ISSN: 2645-4408
پژوهش در حسابداری و علوم اقتصادی
فصلنامه پژوهش در حسابداری و علوم اقتصادی
سال هفتم، شماره ۳ (پیاپی ۲۶)، پاییز ۱۴۰۲

# توانایی الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام

**سروه فرزاد**[۱]

*تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱*
*تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۸*
*کد مقاله: ۴۷۷۸۶*

## چکـیده

ریسک سقوط قیمت سهام، شاخصی برای اندازه‌گیری عدم تقارن در ریسک محسوب می‌شود و از اهمیت فراوانی در تحلیل پرتفوی و قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای برخوردار است. با توجه به اهمیت ریسک سقوط، پژوهش‌های متعددی به بررسی عوامل مؤثر بر آن پرداخته‌اند که در تمام آن‌ها از روش‌های سنتی به‌منظور پیش‌بینی استفاده‌شده است درحالی‌که در سال‌های اخیر روش‌های نوین فرا ابتکاری در سایر مباحث مالی به‌طور گسترده‌ای مورداستفاده قرارگرفته است و نتایج بهتری داشته‌اند، بنابراین در این پژوهش، خطر سقوط قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران، با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان پیش‌بینی و نتایج با رگرسیون چند متغیره به‌عنوان یک روش سنتی، مقایسه شد. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بهابازار اوراق بهادار هست که تعداد ۱۰۱ شرکت به‌عنوان نمونه انتخاب‌شده است. ابتدا ۱۹ متغیر مستقل به‌عنوان ورودی الگوریتم تجمع ذرات که در این پژوهش یک روش انتخاب ویژگی در نظر گرفته‌شده است، وارد مدل گردید و درنهایت در هرکدام از معیارهای مختلف محاسبه خطر سقوط قیمت سهام، تعدادی متغیر بهینه انتخاب شد سپس با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان و رگرسیون چند متغیره، خطر سقوط قیمت سهام پیش‌بینی و نتایج حاصله باهم مقایسه شد. به‌منظور مقایسه روش‌ها از دو معیار میانگین قدر مطلق خطا و میانگین مجذور خطا استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که توانایی الگوریتم مورچگان در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام نسبت به رگرسیون چند متغیره بالاتر است و فرضیه پژوهش تائید می‌شود.

**واژگـان کلـیدی:** الگوریتم مورچگان، انتخاب ویژگی، خطر سقوط قیمت سهام، رگرسیون چند متغیره.

۱- دکترای حسابداری، مدرس دانشگاه حضرت معصومه،
*Farzadsooro@yahoo.com*

## ۱- مقدمه

خطر سقوط قیمت سهام که به‌عنوان یک رخداد نامطلوب تعریف می‌شود، یک پدیده واگیردار[1] در سطح بازار است. بدین معنا که کاهش قیمت سهام تنها به یک سهام خاص منحصر نمی‌شود، بلکه تمام سهام موجود در بازار را شامل می‌شود (چن و همکاران،۲۰۰۱)، درواقع ریسک سقوط قیمت سهام، شاخصی برای اندازه‌گیری عدم تقارن در ریسک محسوب می‌شود و از اهمیت فراوانی در تحلیل پرتفوی و قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای برخوردار است (لی، وانگ و وانگ، ۲۰۱۷). همچنین اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک، مستلزم درک ریسک سقوط قیمت سهام است. بر اساس مفهوم ریسک سقوط قیمت سهام، برخی شرکت‌ها (بنا به دلایل مختلفی ازجمله مالیات، پاداش مدیران، روش‌های حسابداری متهورانه) تمایل دارند اخبار بد را پنهان کنند، بااین‌حال همواره یک سطح نهایی برای پنهان کردن اخبار بد در شرکت وجود دارد و با رسیدن به آن سطح نهایی، اخبار بد یک‌باره منتشر خواهد شد که این موضوع موجب سقوط قیمت سهام شرکت می‌شود (کائو و همکاران[2]، ۲۰۱۶)؛ بنابراین شناسایی عوامل مؤثر بر این پدیده و همچنین پیش‌بینی مناسب آن می‌تواند کمک شایانی به تصمیم گیران و سرمایه‌گذاران بهابازار نماید. تاکنون روش‌های متفاوتی به‌منظور الگوسازی و پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام ارائه‌شده است که در بیشتر موارد تأکید اصلی بر عوامل مؤثر بر آن بوده است و غالباً از روش‌های سنتی برای پیش‌بینی استفاده‌شده است. درحالی‌که بازار سهام سیستمی غیرخطی، غیر ایستا و پیچیده دارد که در شرایط سیاسی، اقتصادی و روانشناسی فعالیت می‌کند بنابراین استفاده از روش‌های سنتی برای تصمیم‌گیری صحیح، هم برای مدیران و هم سرمایه‌گذاران بسیار مشکل هست (افسر، ۱۳۸۴). این مسئله پژوهشگران را بر آن داشته است تا در پیش‌بینی این بازارها، به دنبال روش‌های نوینی باشند که عدم ایستایی و پیچیده بودن و به بیانی دیگر آشوب گونه بودن بازارها را که سبب گردیده تا روش‌های کلاسیک پیش‌بینی نظیر رگرسیون‌های خطی یک متغیره و چند متغیره را که قبلاً از آن‌ها بسیار استفاده‌شده است کم اثر نماید و در پیش‌بینی خود در مقولات مختلف از تکنیک‌های نوین جهت پیش‌بینی استفاده نمایند (میر قادری و زندیه، ۱۳۹۰). در این میان الگوریتم‌های فرا ابتکاری[3] توجه بیشتری را به خود جلب کرده‌اند زیرا مسائل بهینه‌سازی مالی با مجموعه‌ای انبوه و ناکامل از داده‌ها مواجه است که در طول زمان دچار تغییر می‌شوند. مزیت اصلی استفاده از روش‌های فرا ابتکاری، وجود مفروضات محدود در فرموله کردن مدل است، درحالی‌که این امر در برنامه‌ریزی ریاضی مصداق ندارد. مطالعات نشان داده است که روش‌های جدید برگرفته از طبیعت که از رفتار گونه‌های طبیعت تقلید می‌کنند، نتایج بهتری را در مسائل طبقه‌بندی دیگر نشان داده‌اند. (کاتسیس[4] ۲۰۱۲). در این پژوهش سعی بر آن شده تا بامطالعه ادبیات موضوع و پیشینه مربوطه، مجموعه‌ای کامل از متغیرهای مستقل که با شرایط اقتصادی ایران سازگاری داشته و در دسترس هست، انتخاب‌شده و با محاسبه متغیر وابسته (خطر سقوط قیمت سهام) و قرار دادن نتایج حاصله در مدل مبتنی بر الگوریتم مورچگان و درنهایت مقایسه نتایج حاصله با نتایج حاصل از رگرسیون که در بیشتر پژوهش‌های قبلی مورداستفاده قرارگرفته است، پژوهشی نسبتاً جامع در این زمینه صورت پذیرد همچنین استفاده هم‌زمان از سه معیار محاسبه متغیر خطر سقوط قیمت سهام و محاسبه آن بر مبنای بازده‌های هفتگی که در مقایسه با محاسبات فصلی و ماهانه دقت بیشتری دارد می‌تواند به گسترش ادبیات پژوهشی در این حوزه مالی کمک کرده و به‌نوعی نوآوری در این زمینه رسید.

## ۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

ریزش قیمت سهام پدیده‌ای است که در آن قیمت سهام دچار تعدیل شدید منفی و ناگهانی می‌گردد. در تعریف دیگری از ریزش قیمت سهام به‌عنوان پدیده ای‌که در آن تجدیدنظری ناگهانی و منفی در انتظارات سرمایه‌گذاران در مورد سهام یک شرکت رخ می‌دهد، یاد می‌شود. همواره در پژوهش‌ها انجام‌شده درزمینهٔ ریزش قیمت سهام دو جزء اصلی شناخته می‌شود: اول مدیریت شرکت که به دلیل انگیزه‌های خودخواهانه (در جهت منافع شخصی خود) و یا خیرخواهانه (در جهت اهداف سازمان) اقدام به بیش نمایی عملکرد شرکت از طریق به تعویق انداختن در انتشار اخبار بد و نیز تسریع در انتشار اخبار خوب می‌نماید، (که این روند ایجاد حباب در قیمت سهام شرکت را در پی دارد) و دوم سیستم حسابداری و استفاده از آن در جهت این اقدام مدیریت هست که به مدیریت اجازه انجام اقدامات فوق را می‌دهد (دولو، ۱۳۹۵). در ادبیات مالی نظریه‌ها و دیدگاه‌های متعددی پیرامون توضیح پدیده سقوط قیمت سهام ارائه‌شده است (تنانی و همکاران، ۱۳۹۴). بلک و کریستی[5] (۲۰۰۷)، در توضیح چگونگی بروز پدیده سقوط قیمت سهام، نظریه اثرات اهرمی را ارائه کردند. این نظریه بیان می‌کند که کاهش (افزایش) در قیمت سهام یک شرکت، اهرم‌های مالی و عملیاتی آن را افزایش (کاهش) می‌دهد و متقابلاً منجر به نوسان بازده سهام و این واکنش نامتقارن، چولگی منفی بازده سهام را به همراه دارد. بلانچارد و واتسون ۵ (۱۹۸۲) در توضیح پدیده چولگی منفی بازده سهام، مدل حباب تصادفی قیمت سهام ۶ را مطرح کردند. بر اساس نظریه‌های مالی نوین، ارزش یک سهم با جمع ارزش فعلی جریانات نقدی آتی آن برابر است. فرنچ و

1 ontagious
2 Cao et al.
3 Metaheuristic method
4 Katsis
5 Black & Cristy

همکاران[1] (۱۹۸۷) و کمبل و هنشل[2] (۱۹۹۲)، جهت تبیین پدیده سقوط قیمت سهام یا چولگی منفی بازده سهام، سازوکار نوسان معکوس را مطرح کردند. بر اساس سازوکار نوسان معکوس، ورود اخبار (اطلاعات) جدید به بازار اعم از مطلوب و نامطلوب، منجر به افزایش نوسان بازار می‌شود و بنابراین صرف ریسک ۱۰ افزایش خواهد یافت. در سال‌های اخیر در مباحث مالی مانند ورشکستگی، درماندگی مالی، ریسک اعتباری بانک‌ها و ... پژوهش‌های با استفاده از روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری انجام‌شده است که در ادامه بررسی می‌شوند. اولین بار وایت[3] (۱۹۹۸) از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی در بهابازار اوراق بهادار استفاده کرد او به دنبال این پرسش بود که آیا شبکه‌های عصبی قادرند قواعد غیرخطی در سری‌های زمانی و قواعد ناشناخته در حرکات قیمت دار ای‌ها و تغییرات قیمت سهام را شناسایی کنند؟ بعد از مطالعه اولیه وایت در سال ۱۹۸۸ استفاده از شبکه‌های عصبی در حوزه مالی افزایش یافت و مطالعات متعددی در این زمینه انجام شد. در فاصله سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۸۸ جمعاً ۲۱۳ فعالیت علمی درزمینه شبکه‌های عصبی در حوزه بازرگانی انجام گرفت که از این تعداد ۵۴ فعالیت در حوزه مالی بوده و ۲ فعالیت درزمینه پیش‌بینی و تجزیه‌وتحلیل سری‌های زمانی انجام‌شده است. گوچن و همکاران۴ (۲۰۱۶) با استفاده از نما گرهای تحلیل تکنیکال و شبکه عصبی مصنوعی هیبریدی مبتنی بر الگوریتم‌های ژنتیک و جستجوی هارمونی به پیش‌بینی شاخص قیمت در بازار سهام ترکیه پرداختند .نتایج حاصله نشان می‌دهد خطای پیش‌بینی مدل‌های هیبریدی فرا ابتکاری از شبکه عصبی مصنوعی پایین‌تر است .آن‌ها با مقایسه معیارهای خطای مدل شبکه عصبی هیبریدی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی هیبریدی مبتنی بر جستجوی هارمونی دریافتند خطای مدل هیبریدی مبتنی بر جستجوی هارمونی از مدل هیبریدی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک پایین‌تر است. پاریابی و سالمی (۱۳۹۵) در پژوهشی تحت عنوان پیش‌بینی قیمت سهام با داده‌های ترکیبی به روش الگوریتم کلونی زنبورعسل به پیش‌بینی قیمت سهام با داده‌های ترکیبی و ارائه یک مدل پویا و با خطای کمتر پرداختند. نتایج نشان داد استفاده از کلونی زنبورعسل با داده‌های ترکیبی به‌عنوان یک روش انتخاب ویژگی پوشش‌دهنده نقش مهمی در افزایش دقت و سرعت در اجرای تکنیکی پیش‌بینی، حذف داده‌های غیر مرتبط و افزایش قابلیت فهم‌پذیری ایفا نمود همچنین زنبورعسل به‌عنوان یک روش پوشش‌دهنده در ترکیب با شبکه عصبی دقت پیش‌بینی بالایی از خود نشان داد. دولو و حیدری (۱۳۹۶) در مدلی با عنوان پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از ترکیب شبکه‌ی عصبی مصنوعی و مدل‌های فرا ابتکاری جستجوی هارمونی و الگوریتم ژنتیک به پیش‌بینی شاخص قیمت بهابازار اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل شبکه عصبی هیبریدی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و جستجوی هارمونی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد دقت پیش‌بینی مدل‌های فرا ابتکاری ژنتیک و جستجوی هارمونی در دوره آزمون بالاتر از شبکه عصبی عادی است... کاردان و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان" بررسی دقت الگوریتم‌های خطی- تکاملی BBO و ICDE و الگوریتم‌های غیرخطیSVR وCART در پیش‌بینی مدیریت سود" به بررسی دقت الگوریتم‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی مدیریت سود پرداخته‌شده است. نتایج پژوهش بیانگر آن است که به‌طورکلی الگوریتم‌های غیرخطی از دقت بیشتری نسبت به الگوریتم‌های خطی برخوردار بوده و الگوریتم رگرسیون بردار پشتیبان، مدیریت سود را بهتر از سایر الگوریتم‌ها پیش‌بینی می‌کند .همچنین الگوریتم‌های خطی در پیش‌بینی مدیریت سود نتایج تقریباً مشابهی را از خود نشان دادند. دانگ و همکاران ۱۲(۲۰۱۶) در پژوهشی تحت عنوان" آیا سررسید بدهی بر ریسک سقوط قیمت سهام تأثیر دارد؟" به بررسی تأثیر بدهی کوتاه‌مدت بر احتمال کاهش سقوط قیمت سهام پرداختند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که شرکت‌های با نسبت بالای بدهی کوتاه‌مدت تمایل کمتری به کاهش شدید قیمت سهام‌دارند. به‌بیان‌دیگر آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که بدهی کوتاه‌مدت یک نقش کنترلی بر رفتار فرصت‌طلبانه مدیران در جهت مخفی نمودن اخبار بد ایفا می‌کند... کیم و ژانگ (۲۰۱۶) با بررسی ارتباط بین اطمینان بیش‌ازحد مدیرعامل و خطر سقوط قیمت سهام نشان دادند شرکت‌هایی با اطمینان بیش‌ازحد مدیرعامل، خطر سقوط قیمت سهام بیشتری رادارند. کیم و همکارانش (۲۰۱۶) در پژوهشی نشان دادند که پرداخت سود سهام کیفیت گزارشگری مالی و کارایی سرمایه‌گذاری را افزایش داده و خطر سقوط قیمت سهام را از طریق محدود کردن عدم انتشار اخبار بد و محدودیت سرمایه‌گذاری بیشتر از حد کاهش می‌دهد. چن و کیم (۲۰۱۷) در پژوهشی تحت عنوان "آیا هموارسازی سود باعث تشدید یا کاهش ریسک سقوط قیمت سهام می‌شود" به بررسی ارتباط بین هموارسازی و ریسک سقوط قیمت سهام پرداختند. تا نقش هموارسازی سود در ریسک کاهش ارزش سرمایه شرکت مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج حاکی از وجود رابطه بین هموارسازی سود با درجه بالا و ریسک سقوط قیمت سهام در سطح بالا است. این ارتباط در شرکت‌هایی که کمتر موردتوجه تحلیل گران هستند و دارای درصد مالکیت نهادی کمتر و اقلام تعهدی انباشته مثبتی هستند، در تحلیل مقطعی تشدید می‌شود. حبیب و منذور[5] (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان" استراتژی کسب‌وکار و خطر سقوط قیمت سهام به این نتیجه رسیدند که عدم تقارن اطلاعاتی ناشی از سرمایه‌گذاری بیشتر بر پروژه‌های نا شفاف و مبهم، احتمال ریسک سقوط قیمت سهام را در شرکت‌های مکتشف نسبت به شرکت‌های تدافعی که کمتر اقدام به چنین سرمایه‌گذاری‌های ریسک آفرینی می‌کنند افزایش دهد. مؤذنی و نهندی (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان" ارتباط بین

1 French et al.
2 Cambel & Henshel
3 White
4 Guchen et al.
5 Habib & Nonzor

استعداد مدیریتی، کارایی سرمایه‌گذاری و خطر سقوط قیمت سهام" به بررسی ارتباط بین استعداد مدیریتی و کارایی سرمایه‌گذاری و نیز تعامل توانایی مدیریت و کیفیت گزارشگری مالی با خطر سقوط قیمت سهام با استفاده از رگرسیون چند متغیره می‌پردازد. نتیجه پژوهش نظریه جستجوی رانت را تائید کرده و نشان می‌دهد که شرکت‌هایی با مدیران بااستعدادتر، تصمیمات سرمایه‌گذاری ناکاراتری اتخاذ می‌کنند. نهندی و تقی زاده (۱۳۹۶) در پژوهشی تحت عنوان " تأثیر پرداخت سود سهام و عدم انتشار اخبار بد بر خطر سقوط قیمت سهام با تأکید بر عدم تقارن اطلاعاتی" به بررسی تأثیر پرداخت سود سهام و عدم انتشار اخبار بد بر خطر سقوط قیمت سهام با تأکید بر عدم تقارن اطلاعاتی و با استفاده از رگرسیون پرداخته‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد پرداخت سود سهام تأثیر منفی و معناداری بر خطر سقوط قیمت سهام دارد .همچنین زمانی که عدم تقارن اطلاعاتی بین مدیران و سهامداران زیاد است، تأثیر منفی پرداخت سود سهام بر خطر سقوط قیمت سهام تشدید می‌شود. نتیجه دیگر اینکه عدم انتشار اخبار بد تأثیر مثبت و معناداری بر خطر سقوط قیمت سهام دارد و این تأثیر در شرکت‌هایی که عدم تقارن اطلاعاتی زیادی دارند، شدیدتر است . بنابراین انباشت اخبار بد، بازده منفی و شدیدتر سهام را به شکل سقوط قیمت سهام در پی دارد... صدر السادات و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی تحت عنوان " هموارسازی سود و خطر ریزش قیمت سهام در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بهابازار اوراق بهادار تهران" به بررسی رابطه هموارسازی سود و خطر ریزش قیمت سهام پرداختند. نتایج نشان داد بین هموارسازی سود و خطر ریزش قیمت سهام در شرکت‌هایی با مالکیت شرکتی قوی ارتباط معناداری به‌صورت مثبت و در مورد مالکیت شرکتی ضعیف به‌صورت منفی بوده است. همچنین نتایج حاکی از نشان دادن ارتباط معناداری بین هموارسازی سود و خطر ریزش قیمت سهام در شرکت‌های با اقلام تعهدی منفی بوده است. پیته نوئی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی تحت عنوان "اعتماد اجتماعی، نظارت خارجی و ریسک سقوط قیمت سهام: آزمون نظریه جایگزینی و مکمل" به بررسی رابطه بین اعتماد اجتماعی با ریسک سقوط قیمت سهام شرکت و مطالعه اثر تعدیل‌کنندگی (اثر جایگزینی یا مکمل) نظارت خارجی بر این رابطه پرداختند... یافته‌ها حاکی از آن است که اعتماد اجتماعی، ریسک سقوط قیمت سهام شرکت‌ها را کاهش می‌دهد. علاوه براین مطابق با پیش‌بینی نظریه جایگزینی، نتایج نشان می‌دهد نظارت خارجی رابطه منفی بین اعتماد اجتماعی و ریسک سقوط قیمت سهام شرکت‌ها را تضعیف می‌کند. ملکیان و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای تحت عنوان ««پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری (الگوریتم تجمعی ذرات) و مقایسه با رگرسیون لجستیک»» نشان دادند که توانایی الگوریتم تجمعی ذرات در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام بالاتر از رگرسیون لجستیک است. همچنین ملکیان و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای تحت عنوان ««پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک و مقایسه با رگرسیون لجستیک، با تأکید بر نگرش انتخاب ویژگی»» نشان داند که مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک نسبت به رگرسیون لجستیک، برای پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام توانایی بیشتری دارد در پژوهش حاضر و برخلاف پژوهش‌های قبلی مجموعه‌ای کامل‌تر از متغیرهای مستقل و با استفاده از شیوه‌ای نوین پیش‌بینی به پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام پرداخته‌شده است.

## ۳- روش‌شناسی پژوهش

### ۳-۱- تجزیه‌وتحلیل اطلاعات

به دلیل اینکه نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در فرآیند تصمیم‌گیری استفاده شود، این پژوهش ازلحاظ هدف کاربردی است، همچنین، این پژوهش ازلحاظ ماهیت توصیفی -همبستگی است، زیرا در این نوع پژوهش‌ها پژوهشگر به دنبال ارزیابی ارتباط بین دو یا چند متغیر است. انجام پژوهش در چارچوب استدلال قیاسی- استقرایی است. بدین معنی که مبانی نظری و پیشینه پژوهش از راه مطالعات کتابخانه‌ای و مقالات و به‌صورت قیاسی و جمع‌آوری اطلاعات برای تائید یا رد فرضیه، در قالب استقرایی انجام‌گرفته است. در این پژوهش به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و استخراج نتایج پژوهش از نرم‌افزار Excel2007، SPSS16.0، Eviews8 و MATLAB استفاده‌شده است. همچنین، سطح اطمینان مورداستفاده برای آزمون فرضیه و بررسی فروض کلاسیک رگرسیون ۹۵ درصد است.

### ۳-۲- فرضیه پژوهش

الگوی مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچگان دارای توانایی بیشتری در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام نسبت به رگرسیون چند متغیره است.

### ۳-۳- جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

جامعه مطالعاتی پژوهش حاضر دربرگیرنده شرکت‌های موجود در بهابازار اوراق بهادار تهران در طی سال‌های ۹۴-۸۹ به تعداد ۴۰۵ هست که از بین این شرکت‌ها با استفاده از روش حذف سیستماتیک شرکت‌هایی که اطلاعات موردنیاز متغیرهای پژوهش را ارائه ندادند حذف و درنهایت ۱۰۱ شرکت جهت آزمون فرضیه‌های پژوهش انتخاب شدند.

۱. تحقیق برای شرکت‌های غیرمالی انجام می‌شود، لذا بانک‌ها و کلیه شرکت‌های سرمایه‌گذاری، لیزینگ ها و مؤسسات مالی از نمونه حذف می‌شوند.
۲. داده‌های صورت‌های مالی حسابرسی شده سال مالی ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۴ در دسترس باشد.
۳. به‌منظور قابل‌مقایسه بودن اطلاعات، سال مالی این شرکت‌ها منتهی به ۲۹ اسفند هرسال باشد.

## ۳-۴- نگرش انتخاب ویژگی

در این پژوهش از الگوریتم حرکت تجمعی ذرات به‌عنوان یک روش انتخاب ویژگی استفاده‌شده است از میان ۱۹ نماگر تکنیکی که به‌عنوان متغیرهای مستقل به ورودی سیستم داده می‌شود، متغیرهای بهینه در هر یک از معیارهای محاسبه خطر سقوط قیمت سهام را برمی‌گزینند. به‌طورکلی روش‌های انتخاب ویژگی به سه دسته روش‌های فیلترینگ، پوشش‌دهنده و ترکیبی تقسیم می‌گردند. الگوریتم تجمعی ذرات یکی از روش‌های پوشش‌دهنده محسوب می‌گردد که با توجه به فرآیند یادگیری اقدام به طبقه‌بندی ویژگی‌ها و انتخاب یک زیرمجموعه بهینه از کلیه ویژگی‌های ارائه‌شده به آن می‌نماید. ازجمله مزایای فرآیند انتخاب ویژگی می‌توان به افزایش دقت و سرعت در اجرای تکنیک‌های پیش‌بینی، حذف داده‌های غیر مرتبط و اضافه و افزایش قابلیت فهم‌پذیری مدل‌های مورداستفاده اشاره نمود. کلیه محاسبات این بخش توسط نرم‌افزار MATLAB و با استفاده از ماژول داده‌کاوی و عملگرهای مرتبط با آن صورت گرفته است.

## ۳-۵- الگوریتم حرکت تجمعی ذرات

این الگوریتم، اولین بار توسط کندی و ابرهارت[1] در سال ۱۹۹۱ معرفی گردید. اساس حرکت تجمعی ذرات، شبیه‌سازی یک رفتار دسته‌جمعی است که از آن برای نشان دادن حرکت گروه پرنده‌ها و ماهیان استفاده می‌شود و یکی از رایج‌ترین تکنیک‌های بهینه‌سازی فرا اکتشافی است. حرکت تجمعی ذرات از عامل جمعیت که شامل راه‌حل‌های بالقوه مسئله‌ی تحت بررسی است، جهت اکتشاف در فضای جستجو استفاده می‌کند. درحرکت تجمعی ذرات، هر عضو از جمعیت، دارای یک سرعت انطباقی تغییر مکان است که مطابق با آن در فضای جستجو حرکت می‌کند. علاوه بر آن، هرکدام از آن‌ها دارای حافظه نیز می‌باشند، یعنی بهترین موقعیتی که در فضای جستجو به آن می‌رسند را به خاطر می‌سپارند؛ بنابراین حرکت هر عضو در دو جهت صورت می‌گیرد: به‌سوی بهترین موقعیتی که ملاقات کرده‌اند و به‌سوی بهترین موقعیتی که بهترین عضو در همسایگی آن‌ها ملاقات کرده است. بردارهای موقعیت ($X_i$) و سرعت ($Vi$). دو بردار وابسته و مرتبط با هر ذره در فضای جستجو N بعدی هستند که به ترتیب به‌صورت $X_i=[ x_{i1};x_{i2};\ldots.x_{iN}]$ و $V_i=[ v_{i1};v_{i2};\ldots..v_{iN} ]$ بیان می‌گردند. یک اجتماع از پرندگان از تعدادی ذره (پاسخ‌های ممکن) تشکیل‌شده است که در یک فضای پاسخ ممکن، برای جستجوی جواب‌های بهینه پیش می‌روند (پرواز می‌کنند). موقعیت هر ذره با توجه به بهترین جستجوی خود ذره، بهترین تجربه‌کلی پرواز گروهی و بردار سرعت پیشین خود ذره، مطابق با روابط (۱) و (۲) به هنگام می‌شود:

$$v_i^{k+1} = wv_i^k + c_1 r_1 \left( pbest_i^k - x_i^k \right) + c_2 r_2 \left( gbest^k - x_i^k \right) \quad (۱)$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (۲)$$

در آن $C_1$ و $C_2$ دوثابت مثبت هستند. $r_1$ و $r_2$ دو عدد تصادفی با توزیع یکنواخت بین صفر و یک هستند. w وزن لختی است. $pbest^k{}_i$ بهترین موقعیت ذره i است که با توجه به تجربه این ذره به دست می‌آید (رابطه ۳).

$$pbest_i^k = \left[ x_{t_1}^{pbest}, x_{t_2}^{pbest}, \ldots\ldots, x_{t_N}^{pbest} \right] \quad (۳)$$

$gbest^k$ بهترین موقعیت ذره با توجه به تجربه‌کلی گروهی است (رابطه ۴).

$$gbest_i^k = \left[ x_1^{gbest}, x_2^{gbest}, \ldots\ldots, x_N^{gbest} \right] \quad (۴)$$

و سرانجام K شاخص تکرار است (دنبرگ[2]،۲۰۰۱).

## ۳-۶- الگوریتم مورچگان

الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان نخست توسط مارکو دوریگو در سال ۱۹۹۲ در پایان‌نامه دکتری وی ارائه شد. این الگوریتم، با الهام از رفتار مورچه‌ها در طبیعت ایجادشده است، چراکه قادرند باوجود کور و کم‌هوش بودن، کوتاه‌ترین مسیر رفت‌وبرگشت از خانه تا غذا را پیدا کنند. زیست شناسان دریافتند این قابلیت مورچه‌ها نتیجه ردپای فرمونی[3] است که آن‌ها برای برقراری ارتباط با یکدیگر و انتقال اطلاعات مسیر از آن استفاده می‌کنند. این ردپا با ایجاد یک پس‌خورد مثبت، مورچه‌ها را به

1 Kenedy&Aberhaat
2 Den bergh
3 Pheromone trail

سمت مسیرهای هر چه کوتاه‌تر هدایت می‌کند. ازجمله محاسن این الگوریتم که توجه محققان را جلب کرده است، می‌توان به پس‌خورد مثبت، محاسبات توزیع‌شده[1] و هیوریستیک[2] آزمند سازنده اشاره کرد (دوریگو و همکاران، ۲۰۰۴). پس‌خورد مثبت، منجر به کشف سریع جواب‌های خوب می‌شود. محاسبات توزیع‌شده از همگرایی زودرس و بی‌موقع جلوگیری می‌کند و هیوریستیک آزمند سازنده نیز به کشف جواب‌های قابل‌قبول در مراحل اولیه جستجو کمک می‌کند. توانایی زیادی در حل مسائلی دارد که به شکل گراف قابل‌عرضه و نمایش هستند. الگوریتم اولیه قصد داشت یک مسیر بهینه را در یک گراف بر اساس رفتار کلونی مورچگان در جستجوی مسیری بین لانه و منبع غذا پیدا کند. ایده اولیه برای حل دسته‌های بسیاری از مسائل عددی توسعه پیدا کرد (دوریگو، ۲۰۰۵). برای استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان در حل مسائل، نخست باید یک گراف تشکیل داد که در آن احتمال حرکت در مسیر بعدی بر اساس تابع کیفی زیر تعیین می‌شود و پس‌ازآن مقدار فرومون و یا وزن هر یال به‌صورت زیر به‌روز می‌شود (روابط ۵ و ۶).

$$P_{ij}(t)=\frac{\tau_{ij}(t)^{\alpha}\left(\frac{1}{d_{ij}}\right)^{\beta}}{\Sigma k \varepsilon allallowedvertices \tau_{ik}(t)^{\alpha}\left(\frac{1}{d_{ij}}\right)^{\beta}} \qquad (۵)$$

$$\tau_{ij}(t+1)=(1-p)\tau_{ij}(t)+\sum_{k\varepsilon ant,thatchoseedge(i,j)}\frac{Q}{L_k} \qquad (۶)$$

$P_{ij}(t)$ احتمال عبور مورچه در امتداد یال i و j، $\tau_{ij}(t)$ مقدار فرومون مربوط به یال i و j است، $d_{ij}$ فاصله بین نود i و نود j و α و β پارامترهایی برای کنترل تأثیر $\tau_{ij}(t)$ و $d_{ij}$، p ضریب تبخیر فرومون، $L_k$ هزینه مسیر k ام مورچه و Q نیز یک ثابت است (میر فخرالدینی، ۲۰۱۳)

## ۳-۷- معرفی متغیرها، چگونگی اندازه‌گیری آن‌ها

در این تحقیق برای انتخاب متغیرهای مستقل از شواهد تجربی موجود در این زمینه استفاده‌شده است. در مرحله بعد متغیرهای انتخاب‌شده به‌عنوان ورودی وارد الگوریتم تجمعی ذرات شدند و درنهایت مطابق با هرکدام از معیارهای محاسبه خطر سقوط قیمت سهام تعدادی از متغیرهای مستقل به‌عنوان متغیر بهینه انتخاب‌شده و وارد مدل شدند. در جدول (۱) متغیرهای بهینه مربوط به هرکدام از معیارها ارائه‌شده است.

**جدول (۱): متغیرهای بهینه مربوط به هرکدام از معیارها**

| چولگی منفی | | نوسان پایین به بالا | سیگمای حداکثری |
|---|---|---|---|
| Roa | V | Size | Size |
| Tax | Concern | Roe | Audquality |
| Lev | Deturn | Tax | Mtb |
| Auditsize | opaque | Auditsize | Ml |
| Mtb | | Mtb | ff |
| Ml | | Ml | V |
| Ind-ratio | | Ind-ratio | Opaque |
| Past-return | | V | |

## ۳-۸-تعریف عملیاتی متغیرها

### ۳-۸-۱- متغیر وابسته

- در این پژوهش، خطر سقوط قیمت سهام به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه‌گیری این متغیر از سه معیار چولگی منفی بازده سهام (NCSKEW)، سیگمای حداکثری (EXTR-SIGMA) و نوسان پایین به بالا (DUVOL) استفاده می‌شود که در ادامه نحوه محاسبه آن‌ها به‌اختصار توضیح داده می‌شود:

**چولگی منفی بازده سهام:** چن و همکاران (۲۰۰۱)، معتقدند که نشانه‌های سقوط قیمت سهام از یک سال قبل از وقوع این پدیده شکل می‌گیرد و یکی از این نشانه‌ها وجود چولگی منفی در بازده سهام شرکت است؛ بنابراین شرکت‌هایی که در سال گذشته چولگی منفی بازده سهام را تجربه کرده‌اند، با احتمال بیشتری در سال آینده با پدیده سقوط قیمت سهام مواجه خواهند بود. برای محاسبه چولگی منفی بازده سهام از رابطه (۷) استفاده می‌شود:

1 Distributed computation
2 Constructive Greedy Heuristic

$$NCSKEW_{j,t} = -\left[ N(N-1)^{3/2} \sum_{\theta=1}^{\theta=12} W^3{}_{j,\theta} \right] / \left[ (N-1)(N-2) \left( \sum_{\theta=1}^{\theta=12} W^2{}_{j,\theta} \right)^{3/2} \right] \quad (۷)$$

در رابطه فوق:

- NCSKEWj,t: چولگی منفی بازده هفتگی سهام شرکت j طی سال مالی t
- Wj,θ: بازده هفتگی خاص شرکت j در ماه θ
- N: تعداد هفته‌هایی که بازده آن‌ها محاسبه‌شده است.

**سیگمای حداکثری:** برادشو و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند سیگمای حداکثری به‌منظور ایجاد یک معیار کمی و پیوسته برای اندازه‌گیری ریسک سقوط قیمت سهام به کار می‌رود. همچنین، سیگمای حداکثری به‌عنوان بازده‌های پرت با توجه به انحراف معیار یک شرکت خاص تعریف می‌گردد. برای محاسبه این متغیر از رابطه (۸) استفاده می‌شود:

$$EXTR_SIGMA = -Min\left[ \frac{W - \bar{w}}{\partial_w} \right] \quad (۸)$$

که در این رابطه:

- w: میانگین بازده هفتگی خاص شرکت
- w∂: انحراف استاندارد بازده هفتگی خاص شرکت

**نوسان پایین به بالا:** چن و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که نوسان پایین به بالا، نوسانات نامتقارن بازده را کنترل می‌کند. همچنین میزان بالاتر این معیار مطابق با توزیع دارای چولگی چپ بیشتر است. برای محاسبه این متغیر از رابطه (۹) استفاده می‌شود:

$$DUVOL_{j,t} = -Log\left( (n_u - 1) \sum_{DOWN} W^2{}_{j,\theta} / (n_d - 1) \sum_{UP} W^2{}_{j,\theta} \right) \quad (۹)$$

که در آن:

- nu و nd: تعداد هفته‌های بالا و پایین طی سال مالی t

### ۳-۸-۲- متغیرهای مستقل

حجم معاملات، بازده گذشته سهام (V & Past- Return) در این پژوهش حجم معاملات به‌صورت داده‌های تعداد سهام معامله‌شده ماهانه برحسب میلیون سهم در نظر گرفته می‌شود و برای بازده گذشته سهام از بازده سهام در سال گذشته استفاده‌شده است.

اندازه شرکت (Size) شرکت‌های بزرگ جهت تأمین وجوه موردنیاز از بازار سرمایه و سایر بازارها، انگیزه دارند تا از طریق افزایش کیفیت گزارشگری مالی و فرایند افشای اطلاعات، هزینه‌های سرمایه خود را کاهش دهند. ازاین‌رو در شرکت‌های بزرگ احتمال اندکی برای انباشت و عدم افشای اخبار بد وجود دارد. این موضوع از ورود ناگهانی توده اخبار بد به بازار جلوگیری کرده و درنتیجه ریسک سقوط قیمت سهام را کاهش می‌دهد (کیم و ژانگ، ۲۰۱۰). عبارت است از لگاریتم طبیعی مجموع د ارایی های شرکت در پایان سال مالی.

بازده دارایی‌ها: عبارت است از نسبت سود خالص به مجموع دارایی‌های شرکت در پایان سال مالی.

مالیات بر درآمد (Tax) از تقسیم هزینه مالیات بر سود قبل از مالیات شرکت به دست می‌آید.

محافظه‌کاری (Consern) طبق استدلال لافوند و واتز (۲۰۰۸)، می‌توان انتظار داشت، هرچه محافظه‌کاری شرکت بیشتر باشد، احتمال این‌که اخبار بد شرکت پنهان و انباشته شوند کمتر خواهد بود. درنتیجه، شرکت‌های با روش‌های حسابداری محافظه‌کارانه، به‌احتمال کمتر به حد بالای انباشت اخبار منفی خواهند رسید تا شرکت‌های با روش‌های حسابداری متهورانه. پس با فرض ثابت بودن شرایط، انتظار می‌رود، محافظه‌کاری احتمال سقوط قیمت سهم در آینده را کاهش دهد. در این پژوهش برای محاسبه محافظه‌کاری از مدل خان و واتز (۲۰۰۹) استفاده‌شده است.

خان و واتز (۲۰۰۹)، فرض می‌کنند که زمان‌بندی اخبار خوب هرسال سی اسکور (GScore) و زمان‌بندی تفاضلی اخبار بد هرسال جی اسکور (CScore) توابع خطی از ویژگی‌های شرکتی هرسال اندازه،(Size) نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری،(M/B) و اهرم (Lev) هستند؛

$$GScore \equiv \beta_3 = \mu_1 + \mu_2 Size_i + \mu_3 M/B_i + \mu_4 Lev_i \quad (۱۰)$$

$$CScore \equiv \beta_4 \lambda_1 + \lambda_2 Size_i + \lambda_3 M/B_i + \lambda_4 Lev_i \quad (۱۱)$$

دو معیار GScore وCScore هم تغییرات بین شرکتی را در خود لحاظ کرده است و هم تغییرات در طول زمان را. طبق تصریح روابط بالا، هر چه محافظه‌کاری یک شرکت بیشتر باشد، معیار CScore بزرگ‌تری برای شرکت به دست خواهد آمد.

دست‌آخر، خان و واتز (۲۰۰۹)، برای تخمین زدن دو معیار GScore و CScore طرف راست معادلات (۱۰) و (۱۱) را در مدل رگرسیونی یک به ترتیب جایگزین $\beta_3$ و $\beta_4$ افزون بر آن متغیرهای کنترلی را نیز به آن اضافه می‌کنند (رابطه ۱۲):

$$X_i = \beta_1 + \beta_2 D_i + (\mu_1 + \mu_2 Size_i + \mu_3 M/B_i + \mu_4 Lev_i) R_i + (\lambda_1 + \lambda_2 Size_i + \lambda_3 M/B_i + \lambda_4 Lev_i) D_i R_i + (\delta_1 Size_i + \delta_2 M/B_i + \delta_3 Lev_i + \delta_4 D_i Size_i + \delta_5 D_i M/B_i + \delta_6 D_i Lev_i) + \varepsilon_i \quad (۱۲)$$

برای محاسبه معیار محافظه‌کاری (CScore) ابتدا باید رگرسیون مقطعی سالانه چهار را تخمین زد و پس از تعیین ضرایب لاندا، آن‌ها را در رابطه (۳) قرار داده، معیار محافظه‌کاری (CScore) را محاسبه کرد

انعطاف‌پذیری مالی (FF): در این پژوهش جهت شناسایی ظرفیت مازاد بدهی از مدل فرانک و گویال (۲۰۰۹) به شرح فرمول زیر استفاده خواهد شد (رابطه ۱۳):

$$LEV_{i,t} = \beta_1 LEV_{i,t-1} + \beta_2 INDLEV_{i,t} + \beta_3 M/B_{i,t} + \beta_4 Size_{i,t} \beta_5 \text{Tan}_{i,t} + \beta_6 \text{Pr}ofitability_{i,t} + \beta_7 Inflation_t + \varepsilon_{i,t} \quad (۱۳)$$

که در آن:

LEV= نسبت بدهی به جمع دارایی‌های شرکت، IndLEV= میانه‌ی بدهی شرکت‌های حاضر در صنعت

M/B= نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری است که از طریق مجموع بدهی و ارزش بازار سهام به جمع دارایی‌ها موردسنجش قرار می‌گیرد، Size= لگاریتم دارایی‌های شرکت، Tan= نسبت دارایی‌های ثابت به‌کل دارایی‌ها،

Profitability= نسبت سود قبل از بهره و مالیات به جمع دارایی‌ها

Inflation= نرخ تورم سال، بر اساس رشد شاخص بهای مصرف‌کننده‌ی اعلامی بانک مرکزی، €= سایر عوامل

ابتدا با استفاده از رگرسیون چند متغیره و با استفاده از وقفه یک‌ساله متغیر وابسته، مقدار بدهی مورد انتظار (هدف) شرکت‌ها برآورد و سپس این مقادیر برآوردی با مقادیر واقعی مقایسه می‌شود و شرکت‌هایی را دارای ظرفیت مازاد بدهی در نظر می‌گیریم که انحراف منفی بین مقادیر واقعی و مقادیر برآوردی داشته باشند (مقادیر واقعی کمتر از مقادیر مورد انتظار باشند). در این پژوهش برای نشان دادن ظرفیت مازاد بدهی از دو معیار استفاده می‌شود. مطابق معیار اول زمانی که تفاوت مقادیر برآوردی (هدف) و مقادیر واقعی بدهی، نشان‌دهنده‌ی مقادیر منفی و مقدار انحراف بزرگ‌تر از ۱۰٪ متغیر وابسته (نسبت بدهی) باشد، آن شرکت دارای ظرفیت مازاد بدهی است (مارچیکا و مورا،۲۰۱۰) و مطابق معیار دوم این مقدار منفی باید بزرگ‌تر از ۱،۵ برابر انحراف معیار باشد (هافورد،۱۹۹۹). با توجه به شرایط و تفاوت‌های محیطی و اقتصادی کشور با سایر کشورهایی که پژوهش‌ها مشابه در آن انجام‌شده است، هر دو معیار مذکور مورداستفاده قرارگرفته و بهترین معیار به‌عنوان معیار اصلی در پژوهش به کار گرفته می‌شود. سپس چنانچه شرکتی برای حداقل دو سال متوالی دارای ظرفیت مازاد بدهی باشد، آن شرکت دارای انعطاف‌پذیری مالی است.

-عدم شفافیت اطلاعات مالی ((Opaque: در این پژوهش از مدل جونز برای برآورد آن استفاده می‌شود و به‌صورت قدر مطلق سه سال قبل $DAi_t$ مورداستفاده قرار می‌گیرد. برای مثال برای محاسبه عدم شفافیت اطلاعاتی سال ۹۰ ابتدا در مدل شماره (۱۴) اطلاعات سال ۸۷ قرارگرفته سپس ضرایب به‌دست‌آمده از معادله شماره (۱۴) در مدل شماره (۱۵) قرارگرفته $NDA_{it}$ , به دست می‌آید سپس از مدل شماره (۱۵) DA ۸۷ به دست می‌آید. زمانی که این سه متغیر برای سه سال ۸۷،۸۸،۸۹ اندازه‌گیری شد قدر مطلق این سه سال می‌شود عدم شفافیت اطلاعات مالی برای سال (رابطه ۱۶)۸۰.

$$\frac{TA_{it}}{A_{it-1}} = \alpha_1 \left(\frac{1}{A_{it-1}}\right) + \alpha_2 \left(\frac{\Delta REV_{it}}{A_{it-1}}\right) + \alpha_3 \left(\frac{PPE_{it}}{A_{it-1}}\right) + \varepsilon_{it} \quad (۱۴)$$

$$(۱۵)$$

$$NDA_{it} = \alpha_1 \left(\frac{1}{A_{it-1}}\right) + \alpha_2 \left(\frac{\Delta REV - \Delta REC_{it}}{A_{it-1}}\right) + \left(\frac{PPE_{it}}{A_{it-1}}\right) \quad (۱۶)$$

$$DA_{it} = \frac{TA_{it}}{A_{it-1}} - NDA_{it}$$

در این رابطه $TA_{it}$ معرف مجموع اقلام تعهدی است که به‌صورت زیر قابل‌محاسبه است (رابطه ۱۷):

$$TA_{i,t} = \Delta CA_{i,t} - \Delta CASH_{i,t} - \Delta DCL_{i,t} - \Delta STD_{i,t} - DEP_{i,t} \quad (۱۷)$$

در معادلهٔ (۱۵) و (۱۷) متغیرها به شرح زیر هستند:

$\Delta CA_{i,t}$ تغییر در دارایی‌های جاری سال جاری نسبت به سال قبل، $\Delta CASH_{i,t}$ تغییر در وجه نقد سال جاری نسبت به سال قبل، $\Delta DCL_{i,t}$ تغییر در بدهی‌های سال جاری نسبت به سال قبل، $\Delta STD_{i,t}$ تغییر در حصه کوتاه‌مدت بدهی‌های بلندمدت سال جاری نسبت به سال قبل، $DEP_{i,t}$ هزینهٔ استهلاک دارایی‌های مشهود و نامشهود سال جاری، همچنین $A_{it-1}$ مجموع دارایی‌های شرکت در سال قبل $\Delta REV_{it}$ تفاوت فروش سال جاری نسبت به سال قبل و همچنین $A_{i,t-1}$ مجموع دارایی‌های شرکت در سال قبل $\Delta REV_{it}$ تفاوت فروش سال جاری نسبت به سال قبل و $PPE_{it}$ اموال،

ماشین‌آلات و تجهیزات ناخالص $ROA_{i,t}$ بازده دارایی‌ها و $\varepsilon_{i,t}$ خطای برآورد $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ پارامترهای خاص شرکت است. همچنین $\Delta REC_{i,t}$ معرف تغییر در خالص حساب‌های دریافتنی سال جاری نسبت به سال قبل است...

– اهرم مالی (Leverage): به اعتقاد هاتن و همکاران (۲۰۰۹) افزایش میزان بدهی شرکت می‌تواند به افزایش هزینه‌ی بهره منجر شود؛ بنابراین افزایش نسبت اهرم مالی می‌تواند به کاهش سود ارائه‌شده منجر شود. پس حجم بالای بدهی در ساختار سرمایه‌ی یک شرکت می‌تواند زمینه‌ای برای ایجاد چولگی منفی در بازده سهام باشد. اهرم مالی برابراست با تسهیلات مالی تقسیم‌بر جمع دارایی‌های پایان دوره شرکت.

–عدم تجانس سرمایه‌گذاران ((Dturn**:** چن و همکاران (۲۰۰۱) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافتند که ناهمگنی دیدگاه‌های سرمایه‌گذاران در سال جاری رابطه‌ی مستقیم و محکمی با چولگی منفی بازده سهام در سال بعد دارد. عدم تجانس سرمایه‌گذاران عبارت است از متوسط گردش تصادفی سهام در سال مالی جاری منهای متوسط گردش تصادفی سهام در سال گذشته. متوسط گردش تصادفی سهام، از طریق تقسیم حجم معاملات ماهانه سهام بر مجموع تعداد سهام منتشرشده طی ماه به دست می‌آید.

–اظهارنظر حسابرس **(**Audit-Quality**):** پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاران واکنش منفی نسبت به گزارش حسابرسی تعدیل‌شده (به‌ویژه اظهارنظر مشروط) نشان می‌دهند و این تعدیل را به‌عنوان خبری منفی تلقی می‌کنند (چن و همکاران،۲۰۱۰) این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاران گزارش مقبول را ترجیح می‌دهند (کولینان و همکاران،۲۰۱۲ ( بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که گزارش تعدیل‌شده حسابرسی دارای محتوای اطلاعاتی است. در این پژوهش اظهارنظر حسابرس برابر است با یک اگر گزارش حسابرسی از نوع تعدیل‌شده (مشروط) باشد و در غیر این صورت صفر.

–اندازه موسسه حسابرسی و خطر سقوط قیمت سهام ((Audit-Size: اگر حسابرسی باکیفیت بیشتر انجام شود، سبب کاهش هزینهٔ نمایندگی و همسویی منافع مدیران و سرمایه‌گذاران، کاهش تخلفات توسط مدیران، بهبود تصمیم‌گیری‌های عملیاتی و کاهش سلب مالکیت می‌شود؛ که در این حالت خطر سقوط آتی قیمت سهام کاهش می‌یابد (پاستور و رونسی،۲۰۰۳) در این پژوهش اندازه موسسه حسابرسی برابر است با یک اگر مؤسسهٔ حسابرسی سازمان حسابرسی باشد و در غیر این صورت صفر

– بازده حقوق صاحبان سهام (ROE**):** هاتن و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند شرکت‌های با بازده حقوق صاحبان سهام بالاتر (به‌عنوان معیاری برای عملکرد بهتر) ریسک سقوط قیمت سهام پایین‌تری دارند. عبارت است از نسبت سود خالص به مجموع حقوق صاحبان سهام شرکت در پایان سال مالی.

–نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام (MTB): خان و واتز (۲۰۰۹) بیان کرده‌اند که شرکت‌های با نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام بالا، فرصت‌های سرمایه‌گذاری بیشتری پیش روی خوددارند. به‌علاوه انتظار می‌رود بازده سهام این شرکت‌ها، نوسان بیشتری داشته باشد، زیرا بخش بیشتری از ارزش بازار آن‌ها به سبب فرصت‌های سرمایه‌گذاری است که بازدهی آن‌ها با نوسان همراه است. از طرف دیگر شرکت‌هایی که بازده سهام آن‌ها پر نوسان‌تر است، احتمال بیشتری وجود دارد که زیان‌های بزرگی را تجربه کنند. این موارد می‌تواند احتمال سقوط قیمت سهام را نیز افزایش دهد؛ بنابراین برابر است با نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری حقوق صاحبان شرکت.

استقلال هیئت‌مدیره (Ind-Ratio): حضور اعضای غیرموظف در ترکیب هیئت‌مدیره، عدم تقارن اطلاعاتی بین ارکان داخلی و خارجی شرکت را کاهش می‌دهد که این موضوع به افزایش کیفیت افشای اطلاعات و درنتیجه کاهش خطر سقوط قیمت سهام منجر می‌شود (پانایوتیس و همکاران[1]، ۲۰۱۵). نشان‌دهنده استقلال هیئت‌مدیره است که بیانگر درصد نسبت مدیران غیرموظف هیئت‌مدیره به‌کل اعضای هیئت‌مدیره است.

مدیریت سرمایه در گردش (ML): این متغیر با استفاده از مدل چرخه تبدیل وجه نقد (لازاریدیس[2]،۲۰۰۶) محاسبه می‌شود که به شرح زیر است:

چرخه تبدیل وجه نقد= دوره تبدیل موجودی + دوره تبدیل حساب‌های دریافتنی- دوره بستانکاران معوق

## ۴- نتایج پژوهش

### ۴-۱- آماره‌های توصیفی

نتایج آمار توصیفی متغیرهای پژوهش در جدول (۲) و (۳) نشان داده‌شده است. جدول (۲) و (۳) آمار توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش را نشان می‌دهد که بیانگر پارامترهای توصیفی برای هر متغیر به‌صورت مجزاست. برای مثال میانگین متغیر سیگمای حداکثری برابر است با ۱/۵۰ که نشان می‌دهد بیشتر داده‌های مربوط به این متغیر حول این نقطه تمرکزیافته‌اند. به‌طورکلی، پارامترهای پراکندگی معیاری برای تعیین میزان پراکندگی داده‌ها با یکدیگر یا میزان پراکندگی آن‌ها نسبت به میانگین

1 Panayiotis et al.
2 Lazaridis

است ازجمله مهم‌ترین پارامترهای پراکندگی، انحراف معیار است. مقدار این پارامتر برای متغیر سیگمای حداکثری برابر ۱/۲۸ و برای متغیر چولگی برابر با ۰/۶۱ و برای نوسان پایین به بالا برابر با ۰/۲۹ است.

**جدول (۲): آمار توصیفی متغیرهای پژوهش**

| متغیر | تعداد | میانگین | انحراف معیار | بیشینه | کمینه |
|---|---|---|---|---|---|
| سیگمای حداکثری | ۶۰۶ | ۱/۵۰ | ۱/۲۸ | ۴ | /۲۰ |
| نوسان پایین به بالا | ۶۰۶ | ۰/۲۹۰۱ | ۰/۲۹۸۸ | ۲/۹۹ | -/۱۳ |
| چولگی منفی بازده سهام | ۶۰۶ | ۰/۳۶۰۵ | ۰/۶۱۰۷ | ۶/۸۱ | -۶/۵۲ |
| اندازه شرکت | ۶۰۶ | ۶/۸۵ | ۰/۶۹۲۵ | ۸/۲۲ | ۴/۹۸ |
| بازده حقوق صاحبان سهام | ۶۰۶ | ۰/۵۳۴۸ | ۰/۳۰۴۲ | ۰/۹۰ | -۰/۸۵ |
| بازده دارایی‌ها | ۶۰۶ | ۰/۶۰۵۴ | ۰/۱۳۰۳ | ۰/۹۸ | -۰/۲۴ |
| مالیات | ۶۰۶ | ۰/۱۶۲۶ | ۰/۱۱۲۴ | ۰/۲۱ | ۰/۱۰ |
| اهرم مالی | ۶۰۶ | ۰/۶۰۹۹ | ۰/۲۰۳۹ | ۰/۹۳ | ۰/۱۳ |
| ارزش بازار به ارزش دفتری | ۶۰۶ | ۰/۵۷۰۶ | ۰/۳۰۲۰ | ۳/۰۲ | ۰/۲۳ |
| مدیریت سرمایه در گردش | ۶۰۶ | ۰/۲۶۴۶ | ۰/۲۰۶۲ | ۰/۹۹ | ۰/۱۰ |
| استقلال هیئت‌مدیره | ۶۰۶ | ۰/۶۷۰۵ | ۰/۱۵۴۰ | ۰/۸۵ | ۰/۲۰ |
| بازده گذشته سهام | ۶۰۶ | ۰/۵۵۲۶ | ۰/۲۰۵۱ | ۱/۲۳ | -۰/۵۴ |
| حجم معاملات | ۶۰۶ | ۲/۵۷ | ۰/۲۳۲۹ | ۳/۹۹ | ۱/۱۵ |
| محافظه‌کاری | ۶۰۶ | ۰/۱۴۰۴ | ۰/۳۳۴۲ | ۲/۹۷ | -۲/۰۱ |
| عدم شفافیت | ۶۰۶ | ۰/۱۱۲۴ | ۰/۱۹۴۱ | ۱/۹۳ | ۰/۰۴ |
| عدم تجانس سرمایه‌گذاران | ۶۰۶ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۵ | ۰/۵۰ | -۰/۴۶ |
| عدم تقارن اطلاعاتی | ۶۰۶ | ۰/۲۱۷۰ | ۰/۲۰۷۲ | ۰/۹۹ | ۰/۰۴ |
| مالکیت نهادی | ۶۰۶ | ۰/۷۳۳۷ | ۰/۱۵۳۵ | ۰/۹۴ | ۰/۲۷ |

**جدول (۳): آمار توصیفی متغیرهای دامی (منبع: یافته‌های پژوهش)**

| متغیر | تعداد | مد | بیشینه | کمینه |
|---|---|---|---|---|
| اندازه حسابرس | ۶۰۶ | ۰ | ۱ | ۰ |
| اظهارنظر حسابرس | ۶۰۶ | ۰ | ۱ | ۰ |
| انعطاف‌پذیری مالی | ۶۰۶ | ۰ | ۱ | ۰ |
| حسابرسی داخلی | ۶۰۶ | ۰ | ۱ | ۰ |

## ۴-۲- آمار استنباطی

برای برآورد پارامترهای مدل‌های رگرسیون، آزمون فروض کلاسیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ازجمله مهم‌ترین این فرض‌ها، فرض‌های مربوط به بررسی نرمال بودن باقیمانده‌های مدل، عدم وجود خودهمبستگی، عدم وجود هم خطی و عدم وجود واریانس ناهمسانی بین باقیمانده‌های مدل است.

- بررسی فرض نرمال بودن: برای بررسی نرمال بودن متغیرها از آزمون کولموگوروف- اسمیرنوف استفاده‌شده است... نتایج این آزمون نشان می‌دهد که باقیمانده‌ی مدل‌های موردبررسی دارای توزیع نرمال است.
- ماتریس همبستگی متغیرهای پژوهش: به‌منظور بررسی همبستگی متغیرها از آزمون اتا استفاده می‌شود. با توجه به نتایج این آزمون ضریب همبستگی متغیرهای پژوهش منطقی است که این امر نشان‌دهنده وجود عدم همبستگی، در بین متغیرهای پژوهش است.
- استقلال خطاها: یکی از مفروضاتی که در رگرسیون مدنظر قرار می‌گیرد، استقلال خطاها از یکدیگر است که به‌منظور بررسی آن از آزمون وولدریج[1] استفاده‌شده است. فرضیه صفر در آزمون وولدریج، عدم وجود خودهمبستگی مرتبه اول در جملات اختلال مدل رگرسیون هست که در صورت رد فرضیه صفر، مدل تخمین زده‌شده دارای خودهمبستگی مرتبه اول خواهد بود با توجه به مقدار آماره وولدریج می‌توان ادعا کرد که خودهمبستگی مرتبه اول میان باقیمانده‌های الگو وجود ندارد.

1 Wooldrige

- هم خطی: شدت هم خطی چندگانه در تحلیل رگرسیون توسط عامل تورم واریانس[1] ارزیابی می‌شود. درواقع شدت هم خطی چندگانه با بررسی بزرگی مقدار VIF تحلیل می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از این آزمون مشکل هم خطی بین متغیرها وجود ندارد.

## ۴-۳- آزمون فرضیه

ازآنجاکه یکی از معیارهای مناسب برای مقایسه روش‌های مختلف پیش‌بینی، خطای پیش‌بینی است، یعنی تفاوت بین مقداری که مدل پیش‌بینی کرده با مقدار واقعی متغیر موردنظر، از دو معیار میانگین قدر مطلق خطا و میانگین مجذور خطا به‌منظور مقایسه بین الگوریتم کلونی مورچگان و رگرسیون استفاده‌شده است. به‌منظور مقایسه نتایج از آزمون مقایسه میانگین‌ها استفاده می‌شود. این آزمون زمانی استفاده می‌شود که فرضیه مطرح‌شده به مقایسه میانگین دو جامعه (گروه) بپردازد. برای آزمون تساوی میانگین دو جامعه، لازم است ابتدا بررسی شود آیا واریانس دو جامعه برابرند یا خیر. به‌عبارت‌دیگر آزمون تساوی واریانس‌ها مقدم بر آزمون تساوی میانگین‌ها است. برای آزمون تساوی واریانس‌ها از آزمون لوین[2] استفاده می‌شود. در این آزمون فرضیه صفر تساوی همه واریانس‌های گروه‌ها است. در این آزمون اگر مقدار Sig مربوط به آزمون لوین کوچک‌تر از سطح معنی‌داری ۰/۰۵ باشد درنتیجه فرض صفر برابری واریانس‌ها رد می‌شود و ادعای عدم‌تساوی واریانس‌ها پذیرفته می‌شود؛ بنابراین اطلاعات سطر دوم را برای نتیجه‌گیری در مورد میانگین موردبررسی قرار می‌دهیم. سپس با توجه به Sig آزمون تساوی میانگین، فرضیه صفر تائید و یا رد می‌شود درصورتی‌که مقدار آن کمتر از ۰/۰۵ باشد فرض صفر رد می‌شود و ادعای عدم‌تساوی میانگین‌ها پذیرفته می‌شود. در این حالت با توجه به مقادیر حد بالا[3] و حد پایین[4] می‌توان گفت:

۱-هرگاه حد پایین و بالا مثبت باشد تفاوت میانگین دو جامعه بزرگ‌تر از صفر است و میانگین جامعه اول از جامعه دوم بزرگ‌تر است ۲- هرگاه حد پایین و بالا منفی باشد تفاوت میانگین دو جامعه کمتر از صفر است و میانگین جامعه اول از جامعه دوم کوچک‌تر است ۳- هرگاه حد بالا مثبت و حد پایین منفی باشد تفاوت میانگین دو جامعه معنی‌دار نیست و تساوی میانگین دو جامعه رد نمی‌شود (مؤمنی، قیومی، ۱۳۹۴).

## ۴-۳-۱- تجزیه و تحلیل و آزمون فرضیه

الگوی مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچگان دارای توانایی بیشتری در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام نسبت به رگرسیون چند متغیره است.

**جدول (٤) نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MSE**

| | | | فرض همسانی واریانس‌ها | فرض عدم همسانی واریانس‌ها |
|---|---|---|---|---|
| آزمون لوین (فرض همسانی واریانس‌ها) | F | | ۲/۷۹۰ | |
| | سطح معنی‌داری t | | ۰/۱۰۴ | |
| آزمون تی برای مقایسه میانگین‌ها | t | | -۲/۸۲۲ | -۲/۸۲۲ |
| | درجه آزادی | | ۳۴ | ۲۸/۳۰۲ |
| | سطح معنی‌داری t | | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۹ |
| | تفاوت میانگین‌ها | | -۰/۱۹۹۰۵۶ | -۰/۱۹۹۰۵۶ |
| | انحراف معیار | | ۰/۰۰۷۰۵۳۰ | ۰/۰۰۷۰۵۳۰ |
| | فاصله اطمینان ٪۹۵ | حد پایین | -۰/۰۳۴۲۳۹۰ | -۰/۰۳۴۲۲۴۶۰ |
| | | حد بالا | -۰/۰۰۵۵۷۳۱ | -۰/۰۰۵۴۶۵۱ |

جدول (۴) نتایج مربوط به آزمون تی مستقل در معیار خطای mse را نشان می‌دهد. با توجه به سطح معنی‌داری مربوط به آزمون لوین که معادل ۰/۱۰۴ است که این مقدار بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است بنابراین فرض برابری واریانس‌ها پذیرفته می‌شود و از اطلاعات سطر اول برای نتیجه‌گیری در مورد میانگین‌ها استفاده می‌کنیم. در سطر اول جدول سطح معنی‌داری برای مقایسه میانگین‌ها معادل ۰/۰۰۸ است که این مقدار از ۰/۰۵ کمتر است بنابراین ادعای مربوط به عدم‌تساوی میانگین‌ها پذیرفته می‌شود و با توجه به اینکه در سطر اول جدول مقدار حد بالا و حد پایین هر دو منفی است بنابراین میانگین جامعه اول از جامعه دوم کوچک‌تر است. فرضیه اول پذیرفته می‌شود و توانایی الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام نسبت به رگرسیون چند متغیره بالاتر است.

1 Variance inflation factor
2 Levene
3 Upper
4 Lower

جدول (۵) نتایج مربوط به آزمون تی مستقل در معیار خطای mae را نشان می‌دهد. با توجه به سطح معنی‌داری مربوط به آزمون لوین که معادل ۰/۴۴۴ است و این مقدار بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است بنابراین فرض برابری واریانس‌ها پذیرفته می‌شود و از اطلاعات سطر اول برای نتیجه‌گیری در مورد میانگین‌ها استفاده می‌کنیم. در سطر اول جدول سطح معنی‌داری برای مقایسه میانگین‌ها معادل ۰/۰۱۵ است که این مقدار از ۰/۰۵ کمتر است بنابراین ادعای مربوط به عدم‌تساوی میانگین‌ها پذیرفته می‌شود و با توجه به اینکه در ستون اول جدول مقدار حد بالا و حد پایین هر دو منفی است بنابراین میانگین جامعه اول از جامعه دوم کوچک‌تر است. فرضیه اول پذیرفته می‌شود و توانایی الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام نسبت به رگرسیون چند متغیره بالاتر است.

**جدول (۵) نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MAE**

| | | | فرض همسانی واریانس‌ها | فرض عدم همسانی واریانس‌ها |
|---|---|---|---|---|
| آزمون لوین (فرض همسانی واریانس‌ها) | F | | ۰/۶۰۱ | |
| | سطح معنی‌داری t | | ۰/۴۴۴ | |
| آزمون تی برای مقایسه میانگین‌ها | t | | -۲/۵۵۰ | -۲/۵۵۰ |
| | درجه آزادی | | ۳۴ | ۳۲/۷۱۲ |
| | سطح معنی‌داری t | | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۶ |
| | تفاوت میانگین‌ها | | -۰/۰۱۶۶۷۲۲ | -۰/۰۱۶۶۷۲۲ |
| | انحراف معیار | | ۰/۰۰۶۵۳۹۰ | ۰/۰۰۶۵۳۹۰ |
| | فاصله اطمینان ۹۵٪ | حد پایین | -۰/۰۲۹۹۶۱۱ | -۰/۰۲۹۹۸۰۴ |
| | | حد بالا | -۰/۰۰۳۳۸۳۳ | -۰/۰۰۳۳۶۴۰ |

جدول (۵) نتایج مربوط به آزمون تی مستقل در معیار خطای mae را نشان می‌دهد. با توجه به سطح معنی‌داری مربوط به آزمون لوین که معادل ۰/۴۴۴ است و این مقدار بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است بنابراین فرض برابری واریانس‌ها پذیرفته می‌شود و از اطلاعات سطر اول برای نتیجه‌گیری در مورد میانگین‌ها استفاده می‌کنیم. در سطر اول جدول سطح معنی‌داری برای مقایسه میانگین‌ها معادل ۰/۰۱۵ است که این مقدار از ۰/۰۵ کمتر است بنابراین ادعای مربوط به عدم‌تساوی میانگین‌ها پذیرفته می‌شود و با توجه به اینکه در ستون اول جدول مقدار حد بالا و حد پایین هر دو منفی است بنابراین میانگین جامعه اول از جامعه دوم کوچک‌تر است. فرضیه اول پذیرفته می‌شود و توانایی الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام نسبت به رگرسیون چند متغیره بالاتر است.

## ۶- نتیجه‌گیری

شواهد این پژوهش اظهار می‌کند که توانایی الگوریتم کلونی مورچگان در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام نسبت به روش سنتی رگرسیون چند متغیره بالاتر است. یافته‌های این پژوهش معانی کلیدی متعددی دارد که نه‌تنها به پیش‌بینی بهتر و درست‌تر خطر سقوط قیمت سهام کمک می‌کند که به گسترش کاربرد روش‌های جدیدتر پیش‌بینی در حیطه مسائل مالی نیز می‌انجامد. با توجه به آزمون‌ها و تحلیل‌هایی که از راه رگرسیون و الگوریتم کلونی مورچگان در دو خطای mse و mae انجام شد و همان‌طور که در جدول (۴) و (۵) مشاهده می‌شود، سطح معنی‌داری برای مقایسه میانگین‌ها معادل ۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۵ است که این مقادیر از ۰/۰۵ کوچک‌تر است بنابراین ادعای عدم‌تساوی میانگین‌ها پذیرفته می‌شود همچنین با توجه به منفی بودن حد بالا و حد پایین به این نتیجه رسیدیم که میانگین جامعه اول کوچک‌تر از جامعه دوم است بنابراین الگوی مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچگان توانمندی بیشتری نسبت به رگرسیون چند متغیره در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام دارد. این نتیجه برای هر دو خطای mse و mae صادق هست؛ بنابراین فرضیه پژوهش تائید می‌شود. با توجه به این موضوع که تاکنون پژوهشی در داخل و خارج از کشور در زمینه پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری انجام‌نشده است، نتایج حاصل از فرضیه پژوهش را با سایر پژوهش‌های که در زمینه‌های مختلف مالی و با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری انجام‌شده است مقایسه می‌کنیم. این مقایسه حاکی از آن است که نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش گولتسیس و همکاران (۲۰۰۹)، وانگ و همکاران (۲۰۰۹) و پژوهش تقی زاده و همت فر (۱۳۹۴) که درزمینه ورشکستگی هست و همچنین با پژوهش کومار و همکاران (۲۰۰۹) که در زمینه پیش‌بینی زمان بهینه فروش اوراق اختیار معامله است و یا با نتیجه پژوهش توسکاری (۲۰۰۹) در مورد تولید و تقاضا است و با نتایج تهرانی و خدا یار (۲۰۱۰) در زمینه پیش‌بینی شاخص قیمت سهام و عزیز گرد و همکاران (۱۳۹۴) که در زمینه پیش‌بینی مدیریت سود هست همچنین با نتایج فلاح‌پور و ارم (۱۳۹۵) که در حوزه درماندگی مالی انجام‌شده است و با پژوهش راعی و

همکاران (۱۳۹۲)، حری و مهدوی (۱۳۹۴) در زمینه رتبه اعتباری مشتریان و درنهایت با پژوهش رضایی و تولمی (۱۳۹۲)، بیدگلی و طیبی نژاد (۱۳۹۳) در زمینه بهینه‌سازی پرتفوی، مطابقت دارد. این پژوهش به بررسی توانایی یکی از جدیدترین روش‌های موجود در زمینه پیش‌بینی (الگوریتم کلونی مورچگان) جهت پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بهابازار اوراق بهادار تهران و مقایسه نتایج با رگرسیون چند متغیره به‌عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های آماری در زمینه پیش‌بینی‌های مالی پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان جهت پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام در بهابازار اوراق بهادار تهران نسبت به رگرسیون چند متغیره دارای توانایی بیشتری است. با توجه به یافته‌های این پژوهش ازآنجایی‌که الگوریتم کلونی مورچگان برتری نسبی نسبت به رگرسیون چند متغیره از خود نشان داده‌اند لذا می‌توان امیدوار بود که استفاده از نسخه‌های توسعه‌یافته این الگوریتم منجر به پاسخ‌های بهتری گردد لذا پیشنهاد می‌شود از نسخه‌های توسعه‌یافته هر یک از الگوریتم‌ها در پژوهش‌های آتی جداگانه‌ای بررسی شود. بسیاری از پژوهشگران از ترکیب الگوریتم‌های فرا ابتکاری به‌منظور استفاده از نقاط قوت هر یک از آن‌ها و حذف نقاط ضعفشان، الگوریتم‌های جدیدی ارائه نموده‌اند. با توجه به نتایج پژوهش و اینکه الگوریتم مورچگان در هر دو نوع خطای mseو mae نسبت به رگرسیون چند متغیره برتری دارد پیشنهاد می‌شود از ساختارهای ترکیبی پیشنهادی توسط پژوهشگران مبتنی بر الگوریتم مورچگان با الگوریتم‌های دیگر استفاده شود.

## منابع


۱. آذر، عادل، افسر، امیر (۱۳۸۴) " مدلی برای پیش‌بینی شاخص قیمت سهام با شبکه عصبی فازی و ترکیبی"، *پژوهشنامه بازرگانی ۱۰*(۴۰). صص ۱۹۴-۱۶۵

۲. آقاخانی، کیارش، کریمی، عباس (۱۳۹۳). "ارائه یک تکنیک نوین هوشمند جهت پیش‌بینی داده‌های حجیم بهابازار مبتنی بر الگوریتم فرا ابتکاری جستجوی هارمونی و شبکه عصبی مصنوعی"، اولین همایش ملی پژوهش‌های مهندسی رایانه.

۳. *بیات، علی، باقری، زینب (۱۳۹۵)."* پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب*"، دانش مالی تحلیل اوراق بهادار ۱۰(۳۵). صص ۱۴۵-۱۳۵.*

۴. بیدگلی، غلامرضا، طیبی، احسان (۱۳۹۳). بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری بر اساس ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، دانش سرمایه‌گذاری، سال سوم، شماره دهم صص ۱۲۲-۱۰۱.

۵. پاریابی، آزاده، زهرا سالمی (۱۳۹۵)." پیش‌بینی قیمت سهام با داده‌های ترکیبی به روش الگوریتم کلونی زنبورعسل"، *اولین کنفرانس ملی اقتصاد،مدیریت و حسابداری*، اهواز، سازمان صنعت،معدن و تجارت خوزستان- انجمن حسابداری ایران- پارک علم و فناوری خوزستان -انجمن مدیریت ایران، https://www.civilica.com/Paper-EMAC01-EMAC01_205.html

۶. تنانی، محسن و صدیقی، علیرضا،و امیری، عباس (۱۳۹۴). "بررسی نقش سازوکارهای حاکمیت شرکتی در کاهش ریسک ریزش قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بهابازار اوراق بهادار تهران"،*مجله مدیریت دارایی و تأمین مالی*،(۳)۴. صص ۲۰-۱.

۷. دهقان، حامد، کاظم، علی‌اصغر، عطار زاده، ایمان (۱۳۹۵). "ارائه یک الگوریتم برای تخمین ورشکستگی مؤسسات مالی با الهام از الگوریتم زنبورعسل"، فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری، ۲(۱).۲۴-۱۰.

۸. دولو، مریم، حیدری، تکتم (۱۳۹۶). " پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های فرا ابتکاری جستجوی هارمونی و الگوریتم ژنتیک"، اقتصاد مالی،سال یازدهم شماره ۴۰.

۹. دولو، مریم (۱۳۹۵). عدم شفافیت اطلاعات مالی، هم‌زمانی و ریسک ریزش قیمت سهام. مجله حسابداری مدیریت، ۴۹(۹)،۳۱-۳۳.

۱۰. صدرالسادات، لیلا، ستوده نیا، سلمان، امیری، علی (۱۳۹۶)." بررسی رابطه هموارسازی سود و خطر ریزش قیمت سهام در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بهابازار اوراق بهادار تهران"، مجله پژوهش‌های جدید در مدیریت و حسابداری،(۳)۲۱. ۲۳۰-۲۰۷.

۱۱. فخاری، حسین، ولی پور خطیر، محمد، موسوی، مائده (۱۳۹۶)." بررسی عملکرد شبکه عصبی بیزین و لونبرگ مارکوات در مقایسه با مدل‌های کلاسیک در پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری"، پژوهش‌ها مالی دوره ۱۹ شماره ۲,۳۱۸-۲۹۹.

۱۲. کاردان، بهزاد، صالحی، مهدی، قره خانی، بیتا، منصوری، مرتضی (۱۳۹۶). " بررسی دقت الگوریتم‌های خطی -تکاملی BBOو ICDE و الگوریتم‌های غیرخطی SVR و CART در پیش‌بینی مدیریت سود"، پژوهش‌های حسابداری مالی، سال نهم شماره اول.۹۵-۷۷.

۱۳. مؤذنی، بیتا و نهندی، یونس (۱۳۹۵). "ارتباط بین استعداد مدیریتی، کارایی سرمایه‌گذاری و خطر سقوط قیمت سهام"،مجله مدیریت بهره‌وری، (۱۰)۳۹,۲۸۰-۲۴۷.

۱۴. میر قادری، هادی، زندیه، مصطفی (۱۳۹۰)."طراحی یک الگوریتم فرا ابتکاری جدید بر اساس رفتار توابع ریاضی XCos(x)وtanh(x) "، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، شماره ۲. صص ۱۰۷-۱۲۳.

۱۵. ملکیان، اسفندیار، فخاری، حسین، قاسمی، جمال، فرزاد، سروه (۱۳۹۷). پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری (الگوریتم تجمعی ذرات) و مقایسه با رگرسیون لجستیک، مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار،۹(۳۶).
۱۶. ملکیان، اسفندیار، فخاری، حسین، قاسمی، جمال، فرزاد، سروه (۱۳۹۶). پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک و مقایسه با رگرسیون لجستیک، با تأکید بر نگرش انتخاب ویژگی، بورس اوراق بهادار،۱۰(۴۰).
۱۷. نهندی، یونس و تقی زاده، وحید (۱۳۹۶)." تأثیر پرداخت سود سهام و عدم انتشار اخبار بد بر خطر سقوط قیمت سهام با تأکید بر عدم تقارن اطلاعاتی"، مجله بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، (۲۴)۱. صص ۴۰-۱۹.
18. Bleck A. Liu, X. (2007). "Market Transparency and the Accounting Regime", Journal of Accounting Research, 45. 229–256
19. Blanchard, O. J. & Watson, M. W. (1982). "Bubbles, Rational Expectations, and Financial Markets, in Paul Wachtel, ed". Crises in Economic and Financial Structure. Lexington MA: Lexington Books. 295-315
20. Bradshaw, M, T. Hutton, M,Alan J.& Tehranian, H (2010). "Opacity;Crash Risk and Option Smirk Curves". Boston College;
21. Campbell, J.Y. Hentschel, L. (1992). "No news is good news: An asymmetric model of changing volatilityin stock returns". Journal of Financial Economics, 31.
22. Chen, J. H. Hong, et al. (2001). Forecasting crashes: trading volume, past returns, and conditional skewness in stock prices. Journal of financial Economics, 61(3), 345-381
23. Chen, C. J. Kim, L. (2017). Earning manangement will Exacerbate or reduce the Crash? A Journal of Corporate Finance.www.elsevier.com
24. Cao, C. Xia, C. & Chan, K.C. (2016). "Social trust and stock price crash risk: Evidence from China". International Review of Economics and Finance,
25. Dorigo, M, Stuzle, T(2004). Ant colony optimization MTIpress.
26. French, K. R. Schwert, G. W, and Stambaugh, R, F. (1987). "Expected Stock Returns and Volatility". Journal of Financial Economics, 19.
27. Gocüken, M. & Ozcüalõcõ, M. & Boru, A. & Dosdogùru, A. (2016). "Integrating Metaheuristics and ArtiÞcial Neural Networks for improved Stock Price Prediction", Expert Systems With Applications, doi: 10.1016/j.eswa.
28. Hutton, A.P. Marcus, A.J, Tehranian, H. (2009). Opaque financial reports, R2, and crash risk. Journal of Financial Economics 94, 67-86, 2009.
29. Harford, J. (1999). Corporate cash reserves and acquisitions. The Journal of Finance, 54(6), 1969-1997.
30. Habib, A, H, Monzur, M. (2017). "Business strategy, overvalued equities, and stock price crash risk", Research in International Business and Finance,39.
31. Katsis.c.d;goletsis.Y;Boufounou.P.V. (2012). Using Ants to Detect Fraudulent Financial Statements. A Journal of Applied Finance & Banking. (2) 6,73.
32. Khan, M. Watts, R.L. (2009). Estimation and empirical properties of a firm-year measure of accounting conservatism. Journal of Accounting and Economics 48, 132-150.
33. Kim, J.B. and L. Zhang. (2016). "Accounting conservatism and stock price crash risk: Firm-level evidence". Contemporary Accounting Researchforthcoming.
34. Kim, J.B. Luo, L. & Xei, H. (2016). "Dividend Payments and Stock Price Crash Risk, available in": www.ssrn.com.
35. Lazaridis I, Tryfonidis D. (2006). "The Relationship between Liquidity Management and Profitability of Listed Companies in the Athens Stock Exchange". University of Macedonia, Department of Accounting & Finance: 1-5.
36. Li, X. Wang, S. S. & Wang, X. (2017). Trust and stock price crash risk: Evidence from China

# The ability of an ant colony algorithm to predict the Stock Price Crash Risk


## Abstract

the stock price crash risk is an indicator for measuring risk asymmetry and is of great importance in analyzing portfolios and pricing asset holdings. Considering the importance of the risk of collapse, several studies have examined the effective factors on it, all of which use traditional methods of forecasting, while in recent years, new methods of hypermetricity have been widely used in other financial issues. It is used and has better results. Therefore, in this research, the risk of falling stock prices of listed companies in Tehran Stock Exchange is predicted using the Ant Colony Algorithm and the results with multivariate regression as a traditional method, compared. The statistical population of the study consisted of all companies listed on the stock exchange, with 101 companies selected as sample. Initially, 19 independent variables were introduced into the model as the input of the particle accumulation algorithm in this study. Finally, in each of the different criteria for calculating the stock price crash risk, some optimal variables were selected, then using An ant colony algorithm and multivariate regression, the stock price crash risk predictions and the resulting results were compared. In order to compare the methods, two criteria of mean absolute error and mean square error are used. The results show that the ability of the ant an algorithm to predict the stock price crash risk is higher than multivariate regression and the research hypothesis is confirmed.



**Key words**: Cumulative motion algorithm of particles, Ant colony, Feature Selection, Stock Crash Risk, Regresion