



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری  
دوره ۱۷ / شماره ۲ (پیاپی ۶۶) / تابستان ۱۴۰۷  
صفحه ۶۴۱ تا ۶۶۳

## بررسی مقایسه‌ای الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) و الگوریتم کشتل (KA) در پیش‌بینی ریسک سقوط قیمت سهام

ابراهیم ابراهیمی

دانشجوی دکتری گروه مهندسی مالی، دانشکده حسابداری و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران

نادر نقشینه

استادیار، گروه مهندسی مالی، دانشکده حسابداری و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران (نویسنده مسئول)  
naghshineh.nader@gmail.com

مازیار قاسمی

استادیار، گروه حسابداری و مدیریت، مؤسسه آموزش عالی ادیبان، گرمسار، سمنان، ایران

محمدحسین فاتحی دابانلو

استادیار، گروه توسعه اقتصادی و برنامه ریزی، دانشکده حسابداری و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران

حمیدرضا شماخی

استادیار، گروه حسابداری، دانشکده حسابداری و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵

### چکیده

بازارهای مالی در دهه‌های اخیر سهم قابل توجهی در رشد و توسعه کشورها داشته‌اند. با ایجاد مدل‌های پیش‌بینی کارآمد برای ریسک، افراد و سازمان‌ها می‌توانند تصمیمات بهتری در زمینه سرمایه‌گذاری اتخاذ کنند. در این پژوهش، دو الگوریتم ازدحام ذرات<sup>۱</sup> (PSO) و کشتل<sup>۲</sup> (KA) برای پیش‌بینی ریسک سقوط قیمت سهام به کار رفته و مقایسه عملکرد آن‌ها و رجحان دو الگوریتم نسبت به یکدیگر در شرایط مختلف برآورد شده است. هدف اصلی این مقایسه، ارزیابی دقت، سرعت همگرایی، و توانایی الگوریتم‌ها در حل مدل است. این تحقیق از نوع کاربردی است و با استفاده از رویکرد ترکیبی، شامل تحلیل‌های کمی و تحلیل‌های کیفی انجام شده است. یافته‌ها نشان داد که عملکرد بهینه هر الگوریتم وابسته به مقیاس مسئله است؛ به‌طوری که الگوریتم PSO در مسائل با ابعاد کوچک و متوسط به دلیل سرعت همگرایی بالاتر، و الگوریتم KA در مسائل پیچیده و بزرگ به دلیل دقت و توانایی بیشتر در اجتناب از بهینه‌های محلی، عملکرد برتری دارند. این نتیجه‌گیری راهنمایی ارزشمند برای انتخاب الگوریتم بهینه با توجه به ویژگی‌های مسئله پیش‌روی پژوهشگران و فعالان بازار سرمایه فراهم می‌آورد.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم ازدحام ذرات، الگوریتم کشتل، ریسک سقوط قیمت سهام

<sup>۱</sup> Particle swarm optimization (psa)

<sup>۲</sup> Kruskals Algorithm (KA)

## ۱- مقدمه

بازار سرمایه ایران به عنوان موتور محرک اقتصاد کشور، نقش تعیین‌کننده‌ای در تأمین مالی بنگاه‌های اقتصادی و هدایت نقدینگی دارد. با این حال، این بازار در سال‌های اخیر با نوسانات شدید و دوره‌های رکود عمیق مواجه شده که مستقیماً به سرمایه‌گذاران خرد، شرکت‌ها و کلیت اقتصاد ایران آسیب رسانده است. یکی از مخرب‌ترین این پدیده‌ها، سقوط ناگهانی و شدید قیمت سهام است که نه تنها ثروت سهامداران را نابود می‌کند، بلکه اعتماد عمومی به بازار را نیز به شدت خدشه‌دار می‌سازد (برنانک<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹). از سوی دیگر نقش بازار سهام برای رونق بخشیدن به اقتصاد کشورهایی همچون ایران که از یک سو با حجم عظیم سرمایه‌های سرگردان و از سوی دیگر با کمبود منابع سرمایه‌گذاری مواجه‌اند، قابل توجه است. لذا شناخت عوامل تاثیرگذار بر رفتار بازار سهام می‌تواند گام موثری در جهت دهی سرمایه در اقتصاد ایران محسوب شود (محبی، ۱۳۹۷). لذا اهمیت آن در اقتصاد کشور روزبه‌روز بیشتر شده و از این رو مورد توجه مقامات اقتصادی قرار گرفته است. سقوط قیمت سهام یک پدیده مختص به بازارهای مالی است که همواره بر سرمایه‌گذاران، شرکت‌ها، و اقتصاد به‌طور کلی تاثیر داشته است (یانگ<sup>۲</sup>، ۲۰۲۳). این اتفاق معمولاً به دنبال عدم تطابق بین عرضه و تقاضا، تغییرات در شرایط اقتصادی، و یا عوامل غیرمنتظره مانند اتفاقات جهانی، بحران‌های سیاسی، یا اخبار ناگوار درباره شرکت‌ها و بازارها رخ می‌دهد (گرایی<sup>۳</sup>، ۲۰۲۳). از سوی دیگر مدل‌های پیش‌بینی سقوط قیمت سهام یکی از ابزارهای حیاتی در زمینه مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری هستند. این مدل‌ها با استفاده از تکنیک‌ها و الگوریتم‌های مختلف اقتصادی و آماری، سعی در تجزیه و تحلیل رویدادها و عوامل موثر بر سقوط قیمت سهام دارند. از جمله رویکردهای رایج در این حوزه می‌توان به مدل‌های رگرسیون، شبکه‌های عصبی، و مدل‌های یادگیری ماشین<sup>۴</sup> اشاره کرد (وانگ<sup>۵</sup>، ۲۰۲۳). مسئله اصلی این است که مدل‌های سنتی پیش‌بینی ریسک که عمدتاً بر داده‌های مالی تاریخی، مانند سود هر سهم و نسبت‌های مالی، تکیه دارند، در محیط پرتلاطم و متاثر از عوامل غیرمالی ایران کارآمدی لازم را ندارند. در اقتصاد ایران، قیمت‌ها اغلب نه بر اساس ارزش ذاتی، بلکه تحت تاثیر شدید عوامل غیرمالی همچون شایعات رسانه‌ای، تصمیمات سیاسی ناگهانی، تحریم‌ها و رفتار گله‌ای سرمایه‌گذاران دچار نوسان می‌شوند (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۹). این شکاف بین مدل‌های موجود و واقعیت بازار، نیاز به یک چارچوب پیش‌بینی جامع‌تر را که قادر به ادغام و تحلیل همزمان داده‌های مالی و غیرمالی باشد به یک ضرورت تبدیل کرده است. افزایش دقت در پیش‌بینی ریسک سقوط، می‌تواند به سرمایه‌گذاران در اتخاذ تصمیمات آگاهانه‌تر و حفظ سرمایه کمک شایانی کند. برای نهادهای ناظر مانند بورس اوراق بهادار تهران، این مدل می‌تواند به عنوان یک سیستم هشدار زودهنگام<sup>۶</sup> برای مداخله به موقع و جلوگیری از بحران‌های سیستماتیک عمل کند. همچنین اکثر پژوهش‌های پیشین در ایران تنها بر عوامل مالی متمرکز شده‌اند. این پژوهش با ادغام عوامل غیرمالی مؤثر بر بازار ایران، که در بخش کیفی استخراج شده، در یک مدل کمی،

<sup>1</sup> Bernanke<sup>2</sup> Yang<sup>3</sup> Garayli<sup>4</sup> Machine Learning<sup>5</sup> Wang<sup>6</sup> Early Warning

درصدد پر کردن این خلأ علمی است. در این پژوهش برای پیش‌بینی ریسک سقوط قیمت سهام از الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) و الگوریتم کشتل (KA) به صورت جداگانه استفاده و مقایسه می‌شوند. هدف اصلی این مقایسه، ارزیابی دقت، سرعت همگرایی و توانایی الگوریتم‌ها در حل مدل است، نتایج این نشان خواهد داد که کدام الگوریتم برای این مسئله خاص از نظر کارایی و دقت بهتر عمل می‌کند و این پژوهش در صدد پاسخ به این سوال است که الگوریتم کشتل (KA) چگونه در بهینه‌سازی مدل پیش‌بینی عمل می‌کند و عملکرد آن در مقایسه با الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) چگونه است؟

در تشریح نوآوری پژوهش حاضر می‌توان بیان داشت که تمرکز همزمان بر داده‌های مالی و غیرمالی به عنوان ورودی مدل، که آن را برای محیط بازار ایران منحصر به فرد می‌سازد. همچنین به کارگیری و مقایسه الگوریتم نوین کشتل (KA) در کنار الگوریتم شناخته‌شده ازدحام ذرات (PSO) برای بهینه‌سازی مدل پیش‌بینی، که تاکنون در این حوزه کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. بطوری که این پژوهش به صورت تجربی نشان می‌دهد که کدام الگوریتم با توجه به مقیاس و پیچیدگی مسئله، عملکرد بهتری دارد و یک چهارچوب تصمیم‌گیری برای محققان آتی فراهم می‌کند. ساختار این پژوهش به این صورت است که در ادامه به ترتیب، مبانی نظری و پیشینه پژوهش، روش شناسی پژوهش، آزمون داده‌ها، بحث و نتیجه‌گیری، و در نهایت پیشنهادها و محدودیت‌های پژوهش ارائه شده است.

### مبانی نظری و پیشینه پژوهش

سقوط سهام به وضعیتی اطلاق می‌شود که ارزش سهام شرکت‌ها در بازار سرمایه به طور ناگهانی و قابل توجه کاهش می‌یابد. این پدیده که اغلب با ترس گسترده و فروش سریع سرمایه‌گذاران همراه است، می‌تواند ناشی از عوامل متعددی مانند رویدادهای اقتصادی، سیاسی یا اجتماعی باشد (چن، ۲۰۲۱). در این راستا، فاکتورهای غیر مالی مانند احساسات سرمایه‌گذاران، اخبار و رسانه‌ها، شرایط اقتصادی و سیاسی، و تغییرات اجتماعی به عنوان عناصری که می‌توانند روند قیمت سهام را تحت تأثیر قرار دهند، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند. مطالعات نشان داده‌اند که این فاکتورها، در کنار عوامل مالی، نقش مهمی در تعیین رفتار قیمت‌ها دارند. از این رو، لازم است تا در قالب چارچوب‌های نظری و مدل‌های پیش‌بینی، مورد بررسی قرار گیرند تا بتوان تحلیلی جامع‌تر و دقیق‌تر از بازار ارائه دهند. با توجه به اینکه پیش‌بینی دقیق قیمت سهام و ریسک‌های مرتبط با آن از دغدغه‌های اصلی سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران مالی است، محققان تلاش کرده‌اند تا با استفاده از روش‌های نوین هوش مصنوعی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی، به مدل‌هایی دست یابند که بتوانند دقت و کارایی پیش‌بینی‌ها را افزایش دهند. یکی از این روش‌ها، الگوریتم شناخته‌شده ازدحام ذرات (PSO) است که از رفتار جمعی ذرات الهام گرفته و نقاط قوت آن شامل سرعت همگرایی بالا، سادگی در اجرا و استفاده از حافظه ذرات برای یادگیری از تجربیات گذشته است. الگوریتم کشتل (KA) یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری نوین است که از رفتار مهاجرت دسته‌جمعی پرندگان الهام گرفته است. این الگوریتم به دلیل توانایی در ایجاد تعادل بین جستجو و بهره‌برداری، انعطاف‌پذیری و قابلیت

تطبیق با شرایط متغیر برای مسائل پیچیده و چندهدفه مناسب است. هدف نهایی استفاده از این الگوریتم‌ها برای افزایش دقت پیش‌بینی‌های مالی و مدیریت ریسک است.

طاهری و دهقان (۱۴۰۴) در پژوهش خود بیان کردند که مسئولیت اجتماعی، ریسک سقوط قیمت سهام را کاهش می‌دهد و سازوکارهای نظارتی (مالکیت نهادی و کنترل داخلی) موجب تضعیف رابطه معکوس مسئولیت اجتماعی و ریسک سقوط قیمت سهام می‌گردد. همچنین مشخص شد که عدم تقارن اطلاعاتی نقش تعدیلی در رابطه بین مسئولیت اجتماعی و ریسک سقوط قیمت سهام ندارد.

شجاعی و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهش خود اثر تبلیغات بازار محصول و ریسک سقوط قیمت سهام در آینده ایران را بررسی کردند یافته‌های آنها نشان داد که شدت تبلیغات به‌طور معناداری با افزایش ریسک سقوط قیمت سهام ارتباط دارد. نتایج نشان داد که تبلیغات، از طریق جلب توجه سرمایه‌گذاران و ایجاد انتظارات غیرواقع‌بینانه از عملکرد شرکت‌ها، منجر به افزایش نوسانات در بازار سهام می‌شود. همچنین، نقش میانجی‌گری توجه سرمایه‌گذاران و ارزش‌گذاری بیش از حد سهام تأیید شد؛ به‌طوری که این متغیرها به‌طور قابل‌توجهی تأثیر تبلیغات بر ریسک سقوط قیمت سهام را تقویت می‌کنند.

کریم‌زاده و قیاسی خالو (۱۴۰۳) رابطه بین ریسک سقوط قیمت سهام و اهرم عملیاتی در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران را بررسی نمودند. نتایج حاصل از بررسی فرضیه پژوهش نشان داد که شرکت‌هایی که با ریسک سقوط قیمت سهام بالاتر مواجه می‌شوند، سطح پایین‌تری از اهرم عملیاتی را اتخاذ می‌کنند.

مومنی یانسری (۱۴۰۲) در پژوهش خود بیان کرده که سقوط قیمت سهام به خطر کاهش شدید قیمت سهام در اثر انتشار ناگهانی اطلاعات منفی در بازار اشاره دارد. نتایج نشان داد که بین وضعیت مالی شرکت و ریسک سقوط آتی قیمت سهام رابطه منفی و معناداری وجود دارد. علاوه بر این، نتایج تحقیق بیانگر آن است که کیفیت کنترل داخلی شرکت‌ها رابطه منفی بین وضعیت مالی و ریسک سقوط آتی قیمت سهام شرکت‌ها را تشدید می‌نماید.

کاراسان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهش خود یک معیار نوآورانه مبتنی بر یادگیری ماشین برای ریسک سقوط قیمت سهام پیشنهاد کردند که از روش حداقل تعیین کوواریانس (Minimum Covariance Determinant) بهره می‌برد. با استفاده از این متغیر وابسته جدید، ریسک سقوط قیمت سهام را از طریق تحلیل رگرسیون مقطعی پیش‌بینی کردند. یافته‌ها تأیید می‌کنند که روش پیشنهادی به‌طور مؤثری ریسک سقوط قیمت سهام را اندازه‌گیری می‌کند و مدل عملکرد قوی‌ای از نظر اهمیت آماری و کاربرد اقتصادی دارد. علاوه بر این، با استفاده از شاخص جدید احساسات سرمایه‌گذاران ویژه هر شرکت، تحلیل نشان می‌دهد که همبستگی مثبتی بین ریسک سقوط قیمت سهام و احساسات سرمایه‌گذاران خاص شرکت وجود دارد. به‌طور خاص، سطوح بالاتر احساسات با افزایش احتمال ریسک سقوط قیمت سهام مرتبط است. این رابطه در شرکت‌های با اندازه‌های مختلف و همچنین در زمانی که از نسخه تعدیل شده شاخص احساسات سرمایه‌گذاران ویژه شرکت استفاده می‌شود، پایدار باقی می‌ماند که اعتبار روش پیشنهادی را بیشتر تأیید می‌کند.

<sup>1</sup> Karasan

شی<sup>۱</sup> (۲۰۲۳) در پژوهش خود بیان داشت که نارضایتی، گام اول پیشرفت است. این بیانیه به‌عنوان مبنای استفاده از هوش مصنوعی در پیش‌بینی قیمت‌های سهام مطرح می‌شود. بسیاری از افراد در گذشته رویای پیش‌بینی بی‌نقص قیمت‌های سهام را در سر داشتند، اما این تنها یک رؤیا بود که در آن دوران برای آنان قابل تحقق نبود. میراث آن نگاه‌ها، به کشف مفهومی محکم انجامید که آن رویا را به واقعیت تبدیل کرد. به همین دلیل، امروز می‌توانیم از روش‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی دقیق قیمت‌های سهام بهره‌برداری کنیم. این روش‌ها به وضوح برای بسیاری از افراد مفید واقع شده‌اند و در صورت استفاده صحیح، می‌توانند راهی ساده و کارآمد برای کسب درآمد سریع فراهم کنند.

ژانگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین نوآوری در هوش مصنوعی (AI) و ریسک سقوط قیمت سهام (SPCR) پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهند که AI به‌عنوان یک مکانیزم حکمرانی می‌تواند با تقویت کنترل‌های داخلی، شفافیت مالی را افزایش داده و احتمال وقوع سقوط قیمت سهام را کاهش دهد. ژائو<sup>۳</sup> (۲۰۲۳) در پژوهش خود بیان کرد که پیش‌بینی بازار سهام یک مسأله بسیار مهم در حوزه اقتصاد است. با توسعه یادگیری ماشین، الگوریتم‌های بیشتری در بازار سهام برای پیش‌بینی حرکت قیمت سهام استفاده می‌شود. با این حال، پیش‌بینی بازار سهام به عنوان یک وظیفه چالش‌برانگیز برای نوین و نوسانات داده‌های بازار سهام محسوب می‌شود.

یانگ (۲۰۲۳) در پژوهش خود اشاره کرد که برای بهبود پیش‌بینی قیمت سهام، یک مدل پیش‌بینی مبتنی بر شبکه عصبی با استفاده از الگوریتم بهبود یافته PSO طراحی کرده است. در این مدل، برای جلوگیری از افتادن ذرات در یک راه‌حل محلی مشابه و حفظ تنوع ذرات با یک مقدار مشخص، تنظیم تطبیقی وزن‌ها در نظر گرفته شده است. این کار باعث بهبود قابلیت جستجو در سطح جهانی در مراحل اولیه تکامل و قابلیت جستجو در سطح محلی در مراحل بعدی می‌شود. به‌علاوه، این الگوریتم با شبکه عصبی بهبود یافته ترکیب شده است. علاوه بر این، بر اساس الگوریتم بهبود یافته، یک سیستم پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی ساخته شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که سیستم طراحی شده در این مقاله تأثیر قابل توجهی در کاربردهای عملی دارد.

### روش شناسی پژوهش

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از دو الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات (PSO) و کشتل (KA) استفاده شد. الگوریتم PSO به دلیل توانایی بالا در جستجوی فضای بهینه و تطبیق‌پذیری با مسائل چندمتغیره، یکی از انتخاب‌ها برای بهینه‌سازی بوده است. الگوریتم کشتل (KA) نیز به‌عنوان یک الگوریتم نوآورانه که بر مبنای رفتار گروهی مرغابی‌ها طراحی شده، برای مقایسه عملکرد با الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) مورد استفاده قرار گرفته شد که به دلیل ویژگی‌های انعطاف‌پذیری، تطبیق‌پذیری، و سرعت بالا در همگرایی، یکی از الگوریتم‌های نوین و کارآمد در بهینه‌سازی مسائل پیچیده محسوب می‌شود. این پژوهش با استفاده از مقایسه عملکرد دو الگوریتم فراابتکاری،

<sup>1</sup> Shi

<sup>2</sup> Zhang

<sup>3</sup> Zhao

یعنی الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) و الگوریتم کشتل (KA)، به ارزیابی توانایی این روش‌ها در پیش‌بینی سقوط قیمت سهام می‌پردازد. این تحقیق از یک رویکرد ترکیبی بهره می‌برد که شامل تحلیل‌های کمی (مانند داده‌های تاریخی و شاخص‌های مالی) و تحلیل‌های کیفی (مانند احساسات بازار و اطلاعات رسانه‌ای) است. هدف از این رویکرد، ارائه مدلی جامع‌تر و کارآمدتر برای پیش‌بینی ریسک سقوط قیمت سهام است. برای ارزیابی دقت و کارایی این دو الگوریتم، مدل پیشنهادی به‌طور جداگانه با استفاده از PSO و KA پیاده‌سازی می‌شود. فرآیند جمع‌آوری داده‌ها شامل دو منبع اصلی است:

جدول ۱، جامعه آماری روش کمی و کیفی

|                                                  |                           |                  |                     |
|--------------------------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------|
| جامعه آماری: بورس اوراق بهادار تهران             |                           |                  | روش کمی             |
| شاخص های بازار                                   | حجم معاملات               | قیمت سهام        | (داده های مالی)     |
| جامعه آماری : شبکه‌های اجتماعی و پایگاه‌های خبری |                           |                  | روش کیفی            |
| داده‌های احساسات کاربران                         | تحلیل‌های روانشناسی بازار | شاخص‌های اقتصادی | (داده های غیر مالی) |

داده‌های مالی از سامانه کدال و داده‌های غیرمالی از مصاحبه‌ها، رسانه‌ها و شبکه‌های اجتماعی (لینک دین، فیس‌بوک و توییتر) استخراج شدند، ترکیب این دو دسته داده به منظور بهره‌گیری از عوامل چندبعدی در پیش‌بینی ریسک سقوط قیمت سهام انجام شده است. این داده‌ها پس از پردازش و پالایش، به‌عنوان ورودی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. سپس، پارامترهای مدل با استفاده از هر دو الگوریتم بهینه‌سازی شده و عملکرد آن‌ها از نظر دقت پیش‌بینی، سرعت همگرایی و کارایی کلی مقایسه می‌شود.

### پیاده‌سازی الگوریتم PSO و KA

در این پژوهش با استفاده از معیارهای دقیق و سیستماتیک، گروهی از خبرگان مرتبط با بازار سرمایه و حوزه‌های مالی انتخاب شدند تا اطلاعات جامع و دقیقی در راستای مدل‌سازی پیش‌بینی ریسک سقوط قیمت سهام ارائه شود. برای انتخاب خبرگان، پنج معیار کلیدی شامل جایگاه محوری، تأیید جامعه تخصصی، فهم نظری عمیق، تنوع پیشینه‌ها و موافقت برای مشارکت در نظر گرفته شد. علاوه بر این، شاخص‌های کمی مانند سال‌های تجربه، تعداد مقالات منتشرشده، میزان تأثیرگذاری و تعامل با بازار مورد استفاده قرار گرفت تا افراد واجد شرایط اولویت‌بندی شوند. این ترکیب معیارهای کیفی و کمی، فرآیندی منظم برای شناسایی گروهی از متخصصان فراهم کرد. حضور این خبرگان به بهبود درک موضوع و توسعه مدل پیش‌بینی کمک قابل توجهی خواهد کرد. مدل مفهومی پیش‌بینی سقوط قیمت سهام با استفاده از روش گرندد تئوری<sup>۱</sup> (تئوری داده بنیاد) طراحی شده است. گرندد تئوری فرآیندی برای تعمیم نتایج حاصل از یک مشاهده خاص به نظریه‌ای جامع‌تر است. این تئوری به عنوان رویکردی دقیق و نظام مند طراحی شده است تا افراد و تجربیات آن‌ها در رابطه با یک مسأله اجتماعی را

<sup>۱</sup> Grounded Theory

مورد بررسی قرار دهند. این روش تحقیق خطوط راهنمایی را برای اجرای تحلیل نظام مند داده ها شامل رویه های تحلیلی خاص و راهبردهای تحقیق فراهم می کند. تئوری داده بنیاد از چهار عنصر اساسی مفاهیم، مقوله‌ها، ابعاد و قضیه ها تشکیل شده است (خنیفیر و مسلمی، ۱۳۹۶: ۲۰۳). مراحل زیر جهت انجام تحلیل در تئوری داده بنیاد به کار می‌روند (خنیفیر و مسلمی، ۱۳۹۶: ۲۱۴):

۱-گردآوری و تحلیل داده‌های غیرمالی: جمع‌آوری داده‌های غیرمالی مؤثر بر سقوط قیمت سهام (از جمله رفتار احساسی سرمایه‌گذاران، تصمیمات سیاستی، اخبار رسانه‌ها، اعتبار شرکت و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه). تحلیل کیفی داده‌ها با استفاده از تئوری داده بنیاد و استخراج روابط بین شاخص‌ها از طریق کدگذاری باز، محوری و انتخابی. انتخاب و دسته‌بندی نهایی شاخص‌های کلیدی با استفاده از روش‌هایی مانند تحلیل دلفی و مصاحبه با خبرگان. ۲- پردازش داده‌ها و مدل‌سازی اولیه: پاکسازی و استانداردسازی داده‌های خام. ساخت مدل پیش‌بینی اولیه با روش‌های تحلیل چندمتغیره. مدل‌سازی تعاملات بین شاخص‌ها با استفاده از تحلیل مسیر یا تحلیل شبکه. ۳- بهینه‌سازی و پیش‌بینی نهایی: بهینه‌سازی پارامترهای مدل با استفاده از الگوریتم برای یافتن بهترین وزن شاخص‌ها. آموزش مکرر مدل با داده‌های آموزشی برای بهبود دقت. پیش‌بینی نهایی احتمال سقوط قیمت سهام با استفاده از مدل بهینه‌شد.

بر اساس تحلیل داده‌های کیفی شامل اخبار اقتصادی، رفتار سرمایه‌گذاران، داده‌های رسانه‌های اجتماعی و تصمیمات سیاست‌گذاران، مجموعه‌ای از مفاهیم کلیدی شناسایی شده و به دسته‌های مختلف طبقه‌بندی شدند. این فرایند از طریق کدگذاری باز، محوری و انتخابی انجام شد تا روابط میان متغیرها مشخص شود و مدل مفهومی نهایی استخراج گردد. بر اساس محتوای مصاحبه‌های صورت گرفته، بعد از انجام هر مصاحبه، محقق با بررسی چندباره آن، مفاهیم موجود در متن مصاحبه را استخراج و کد گذاری نمود. در مجموع ۱۲ مصاحبه انجام شد، ۱۱۱ مفهوم اولیه استخراج گردید که بعد از بررسی و کنار هم قرار دادن آنها و حذف مفاهیم تکراری، ۴۷ مفهوم نهایی شناسایی شده است.

جدول ۲، کدهای باز، مفاهیم اولیه و جملات استخراجی

| کد باز | مفاهیم اولیه               | جملات استخراجی از مصاحبه‌ها                                                                 |
|--------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1     | رفتار گله‌ای سرمایه‌گذاران | در شرایط نوسانی، سرمایه‌گذاران بدون تحلیل مستقل، فقط از دیگران تقلید می‌کنند.               |
| A2     | تأثیر اخبار رسانه‌ای       | یک شایعه کوچک در فضای مجازی می‌تواند باعث سقوط سنگین یک سهم شود.                            |
| A3     | افزایش فروش هیجانی         | وقتی قیمت‌ها شروع به کاهش می‌کند، سرمایه‌گذاران معمولاً دچار ترس شده و دست به فروش می‌زنند. |
| B1     | کاهش اعتماد سرمایه‌گذاران  | هر بار که دولت سیاست جدیدی اعلام می‌کند، عدم اطمینان به بازار افزایش می‌یابد.               |
| B2     | اثر تصمیمات کلان اقتصادی   | افزایش نرخ بهره، باعث خروج سرمایه از بازار سهام به سمت دارایی‌های کم‌ریسک‌تر می‌شود.        |

| کد باز | مفاهیم اولیه                                | جملات استخراجی از مصاحبه‌ها                                                                      |
|--------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B3     | تأثیر سیاست‌های نظارتی بر بازار             | نبود نظارت قوی بر معاملات، امکان دستکاری قیمت‌ها را افزایش داده و به بی‌اعتمادی منجر می‌شود.     |
| C1     | نوسانات ناشی از شایعات رسانه‌ای             | مردم فقط تیت‌ر خبرها را می‌بینند و واکنش نشان می‌دهند، بدون آنکه محتوای کامل را بررسی کنند.      |
| C2     | تصمیمات هیجانی سرمایه‌گذاران                | وقتی بازار سقوط می‌کند، بسیاری از سرمایه‌گذاران به جای تحلیل، فقط احساساتی عمل می‌کنند.          |
| C3     | تغییر رفتار مدیران شرکت‌ها                  | شرکت‌هایی که در شرایط بحران، استراتژی ارتباطی مناسبی ندارند، بیشتر تحت فشار بازار قرار می‌گیرند. |
| D1     | اثر تحریم‌های اقتصادی بر بازار              | پس از اعمال تحریم‌های جدید، شرکت‌های صادرات‌محور بیشترین کاهش ارزش سهام را تجربه کردند.          |
| D2     | خروج سرمایه‌های خارجی                       | وقتی سرمایه‌گذاران خارجی بی‌اعتماد شوند، معمولاً سرمایه خود را از بازار خارج می‌کنند.            |
| D3     | تأثیر نرخ ارز بر بورس                       | هر زمان که نرخ دلار نوسان شدیدی دارد، بازار سهام نیز واکنش نشان می‌دهد.                          |
| E1     | مدیریت نامناسب اطلاع‌رسانی شرکت‌ها          | زمانی که شرکت‌ها اطلاعات دقیقی ارائه نمی‌کنند، سرمایه‌گذاران دچار سردرگمی می‌شوند.               |
| E2     | کاهش شفافیت مالی                            | شرکت‌هایی که شفافیت مالی ضعیفی دارند، معمولاً با افت شدید ارزش سهام مواجه می‌شوند.               |
| E3     | افزایش سفته‌بازی در بازار                   | وقتی نقدینگی بالا می‌رود اما شرکت‌ها عملکرد قوی ندارند، سفته‌بازی افزایش می‌یابد.                |
| F1     | نبود ابزارهای مدیریت ریسک                   | سرمایه‌گذاران معمولاً ابزارهای کافی برای مدیریت ریسک ندارند و تصمیمات نادرستی می‌گیرند.          |
| F2     | اثر احساسات عمومی بر معاملات                | گاهی یک پست در شبکه‌های اجتماعی می‌تواند تأثیر بیشتری از تحلیل‌های بنیادی داشته باشد.            |
| F3     | دستکاری قیمت‌ها در بازار                    | وقتی بازیگران بزرگ بازار قیمت‌ها را تغییر می‌دهند، سرمایه‌گذاران خرد متضرر می‌شوند.              |
| G1     | واکنش‌های هیجانی به بحران‌ها                | پس از هر بحران اقتصادی، فروش‌های ناگهانی و وحشت‌زده بازار را در بر می‌گیرد.                      |
| G2     | اثر نقدینگی بر روند بازار                   | زمانی که نقدینگی در بازار کاهش می‌یابد، افت قیمت سهام سرعت بیشتری می‌گیرد.                       |
| G3     | تأثیر تحلیل بنیادی بر تصمیمات سرمایه‌گذاران | در شرایط پایدار، تحلیل بنیادی مهم است اما در شرایط بحران، کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد.           |

در این راهبرد، ابتدا سؤال پژوهش مطرح می‌شود و سپس، برای پاسخ به این سؤال، داده‌ها گردآوری و تحلیل می‌شوند. این داده‌ها، در قالب جدول‌هایی، سیر تکاملی خود را طی می‌کنند. بنابراین ابتدا نکات کلیدی داده‌ها احصاء و برای هر نکته یک کد معین می‌شود؛ سپس با مقایسه‌ی کدها، چند کد که اشاره به جنبه‌ی مشترک یک پدیده دارند، عنوان یک «مقوله» را به خود می‌گیرند.

کدگذاری محوری: در این مرحله با کنار هم قرار گرفتن کدهای متناظر مفاهیم اصلی شناسایی می‌گردند که در واقع ترکیبی از چند کد است. بر این اساس تعداد ۱۹ مقوله شناسایی گردید که در جدول (۳) قابل مشاهده می‌باشند:

جدول ۳، کدگذاری محوری (مقوله‌ها و مفاهیم)

| مقوله‌ها                                     | مفاهیم                                                                                                             |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱. رفتار گله‌ای سرمایه‌گذاران                | تقلید از دیگران در معاملات، فروش هیجانی، خرید غیرمنطقی، تأثیر احساسات عمومی بر تصمیم‌گیری                          |
| ۲. تأثیر رسانه‌های اجتماعی و اخبار           | تأثیر شایعات بر تصمیمات سرمایه‌گذاران، افزایش واکنش‌های احساسی، موج‌های خبری، انتشار اخبار منفی                    |
| ۳. سیاست‌های کلان اقتصادی                    | افزایش نرخ بهره، سیاست‌های اقتصادی ناپایدار، تصمیمات ناگهانی دولت، افت نقدینگی بازار                               |
| ۴. مدیریت شرکتی و شفافیت مالی                | ضعف در شفافیت مالی، انتشار اطلاعات نامعتبر، ارتباط نامناسب با سهامداران، مدیریت ناکارآمد شرکت‌ها                   |
| ۵. دستکاری قیمت‌ها در بازار                  | تأثیر بازیگران بزرگ بر قیمت‌ها، سفته‌بازی، نوسانات عمدی قیمت، کاهش اعتماد به سازوکار بازار                         |
| ۶. تحریم‌های اقتصادی و بحران‌های سیاسی       | خروج سرمایه‌های خارجی، افت ارزش بازار، تأثیر نوسانات نرخ ارز، افزایش ریسک‌های سیستماتیک                            |
| ۷. تأثیر نقدینگی بازار                       | کاهش نقدینگی و سقوط سهام، تأثیر حجم معاملات بر نوسانات قیمت، خروج پول هوشمند از بازار                              |
| ۸. تأثیر تحلیل بنیادی بر رفتار سرمایه‌گذاران | بی‌توجهی به تحلیل بنیادی در شرایط بحران، افزایش اهمیت تحلیل بنیادی در بازار صعودی، تغییر استراتژی‌های سرمایه‌گذاری |
| ۹. بی‌اعتمادی به بازار سرمایه                | نبود نظارت قوی، دستکاری در اطلاعات مالی، خروج سرمایه‌گذاران حقیقی، ضعف قوانین نظارتی                               |
| ۱۰. تأثیر رفتار مدیران شرکت‌ها               | تصمیمات استراتژیک نادرست، سیاست‌های نامناسب اجرایی، شفافیت در گزارشگری، اعتمادسازی در بین سهامداران                |
| ۱۱. تصمیمات ناگهانی و اثر آن بر بازار        | سیاست‌های اقتصادی پیش‌بینی‌ناپذیر، تصمیمات ناگهانی مالیاتی و گمرکی، تغییر ناگهانی مقررات بورس                      |

| مقوله‌ها                             | مفاهیم                                                                                                     |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۲. تأثیر نوسانات نرخ ارز            | افزایش بی‌ثباتی در بورس، خروج سرمایه به سمت بازارهای موازی، کاهش ارزش دارایی‌های شرکت‌های وابسته به واردات |
| ۱۳. تأثیر بحران‌های مالی جهانی       | رکود اقتصادی، تأثیر اقتصاد بین‌المللی بر بورس، واکنش بازار داخلی به نوسانات جهانی                          |
| ۱۴. الگوهای تاریخی سقوط سهام         | الگوهای تکرارشونده سقوط، تأثیر داده‌های تاریخی بر پیش‌بینی بازار، تغییرات مشابه در بحران‌های قبلی          |
| ۱۵. سفته‌بازی و حباب‌های قیمتی       | افزایش رفتارهای سفته‌بازانه، شکل‌گیری حباب‌های مالی، تأثیر حجم معاملات کاذب بر سقوط قیمت‌ها                |
| ۱۶. ضعف در مدیریت ریسک سرمایه‌گذاران | عدم استفاده از ابزارهای کنترل ریسک، عدم تنوع در پرتفوی، تصمیم‌گیری بدون تحلیل دقیق                         |
| ۱۷. اثر تحولات سیاسی داخلی بر بازار  | بی‌ثباتی فضای کسب‌وکار، تأثیر انتخابات و سیاست‌گذاری دولت، تغییرات ناگهانی در روابط تجاری بین‌المللی       |
| ۱۸. بحران‌های مالی شرکت‌ها           | ورشکستگی و زیان‌دهی شرکت‌ها، کاهش نقدینگی شرکت‌ها، ناتوانی در پرداخت بدهی‌ها                               |
| ۱۹. تأثیر سیاست‌های پولی و مالی دولت | افزایش مالیات بر سود سهام، سیاست‌های انبساطی یا انقباضی پولی، حمایت‌های دولتی از صنایع خاص                 |

بعد از مشخص شدن مفاهیم و مقوله‌ها، مقوله‌های موجود، به مقوله‌های کلی و مقوله‌های فرعی تقسیم شدند. مقوله‌های فرعی، اطلاعات بیشتری دربارهٔ چرایی و چگونگی یک پدیده ارائه کرده و از این طریق، به وضوح بیشتر مقوله کمک می‌نماید. در جدول ۴ مقوله‌های فرعی و کلی به همراه کد آن‌ها نشان داده شده است.

جدول ۴، مقوله‌های فرعی و کلی به همراه کد آن‌ها

| مقوله‌های فرعی             | کد مقوله | مقوله‌های کلی                        | کد مقوله |
|----------------------------|----------|--------------------------------------|----------|
| انتشار اخبار منفی          | F1       | شرایط علی (علل اولیه سقوط سهام)      | C1       |
| تأثیر رسانه‌های اجتماعی    | F2       | شرایط علی                            | C1       |
| نوسانات نرخ ارز            | F3       | شرایط علی                            | C1       |
| افزایش نرخ بهره            | F4       | شرایط علی                            | C1       |
| سیاست‌های اقتصادی ناپایدار | F5       | شرایط علی                            | C1       |
| تصمیمات ناگهانی دولت       | F6       | شرایط علی                            | C1       |
| ضعف در شفافیت مالی شرکت‌ها | F7       | شرایط زمینه‌ای (عوامل داخلی شرکت‌ها) | C2       |
| دستکاری قیمت‌ها در بازار   | F8       | شرایط زمینه‌ای                       | C2       |

| کد مقوله | مقوله‌های کلی                                 | کد مقوله | مقوله‌های فرعی                           |
|----------|-----------------------------------------------|----------|------------------------------------------|
| C2       | شرایط زمینه‌ای                                | F9       | نبود نظارت قوی بر بازار سرمایه           |
| C2       | شرایط زمینه‌ای                                | F10      | افزایش سفته‌بازی در بازار                |
| C2       | شرایط زمینه‌ای                                | F11      | تغییر در سیاست‌های مالیاتی               |
| C3       | شرایط مداخله‌گر (عوامل خارجی و غیرقابل کنترل) | F12      | تأثیر بحران‌های مالی جهانی               |
| C3       | شرایط مداخله‌گر                               | F13      | تحریم‌های اقتصادی                        |
| C3       | شرایط مداخله‌گر                               | F14      | خروج سرمایه‌های خارجی                    |
| C4       | پدیده محوری (موضوع اصلی پژوهش)                | F15      | بی‌اعتمادی به بازار سرمایه               |
| C4       | پدیده محوری                                   | F16      | رفتار گله‌ای سرمایه‌گذاران               |
| C4       | پدیده محوری                                   | F17      | نوسانات شدید قیمتی                       |
| C5       | پیامدها (نتایج سقوط قیمت سهام)                | F18      | کاهش حجم معاملات                         |
| C5       | پیامدها                                       | F19      | افت ارزش بازار سرمایه                    |
| C5       | پیامدها                                       | F20      | کاهش نقدینگی شرکت‌ها                     |
| C5       | پیامدها                                       | F21      | خروج سرمایه‌گذاران حقیقی                 |
| C5       | پیامدها                                       | F22      | بحران در صنایع وابسته به واردات          |
| C6       | راهبردها (اقدامات اصلاحی برای کاهش ریسک)      | F23      | مدیریت اطلاع‌رسانی شرکت‌ها               |
| C6       | راهبردها                                      | F24      | بهبود شفافیت مالی                        |
| C6       | راهبردها                                      | F25      | تقویت نظارت بر معاملات بازار             |
| C6       | راهبردها                                      | F26      | تنظیم سیاست‌های پایدار اقتصادی           |
| C6       | راهبردها                                      | F27      | توسعه ابزارهای مدیریت ریسک سرمایه‌گذاران |

### تحلیل و نتیجه‌گیری از کدگذاری انتخابی

در این مرحله، مقوله‌های فرعی در شش مقوله کلی سازماندهی شدند که ساختار جامع تحلیل پژوهش را مشخص می‌کند: شرایط علی (C1): علل مستقیم و اولیه‌ای که موجب سقوط قیمت سهام می‌شوند، شامل اخبار منفی، سیاست‌های کلان اقتصادی، و نوسانات ارزی. شرایط زمینه‌ای (C2): عوامل داخلی شرکت‌ها و بازار که موجب تشدید یا تسهیل شرایط سقوط می‌شوند، از جمله ضعف در شفافیت مالی و نظارت ناکافی. شرایط مداخله‌گر (C3): متغیرهای بیرونی مانند تحریم‌های اقتصادی و بحران‌های جهانی که تأثیر غیرمستقیمی بر سقوط قیمت سهام دارند. پدیده محوری (C4): بی‌اعتمادی به بازار سرمایه و رفتار گله‌ای سرمایه‌گذاران که از نتایج شرایط علی و زمینه‌ای نشأت می‌گیرد. پیامدها (C5): نتایج سقوط قیمت سهام شامل کاهش نقدینگی، خروج سرمایه‌ها، و افت

ارزش بازار. راهبردها (C6): پیشنهادهای سیاستی و مدیریتی برای کاهش ریسک سقوط قیمت سهام و بازگرداندن اعتماد به بازار.

بر اساس کدگذاری محوری و انتخابی انجام شده در مرحله قبل، مدل رگرسیونی طراحی شده تلاش دارد تا اثر عوامل مالی و غیرمالی را بر ریسک سقوط قیمت سهام بررسی کند. در این مدل، متغیر وابسته (Y) سقوط قیمت سهام است و متغیرهای مستقل (X) شامل شرایط علی، شرایط زمینه‌ای، شرایط مداخله‌گر، و سایر مقوله‌های تأثیرگذار بر بازار سرمایه می‌شوند.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \epsilon$$

Y: احتمال سقوط قیمت سهام،  $\beta_0$  مقدار ثابت مدل،  $X_1$  تا  $X_6$  متغیرهای مستقل بر اساس مقوله‌های شناسایی شده،

$\beta_1$  تا  $\beta_6$  ضرایب رگرسیونی که میزان تأثیر هر متغیر را بر سقوط قیمت سهام نشان می‌دهند،  $\epsilon$  جمله خطای مدل

جدول ۵، متغیرهای مستقل و تعریف آن‌ها در مدل

| متغیر مستقل           | توضیح                                                                                                                  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $X_1$ شرایط علی       | متغیرهایی مانند انتشار اخبار منفی، نوسانات نرخ ارز، سیاست‌های اقتصادی ناپایدار و افزایش نرخ بهره                       |
| $X_2$ شرایط زمینه‌ای  | متغیرهایی مانند شفافیت مالی شرکت‌ها، نظارت بر بازار، میزان سفته‌بازی و تغییر در سیاست‌های مالیاتی                      |
| $X_3$ شرایط مداخله‌گر | متغیرهایی مانند تحریم‌های اقتصادی، بحران‌های مالی جهانی، خروج سرمایه‌های خارجی و بی‌ثباتی اقتصادی                      |
| $X_4$ پدیده محوری     | بی‌اعتمادی به بازار سرمایه و رفتار گله‌ای سرمایه‌گذاران که از شرایط علی و زمینه‌ای نشأت می‌گیرد                        |
| $X_5$ پیامدها         | کاهش حجم معاملات، افت ارزش بازار سرمایه، کاهش نقدینگی و بحران‌های اقتصادی در صنایع وابسته                              |
| $X_6$ راهبردها        | اقداماتی برای جلوگیری از سقوط قیمت مانند مدیریت اطلاع‌رسانی، تقویت شفافیت مالی، نظارت قوی‌تر و بهبود سیاست‌های اقتصادی |

فرم نهایی مدل رگرسیونی:

$$P(S) = \beta_0 + \beta_1(CA) + \beta_2(CZ) + \beta_3(CM) + \beta_4(PH) + \beta_5(PA) + \beta_6(RA) + \epsilon$$

P(S): احتمال سقوط قیمت سهام، CA: شرایط علی، CZ: شرایط زمینه‌ای، CM: شرایط مداخله‌گر، PH: پدیده محوری، PA: پیامدها، RA: راهبردها.

مدل رگرسیونی پیشنهادی، یک چارچوب جامع برای بررسی تأثیر متغیرهای مالی و غیرمالی بر سقوط قیمت سهام ارائه می‌دهد. این مدل نه تنها اثرات سنتی مانند تغییرات اقتصادی و سیاست‌های پولی را در نظر می‌گیرد، بلکه متغیرهای رفتاری و رسانه‌ای را نیز به عنوان عوامل کلیدی تحلیل می‌کند. این رویکرد می‌تواند به

سرمایه‌گذاران، تحلیل‌گران مالی و سیاست‌گذاران در مدیریت ریسک، تصمیم‌گیری بهتر و ایجاد ثبات در بازار سرمایه کمک کند.

#### مکانیزم الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (psa)

در الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات هر راه حل تنها یک ذره در فضای جستجو است و عضو نامیده می‌شود. تمام ذرات یک مقدار شایستگی دارند که توسط تابع شایستگی که باید بهینه شود ارزیابی می‌گردد. علاوه بر این هر ذره  $i$ ، دارای یک موقعیت در فضای  $D$  بعدی مسئله است که در تکرار  $t$ ام، با یک بردار به صورت رابطه زیر نمایش داده می‌شود:

$$X_i^t = (x_{i1}^t, x_{i2}^t, \dots, x_{iD}^t)$$

همچنین این ذره سرعتی دارد که در تکرار  $t$ ام با بردار زیر نشان داده می‌شود:

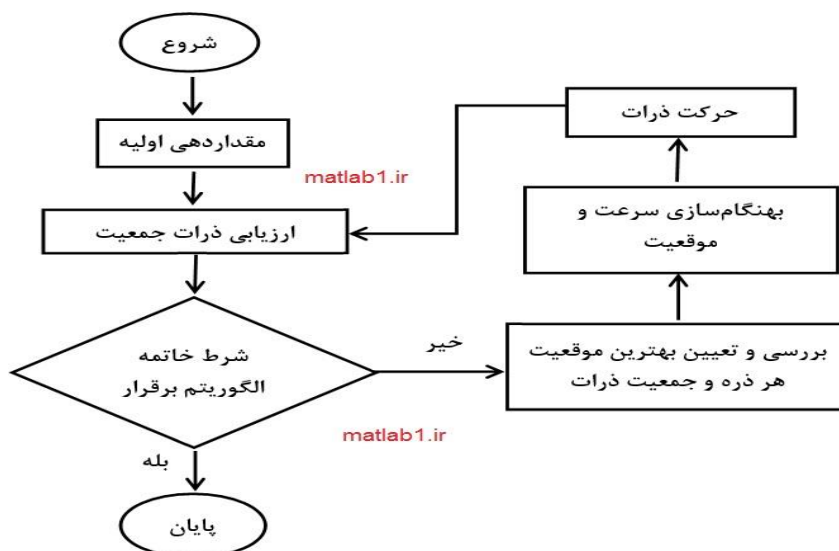
$$V_i^t = (v_{i1}^t, v_{i2}^t, \dots, v_{iD}^t)$$

و این ذره نیز در هر تکرار یک حافظه از بهترین موقعیت قبلی خودش را دارد که با بردار  $P$ ، رابطه زیر نشان داده می‌شود:

$$P_i^t = (p_{i1}^t, p_{i2}^t, \dots, p_{iD}^t)$$

$$V_i(t+1) = wV_i(t) + c_1r_{1,i}(t)(P_i(t) - X_i(t)) + c_2r_{2,i}(t)(P_g(t) - X_i(t))$$

در فرمول‌های فوق  $t$  بیانگر شماره تکرار و متغیرهای  $c_1, c_2$  فاکتورهای یادگیری هستند که میزان جابه‌جایی یک ذره را در یک بار تکرار کنترل می‌کند.  $r_1, r_2$  دو عدد تصادفی یکنواخت در بازه  $[0,1]$  هستند.  $w$  یک وزن جبری است که به صورت نوعی در بازه  $[0,1]$  مقداردهی اولیه می‌گردد. یک وزن جبری بزرگ‌تر یک استکشاف عمومی و وزن جبری کوچک‌تر استکشاف محلی را تسهیل می‌نماید. در الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات استاندارد جمعیت با راه حل‌های تصادفی مقداردهی اولیه می‌شود و تا رسیدن به شرط خاتمه به صورت تکراری شایستگی جمعیت محاسبه، مقادیر  $P_{best}$  و  $G_{best}$ ، سرعت و موقعیت نیز به ترتیب به‌روز رسانی می‌شوند. در آخر هم  $G_{best}$  و مقدار شایستگی‌اش به عنوان خروجی بیان می‌شوند. شرط خاتمه می‌تواند رسیدن به ماکزیمم تعداد نسل‌ها یا رسیدن به یک مقدار خاص شایستگی در  $G_{best}$  باشد. در ادامه ساختار شماتیک، نحوه به‌روز رسانی سرعت و موقعیت ذرات و شبه‌کد الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات به ترتیب در شکل زیر آورده شده است.



شکل ۲، ساختار شماتیک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

(بهروزی و اسحاقی، ۱۳۸۸)

### الگوریتم کشتل (KA)

یکی از کاراترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی در سال‌های اخیر، الگوریتم کشتل بوده است که توسط حاجی‌آقایی کشتلی و نیری (۲۰۱۳)، پیشنهاد گردید، از رفتار حریصانه گروهی از اردک سانان در منطقه کشتل از استان مازندران الهام گرفته است. مکانیزم این الگوریتم شامل سه مرحله اصلی است: جستجو و کاوش، تبادل اطلاعات گروهی، و بهره‌برداری دقیق از مناطق بهینه. این روش که کارایی خود را در حل مسائل مختلف مهندسی و تحقیق در عملیات نظیر مسأله حمل و نقل ریلی نشان داده است، در این الگوریتم مانند سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری، از یک جمعیت اولیه برای شروع الگوریتم استفاده می‌کند. جمعیت اولیه به سه نوع مختلف تقسیم می‌شوند. نوع اول که آن‌ها کشتل‌های خوش‌شانس نامیده می‌شوند، در کنار نزدیک‌ترین همسایه خود می‌گردند تا بهتر شوند. جنس دوم در میان کشتل‌های خوش‌شانس می‌گردند تا نواحی همسایگی آن‌ها را به‌درستی جستجو کنند؛ و گروه سوم کشتل‌هایی هستند که خسته شدند و پرواز می‌کنند و گروه دیگری دوباره در کنار آنان می‌نشینند. در این الگوریتم، به فازهای فرا ابتکاری‌ها اهمیت قائل شده و این امکان را به استفاده‌کننده می‌دهد که از سه اپراتور جستجوی الگوریتم یکی یا دو تا را در میان آن‌ها انتخاب کند؛ و در این الگوریتم جمعیت کشتل‌های خوش‌شانس تنظیم‌کننده تمرکز الگوریتم و دو اپراتور دیگر برای فاز جستجو و تنوع جواب‌ها در موتور الگوریتم گنجانده شده است. **گام اول، مقداردهی اولیه:** در ابتدا، الگوریتم با تعریف یک جمعیت اولیه از راه‌حل‌ها آغاز می‌شود. هدف این مرحله ایجاد یک توزیع اولیه متنوع از راه‌حل‌ها در فضای جستجو است که امکان کاوش گسترده را فراهم

می‌کند. گام دوم، جستجو و کاوش: در این مرحله، الگوریتم از حرکت گروهی مرغابی‌ها برای کاوش فضای جستجو استفاده می‌کند. در این مرحله، الگوریتم از رفتارهای پویا و تصادفی برای جلوگیری از گیر افتادن در بهینه‌های محلی استفاده می‌کند. گام سوم، تبادل اطلاعات: یکی از ویژگی‌های برجسته الگوریتم کشتل، تبادل اطلاعات بین اعضای گروه است. این تبادل اطلاعات به گروه کمک می‌کند تا مسیرهای بهتر را شناسایی کرده و تصمیمات گروهی بهتری اتخاذ کند. علاوه بر این، در این گام، الگوریتم از اطلاعات مربوط به بهترین راه‌حل گروهی و بهترین راه‌حل فردی برای بهبود موقعیت‌های آینده استفاده می‌کند. گام چهارم، تطبیق و تقویت: در این مرحله، الگوریتم موقعیت فعلی مرغابی‌ها را براساس شرایط جدید به‌روزرسانی می‌کند. اگر یک منطقه خاص از فضای جستجو پتانسیل بالایی داشته باشد، الگوریتم تمرکز بیشتری روی بهره‌برداری از آن ناحیه می‌گذارد این گام باعث افزایش دقت و کارایی الگوریتم در مراحل نهایی جستجو می‌شود. گام پنجم، توقف و خروج: فرآیند جستجو و به‌روزرسانی موقعیت‌ها تا زمانی ادامه می‌یابد که یک شرط توقف ارضا شود. این شرط می‌تواند رسیدن به تعداد مشخصی از تکرارها، همگرایی گروه به یک راه‌حل خاص، یا رسیدن به یک مقدار مشخص از تابع تناسب باشد. در نهایت، الگوریتم بهترین راه‌حل پیدا شده را به‌عنوان خروجی ارائه می‌کند.

#### ارزیابی عملکرد دو الگوریتم PSO و KA

$$SN_S = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

از آنجایی که مدل ریاضی این پژوهش دو هدفه است، از معادله‌ای با استفاده از شاخص‌های استاندارد چندهدفه به‌عنوان Response در روش تاگوچی استفاده می‌شود؛ که این رابطه به‌صورت زیر است.

$$MCOV = \frac{MID}{MS} \quad (2)$$

شاخص‌های استاندارد چندهدفه: یکی از روش‌های برخورد با این مسائل استفاده از شاخص‌های ارزیابی عملکرد<sup>۱</sup> است. چند مورد از این شاخص‌ها در زیر توضیح داده می‌شود:

**تعداد جواب پارتو** (Number of Pareto Solutions): این معیار برابر با تعداد جواب‌های خروجی در هر بار اجرای الگوریتم می‌باشد. در مقایسه‌ی بین چند الگوریتم این معیار به‌عنوان تعداد جواب‌های خروجی ناشی از اجرای هرکدام از الگوریتم‌ها تعریف می‌شود. بدیهی است که هر چه تعداد جواب‌های پارتو یک روش بیشتر باشد، آن روش مطلوب‌تر است.

<sup>۱</sup> performance measures

معیار میانگین فاصله از جواب ایده آل (MID): این معیار به منظور محاسبه میانگین فاصله جواب‌های پارتو از مبدأ مختصات استفاده می‌شود. در رابطه زیر مشخص است که هر چه این معیار کمتر باشد، کارایی الگوریتم بیشتر خواهد بود.

$$MID = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{\left( \frac{f_1 - f_{1_{best}}}{f_{1_{total}^{max}} - f_{1_{total}^{min}}} \right)^2 + \left( \frac{f_2 - f_{2_{best}}}{f_{2_{total}^{max}} - f_{2_{total}^{min}}} \right)^2}}{n} \quad (3)$$

معیار زمان اجرای الگوریتم (CPU time): در مسائل بزرگ یکی از معیارهای مهم، زمان اجرای آن‌ها می‌باشد و به همین دلیل زمان اجرای الگوریتم به عنوان یک معیار ارزیابی کیفیت در نظر گرفته می‌شود.

معیار حداکثر پراکندگی (MS): شاخص فاصله به صورت زیر تعریف می‌شود

$$MS = \sqrt{\sum_{i=1}^I (min f_i - max f_i)^2} \quad (4)$$

شاخص سنجش پراکندگی جواب‌های نا مغلوب (SNS): این شاخص برای شناسایی پراکندگی و تنوع جواب‌های پارتو به دست آمده ارائه شده است.

$$SNS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MID - C_i)^2}{n - 1}} \quad (5)$$

### نتایج مسائل عددی

بعد از تنظیم پارامترها، اکنون پارامترهای مناسب در هر الگوریتم مشخص شده و زمان آن است که الگوریتم‌ها برای مسائل تولید شده اجرا و باهم مقایسه شوند. در نتیجه ۱۲ مسأله با ۲ الگوریتم اجرا می‌شوند. با توجه به اینکه در این مسأله پنج شاخص استاندارد شامل: MS، SNS، MID و CPU time داریم و همچنین دو گزینه از الگوریتم‌ها شامل: PSO و KA موجود است، تشخیص بهترین روش کار دشواری است. لذا با استفاده از روش‌های چند معیاره به انتخاب بهترین روش در ابعاد مختلف می‌پردازیم؛ که برای به دست آوردن وزن معیارها (شاخص‌ها) از روش AHP و برای مرتب‌سازی گزینه‌ها (الگوریتم‌ها) از روش VIKOR استفاده می‌شود. در اجرای روش VIKOR جهت انتخاب بهترین گزینه، ابتدا مسائل ۱ تا ۴ را به عنوان مسائل ابعاد کوچک، مسائل ۵ تا ۸ را به عنوان مسائل ابعاد متوسط و مسائل ۹ تا ۱۲ را به عنوان مسائل ابعاد بزرگ در نظر گرفتیم سپس میانگین هر یک از ابعاد را برای

هر گزینه نسبت به معیار مشخص کرده و این نتایج به‌عنوان ورودی‌های روش ویکور استفاده شدند. این مقادیر در جدول زیر ارائه شده‌اند.

جدول ۶. ماتریس امتیاز گزینه‌ها نسبت به معیارها

| میانگین مسائل | گزینه‌ها | NPS   | CPU time    | MID      | MS       | SNS      |
|---------------|----------|-------|-------------|----------|----------|----------|
| مسائل ۱-۴     | PSO      | ۷۵.۶  | ۴۸۷۳۲۵.۲۳   | ۴۶۷۷۲۵.۳ | ۲.۴۲۹۷۲۷ | ۴.۹۶۴۶۳۲ |
|               | KA       | ۷۵.۱۱ | ۱۳۰۵.۳۳۵    | ۹۵۷۶۵.۱  | ۶.۵۸۱۰۸۵ | ۵.۷۶۴۹۸۷ |
| مسائل ۵-۸     | PSO      | ۵.۹   | ۴۷۴۵۷۵.۱۲۰۷ | ۴۴۳۵.۴   | ۸۷۹۹۸۲   | ۲۷۱۰۱۷۰  |
|               | KA       | ۱۱    | ۱۶۳۳۲۵.۱۳۴۴ | ۱۲۹۴۲۵.۴ | ۱۳۳۲۷۲۲  | ۲۸۸۷۳۱۶  |
| مسائل ۹-۱۲    | PSO      | ۱۴    | ۶۱۲۸۲۵.۷۶۴۴ | ۸۷۶۲۲۵.۴ | ۱۷۱۶۷۵۰  | ۵۷۹۷۳۱۱  |
|               | KA       | ۷۵.۱۷ | ۰۱۷۴۲۵.۷۵۷۹ | ۵۵۷۰۵.۴  | ۱۹۶۶۰۷۶  | ۵۸۷۷۳۵۹  |

سرانجام پس از اجرای روش ویکور، مقادیر ماتریس نرمال شده، ماتریس نرمال شده موزون، مقادیر  $S$ ،  $R$  و  $Q$  به همراه دسته‌بندی الگوریتم‌ها در جدول ارائه شده است. همان‌طور که دریافت می‌شود: در ابعاد کوچک PSO به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب گردید و پس‌از آن الگوریتم KA قرار دارند. در ابعاد متوسط PSO به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب گردید و پس‌از آن الگوریتم KA قرار دارند. در ابعاد بزرگ KA بهترین گزینه انتخاب گردید و پس‌از آن الگوریتم PSO قرار دارند.

### یافته‌های پژوهش

با توجه به اینکه پیش‌بینی دقیق قیمت سهام و ریسک‌های مرتبط با آن از دغدغه‌های اصلی سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران مالی است، محققان تلاش کرده‌اند تا با استفاده از روش‌های نوین هوش مصنوعی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی، به مدل‌هایی دست یابند که بتوانند دقت و کارایی پیش‌بینی‌ها را افزایش دهند. در این تحقیق، از رویکرد تحقیق کیفی- کمی و مدلسازی عددی استفاده شده است. این انتخاب به دلیل ماهیت مسئله مورد مطالعه است که به تحلیل دقیق داده‌های کمی، شناسایی روابط میان متغیرها و ایجاد مدلی پیش‌بینی‌کننده نیاز دارد. به علت پراکندگی جغرافیایی بسیار شرکت‌ها و محدودیت زمانی و امکاناتی محقق، در این تحقیق از روش نمونه‌گیری جامع (برای بخش کیفی) استفاده می‌شود. پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۴ انجام شد و جامعه آماری آن بورس اوراق بهادار تهران است، نمونه آماری شامل مدیران اجرایی سازمانی است که دارای سابقه فعالیت حداقل ۵ سال در سازمان امور مالیاتی، حسابرسی مالی و حوزه ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی ریسک سقوط قیمت سهام می‌باشند. دو الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) و کشتل (KA) برای بهینه‌سازی مدل پیش‌بینی سقوط قیمت سهام مورد استفاده قرار گرفتند و عملکرد آن‌ها از جنبه‌های مختلف سرعت، دقت، کیفیت راه‌حل‌ها و توانایی همگرایی بررسی شدند. که نتایج و یافته‌های آنها در مراحل مختلف تحقیق با پژوهش چن (Chen, 2021) و کاراسان (Karasan, 2025) هم‌راستاست. در مجموع، این پژوهش در صدد پاسخگویی به این سؤال اساسی بوده

است که آیا می‌توان با ترکیب داده‌های مالی و غیرمالی و استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری، دقت پیش‌بینی سقوط قیمت سهام را افزایش داد؟ نتایج حاصل نشان می‌دهد که چنین مدلی نه تنها ممکن است، بلکه می‌تواند عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های سنتی مالی داشته باشد.

### یافته‌های پژوهش در بخش کیفی

بخش کیفی این پژوهش با هدف شناسایی و تحلیل عوامل غیرمالی مؤثر بر سقوط قیمت سهام انجام شد. در این راستا، از مصاحبه‌های تخصصی با کارشناسان بازار سرمایه، تحلیل‌گران اقتصادی، مدیران مالی و فعالان حوزه بورس استفاده گردید و یافته‌های حاصل از این مصاحبه‌ها با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی و روش گزند تئوری مورد بررسی قرار گرفت. طی این فرایند، ۱۹ مقوله اصلی در ارتباط با ابعاد رفتاری، اقتصادی، مدیریتی و رسانه‌ای شناسایی شد که به درک بهتر روابط بین این عوامل و نقش آن‌ها در سقوط قیمت سهام کمک می‌کند. نتایج این پژوهش نشان داد که احساسات بازار و رفتار گله‌ای سرمایه‌گذاران از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر نوسانات و سقوط قیمت سهام هستند.

### یافته‌های پژوهش در بخش تحلیل رگرسیونی

در این پژوهش، مدل رگرسیونی طراحی شده برای پیش‌بینی سقوط قیمت سهام، با استفاده از داده‌های مالی و غیرمالی آزمون شد تا میزان تأثیرگذاری این متغیرها بر افت ارزش سهام مشخص گردد. نتایج این تحلیل نشان داد که مدل پیشنهادی توانسته است با دقت قابل قبولی نوسانات قیمت سهام را توضیح دهد و تأثیر متغیرهای غیرمالی را در کنار عوامل مالی بررسی کند. ضرایب رگرسیونی به دست آمده از این تحلیل نشان دادند که برخی متغیرهای غیرمالی مانند احساسات بازار، رفتار هیجانی سرمایه‌گذاران، و سیاست‌های اقتصادی دولت تأثیر به مراتب بیشتری بر احتمال سقوط قیمت سهام دارند نسبت به متغیرهای مالی سنتی مانند سودآوری و نقدینگی شرکت‌ها.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که هر دو الگوریتم توانایی بهینه‌سازی و پیش‌بینی سقوط قیمت سهام را دارند، اما عملکرد آن‌ها بسته به ابعاد مسئله متفاوت است. در مسائل کوچک و متوسط، الگوریتم PSO به دلیل سرعت بالاتر در همگرایی و تعداد بیشتر جواب‌های پارتو، عملکرد بهتری از خود نشان داد. در مقابل، در مسائل بزرگ و پیچیده، الگوریتم KA به دلیل دقت بالاتر در توزیع جواب‌های غیرمغلوب و پراکندگی مناسب‌تر، نتایج بهتری ارائه داد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که انتخاب روش بهینه‌سازی باید متناسب با پیچیدگی و ابعاد مدل باشد و نمی‌توان یک الگوریتم را برای تمامی شرایط بهینه دانست.

### ارزیابی دو الگوریتم فراابتکاری PSO و KA

نتایج تحلیل‌های عددی نشان داد که عملکرد این دو الگوریتم بسته به اندازه و پیچیدگی مسئله متفاوت است و نمی‌توان یک الگوریتم را به عنوان بهترین گزینه برای تمام شرایط معرفی کرد. در شرایطی که مسائل کوچک و

متوسط بررسی می‌شوند، PSO عملکرد بهتری دارد، درحالی‌که در مسائل پیچیده و بزرگ، KA نتایج دقیق‌تری ارائه می‌دهد.

جدول ۷. مقایسه عملکرد دو الگوریتم در جنبه‌های مختلف

| شاخص ارزیابی                  | PSO      | KA        | بهترین عملکرد |
|-------------------------------|----------|-----------|---------------|
| زمان اجرا (CPU Time)          | کوتاه‌تر | طولانی‌تر | PSO           |
| همگرایی سریع به جواب بهینه    | بالا     | متوسط     | PSO           |
| دقت راه‌حل‌ها (MID, MS)       | متوسط    | بالا      | KA            |
| پراکندگی راه‌حل‌ها (SNS)      | کمتر     | بیشتر     | KA            |
| جلوگیری از بهینه‌های محلی     | متوسط    | قوی       | KA            |
| کارایی در مسائل کوچک و متوسط  | بالا     | متوسط     | PSO           |
| کارایی در مسائل پیچیده و بزرگ | متوسط    | بالا      | KA            |

نتایج هر دو الگوریتم با استفاده از داده‌های آزمایشی و واقعی تحلیل شده و دقت پیش‌بینی، سرعت همگرایی، و توانایی هر یک در اجتناب از گیر افتادن در بهینه‌های محلی مقایسه شده است. خروجی‌های مدل‌ها به‌صورت کمی (مانند نرخ دقت و خطای پیش‌بینی) و گرافیکی ارائه شده و تأثیر هر الگوریتم در بهبود عملکرد مدل بررسی شده است. یافته‌ها نشان داد هر دو الگوریتم فراابتکاری PSO و KA در شرایط خاص خود، عملکرد مطلوبی دارند و بسته به نوع و اندازه مسئله، یکی از آن‌ها می‌تواند بر دیگری برتری داشته باشد.

- PSO به دلیل همگرایی سریع‌تر و نیاز به محاسبات کمتر، برای مسائل کوچک و متوسط کارایی بالایی دارد.
- KA به دلیل جستجوی جامع‌تر و دقت بالاتر، در مسائل بزرگ و پیچیده بهتر عمل می‌کند.
- زمان اجرای PSO نسبت به KA کوتاه‌تر است، اما KA کیفیت راه‌حل‌های بهتری ارائه می‌دهد.
- ترکیب PSO و KA می‌تواند یک مدل بهینه‌سازی ترکیبی ایجاد کند که هم سرعت و هم دقت بالاتری داشته باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف مقایسه عملکرد دو الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات (PSO) و کشتل (KA) در پیش‌بینی ریسک سقوط قیمت سهام و با استفاده از رویکردی ترکیبی (کیفی-کمی) انجام شد. در فاز کیفی، با بهره‌گیری از روش تئوری داده‌بنیاد، عوامل غیرمالی مؤثر بر سقوط قیمت سهام در بورس تهران شناسایی و مدلسازی شد. در فاز کمی، یک مدل رگرسیونی طراحی گردید که پارامترهای آن با استفاده از هر دو الگوریتم بهینه‌سازی شد. یافته‌های این تحقیق به وضوح نشان داد که هیچ الگوریتمی در تمامی شرایط برتری مطلق ندارد و کارایی هر یک شدیداً وابسته به ماهیت و مقیاس مسئله است. به طور مشخص، الگوریتم PSO به دلیل مکانیزم ساده و سرعت

همگرایی بالا، گزینه‌ی بهینه برای مسائل با ابعاد کوچک و متوسط و در شرایطی است که محدودیت زمانی عامل تعیین‌کننده محسوب می‌شود. در مقابل، الگوریتم KA با برخورداری از توانایی بالاتر در کاوش فضای جستجو و اجتناب از بهینه‌های محلی، در مواجهه با مسائل پیچیده و بزرگ که دقت و قابلیت اطمینان نتایج در اولویت است، عملکرد برتری از خود نشان داد. این تمایز عملکردی، یک چارچوب تصمیم‌گیری استراتژیک در اختیار محققان و فعالان بازار می‌گذارد. مهم‌ترین نتیجه‌گیری عملی این مطالعه آن است که تلفیق هوشمندانه این دو الگوریتم در یک مدل ترکیبی می‌تواند راهکاری کارآمدتر باشد به گونه‌ای که از سرعت PSO برای شناسایی اولیه نواحی امیدبخش و از دقت KA برای بهینه‌سازی نهایی و دستیابی به پاسخ‌های پایدار و قابل اطمینان استفاده شود.

با توجه به تأثیر چشمگیر رسانه‌های اجتماعی و شایعات بر نوسانات بازار که در بخش کیفی این پژوهش آشکار شد، پیشنهاد می‌شود نهادهای ناظر (مانند بورس اوراق بهادار) اقدام به طراحی و استقرار سامانه‌های پایش هوشمند مبتنی بر پردازش زبان طبیعی (NLP) و یادگیری ماشین کنند. این سامانه‌ها قادر خواهند بود حجم عظیم اخبار و محتوای تولیدشده در فضای مجازی را تحلیل کرده و هشدارهای لازم درباره تأثیرات بالقوه آنها بر احساسات بازار و ریسک سقوط قیمت را به صورت بهنگام صادر نمایند. به سرمایه‌گذاران نهادی و شرکت‌های سبدگردانی پیشنهاد می‌شود در طراحی سیستم‌های معاملاتی الگوریتمیک خود از استراتژی ترکیبی بهینه‌سازی استفاده کنند. برای مثال، از الگوریتم PSO برای اسکن سریع بازار و شناسایی فرصت‌های کوتاه‌مدت و از الگوریتم KA برای بهینه‌سازی پرتفوی و مدیریت ریسک در افق بلندمدت‌تر بهره ببرند. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران آتی بر اساس چارچوب ارائه‌شده در این مطالعه، یک الگوریتم هیبرید طراحی کنند که به صورت پویا و بر اساس ویژگی‌های مسئله، مکانیزم هر یک از این دو الگوریتم را فعال سازد. همچنین ادغام خروجی این مدل با تکنیک‌های پیشرفته‌تری مانند شبکه‌های عصبی عمیق یا ماشین بردار پشتیبان شاید بتواند دقت پیش‌بینی را بهبود بخشد. در نهایت انجام این پژوهش در بازه‌های زمانی طولانی‌تر و همچنین تعمیم آن به سایر بازارهای مالی (مانند ارز دیجیتال یا کالا) می‌تواند به اعتبارسنجی بیشتر نتایج بینجامد. جمع‌آوری و پالایش داده‌های غیرمالی (مانند اخبار و احساسات) فرآیندی زمان‌بر و پیچیده بود و دسترسی به برخی داده‌های تاریخی با کیفیت مطلوب محدودیت داشت. همچنین یافته‌های این تحقیق بر اساس داده‌های بازار سرمایه ایران به دست آمده است. بنابراین، تعمیم نتایج به سایر بازارهای مالی با شرایط ساختاری و اقتصادی متفاوت باید با احتیاط صورت گیرد. این پژوهش به صورت مقطعی انجام شده است که اگرچه روابط همبستگی را به خوبی نشان می‌دهد، اما استنباط رابطه علی را با دشواری مواجه می‌سازد. علی‌رغم تلاش برای جامع‌بودن، احتمالاً عوامل دیگری نیز در سقوط قیمت سهام تأثیرگذار هستند که در مدل حاضر لحاظ نشده‌اند.

## منابع و مراجع

- اسکندری، رامین، و کردستانی، غلامرضا. (۱۴۰۲). ریسک سقوط قیمت سهام: مروری سیستماتیک بر ادبیات. در سومین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی یافته‌های نوین در مدیریت، روان‌شناسی و حسابداری. تهران.
- چمبریانی، شیما. (۱۴۰۲). مطالعه و مروری بر عدم قطعیت سیاست اقتصادی و ریسک سقوط قیمت سهام. در هجدهمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، اقتصاد و توسعه.
- شجاعی، سید حسن، ابراهیمی، مهرزاد و زارع، هاشم. (۱۴۰۴). اثر تبلیغات بازار محصول و ریسک سقوط قیمت سهام در آینده ایران. فصلنامه اقتصاد محاسباتی، ۲(۴)، ۱-۳۰.
- طاهری، ماندانا، و دهقان، امین منصور. (۱۴۰۴). رابطه بین مسئولیت‌های اجتماعی شرکت و ریسک سقوط قیمت سهام با تاکید بر نقش تعدیلی سازوکارهای مقرراتی و عدم تقارن اطلاعاتی. مجله دانش حسابداری.
- کرمی، فریبرز. (۱۴۰۲). دیدگاه‌های مدیریتی در زمینه ارتباط تغییرات اقلیمی با ریسک سقوط قیمت سهام. در هشتمین همایش ملی پژوهش‌های نوین در علوم انسانی، اقتصاد و حسابداری ایران. تهران.
- کریم زاده، مصطفی و قیاسی خالو، رضا. (۱۴۰۴). بررسی رابطه بین ریسک سقوط قیمت سهام و اهرم عملیاتی در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. تحلیل‌ها و اندیشه‌های اقتصادی، ۱(۴)، ۳۵-۵۸.
- ملائی لاکسار، محدثه. (۱۴۰۲). نقش تعدیل‌گر مالکیت نهادی در رابطه بین قابلیت مقایسه صورت‌های مالی و ریسک سقوط قیمت سهام. در کنفرانس ملی چالش‌ها و راهکارهای نوین در مدیریت، حسابداری و صنعت بیمه. اردبیل.
- مولائی، محمداسماعیل، و مرادزاده، مراد. (۱۴۰۲). تاثیر مالکیت مدیریتی بر رابطه میان رقابت در بازار محصول و ریسک سقوط قیمت سهام. در اولین کنفرانس بین‌المللی توانمندی مدیریت، مهندسی صنایع، حسابداری و اقتصاد. بابل.
- مومنی یانرسری، ابوالفضل. (۱۴۰۲). وضعیت مالی و ریسک سقوط آتی قیمت سهام؛ اهمیت کیفیت کنترل داخلی شرکت‌ها.
- معمدی، سیما، و رحمانی، تیمور. (۱۳۹۷). تاثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تشکیل سرمایه، بهره‌وری نیروی کار و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه. پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۸، ۱۱۷-۱۳۲.
- شاه‌نظری، اسماعیل، و رضازاده، زیبا. (۱۴۰۲). ارزیابی ارتباط اثربخشی گزارش حسابرس با ریسک سقوط آتی قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. در ششمین کنفرانس بین‌المللی تحولات نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری. تهران.
- زین‌الدینی، شبنم، کریمی، محمدشریف، و خانزادی، آزاد. (۱۳۹۹). بررسی تاثیر قیمت نفت و نرخ ارز بر شاخص قیمت بازار سهام در ایران. در سومین کنفرانس بین‌المللی ترفندهای مدرن مدیریت، حسابداری، اقتصاد و بانکداری با رویکرد رشد کسب و کارها، تهران.
- ژیان‌نصرالهی، مهناز. (۱۴۰۲). مطالعه و شناختی دقیق بر عدم قطعیت سیاست اقتصادی و ریسک سقوط قیمت سهام. در چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، تجارت جهانی، اقتصاد، دارایی و علوم اجتماعی.

- Abdouli, M., & Hammami, S. (2020). Economic growth, environment, fdi inflows, and financial development in Middle East countries: Fresh evidence from simultaneous equation models. *Journal of the Knowledge Economy*, 11(2), 479-511.
- da Silva, P. P. (2022). Market efficiency and the capacity of stock prices to track a firm's future profitability. *Borsa Istanbul Review*, 22(3), 452-464.
- Erdoğan, S., Yıldırım, D. Ç., & Gedikli, A. (2020). Natural resource abundance, financial development and economic growth: An investigation on Next-11 countries. *Resources Policy*, 65, 101559.
- Hirshleifer, D., Hou, K., Teoh, S.H., Zhang, Y. (2004). Do investors overvalue firms with bloated balance sheets? *J. Account. Econ.*, 38, 297-331.
- Htun, H. H., Biehl, M., & Petkov, N. (2023). Survey of feature selection and extraction techniques for stock market prediction. *Financial Innovation*, 9(1), 26.
- Karasan, A., Alp, Ö. S., & Weber, G.-W. (2025). Machine learning approach to stock price crash risk. *Annals of Operations Research*, 350(3), 1053-1074.
- Kchouri, B., & Lehnert, T. (2020). Islamic Banking and Economic Growth. In *Handbook of Research on Theory and Practice of Global Islamic Finance* (pp. 86-114): IGI Global.
- Khan, M. A., Kong, D., Xiang, J., & Zhang, J. (2019). Impact of Institutional Quality on Financial Development: Cross-Country Evidence based on Emerging and Growth-Leading Economies. *Emerging Markets Finance and Trade*, 1-17.
- Li, Q., Liu, X., Chen, J., & Wang, H. (2022). Does stock market liberalization reduce stock price synchronicity?—Evidence from the Shanghai-Hong Kong stock connect. *International Review of Economics & Finance*, 77, 25-38.
- Lin, B., & Wu, N. (2023). Climate risk disclosure and stock price crash risk: The case of China. *International Review of Economics & Finance*, 83, 21-34.
- Loughran, T., Ritter, J.R. (1995). The new issues puzzle. *J. Finance*, 50, 23-51.
- Ohlan, R. (2017). The relationship between tourism, financial development and economic growth in India. *Future Business Journal*, 3(1), 9-22.
- Okunlola, O. A., Masade, E. O., Folaranmi Lukman, A., & Ajayi Abiodun, S. (2020). Investigating Causal Relationship between Financial Development Indicators and Economic Growth: Toda and Yamamoto Approach. *Iranian Economic Review*, 24(1), 225-246.
- Saud, S., Chen, S., & Haseeb, A. (2019). Impact of financial development and economic growth on environmental quality: an empirical analysis from Belt and Road Initiative (BRI) countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2253-2269.
- Wang, X., Cao, Y., Feng, Z., Lu, M., & Shan, Y. (2023). Local FinTech development and stock price crash risk. *Finance Research Letters*, 53, 103644.
- Yang, F. (2019). The impact of financial development on economic growth in middle-income countries. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 59, 74-89.
- Yang, F., Chen, J., & Liu, Y. (2023). Improved and optimized recurrent neural network based on PSO and its application in stock price prediction. *Soft Computing*, 27(6), 3461-3476.
- Zhang, J., Cui, C., Zheng, C., & Taylor, G. (2025). Artificial intelligence innovation and stock price crash risk. *Journal of Financial Research*, 48(2), 503-543.
- Zhao, Y., & Yang, G. (2023). Deep Learning-based Integrated Framework for stock price movement prediction. *Applied Soft Computing*, 133, 109921.

## **A Comparative Study of the Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm and the Keshtel Algorithm (KA) in Predicting Stock Price Crash Risk**

**Ebrahim Ebrahimi**

Ph.D. candidate, Financial Engineering Faculty, Accounting and Management Department, Islamic Azad University, Eslamshahr Branch, Tehran, Iran

**Nader Naghshineh**

Assistant Professor, Financial Management Faculty, Accounting and Management Department, Islamic Azad University, Eslamshahr Branch, Tehran, Iran (Corresponding author)  
[naghshineh.nader@gmail.com](mailto:naghshineh.nader@gmail.com)

**Maziar Ghasemi**

Assistant Professor, Department of Accounting and Management, Adiban Institute of Higher Education, Garmsar, Semnan, Iran

**Mohammad Hossein Fatehi Dabanloo**

Assistant Professor, Department of Economic Development and Planning, Faculty of Accounting and Management, Islamic Azad University, Islamshahr Branch, Tehran, Iran

**Hamid Reza Shammakhi**

Assistant Professor, Department of Accounting, Faculty of Accounting and Management, Islamic Azad University, Islamshahr Branch, Tehran, Iran

### **Abstract**

Financial markets have played a significant role in the growth and development of countries in recent decades. By creating efficient risk prediction models, individuals and organizations can make better investment decisions. In this study, two algorithms Particle Swarm Optimization (PSO) and the Keshtel Algorithm (KA) are used to predict the risk of stock price crashes. The main goal of this comparison is to evaluate the accuracy, speed, convergence and capability of the algorithms in solving the model. Their performances are compared under various conditions to evaluate their relative advantages. This is an applied research study, conducted using a mixed-methods approach that includes both quantitative and qualitative analyses. Results demonstrated that PSO outperforms KA in small/medium-scale problems due to faster convergence, while KA is more effective for large-scale problems, offering higher accuracy and robustness against local optima. This provides a crucial decision-making framework for algorithm selection in financial risk prediction.

**Keywords:** Particle Swarm Optimization , Keshtel Algorithm , Stock Price Crash Risk

