پذیری زیاد قیمت طلا از قیمت نفت بود.[19] شهریار شفیعی و ارکان توپال(۲۰۱۰)، در تحقیقی با عنوان مروری بر بازار جهانی طلا و پیش بینی قیمت، با استفاده از مدل روند بلند مدت بازگشت افت و خیزی به بررسی قیمت طلا در دوره بحران‌های اقتصادی از سال ۱۹۶۸ تا ۲۰۰۸ پرداختند. محققین ابتدا به تحلیل تقاضا و عرضه طلا و

قیمت طلا در بازار پرداخته شده است. سپس روند تاریخی حرکت قیمت طلا مورد بررسی قرار گرفته است و بعد از آن ارتباط بین قیمت طلا و برخی فاکتورهای قابل اندازه گیری اقتصادی (مانند قیمت نفت خام و تورم) را مورد بررسی قرار دادند و تلاش کردند قیمت طلا را برای ۱۰ سال آینده پیش بینی کنند.[17] جورجیون سرمپینیز (۲۰۱۳) ، در پژوهشی به پیش بینی نرخ ارز خارجی با شبکه‌های عصبی انطباقی با عملکردهای پایه شعاعی و الگوریتم بهینه سازی ذرات (پرواز پرندگان) از تاریخ ژانویه ۱۹۹۹ تا مارس ۲۰۱۱ پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که الگوریتم PSO مدلی مناسبتر برای پیش بینی نرخ ارز میباشد.[13] زوکین ژانگ و یوهی چن (۲۰۰۸) ، از الگوریتم پرواز پرندگان برای پیش بینی شاخص سهام متشکل از ۱۰۰ سهم در چین استفاده کردند. نتایج نشان داد که این روش برای حل مشکل پیش بینی شاخص سهام، عملکرد موثری دارد.[20] سرفراز و افسر(۱۳۸۴)، طی مقاله‌ای به کمک شبکه‌های عصبی فازی مدلی را در زمینه پیش بینی قیمت طلا ارائه کردند. نتیجه‌ای که کسب کردند این بود که شبکه‌های عصبی فازی نسبت به روش رگرسیون در این زمینه برتری دارد.[2] دموری و همکارانشان(۱۳۹۰) به پیش بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و مقایسه آن با روش‌های سنتی از ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که در میان الگوهای سنتی آریما، دارای بهترین برآورد است. همچنین در مقایسه الگوی پرواز پرندگان با آریما مشخص شد که خطای برآورد این الگو نسبت به آریما بسیار کمتر و میتوان از آن برای پیش بینی آینده استفاده کرد.[4]

۳- فرضیه پژوهش

۱) با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان می توان الگوی جدیدی برای پیش بینی قیمت طلا طراحی کرد.

۲) الگوی جدید می‌تواند خطای پیش بینی کمتری نسبت به سایر روش‌ها دارد.

۴- روش شناسی پژوهش

این تحقیق از نظر هدف، کاربردی است . روش پژوهش در این تحقیق به صورت قیاسی – استقرایی است. بدین معنا که؛ در چارچوب نظری و پیشینه پژوهش از طریق منابع کتابخانه ای، مقالات، اینترنت به صورت قیاسی و جمع آوری اطلاعات برای رد یا تایید فرضیه در قالب استقرایی می باشد. در این تحقیق به مجموعه ای از داده‌های اولیه که همگی فاکتورهایی هستند که با قیمت طلا ارتباط نزدیک دارند، نیاز می باشد. جامعه آماری تحقیق حاضر بازارهای بین المللی در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۳ می‌باشد. از آنجا که داده‌های مورد استفاده در روش‌های پیش بینی داده‌های واقعی گذشته هستند، جمع آوری اطلاعات داده‌ها به صورت ماهیانه از سایت‌های بسیار معتبر جهان/ی بوده است(جدول ۱). همچنین گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای – مباحث نظری و تجربی از مقاله‌ها و کتب موجود در کتابخانه‌ها و پایگاه‌های اینترنتی استخراج شده است.

جدول ۱- منابع اینترنتی شاخص‌ها

متغیر	منابع
قیمت نقره(S)	www.kitco.com
شاخص دلار آمریکا(C)	research.stlouifed.org
قیمت نفت خام(O)	www.economagic.com
نرخ تورم(Inf)	www.inflationdata.com , www.rateinflation.com
نرخ بهره(Int)	www.econstats.com , research.stlouisfrd.org
شاخص سهام(DJ)	minerals.usg.gov , research.stlouisfrd.org
تولید جهانی طلا(Pg)	minerals.usg.gov
قیمت طلای جهانی(G)	www.kitco.com

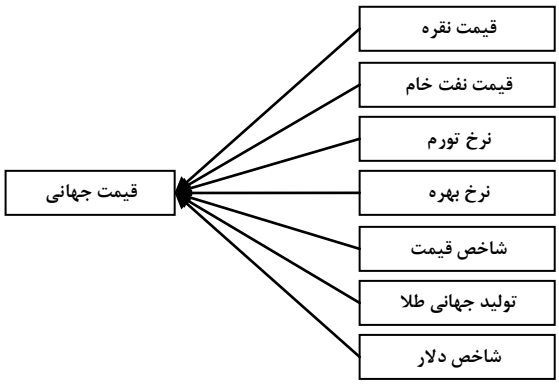
پیاده سازی الگوی تحقیق توسط کدهای نوشته شده به صورت M-File های نرم افزار مطلب انجام می شود. تابع هدف این الگوریتم به صورت زیر تعریف می شود:

$$\min f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| E_{actual} - E_{forecasting} \right| / E_{actual}$$

که در آن n تعداد کل مشاهدات، E_{actual} مقدار واقعی و $E_{forecasting}$ مقدار پیش بینی شده شاخص است. به این ترتیب الگوریتم پرواز پرندگان در جهت کاهش اختلاف بین مقدار پیش بینی شده و مقدار واقعی حرکت می کند.

۵- مدل مفهومی و متغیرهای پژوهش

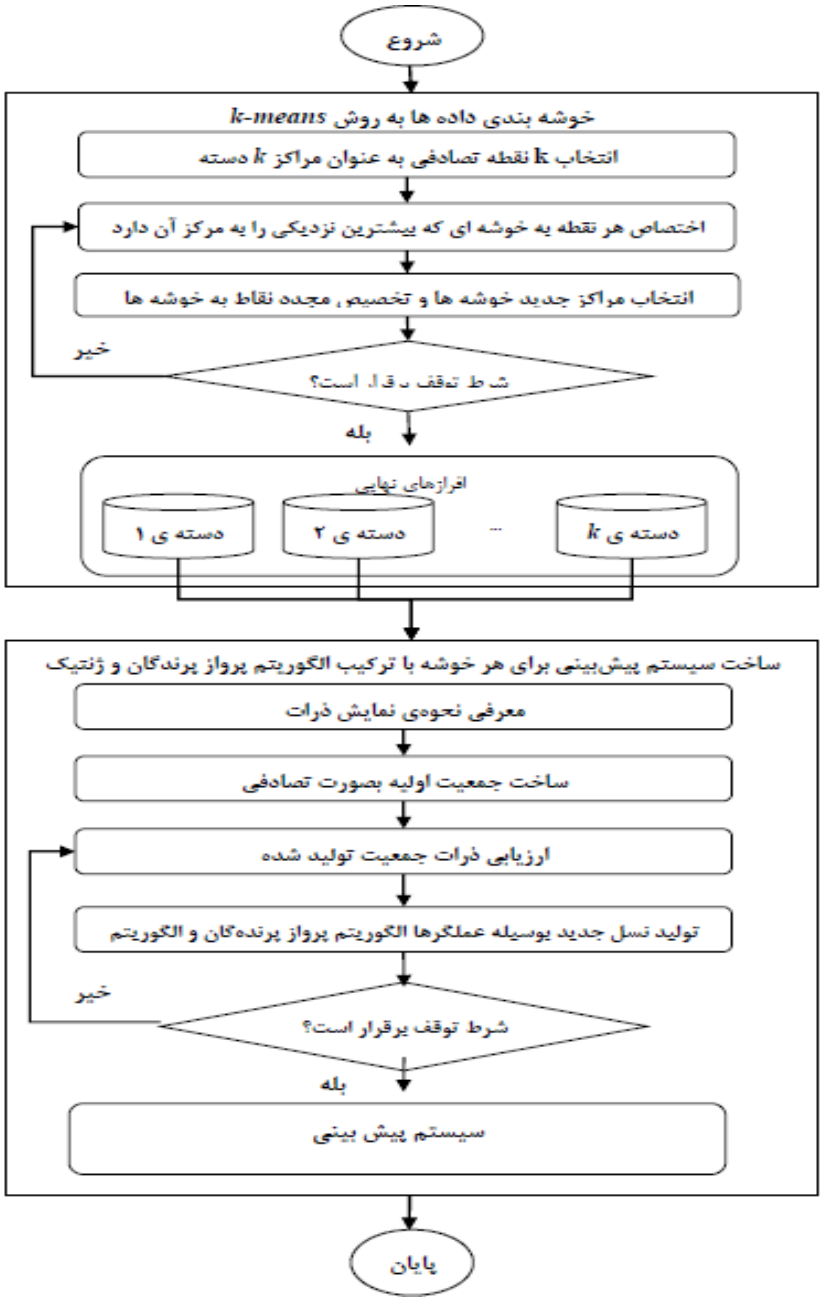
یکی از مسائل مهم در انجام پیش بینی صحیح در نظر گرفتن فاکتورهای اثر گذار بر متغیر مورد پیش بینی است. به نحوی که با توجه به نوع تأثیری که به تنهایی یا به طور مجموعه‌ای بر متغیر مسئله دارند اقدام به پیش بینی نماییم. اگر چه که باید این نکته را همواره در نظر داشته باشیم که در محیط پویای امروز، پیدا کردن کلیه عوامل تأثیر گذار و بررسی آنها امر ساده‌ای نیست، اما می‌توان با انتخاب عوامل تأثیر گذار عمده و بررسی تأثیر آنها پیش بینی نزدیک به واقعیت انجام داد. در این پژوهش با انتخاب فاکتورهای کلان اقتصادی که در ارتباط نزدیک با یکدیگر هستند و پایه سیستم‌های اقتصادی را تشکیل می‌دهند به پیش بینی قیمت طلا می‌پردازیم. از این رو قیمت نقره، شاخص دلار آمریکا، قیمت نفت خام، نرخ تورم، نرخ بهره، شاخص قیمت سهام، تولید جهانی طلا به عنوان متغیرهای تاثیرگذار بر قیمت طلا مورد بررسی قرا ر گرفت.



نمودگر ۱- مدل مفهومی پژوهش

۶- ارائه الگوریتم ترکیبی پیشنهادی

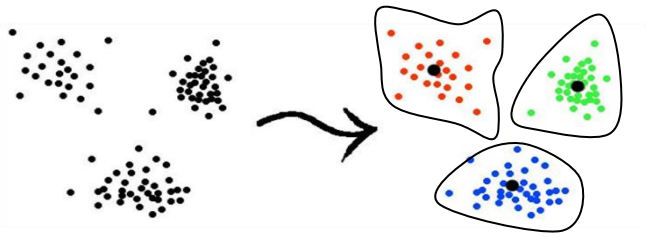
در این قسمت ابتدا به ذکر شماتیک الگوریتم ترکیبی (نمودگر ۴) پرداخته می‌شود. سپس هر یک از بخش‌های الگوریتم مورد بررسی قرار می‌گیرد و پس از آن با ارائه‌ی روشی ترکیبی هوشمند، به مدلسازی پیش بینی قیمت طلا می‌پردازیم. نمودگر ۴ شماتیک کلی روش پیشنهای را نشان می‌دهد. روش پیشنهادی در دو مرحله شکل می‌گیرد. ابتدا خوشه‌بندی داده ها با استفاده از تکنیک k-means و سپس ساخت سیستم پیش بینی GA-PSO برای هر خوشه با استفاده از الگوریتم PSO و الگوریتم GA.



نمودگر ۴- شماتیک کلی الگوریتم ترکیبی پیشنهادی

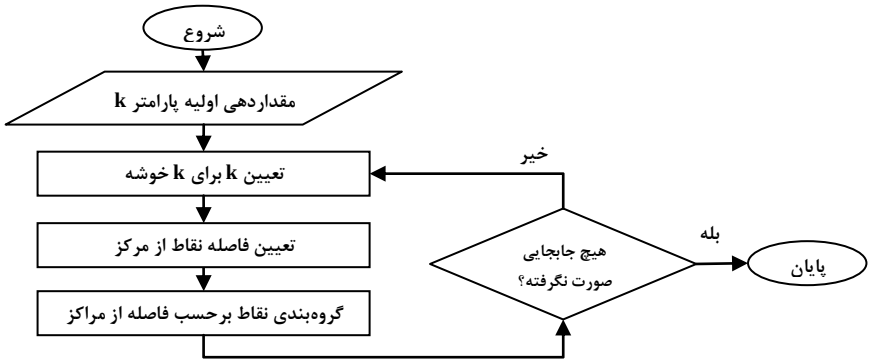
۶-۱- مرحله اول: خوشه بندی داده ها به روش k-means

خوشه بندی، نوعی عملیات داده‌کاوی غیر مستقیم و گروه بندی نمونه‌های مشابه در یک حجم داده می-باشد. مسئله اساسی خوشه بندی عبارت است از توزیع داده‌ها به k گروه مختلف که داده‌های هر گروه با یکدیگر مشابه بوده و داده‌های گروه‌های دیگر با یکدیگر نامشابه باشند. [13] در این پژوهش از تکنیک k-means جهت خوشه‌بندی داده های برای بررسی اثر خوشه‌بندی بر پیش بینی قیمت طلا استفاده می شود. تکنیک k-means روشی است برای افراز مجموعه‌ای از داده‌ها به k خوشه به طوری که داده‌های هر خوشه از لحاظ ملاک ارزیابی مشخصی تشابه دارند. این الگوریتم پارامتر k را به عنوان ورودی گرفته و مجموعه n شیء را به k خوشه افراز می‌کند. به طوری که سطح شباهت داخلی خوشه‌ها بالا بوده و سطح شباهت اشیاء بیرون خوشه‌ها پایین باشد. شباهت هر خوشه نسبت به متوسط اشیاء آن خوشه سنجیده شده که این متوسط مرکز خوشه نامیده می‌شود (نمودگر۵ توجه نمایید).[6]



نمودگر ۵- افراز داده‌ها به k دسته به روش k-means

مجموعه‌ی مشاهدات $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ را در نظر بگیرید، به طوری که هر مشاهده یک بردار d بعدی از اعداد حقیقی است. مراحل کلی تکنیک k-means جهت افراز n مشاهده به k خوشه به صورت نمودگر ۶ می‌باشد.



نمودگر ۶- مراحل کلی تکنیک K-means

۶-۲- مرحله دوم: ساخت سیستم پیش بینی برای هر خوشه با ترکیب الگوریتم PSO و GA

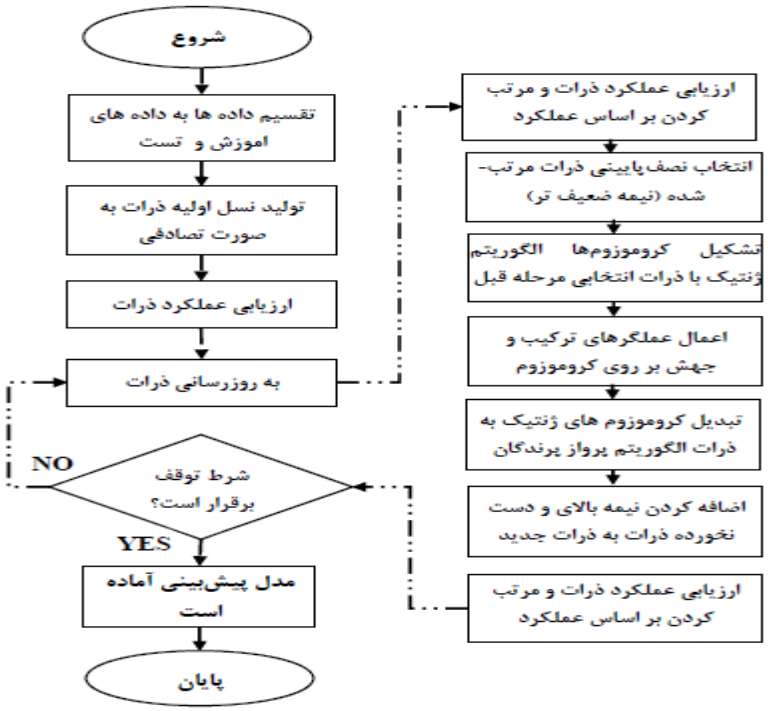
با مطالعه کاربردهای الگوریتم مختلف هوش مصنوعی مشخص شده است که هر کدام از این الگوریتم ها داری نقاط ضعف و قوت مربوط به خود هستند. رویکرد جدید در استفاده از این الگوریتم‌ها ترکیب آنها برای رسیدن به الگوریتمی با کارایی بهتر است. برای این منظور با شناخت نقاط ضعف و قوت این الگوریتم‌ها آنها را طوری با هم ترکیب می‌نمایند که از نقاط قوت این الگوریتم‌ها جهت برطرف کردن و پوشش ضعف‌های همدیگر استفاده کرد.[9]

یکی از مهمترین مشکلات الگوریتم پرواز پرندگان همگرایی سریع است. به این ترتیب که الگوریتم قبل از اینکه فضای جواب را کامل جستجو نمایید به بهترین جواب ممکن می‌رسد که باعث می شود که احتمال گیر افتادن در نقاط بهینه محلی افزایش یابد. لازم به ذکر است یکی از موارد مهم در طراحی یک الگوریتم جستجو این است که الگوریتم بتواند فضای جواب را خوب پیمایش نماید و با این کار احتمال گیر افتادن در نقاط بهینه محلی را کمتر می‌نماید. در این پژوهش برای برطرف کردن مشکل ذکر شده در الگوریتم پرواز پرندگان از الگوریتم ژنتیک که دارای قدرت جستجوگری بالایی است و می‌تواند جستجوی قابل قبولی در فضای جواب انجام دهد و از نقاط بهینه محلی فرار نماید،استفاده می‌شود. در الگوریتم ترکیبی پیشنهادی بعد از هر تکرار الگوریتم پرواز پرندگان، با انتخاب نیمی از جمعیت ذرات که عملکرد ضعیفتری داشته اند، با استفاده عملگرهای الگوریتم ژنتیک ذرات را در فضای جواب به شکلی مجدداً به پرواز در آورده و باعث می-شود که فضای جواب بیشتر مورد پیمایش قرار بگیرد و به این ترتیب احتمال همگرایی سریع و گیرافتادن در نقاط بهینه محلی کاهش می‌یابد. مراحل الگوریتم ترکیبی بکار رفته در این پژوهش در نمودگر ۷ آورده شده است و کدنویسی مربوط به این الگوریتم پیشنهادی صورت پذیرفت.

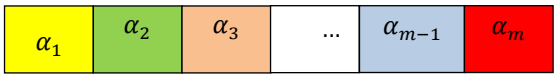
همانطور که در مدل مفهومی آمده است در این پژوهش قیمت طلا متاثر از ۷ متغیرقیمت نقره، شاخص قیمت سهام، قیمت نفت خام، نرخ تورم، نرخ بهره، شاخص دلار و تولید جهانی طلا می باشد که در واقع همان متغیرهای ورودی مسئله می باشند. حتما باید این نکته را در نظر داشت که هر کدام از این متغیرها با ضرائب و شیب خاصی قیمت طلا را مورد تاثیر قرار میدهند. به منظور معرفی نحوه نمایش ذرات، در اینجا قیمت طلا را به عنوان یک ذره یا پرنده در نظر گرفتیم. هر ذره یک آرایه به طول تعداد متغیرهای تاثیر تعریف می‌شود. کدینگ ذرات مربوط به الگوریتم پرواز پرندگان در نمودگر ۸ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که تمام متغیرهای ورودی، نرمال شده‌اند و مقادیر آنها به بازه ۰ تا ۱ برده می‌شود و هر ذره جوابی از ضرایب معادله رگرسیون می‌باشد. اگر فرض کنیم $X_1, X_2, \ldots, X_m$ متغیرهای تاثیرگذار بر قیمت طلا باشد و Y قیمت طلا باشد در این صورت هر ذره جوابی از مسئله به صورت $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ در معادله تعیین قیمت طلا به صورت زیر است:

$$Y = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \cdots + \alpha_m X_m \qquad (۳)$$

در واقع طبق کدینگ فوق X ها متغیر ها تاثیر گذار بر قیمت طلا و α ها ضریب موثر آن متغیر است کـه در نهایت قیت طلای Y را به ما می دهد.



نمودگر ۷- مراحل الگوریتم ترکیبی پیشنهادی



نمودگر ۸- نمایش کدینگ ذرات الگوریتم پرواز پرندگان

مرحله ساخت جمعیت اولیه به صورت تصادفی است. در این مرحله از الگوریتم بطور تصادفی به اندازه‌ی $\mathbf{N_{pop}}$ جواب اولیه (تعداد ذرات مورد نیاز) تولید می‌کند. بطوریکه هر جواب در این مرحله حاوی m عدد در بازه [۰,۱] است و همچنین سرعت مربوط به هر ذره (جواب) نیز به صورت تصادفی تولید می‌شود. در این مرحله به پرندگان یا همان ذرات اجازه داده می شود که آزادانه در فضای مسئله به حرکت در آیند و هرکدام

جواب جدید از مسئله نشان دهند. در واقع در فضای مسئله ما (که با توجه به متغیر های تاثیر گذار انتخاب شده) هفت وجه دارد، به ذرات اجازه داده می شود که به پرواز در آمده و یک نقطه از فضا را انتخاب کند. این نقطه از فضا توجه به مقدار عوامل موثر قیمت جدیدی از طلا را به ما میدهد که با مقایسه آن با رقم واقعی قیمت طلا در آن مقطع سطح خطای الگو را محاسبه می کنیم. حال باید به ارزیابی ذرات جمعیت تولید شده پراخت. تابع برازندگی که برای این منظور استفاده می‌شود، تابع میانگین مربع خطا (MSE) می باشد که عموماً در طراحی سیستم پیش بینی استفاده شده و بصورت زیر تعریف می‌شود :

$$MSE(C_j) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Y_i - P_i)^2 \qquad (۴)$$

که در آن، C_j ذره jام جمعیت، Y_i خروجی حاصل از سیستم پیش‌بینی iاُمین داده مجموعه آموزش، P_iخروجی واقعی i اُمین داده مجموعه آموزش و N تعداد داده‌های مجموعه آموزش می‌باشد.

در آخر نوبت به تولید نسل جدید به وسیله عملگرهای الگوریتم پرواز پرندگان و الگوریتم ژنتیک می رسد. در این قسمت، ابتدا الگوریتم پرواز پرندگان بر روی داده‌های آموزش پیاده می‌شود در انتهای هر تکرار الگوریتم، اپراتورهای ترکیب و جهش الگوریتم ژنتیک بر روی ذرات عمل می‌کنند و آنها را بر روی فضای جواب را به پرواز بیشتری در می‌آورند و به این ترتیب الگوریتم پرواز پرندگان با کمک الگوریتم ژنتیک جستجوی عمومی بهتری در فضای جواب انجام می‌دهد. به بیان دیگر می توان چنین گفت که در این مرحله پس از هر تکرار الگوریتم پرواز پرندگان، با توجه به اینکه امکان گیر افتادن در کمینه های محلی وجود دارد و ممکن است فضای مسئله به طور کامل مورد جستجو قرار نگیرد، از الگوی ژنتیک کمک می گیریم. بدین صورت که با استفاده از موتورهای جستجوی قوی الگوی ژنتیک و جهش هایی که به صورت تصادفی ایجاد می کنیم، ذرات را وادار به پرواز در نقاط دیگر فضای چند وجهی مسئله می نماییم. این روند را در هر تکرار ادامه می دهیم تا جایی که فضای مسئله به طور کامل مورد بررسی قرار گیرد و در نهایت به شرط توقف مسئله برسیم (نمودگر۷). به عبارتی اگر تعداد تکرار ها برابر تعداد تعیین شده باشد، روند اجرای الگوریتم خاتمه می‌یابد و در غیر این صورت به مرحله‌ی مربوط رفته و فرایند فوق را تکرار می‌کنیم. با خاتمه اجرای الگوریتم، بهترین ذره در نسل آخر به عنوان جواب نهایی سیستم پیش‌بینی در نظر گرفته می-شود.

۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارائه روش ترکیبی هوشمند پیش بینی

۷-۱- جمع آوری داده ها

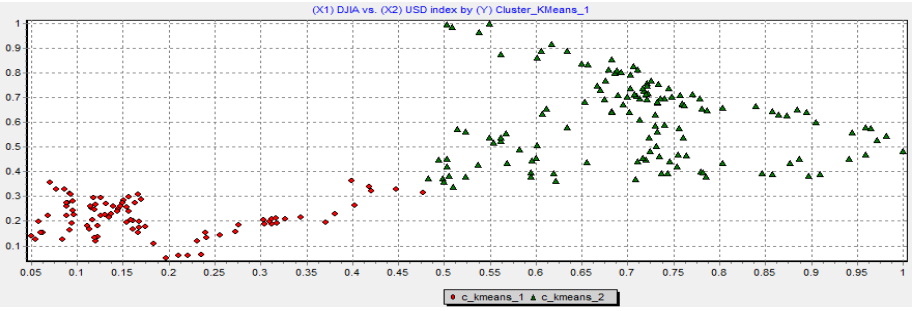
در این مرحله عوامل تاثیرگذار بر قیمت طلا انتخاب و داده های مربوطه جمع آوری می‌شوند. انتخاب مناسب این عوامل امری دشوار و مهم می باشد که با توجه به مطالعات مشابه انجام شده در گذشته، دانش افراد خبره و همچنین قوانین علمی موجود در ادبیات موضوع صورت می‌گیرد. پس از انتخاب عوامل و جمع

آوری داده، به تقسیم بندی داده ها به دو مجموعه ی آموزش و تست می پردازیم. داده های آموزش جهت ساخت مدل و داده های تست جهت ارزیابی عملکرد مدل بکار می‌روند.

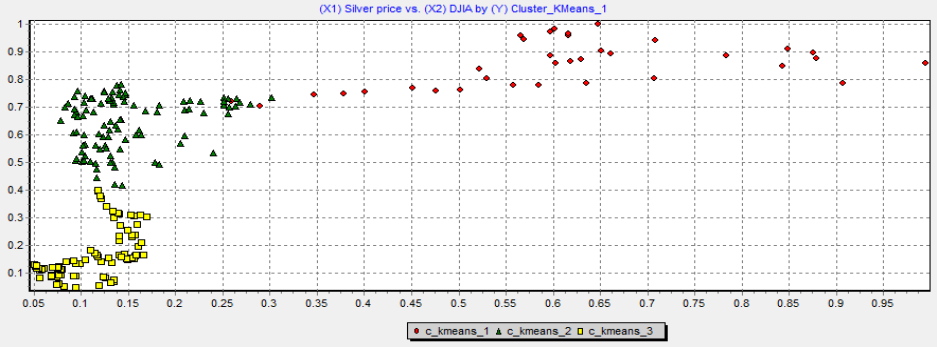
۷-۲- پیاده سازی الگوریتم های هوش مصنوعی

در این مرحله با استفاده از داده‌های آموزش، الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی ذکر شده را پیاده‌سازی می‌کنیم. لازم به ذکر است که، در پیاده‌سازی الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی باید پارامترهای مختلف هر الگوریتم تنظیم شوند. انتخاب مقادیر این پارامترها اغلب بصورت تجربی و به روش آزمون و خطا می باشد، لذا جهت یافتن ترکیبی مطلوب از پارامترها بایستی ترکیبات مختلف آزمایش شود. اگرچه هنگام انجام مرحله‌ی تنظیم بدنبال یافتن "بهترین ترکیب پارامتر ها" هستیم. با این حال به علت ماهیت تصادفی این فرآیند، نمی توان از "بهترین" بودن آن مطمئن بود چراکه امکان وجود چندین ترکیب دیگر با دقت‌های مشابه وجود دارد که استفاده از آن‌ها نیز میسر است. بنابراین در این مرحله در واقع بدنبال یافتن "ترکیبی مناسب" از پارامترها با عملکردی مطلوب هستیم.

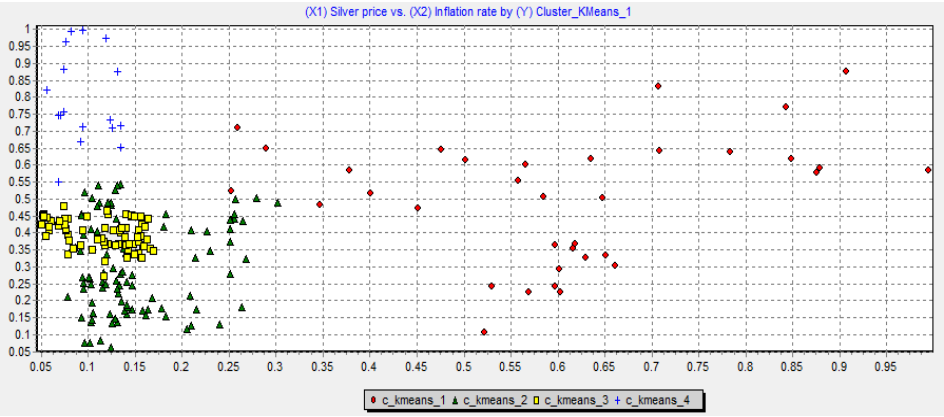
همانطور که ذکر گردید الگوریتم در دو مرحله ی اصلی شکل می گیرد. مرحله ی اول شامل خوشه بندی داده ها با استفاده از تکنیک k-means است و مرحله ی دوم عبارتست از ساخت سیستم پیش‌بینی برای هر خوشه. مرحله‌ی اول به کمک نرم افزار داده کاوی کلمنتاین[۱۰] به انجام رسیده است و همچنین کدهای اجرایی مرحله ی دوم الگوریتم به زبان برنامه نویسی متلب[۱۱] نوشته شده است. لازم به ذکر است خوشه بندی داده ها به این جهت انجام می شود که بتوان با قرار دادن داده های مشابه در یک گروه ، فضای داده ها را همگن کرد. در واقع به این دلیل که داده های مورد استفاده در این تحقیق ماهیت های متفاوت دارند و مربوط به دوره های زمانی مختلف هستند، برای اینکه بروز نویز های کلی بر فضای داده ها را کاهش دهیم، با همگن کردن فضا پارامتر های مسئله را ساده تر بررسی می نماییم. از آنجایی که روشی مشخص و قطعی برای تشخیص تعداد بهینه خوشه‌ها وجود ندارد، لذا از سعی و خطا استفاده می‌کنیم و با در نظر گرفتن تعداد افرازهای ۲، ۳ و ۴ تایی مناسب‌ترین تعداد خوشه را از بین آن ها انتخاب می کنیم. نتایج بدست آمده برای خوشه بندی‌ها مختلف در نمودگر های ۹و۱۰و۱۱ نشان داده شده است.



نمودگر۹- نمایش تخصیص داده ها به دو خوشه



نمودگر ۱۰- تخصیص داده ها به سه خوشه



نمودگر ۱۱- تخصیص داده ها به چهار خوشه

۷-۳-۱- پیاده سازی الگوریتم پرواز پرندگان

پیاده سازی الگوریتم پرواز پرندگان توسط کدهای نوشته شده بصورت M-File نرم افـزار Matlab بـه انجـام رسیده است. لازم به ذکر است که تابع هدف این الگوریتم بصورت زیر تعریف شده است:

$$RMSE^{12} = \min f(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(E_{actual} - E_{forecasted}\right)^2 / n} \qquad (۵)$$

که در آن n تعداد کل مشاهدات و E_{actual} مقدار واقعی قیمت طلا است. همچنین $E_{forecasted}$ مقدار پـیش بینی شده توسط الگوریتم می باشد که بصورت زیر محاسبه می شود:

$$E_{forecasted} = \alpha_1 * Silver\ price + \alpha_2 * Inflation\ rate + \alpha_3 * USD\ index + \alpha_4 * DJIA + \alpha_5 * Oil\ price + \alpha_6 * Intrest\ rate + \alpha_7 * Gold\ production \quad (۶)$$

در این مرحله، بعد از این که داده ها با تعداد خوشه های مختلف ایجاد شد. ارزیابی با استفاده از داده-های آموزش که در هر خوشه وجود دارد یک سیستم پیش بینی برای هر خوشه پیاده‌سازی می‌شود. بنابراین در مجموع به تعداد خوشه ها سیستم به طور مجزا آموزش داده می‌شود. دقت سیستم پیش بینی الگوریتم پرواز پرندگان برای تعداد خوشه های مختلف در جدول2 نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که بهترین دقت پیش بینی در حالتی است که تعداد خوشه ها دو باشد. از این به بعد منظور از سیستم پیش بینی، سیستم پیش بینی با دو خوشه است که برای هر خوشه این سیستم به طور مجزا طراحی خواهد شد.

جدول ۲: دقت پیش بینی الگوریتم پرواز پرندگان با تعداد خوشه های متفاوت

تعداد خوشه	۱	۲	۳	۴
دقت پیش بینی	۲۲,۱۳	۱۳,۱۲	۱۹,۱۳	۲۳,۱۲

ساختارهای مناسب بدست آمده برای این الگوریتم در هر دو خوشه با استفاده از ۵۰ ذره و در طی ۵۰۰ تکرار انجام شده و در جدول ۳ نشان داده شده است. الگوریتم PSO استفاده شده از نوع ضریب انقباضی است.

جدول۳: مقادیر مناسب پارامترهای الگوریتم پرواز پرندگان برای پیاده سازی مدل در خوشه یک و دو

خوشه	C2	C1	# of Population	Population Size
خوشه یک	۲,۳	۲,۲	۴۰۰	۵۰

۷-۳-۲- پیاده سازی الگوریتم ژنتیک

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک نیز توسط کدهای نوشته شده بصورت M-File نرم افزار Matlab به انجام رسیده است. تابع هدف بکارگرفته شده در این الگوریتم همان تابع هدف رابطه ی(۵) است. در ارزیابی با استفاده از داده‌های آموزش که در هر خوشه وجود دارد یک سیستم پیش بینی الگوریتم ژنتیک برای هر خوشه پیاده-سازی می شود. بنابراین در مجموع به تعداد خوشه ها سیستم به طور مجزا آموزش داده می‌شود. دقت سیستم پیش بینی الگوریتم ژنتیک برای تعداد خوشه های مختلف در جدول۴ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که بهترین دقت پیش بینی در حالتی است که تعداد خوشه ها دو باشد. از این به بعد منظور از سیستم پیش بینی، سیستم پیش بینی با دو خوشه است که برای هر خوشه این سیستم به طور مجزا

طراحی خواهد شد. انتخاب جمعیت برای عملگرهای ژنتیک با روش تصادفی، عملگر ترکیب از نوع برون یابی و جهش ساده میباشد.

جدول ۴: دقت پیش بینی الگوریتم ژنتیک با تعداد خوشه های متفاوت

تعداد خوشه	۱	۲	۳	۴
دقت پیش بینی	۲۷,۱۸	۱۵,۷	۳۳,۱۱	۲۹,۱۲

ساختارهای مناسب بدست آمده برای این الگوریتم در جدول ۵ به ترتیب برای خوشه ۱و ۲ نمایش داده شده اند.

جدول ۵: مقادیر مناسب پارامترهای الگوریتم ژنتیک برای پیاده سازی مدل در خوشه یک و دو

خوشه ها	# of Generations	Mutation Probability	Crossover Probability	Population Size
خوشه یک	۷۰۰	۰,۰۸	۰,۸	۱۰۰
خوشه دو	۸۰۰	۰,۱	۰,۷	۸۰

۷-۳-۳- پیاده سازی الگوریتم ترکیبی پرواز پرندگان و ژنتیک

پیاده سازی الگوریتم ترکیبی پرواز پرنده‌گان و ژنتیک نیز توسط کدهای نوشته شده بصورت M-File نرم افزار Matlab به انجام رسیده است. تابع هدف بکارگرفته شده در این الگوریتم همان تابع هدف رابطه ی(۵) است. در ارزیابی با استفاده از داده‌های آموزش که در هر خوشه وجود دارد یک سیستم پیش با اسستفاده از الگوریتم پیشنهادی برای هر خوشه پیاده‌سازی می‌شود. بنابراین در مجموع به تعداد خوشه ها سیستم به طور مجزا آموزش داده می‌شود. دقت سیستم پیش بینی الگوریتم پیشنهادی برای تعداد خوشه های مختلف در جدول۶ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که بهترین دقت پیش بینی در حالتی است که تعداد خوشه ها دو باشد. از این به بعد منظور از سیستم پیش بینی، سیستم پیش بینی با دو خوشه است که برای هر خوشه این سیستم به طور مجزا طراحی خواهد شد.

جدول ۶: دقت پیش بینی الگوریتم ترکیبی پیشنهادی با تعداد خوشه های متفاوت

تعداد خوشه	۱	۲	۳	۴
دقت پیش بینی	۲۱,۱۸	۱۱,۶۴	۱۶,۲	۱۵,۲

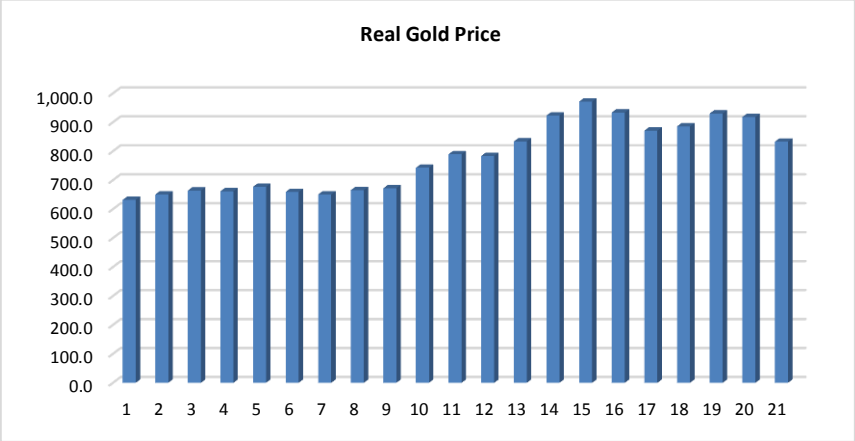
ساختارهای مناسب بدست آمده برای این الگوریتم در جدول ۷ به ترتیب برای خوشه ۱و ۲ نمایش داده شده اند.

جدول ۷: مقادیر مناسب پارامترهای الگوریتم PSO-GA برای پیاده سازی مدل در خوشه یک و دو

خوشه ها	Mutation Probability(GA)	Crossover Probability(GA)	C2	C1	# of Iterations(PSO)	# of Particles(PSO)
خوشه یک	۰,۱۵	۰,۷۵	۲,۳	۲,۲	۵۰۰	۷۰
خوشه دو	۰,۱۳	۰,۸	۲,۳	۲,۳	۶۰۰	۷۰

۸- پیش بینی با استفاده از الگوریتم‌های پیاده سازی شده

در این بخش با استفاده از داده های تست، عملکرد الگوریتم های پیاده سازی شده را در پیش بینی قیمت طلا ارزیابی می‌کنیم. همانطور که ذکر شد داده های سال های ۱۹۹۵ تا۲۰۱۱ بعنوان داده های تست در نظر گرفته شده اند. نمودگر ۱۱ روند تغییرات این داده ها را نمایش می دهد. پس از انجام پیش‌بینی با داده های تست، ارزیابی اولیه‌ای از عملکرد الگوریتم ها توسط معیار RMSE انجام می دهیم.



نمودگر ۱۱: روند تغییرات داده های تست

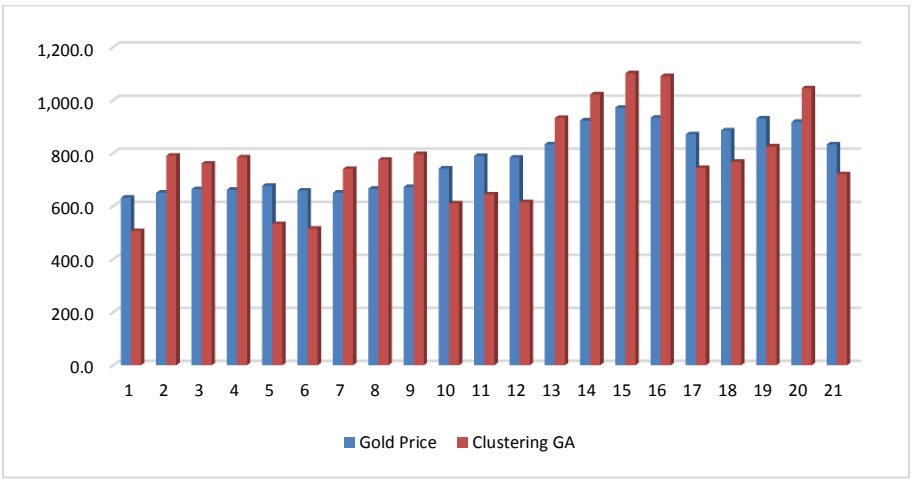
۸-۱- پیش بینی با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان PSO

بعد از آموزش سیستم توسط الگوریتم پرواز پرندگان، برای داده‌های تست اقدام به پیش بینی قیمت طلا می‌گردد. مقادیر پیش بینی شده توسط PSO ومقادیر واقعی در نمودگر ۱۲ نشان داده است. خطای RMSE با استفاده از این الگوریتم ۱۲۴,۱۳ می‌باشد.

نمودگر ۱۲: مقادیر واقعی در مقابل مقادیر پیش بینی شده قیمت طلا توسط الگوریتم پرواز پرندگان

۸-۲- پیش بینی با استفاده از الگوریتم ژنتیک GA

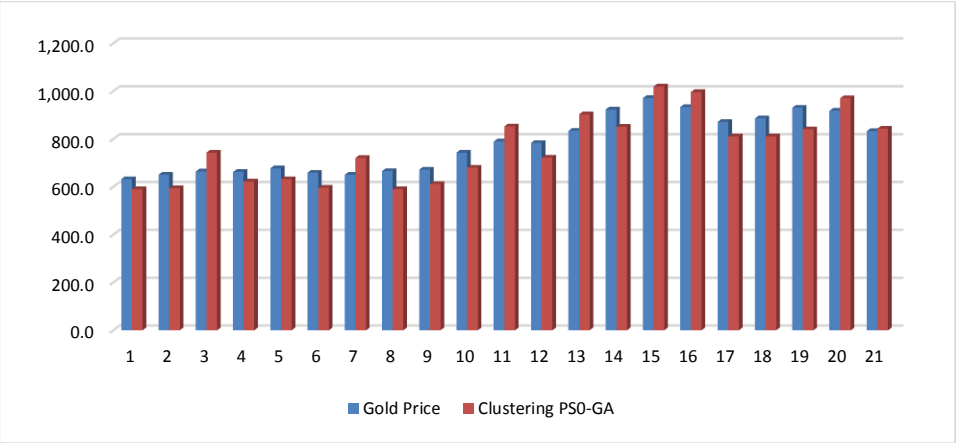
بعد از آموزش سیستم توسط الگوریتم ژنتیک برای داده‌های تست اقدام به پیش بینی قیمت طلا می‌گردد. مقادیر پیش بینی شده توسط GA ومقادیر واقعی در نمودگر ۱۳ نشان داده است. خطای RMSE با استفاده از این الگوریتم ۱۳۴ می‌باشد.



نمودگر ۱۳: مقادیر واقعی در مقابل مقادیر پیش بینی شده قیمت طلا توسط الگوریتم ژنتیک

۸-۳- پیش بینی با استفاده از الگوریتم ترکیبی PSO-GA

بعد از آموزش سیستم توسط الگوریتم ترکیبی، برای داده‌های تست اقدام به پیش بینی قیمت طلا می‌گردد. مقادیر پیش‌بینی شده توسط PSO-GA و ومقادیر واقعی در نمودگر ۱۴ نشان داده است. خطای RMSE با استفاده از این الگوریتم ۶۴ می‌باشد.



نمودگر ۱۴: مقادیر واقعی در مقابل مقادیر پیش بینی شده قیمت طلا توسط الگوریتم PSO-GA

۹- نتیجه گیری و بحث

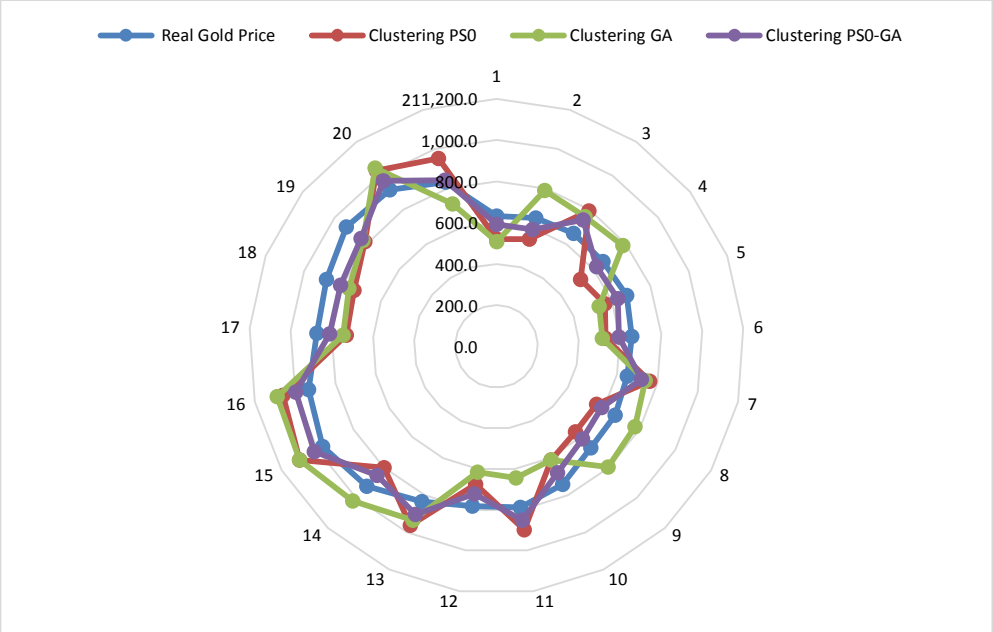
هدف از این تحقیق ارائه الگویی جهت پیش بینی قیمت طلا با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و الگوریتم ژنتیک می باشد. بدین منظور ابتدا به ضرورت بررسی موضوع پیش بینی قیمت طلا و عوامل تاثیر گذار بر قیمت طلا پرداخته شده و سپس بااستفاده از الگوریتم پرواز پرندگان الگویی مناسب جهت پیش بینی قیمت طلا طراحی گردید. اما از آنجا که یکی از ضعف‌های این الگوریتم، همگرایی سریع و گیرافتادن در نقاط بهینه محلی است، با توسعه این الگوریتم توسط الگوریتم ژنتیک این محدودیت را تا حد زیادی برطرف نمودیم. ابتدا پیش بینی قیمت طلا به تفکیک توسط هریک از الگوریتم های PSO وGA صورت گرفت و نهایتا با ارائه الگوریتمی ترکیبی قیمت طلا پیش بینی گردید. خلاصه نتایج در جدول ۸ آمده است.

جدول ۸: مقایسه روش‌های مختلف پیش بینی قیمت طلا

Methods	Training RMSE	Test RMSE
Clustering PSO	۱۳,۱۲	۱۲۴,۱۳
Clustering GA	۱۵,۱۷	۱۳۴
Clustering PSO-GA	۱۱,۶۴	۶۴,۱۳

همانطور که نتایج نشان می دهد، خطای RMSE با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان ۱۲۴,۱۳ بدست آمد که سطح خطای کمتری در مقایسه با روش الگوریتم ژنتیک با سطح خطای ۱۳۴، دارد. در نتیجه خود الگوریتم پرواز پرندگان به تنهایی در مقایسه با الگوریتم ژنتیک بهتر عمل کرده است. اما همانطور که مشاهده شد،الگوریتم ترکیبی با سطح خطای ۶۴,۱۳ در مقایسه با روش های فوق خطای پیش بینی کمتری دارد. بنابراین با توسعه الگوریتم پرواز پرندگان با استفاده از الگوریتم ژنتیک یکی از ضعف‌های الگوریتم پرواز پرندگان، که همگرایی سریع و گیرافتادن در نقاط بهینه محلی است، تا حد زیادی برطرف شد. با توجه به محدودیت های روشPSO، می توان نتیجه گرفت که این الگوریتم را به تنهایی نمی‌توان به عنوان بهترین روش در نظر گرفت، اما با ترکیب با الگوریتم های دیگر به نحوی که بتوان محدودیت های این الگوریتم را پوشش داد و از طرفی از مزایای الگوریتم استفاده کرد، می‌توان از آن به عنوان الگویی با دقت پیش بینی بالا استفاده نمود. نتیجه اینکه فرضیات تحقیق تایید شده و می توان گفت که با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان می توان الگوی جدیدی برای پیش بینی قیمت طلا طراحی کرد.که این الگو خطای پیش بینی کمتری نسبت به سایر روش‌ها دارد.

نتایج تحقیق مشابه نتایج تحقیق جورجیون سرمپینیز (۲۰۱۳) و زوکین ژانگ و یوهی چن (۲۰۰۸)، می باشد. نمودگر مقایسه ای الگوریتم های PSO، GA و PSO-GA در پیش بینی طلا در زیر آورده شده است.



نمودگر ۱۵ : مقایسه سه روش پرواز پرندگان، ژنتیک و ترکیبی در پیش بینی طلا

نهایتا اینکه از مزایای الگوریتم ترکیبی پیشنهادی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱) افراز داده ها به جمعیت های کوچکتر به منظور کاهش پیچیدگی فضای داده ها و تبدیل آن به زیر فضاهای همگن.

۲) الگوهای پیچیده به الگو هایی ساده تر تبدیل می شود که آنالیز آن ها برای الگوریتم پرواز پرندگان و الگوریتم ژنتیک بسیار ساده‌تر است.

۳) با تمرکز روی داده های شبیه به هم در هر خوشه، اثرات مربوط به نویز در داده‌ها کم خواهد شد.

۴) ذرات الگوریتم پرواز پرندگان از قدرت جستوجوگری بالای الگوریتم ژنتیک استفاده می‌کنند، بدین ترتیب الگوریتم قادر خواهد بود در طول مرحله ی آموزش با استفاده از عملگرهای ژنتیک معرفی شده جستجوی عمومی خوبی در فضای جواب انجام بدهد.

۵) روش ترکیبی دو مرحله‌ای دارای منطقی هماهنگ و قوی است که نهایتاً با ترکیب این مراحل مسیری هدفمند برای رسیدن به جوابی با دقت بالای پیش‌بینی طی می‌شود.

فهرست منابع

* اخبازی، محمد. (۱۳۸۷). کاربرد الگوریتم ژنتیک در ترکیب پیش بینی های تورم. مجموعه پژوهش های اقتصادی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، شماره ۳۲، ص ۱-۲۴.
* افسر، امیر و سرافراز، لیلا. (۱۳۸۴). بررسی عوامل موثر بر قیمت طلا و ارائه مدل پیش بینی بر مبنای شبکه های عصبی فازی. فصلنامه پژوهش های اقتصادی، شماره ۱۶، ص ۱۴۹-۱۶۵.
* پورزمانی، زهرا. (۱۳۹۴). کاربرد الگوریتم ژنتیک خطی و غیرخطی در بهبود قدرت پیش بینی سودآوری شرکتها. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. شماره ۲۲. ص ۸۱-۹۴.
* دموری، داریوش؛ فرید، داریوش و اشهر، مرتضی. (۱۳۹۰). پیش بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و مقایسه آن با الگوهای سنتی. مجله دانش حسابداری، دوره ۲، شماره ۵، ص ۷-۳۰.
* رهنمای رودپشتی، فریدون؛ نیکومرام، هاشم و شاهوردیانی، شادی. (۱۳۹۲). مدیریت مالی راهبردی-ارزش آفرینی. انتشارات کساکاوش.
* غضنفری، مهدی؛ علیزاده،سمیه و تیمورپور، بابک.(۱۳۹۳). داده کاوی و کشف دانش، چاپ چهارم،انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
* موشخیان، سیامک و نجفی، امیرعباس. (۱۳۹۴). بهینه سازی سبدسرمایه گذاری با استفاده از الگوریتم چند هدفه ازدحام ذرات برای مدل احتمالی چند دوره ای میانگین-نیم واریانس-چولگی. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. شماره ۲۳. ص ۱۳۳-۱۴۷.
* Angelova, M.; Krassimir, A. & Percheva, T. (2012), Purposful Model Parameters Genesis in Simple Genetic Alqorithm Bulgaria :Elsevier, Computers and Mathematics with applications. Vol 64, pp. 221-228.

* Asadi, S.; Shahrabi, J.; Abbaszadeh, P. & Tabanmehr, Sh. (2013). A New Hybrid Artificial Neural Networks for Rainfall_Runoff Process Modeling, Neurocomputing, Vol. 121, pp. 470-480.
* Bai, X. & Ding, Y. (2010). Particle Swarm Optimization Based on an Improved Learning Strateg .Wuhan, Hubei: Secend International Workshop in Education Technology and Computer Science، IEEE.Vol 2, 395-398
* Cordon, O. (2001). Genetic Fuzzy Systems: Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases : Singapore: World Scientific.
* Goldberg, D.E. (1989). Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning . Addison-Wesley.
* Georgios, S. (2013). Forecasting foreign exchange rates with adaptive neural networks. European Journal of Operational Research, Vol 25, pp. 528-540.
* Hung, CH.H. ; Chiou, H.M. & Yang, W.N. (2013). Candidate groups search for K-harmonic means data clustering, Applied Mathematic Modeling, Vol. 37, Issue 24, PP. 10123-10128
* Konar, A. (2005). Computational Intelligence: Principles, techniques.Berlin: Springer.
* Montgomery, D.C; Jennings, C.L & Kulahci, M. (2008) .Introduction to Time Series Analysis and Forecasting .New Jersey :John Wiley & Sons.
* Shafiee, Sh. & Topal, E. (2010). An Overview of Global Gold Market and Gold Price ForecastingResorse Policy. Vol 35, pp. 178-189.
* Yang, X. (2007). A Modified Particle Swarm Optimizer with Dynamic Adaptation Baoding : Applied Matematics and Computation ۱۵ ،June, 2007 ،Elsevier. Vol. 189, pp. 1205-1213.
* Yazdani-Chamzini, A. (2012). Forcasting gold price chance by using adaptive network fuzzy inference system, Journal of Business Economics and Management, Vol. 13,
* Zhang, X. & Chen, Y. (2008). Stock Index Forecasting Using PSO Based Selective. The National Science Foundation.

یادداشت‌ها

[1]. Particle Swarm Optimization (PSO)
[2]. Genetic Algorithm (GA)
[3]. Particle
[4]. Personal best position
[5]. Global best position
[6]. Chromosome
[7]. Population
[8]. Cost function
[9]. Fitness function
[10]. Clementaine
[11]. MATLAB
[12]. Root Mean Square Error(RMSE)