*پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری*
*دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶*

# بهینه‌سازی سبد سهام با رویکرد ترکیبی روش‌های تحلیل تکنیکال و داده‌کاوی

**امیر افسر[۱*]، فاطمه هلیل[۲]**

۱- استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران

دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۰۱ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۴

**چکیده**

سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار، بخش مهمی از اقتصاد کشور را تشکیل می‌دهد. افزایش سود و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در بورس همیشه مهم‌ترین دغدغه سرمایه‌گذاران بوده است. همچنین بازارهای بورس نه تنها از پارامترهای کلان بلکه از هزاران عامل دیگر نیز متأثر می‌شوند. این تحقیق به دنبال ارائه مدلی است که در آن پتانسیل آتی سهام با در نظر گرفتن شاخص‌های تحلیل تکنیکال به‌وسیله شبکه عصبی فازی پیش‌بینی می‌شود و براساس پیش‌بینی‌های به دست آمده، مدل ریاضی بهینه‌سازی بر مبنای عواملی چون میانگین، واریانس و چولگی سبد سهام ارائه می‌شود. سپس، این مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل می‌شود. تحقیق حاضر از بعد هدف از نوع تحقیقات کاربردی و از بعد روش، از نوع توصیفی است. نتایج تحقیق بیانگر آن است که مدل ارائه شده در این مقاله، در مقایسه با روش‌های سنتی و شاخص بازار، بازدهی بیشتری را با توجه به واریانس و چولگی برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌کند.

**واژه‌های کلیدی**: بهینه‌سازی سبد سهام، تحلیل تکنیکال، داده‌کاوی.

---

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: aafsar@modares.ac.ir

## ۱- مقدمه

مسئله بهینه‌سازی سبد سهام یکی از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی در مدیریت ریسک نوین بوده است و محققان از ابعاد مختلف به این مسئله پرداخته، مدل‌های فراوانی را تست و ارائه کرده‌اند؛ یکی از اصلی‌ترین کارها در زمینه بهینه‌سازی سبد سهام، مدل میانگین - واریانس می‌باشد که توسط مارکویتز[۱] (۱۹۵۲) ارائه شده است و آن را به عنوان یک موازنه[۲] بین میانگین و واریانس درنظر گرفته که به‌ترتیب نمایانگر بازده و ریسک سبد سهام می‌باشند. در حقیقت مدیران و سرمایه‌گذاران سبد سهام حد آستانه مشخصی از ریسک را دارا هستند که قادر به تحمل همان حد می‌باشند. مدل مارکوتیز نیازمند ارضای دو معیار بهینه‌سازی متعارض است که ریسک را برای میزان بازده‌ای از پیش تعریف شده کاهش می‌دهد [۱].

مدل استاندارد میانگین - واریانس بر این مفروضات استوار است که یک سرمایه‌گذار، ریسک‌گریز است، همچنین توزیع نرخ بازده، نرمال چند متغیره می‌باشد یا مطلوبیت سرمایه‌گذار، یک تابع درجه دوم[۳] از نرخ بازدهی می‌باشد. هر چند متأسفانه هیچ یک از دو فرض آخر در عمل وجود ندارند. در حال حاضر به طور گسترده تشخیص داده شده که پورتفوهای جهان واقعی از توزیع نرمال چند متغیره پیروی نمی‌کنند. بسیاری از محققان پیشنهاد کرده‌اند که نمی‌توان به‌طور کورکورانه به مدل میانگین - واریانس متکی بود. بنابراین پژوهش‌های بسیاری جهت بهبود این مدل پایه، چه از نظر محاسباتی و چه از نظر تئوری صورت گرفته است. معیارهای ریسک گوناگونی از قبیل مدل نیم واریانس، مدل انحراف مطلق میانگین و مدل واریانس با چولگی پیشنهاد شده است.

بیشتر کارهای منطقی انجام شده در مسئله انتخاب سبد سهام با استفاده از دو گشتاور اول توزیع بازده انجام شده است، در واقع در این تحقیقات سعی شده تا سبد سهامی انتخاب شود که کمترین ریسک و بیشترین بازده را داشته باشد. بسیاری از محققان معتقدند تنها در صورتی می‌توان از گشتاورهای بالاتر مانند چولگی صرفنظر کرد که یا توزیع بازده متقارن باشد و یا توزیع بازده در انتخاب سرمایه‌گذاران مؤثر نباشد. ساموئلسون (۱۹۷۰) نخستین فردی بود که نشان داد گشتاورهای بالاتر در انتخاب سبد سهام برای سرمایه‌گذاران اهمیت دارد و تقریباً تمامی آنها در انتخاب بین

دو پرتفولیو که میانگین و واریانس برابری دارند، آنی را انتخاب می‌کنند که گشتاور سوم بزرگ‌تری دارد. چولگی مثبت برای بازدهی سبد سهام بیانگر مقداری کاهش در ریسک نامطلوب[۴] است که این کاهش از علاقه‌مندی‌های سرمایه‌گذاران می‌باشد [۲].

طی دو دهه اخیر تغییرات زیادی در محیط‌های مالی رخ داده است. توسعه ارتباطات قدرتمند و تسهیلات تجاری، دامنهٔ انتخاب را برای سرمایه‌گذاران گسترده‌تر ساخته است. تئوری سنتی بازار تغییر کرده و روش‌های تحلیل اقتصادی بهبود یافته‌اند. به‌کارگیری روش‌های کمّی به منظور پیش‌بینی بازارهای مالی، بهبود تصمیم‌گیری‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها به ضرورتی انکارناپذیر در دنیای امروز تبدیل شده است. همچنین رویکردهای گوناگونی برای مسائل مالی و به‌خصوص بازار بورس به کار گرفته شده است[۳؛ ۴]. به طور کلی این رویکردها به دو دسته تقسیم می‌شوند: آماری و هوش مصنوعی. روش‌های آماری به طور گسترده برای پیش‌بینی سهام و بر مبنای داده‌های سری زمانی گذشته، استفاده شده‌اند. رویکرد آماری سنتی شامل روش‌های ARMA[۵]، مدل اتو رگرسیو آستانه[۶]، مدل STAR[۷] و مدل رگرسیون چند متغیره می‌باشند. این روش‌ها بر فرض خطی بودن بین متغیرها و توزیع نرمال، مبتنی هستند. گرچه با مدل‌های آماری، وقتی واریانس در سری‌های زمانی افزایش می‌یابد یا فرایندهای غیر خطی در سری‌های زمانی وجود دارد، مشکلاتی پدیدار می‌گردد. با افزایش نیاز به مدل‌های تجاری مؤثرتر، تأیید شده که رویکردهای هوش مصنوعی خروجی بهتری نسبت به مدل‌های آماری سنتی داشته‌اند، زیرا که بر محدودیت‌هایی همچون فرض مذبور غلبه می‌کنند [۳؛ ۵].

در این تحقیق براساس شاخص‌های تکنیکی بازار سهام و با استفاده از شبکه‌های عصبی قیمت سهام ۳۵ شرکت برتر بورس اوراق بهادار پیش‌بینی شده و بر اساس پیش‌بینی‌های به دست آمده، مدل ریاضی بهینه‌سازی بر مبنای فاکتورهایی چون میانگین، واریانس و چولگی سبد سهام ارائه می‌شود. سپس، این مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شده و نتایج با روش‌های دیگر و همچنین شاخص بازار اوراق بهادار مقایسه می‌شود.

## ۲- پیشینه تحقیق

با توجه به اهمیت مسئله انتخاب سبد سهام، تاکنون مطالعات زیادی در این حوزه صورت گرفته است. این مطالعات اغلب به منظور نزدیک کردن شرایط مسئله به واقعیت و همچنین دستیابی به جواب بهینه با استفاده از تکنیک‌های هوشمند انجام شده‌اند. در ادامه به برخی از این تحقیقات اشاره می‌شود:

هانگ[۸] (۲۰۰۷) در مقاله‌ای با عنوان «دو مدل جدید برای انتخاب پرتفوی با داده‌های تصادفی که اطلاعات فازی می‌گیرند»، دو مدل جدید برای بهینه‌سازی پرتفوی پیشنهاد می‌دهد که در آن بازده سهام، متغیرهای تصادفی با اطلاعات فازی می‌باشند. در حقیقت هانگ معتقد است که به دلیل حرکت‌های پیچیده بازده اوراق یا نبود اطلاعات کافی، سرمایه‌گذاران با «بازده‌های تصادفی با پارامترهای فازی» مواجه هستند. در چنین وضعیت‌هایی استفاده از نظریه مجموعه فازی برای نشان دادن پارامترهای ناشناخته کمک شایانی می‌کند. به همین سبب، ایشان اولین مدل خود را به‌گونه‌ای ارائه می‌کند که بازده سرمایه‌گذار در برابر حداکثر ریسکی که می‌تواند تحمل کند، بیشینه شود. بازده مورد انتظار در این مدل، اعداد تصادفی فازی هستند و واریانس به عنوان معیار ریسک در نظر گرفته شده است [۶].

هانگ (۲۰۰۸)، به دنبال بیشینه کردن بازده بود در حالی که شانس بازده در یک سطح اطمینان مشخص، از مقدار معینی کمتر نباشد؛ همچنین نسبت بازده پرتفوی به واریانس آن از یک مقدار مشخص کمتر نباشد. وی برای به دست آوردن وزن‌های بهینه هر سهم در سبد دارایی از الگوریتم ژنتیک استفاده نمود. درنهایت برای تبیین ایده مدل و نشان دادن اثربخشی آن از دو مثال استفاده شد؛ یک نمونه داده با هر دو مدل حل شد که نتیجه آن بازدهی ۰/۷۵ برای مدل اول و ۰/۲۳ برای مدل دوم بود [۷].

لین و کو (۲۰۰۹) با انجام تحقیقیبا عنوان «پیش‌بینی ارزش در معرض خطرِ پرتفو با استفاده از نظریه ارزش بین‌هایت مبتنی بر الگوریتم ژنتیک»، به معرفی یک مدل تکاملی برای پیش‌بینی فراریت پرتفوی پرداختند. در مدل ارائه شده توسط ایشان که به جهت بهینه کردن پرتفوی‌ها برحسب بیشترین بازده مورد انتظار و با در نظر گرفتن معیار ریسک ارزش در معرض خطر معرفی شده بود، از تئوری ارزش بین‌هایت برای تعیین ارزش در معرض خطر پرتفوی استفاده شد. آنها برای استخراج مجموعه کارا در مدل خود از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. نتایج آزمون مدل بر

داده‌های ۲۰ سالهٔ ۷۸ شرکت تایوانی نشان داد که نرخ موفقیت این مدل در مقایسه با روش‌های شبیه‌سازی تاریخی[۹] و میانگین متحرک موزون نمایی[۱۰] بالاتر بود [۸].

چانگ و همکاران (۲۰۱۱) مسائل بهینه‌سازی پرتفوی در معیارهای مختلف ریسک با استفاده از الگوریتم ژنتیک را بررسی کردند که در آنها ضمن لحاظ کردن محدودیت کاردینالیتی از معیارهای مختلف ریسک مبتنی بر میانگین - واریانس مارکویتز استفاده شده بود. در ابتدا آنها یک رویکرد فرا ابتکاری[۱۱] برای مسئله انتخاب پرتفوی در معیارهای مختلف ریسک نیم‌واریانس، میانگین قدر مطلق انحرافات و واریانس با چولگی ارائه نمودند و سپس برای به دست آوردن مجموعه کارا، به حل آنها با الگوریتم ژنتیک پرداختند. درنهایت این مدل‌ها را با مدل میانگین واریانس مقایسه کردند. نتایج تجربی تحقیق ایشان روی سه مجموعه داده مالی نشان داد که اگر میانگین - واریانس، نیم واریانس، میانگین قدرمطلق انحرافات و واریانس با چولگی به عنوان معیارهای ریسک به کار گرفته شوند، مسائل بهینه‌سازی پرتفو به‌راحتی با الگوریتم ژنتیک حل می‌شوند. همچنین آنها به این نتیجه دست یافتند که مرز کارا با افزایش انواع دارایی‌ها کوتاه‌تر خواهد شد و پیشنهاد کردند سرمایه‌گذاران بیش از یک سوم کل دارایی‌ها را در سبد خود قرار ندهند [۹].

فو و همکاران (۲۰۱۳) از الگوریتم ژنتیک برای تحلیل تکنیکال و بهینه‌سازی سبد سهام استفاده کردند. در این تحقیق علاوه بر الگوریتم ژنتیک متداول، الگوریتم ژنتیک سلسله مراتبی نیز به کاربرده شده است. با توجه به شاخص‌های متعدد تحلیل تکنیکال، مدعی شده‌اند که الگوریتم ژنتیک ابزاری قدرتمند برای بهینه‌سازی سبد سهام فراهم می‌کند [۱۰].

مجی و انیش (۲۰۱۵) بهینه سازی چند هدفه براساس مدل‌های تطبیقی[۱۲] با تصمیم‌گیری فازی برای پیش‌بینی بازار سهام را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از بهینه‌سازی چند هدفه ازدحام ذرات و الگوریت ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب نسخه ۲[۱۳] استفاده شده است و به این تیجه رسیده‌اند که مدل بهینه‌سازی چند هدفه نسبت به مدل تک‌هدفه نتایج بهتری ارائه می‌دهد [۱۱].

راعی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان «بهینه‌سازی سبد سهام با رویکرد میانگین - نیم‌واریانس و با استفاده از روش جستجوی هارمونی» به مقایسه جواب دو الگوی میانگین - واریانس و میانگین - نیم‌واریانس پرداخته است. برای این منظور

نخست مدل‌ها را برای در بر داشتن قیدهای کاردینالیتی طرح‌ریزی نمودند. سپس با استفاده از اطلاعات قیمت سهام ۲۰ شرکت پذیرفته شده در بورس در بازه زمانی ۱۳۸۵-۱۳۸۷ و با به کار بردن الگوریتم جستجوی هارمونی به حل این دو مدل پرداختند. نتایج این مطالعه موردی نشان داد، الگوریتم جستجوی هارمونی در یافتن جواب‌های بهینه در تمامی سطوح خطرپذیری و بازده از دقت قابل قبولی برخوردار بوده و توانسته است مرز کارای سرمایه‌گذاری را با تقریب بسیار خوبی ترسیم کند. همچنین نتیجه شد در بازده‌های یکسان، الگوی میانگین-نیم‌واریانس، ریسک کمتری را نسبت به الگوی میانگین - واریانس نشان می‌دهد [۱۲].

عباسی (۱۳۹۰) در پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خود به ارائه مدلی پرداخت که در آن الگوریتم ژنتیک به حل مسئله انتخاب سبد سهام با استفاده از مدل میانگین – واریانس -چولگی می‌پردازد. در این تحقیق بازده مورد انتظار با استفاده از نظر خبرگان و به صورت فازی وارد مدل شده است. نتایج تحقیق ایشان نشان داد این مدل در مقایسه با مدل میانگین-واریانس و همین طور در مقایسه با شاخص بازار عملکرد بهتری دارد [۱۳].

در تحقیق زمانی و همکاران (۱۳۹۳) پتانسیل آتی سهام به‌وسیله شبکه عصبی فازی پیش‌بینی شده و بر اساس پیش‌بینی های به دست آمده، مدل ریاضی بهینه‌سازی بر مبنای عواملی چون میانگین، واریانس و چولگی سبد سهام ارائه می‌شود. سپس این مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل می‌شود تا ترکیب یک سبد سهام بهینه به‌دست آید. با توجه به بازدهٔ کسب شده از سبد سهام هر یک از مدل‌های میانگین - واریانس و مدل میانگین – واریانس -چولگی، مشاهده می‌شود که استفاده از معیار چولگی در ساخت سبد سهام به سودآوری بیشتر برای سرمایه‌گذاران می‌انجامد [۲].

ادبیات موضوع نشان‌دهنده آن است که استفاده از روش‌های داده‌کاوی و هوش‌مصنوعی، پیش‌بینی دقیق‌تری را برای قیمت سهام ارائه می‌کند. همچنین مشاهده شد که کاربرد نظریه نوین پرتفوی در مسئله سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار به کسب بازده بیشتر در برابر یک ریسک از پیش‌تعیین شده منتهی می‌شود. هرچند حل مسئله انتخاب سبد سهام، مخصوصاً با محدودیت‌هایی که در جهان واقعی نیز در نظر گرفته می‌شوند، یک مسئله سخت به شمار می‌آید، اما پیشینه تحقیق نشان داد،

الگوریتم‌های فرا ابتکاری همچون الگوریتم ژنتیک روش کارامدی برای حل مسائل بهینه‌سازی می‌باشند.

## ۳- تحلیل تکنیکال

از اوایل قرن بیستم که به‌تدریج رفتار قیمت سهام و ارزش آن به شکلی علمی‌تر مورد توجه قرار گرفت، برخی از دست‌اندرکاران و شرکت‌های سرمایه‌گذاری، از طریق تعقیب قیمت و روندهای خاص، الگوی تغییرات قیمت را به دست آورده و نتایج کارهای خود را مبنای تصمیمات سرمایه‌گذاری قرار می‌دهند. ترسیم رفتار قیمت، بررسی و تهیه نمودارها و مطالعه نوسانات و شناخت حساسیت‌های رفتار قیمت و پیش‌بینی آینده هدف اصلی این گروه از صاحبنظران می‌باشد. این گروه را تحلیلگران تکنیکی یا چارتی است می‌نامند، زیرا از منحنی‌ها نمودارها استفاده زیادی می‌کنند [۱۴]. آنها تغییرات قمیت و حجم معاملات را معمولاً به صورت نمودار ثبت نموده و با استفاده از تصویری که از گذشته ترسیم کرده‌اند، روند احتمالی قیمت‌ها در آینده را استخراج و پیش‌بینی می‌کنند [۱۵].

## ۴- شبکه‌های عصبی مصنوعی

در عصر حاضر در بسیاری از موارد ماشین‌ها جایگزین انسان‌ها شده‌اند و بسیاری از کارهای فیزیکی که در گذشته توسط انسان‌ها انجام می‌گرفت امروزه به‌وسیله ماشین‌ها انجام می‌شود [۱۶]. در سال‌های اخیر شاهد حرکتی مستمر از تحقیقات صرفاً تئوریک به تحقیقات کاربردی به‌خصوص در زمینه پردازش اطلاعات برای مسائلی که برای آن راه‌حلی موجود نیست و یا به‌راحتی قابل حل نیستند، بوده‌ایم [۱۷]. در این زمینه طی چند دهه اخیر تلاش‌های بسیار جدی جهت طراحی مدارات الکترونیکی که قادر باشند شبکه‌های عصبی زیستی را همانندسازی کنند صورت گرفته است. مغز انسان نمونه‌ای از این شبکه‌ها است. برخی از این مدل‌ها به‌گونه‌ای بسیار نزدیک عملکرد شبکه‌های زیستی را همانندسازی کرده‌اند و برخی دیگر تفاوت بسیاری دارند [۱۸، ص ۶۴]. گروهی از مهندسان نیز سعی کرده‌اند از عملکرد مغز در فناوری استفاده کنند بدین صورت که از شبکه‌های عصبی در مسائلی که اطلاعات

دقیقی در دست نیست و یا پاسخ مورد نظر پاسخی حدودی باشد، استفاده می‌کنند [۱۹، ص۷۲].

در حقیقت شبکه‌های عصبی مصنوعی تلاش می‌کنند ساختاری مشابه ساختار بیولوژیکی مغز انسان و شبکه اعصاب بدن ایجاد کنند تا همانند مغز قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی، و تصمیم‌گیری داشته باشد. یک شبکه عصبی مصنوعی یک سیستم پردازی اطلاعات است که شاخصه‌های عملکردی ویژه ای همانند شبکه‌های عصبی بیولوژیکی دارد [۱۷]. هدف شبکه‌های عصبی نگاشت یک ورودی به یک خروجی مطلوب است [۲۰]. قدرت یادگیری و آموزش شبکه‌های عصبی آنها را برای کاربردهای وسیعی چون پردازش امواج (تشخیص الگو و طبقه‌بندی تصویر، صورت و یا داده‌ها)، کنترل (روبات هاف سیستم‌های قدرت، سیستم‌های مخابراتی و وسایل نقلیه موتوری هوشمند) و پیش‌بینی بسیار مناسب می‌سازد [۱۸، ص ۵].

## ۵- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک روش جستجوی احتمالاتی فراگیر است که از فرایند تکامل زیست‌شناختی طبیعی پیروی می‌کند. این الگوریتم نخستین بار در سال ۱۹۷۵ توسط هلند[۱۴] ارائه شد و به‌سرعت به عنوان معروف‌ترین تکنیک تکاملی شناخته شد [۷]. از زمان معرفی این تکنیک، رویکردهای بسیاری برای بهینه‌سازی سبد سهام ارائه شده است که مبتنی بر الگوریتم ژنتیک هستند. الگوریتم ژنتیک بر جمعیت جواب‌های بالقوه عمل می‌کند و اصول تنازع بقا را در تولید تقریب‌های بهتر و بهتر جواب مسئله به کار می‌گیرد. در هر نسل مجموعه جدیدی از تقریب‌ها با فرایند انتخاب بهترین عضو براساس میزان برازش[۱۵] آنها در دامنه مسئله و تکثیر با عملگرهای گرفته شده از ژنتیک طبیعی ساخته می‌شود. این فرایند درنهایت به تکامل جمعیتی از اعضا ختم می‌شود که نسبت به اعضای اولیه که در واقع والدین اصلی آنهاست با محیط سازگاری بهتری دارند [۲۱].

## ۶- روش تحقیق

تحقیق حاضر از بعد هدف از نوع تحقیقات کاربردی می‌باشد. تحقیقات کاربری تحقیقاتی هستند که نظریه‌ها، قانونمندی‌ها، اصول و فنونی را که در تحقیقات پایه

تدوین می‌شوند، برای حل مسائل اجرایی و واقعی به کار می‌گیرد. از بعد روش، این تحقیق از نوع توصیفی است. اجرای تحقیق توصیفی می‌تواند به طور صرف برای شناخت شرایط موجود یا یاری دادن به فرایند تصمیم‌گیری باشد.

در این تحقیق پس از شناسایی متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی قیمت سهام، داده‌های متغیرهای مستقل و وابسته برای شرکت‌های حاضر در نمونه آماری به صورت هفتگی و برای بازه زمانی ۵ ساله جمع‌آوری شد. سپس با توجه به ادبیات تحقیق، شاخص‌های تأثیرگذار تحلیل تکنیکال استخراج و مقادیر هر سهم برای این شاخص محاسبه و سناریویی برای پیش‌بینی قیمت سهام طراحی شد. داده‌ها را آماده‌سازی و نرمال‌سازی کرده و آنها را به سه بخش داده‌های آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایشی تقسیم‌بندی نمودیم. سپس شبکه را با استفاده از داده‌های آموزشی و اعتبارسنجی آموزش دادیم و با استفاده از معیار RMSE، عملکرد مدل‌ها را روی داده‌های بخش آزمایشی سنجیدیم. خروجی‌های شبکه عصبی را براساس قیمت پیش‌بینی‌شده جهت استفاده در مدل انتخاب سبد سهام بهینه برگزیدیم.

هدف اصلی این تحقیق، ارائه سبد سهام بهینه برای سرمایه‌گذاران است؛ به همین جهت مدلی را آماده کردیم که با اقتباس از مدل میانگین - واریانس و مدل میانگین - واریانس - چولگی مسئله انتخاب سبد بهینه را به‌وسیله الگوریتم ژنتیک حل نماید. برخلاف تحقیقات پیشین که از متوسط بازدهی درگذشته به‌عنوان بازده مورد انتظار در این مدل‌ها استفاده می‌کردند، در این تحقیق ما پیشنهاد استفاده از بازده پیش‌بینی‌شده مبتنی بر تکنیک‌های هوشمند را ارائه نمودیم. برای بررسی اثربخشی مدل ارائه‌شده نخست با استفاده از مدل انتخابی مرحلهٔ قبل قیمت سهام را برای تاریخ ۴ هفته بعد پیش‌بینی نمودیم؛ سپس بازده هر سهم را محاسبه کرده و به‌عنوان بازده مورد انتظار در مدل میانگین - واریانس و مدل میانگین - واریانس- چولگی قرار دادیم. آنگ اه به حل مدلبه‌وسیله الگوریتم ژنتیک پرداختیم و پرتفوی‌هایی را برای بازه زمانی ۴ هفته بعد تشکیل دادیم. برای سنجش عملکرد مدل ارائه‌شده، مدل‌های میانگین - واریانس و میانگین - واریانس - چولگی را یک بار نیز با استفاده از متوسط بازدهی گذشته و به‌عنوان بازده مورد انتظار هر سهم، حل کرده و با بازده دوره‌ای که پرتفوی تشکیل‌شده بود مقایسه نمودیم.

این پژوهش در بازار بورس اوراق بهادار اجرا شده است و جامعه آماری آن شرکت‌های پذیرفته شده در بازار بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. همچنین در این تحقیق ۳۵ شرکت از ۵۰ شرکت فعال تر بورس انتخاب شده است. به منظور انجام این تحقیق، داده‌های روزانه و همچنین قیمت پایانی و حجم معاملات شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار تهران برای ۶۰ ماه انتخاب شده است. جدول ۱ شرکت‌های مورد بررسی در تحقیق را نشان می‌دهد. در ادامه روش‌های مورد استفاده در تحقیق بیان می‌شوند.

**جدول ۱ شرکت‌های مورد بررسی در تحقیق**

| ردیف | نماد | نام شرکت | ردیف | نماد | نام شرکت |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | فولاد | فولاد مبارکه اصفهان | ۱۹ | رانفور | خدمات انفورماتیک |
| ۲ | وغدیر | سرمایه‌گذاری غدیر (هلدینگ) | ۲۰ | ونوین | بانک اقتصاد نوین |
| ۳ | اخابر | مخابرات ایران | ۲۱ | شفن | پتروشیمی فناوران |
| ۴ | کگل | معدنی و صنعتی گل گهر | ۲۲ | شبهرن | نفت بهران |
| ۵ | فملی | ملی صنایع مس ایران | ۲۳ | شیراز | پتروشیمی شیراز |
| ۶ | وامید | گروه مدیریت سرمایه | ۲۴ | وکار | بانک کارآفرین |
| ۷ | رمپنا | گروه مپنا (سهامی عام) | ۲۵ | شیران | صنایع شیمیایی ایران |
| ۸ | کچاد | معدنی و صنایع چادرملو | ۲۶ | سفارس | سیمان فارس و خوزستان |
| ۹ | وصندوق | سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی | ۲۷ | وبشهر | توسعه صنایع |
| ۱۰ | فخوز | فولاد خوزستان | ۲۸ | حفاری | حفاری شمال |
| ۱۱ | وبصادر | بانک صادرات ایران | ۲۹ | وسینا | بانک سینا |
| ۱۲ | ومعادن | توسعه معادن و فلزات | ۳۰ | فاراک | ماشین‌سازی اراک |
| ۱۳ | وپارس | بانک پارسیان | ۳۱ | خبهمن | گروه بهمن |
| ۱۴ | خودرو | ایران خودرو | ۳۲ | وساپا | سرمایه‌گذاری ساپیا |
| ۱۵ | فخاس | فولاد خراسان | ۳۳ | ونیکی | سرمایه‌گذاری ملی ایران |
| ۱۶ | شخارک | پتروشیمی خارک | ۳۴ | وتوسم | سرمایه‌گذاری توسعه ملی |
| ۱۷ | خساپا | ساپیا | ۳۵ | فاسمین | کالسیمین |
| ۱۸ | شاراک | پتروشیمی شازند | | | |

## ۷- مدلسازی پیش‌بینی قیمت سهام

امروزه شبکه‌های عصبی مصنوعی جایگاه مهمی در ادبیات پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی به خود اختصاص داده‌اند. مهم‌ترین مزیت این مدل‌ها نسبت به سایر مدل‌های ساختاری و سری زمانی آن است که در طراحی این مدل‌ها، نیازی به اعمال فرض‌های آماری خاص در مورد رفتار متغیرها مانند فرض‌های مربوط به نحوه ارتباط بین متغیرها نیست. همان طور که پیش از این گفته شد، داده‌های مربوط به قیمت و حجم سهام مربوط به ۳۵ سهم فعال‌تر بورس برای بررسی توانایی مدل طراحی شده استفاده خواهند شد. تعداد روزهای معاملاتی در این پنج سال ۱۱۰۸ روز است که این داده‌ها به داده‌های هفتگی (۲۶۱ هفته) تبدیل شد. داده‌های قیمت هر سهم نسبت به سود نقدی توزیع شده و افزایش سرمایه تعدیل شده‌اند.

خروجی شبکه عصبی، قیمت پیش‌بینی شده ۴ هفته آتی سهام‌های انتخاب‌شده هست. متغیرهای ورودی نیز همان‌گونه که گفته شد، شاخص‌های تکنیکال از نوع نوسان‌نما در نظر گرفته شدند. با توجه به اینکه تعداد این شاخص‌ها زیاد است، نخست مهم‌ترین این شاخص‌ها براساس ادبیات تحقیق یادشده انتخاب شدند. سپس مقادیر آنها محاسبه و به‌عنوان ورودی شبکه عصبی در نظر گرفته شدند. براساس این ادبیات، شاخص‌های SMA، EMA، RSI، MACD، %R Williams، Stochastic، MFI، جمع حجمی هفتگی و میانگین هفتگی قیمت پایانی به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار بر خروجی شبکه عصبی در نظر گرفته شدند.

## ۸- نرمال‌سازی داده‌ها

پیش از پردازش داده‌ها به‌وسیله شبکه RNN داده‌ها باید نرمال‌سازی شوند تا توان پیش‌بینی بالاتر برود؛ بنابراین تبدیلی روی داده‌های ورودی به شبکه انجام می‌شود که داده‌ها در فاصله [L, H] قرار بگیرند. این کار با استفاده از رابطه ذیل انجام می‌شود:

$$X_n = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} * (H - L) + L, i = 1,2, \dots, N$$

در این رابطه $X_i$ مقدار واقعی ورودی شبکه و $X_n$ مقدار نرمال‌شده متناظر با آن است. $X_{min}$ و $X_{max}$ به‌ترتیب مقادیر کمینه و بیشینه $X_i$ ها می‌باشند. در این تحقیق داده‌ها در فاصله $[1,1-]$ نرمال‌سازی شده‌اند.

برای مدلسازی شبکه عصبی پس از آماده‌سازی و نرمال‌سازی داده‌ها، آنها را به سه بخش داده‌های آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایشی تقسیم‌بندی می‌نماییم. بدین صورت که ۷۰ درصد اولیه داده‌های هفتگی را به‌عنوان داده‌های آموزشی، ۲۰ درصد از داده‌ها برای بخش اعتبارسنجی و ۱۰ درصد نیز برای بخش آزمایشی درنظر گرفته شد.

## ۹- مدلسازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل پیشنهادی

به جهت پیاده‌سازی این مدل از یک شبکه RNN سه لایه استفاده شد که ورودی‌های آن مقادیر حاصل از اعمال شاخص‌های تکنیکال بر میانگین قیمت پایانی هر هفته و خروجی آن قیمت پایانی سهام‌ها در هفته‌های t+۱ تا t+۴ می‌باشد. همچنین به منظور یافتن شبکه مناسب، بدیل‌های مختلف شبکه مورد آزمایش قرار گرفتند. در بدیل‌های دیگر از تعداد لایه‌ها و نورون‌های مختلف و توابع فعال‌سازی غیرخطی دیگری به‌جای تابع سیگموئیدی استفاده شد، اما این تغییرات به بهبود عملکرد منتج نشدند. در این شبکه از یک‌لایه پنهان و برای هر سهام نرون‌های متفاوت در نظر گرفته شد که با توجه به تکرار تجربی تعداد مناسب به دست آمد.

برای انتخاب الگوریتم یادگیری مناسب تلاش زیادی شده است. از میان الگوریتم‌های یادگیری مختلف، الگوریتم لونبرگ – مارکوارت[۱۶] انتخاب شده است. الگوریتم لونبرگ – مارکوارت روشی است برای یافتن کمینه یک تابع غیرخطی چند متغیره که به‌عنوان یک روش استاندارد برای حل مسئله کمینه مربعات برای توابع غیرخطی استفاده می‌شود. این الگوریتم نرخ همگرایی پایینی نیز دارد که سبب می‌شود شبکه بسیار سریع‌تر از زمانی که از الگوریتم‌های متعارف استفاده می‌شود، همگرا شود. در این مدل میانگین مجذور خطا[۱۷] (RMSE) به‌عنوان معیار تابع هدف انتخاب شد:

$$RMSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(f_i - y_i)^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} {e_i}^2$$

## ۱۰- مدل انتخاب سبد سهام

ازآنجا که هدف اصلی این پژوهش ارائهٔ سبد سهام بهینه با استفاده از اطلاعات پیش‌بینی شده به‌وسیله ترکیب شاخص‌های تحلیل تکنیکال و روش‌های داده‌کاوی است، از این رو در این بخش به حل مسئله انتخاب سبد سهام پرداخته می‌شود. به‌منظور انتخاب یک سبد سهام بهینه، نخست مدل میانگین - واریانس و مدل میانگین - واریانس - چولگی را با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از شبکه عصبی حل کرده و پورتفوی‌هایی ۲۸ روزه تشکیل داده شده است و سپس مدل‌ها با استفاده از میانگین تاریخی بازده حل شده است. درنهایت نیز به‌منظور بررسی کارایی مدل تحقیق، بازده حاصل از هر یک از سبدها با یکدیگر مقایسه شده است.

همچنین از آنجا که برای حل مدل های مذکور از الگوریتم ژنتیک استفاده‌شده است، به‌منظور یافتن بهترین عملکرد الگوریتم، عملگرهای مختلف الگوریتم ژنتیک را در حل مسئله انتخاب سبد سهام به کار برده و کارایی آنها با یکدیگر مقایسه شده است.

## ۱۱- مدل میانگین - واریانس

مدل میانگین - واریانس به سه حالت زیر تقسیم می‌شود:

### حداکثر کردن بازده با در نظر گرفتن ریسک کمتر از مقداری ثابت

در این حالت از مدل میانگین - واریانس، ریسک کوچک‌تر مساوی با حداکثر ریسک قابل‌تحمل سرمایه‌گذار در نظر گرفته می‌شود و براساس آن سبدی از سهام انتخاب می‌شود که بازده بیشتری را ایجاد کند.

$$\begin{cases} Maximize & R\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Subject\ to: & V\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \le \beta \\ x_1 + x_2 + \cdots + x_n = 1 & \\ 0 \le x_i & i = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

### حداقل کردن ریسک با در نظر گرفتن بازده بیشتر از مقداری ثابت

در این حالت نیز بازده مورد انتظار سرمایه‌گذار مساوی با حداقل بازده سرمایه‌گذار در نظر گرفته می‌شود و بر این اساس سبد سهامی انتخاب می‌شود که حداقل ریسک ممکن را دارا باشد.

$$\begin{cases} Minimize & V\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Subject\ to: & R\left(\xi_1 x_1 + \xi x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \geq \alpha \\ x_1 + x_2 + \cdots + x_n = 1 \\ 0 \leq x_i & i = 1, 2, \ldots, n \end{cases}$$

**حداکثر کردن بازده همزمان با حداقل نمودن ریسک**

در این حالت که ترکیبی از دو حالت پیش می‌باشد، سبدی از سهام انتخاب می‌شود که ضمن حداکثر کردن سود مورد انتظار ریسک را نیز به حداقل می‌رساند.

$$\begin{cases} Maximize & R\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Minimize & V\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Subject\ to: & x_1 + x_2 + \cdots + x_n = 1 \\ 0 \leq x_i & i = 1, 2, \ldots, n \end{cases}$$

## ۱۲- مدل میانگین-واریانس-چولگی

می‌توان حالت‌های مختلفی را برای مدل میانگین – واریانس - چولگی در نظر گرفت. پنج حالت عمدهٔ این مدل عبارتند از:

**حداکثر کردن چولگی با بازده بیشتر از یک عدد ثابت و ریسکی کمتر از عدد ثابت**

در این حالت سبد سهامی انتخاب می‌شود که برای بازده‌ای بزرگ‌تر مساوی از حداقل بازده مورد انتظار سرمایه‌گذار و ریسکی کوچک‌تر مساوی از حداکثر ریسک مورد قبول سرمایه‌گذار دارای حداکثر چولگی باشد.

$$\begin{cases} Maximize & S\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Subject\ to: & V\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \leq \beta \\ & R\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \geq \alpha \\ x_1 + x_2 + \cdots + x_n = 1 \\ 0 \leq x_i & i = 1, 2, \ldots, n \end{cases}$$

**حداکثر کردن بازده با ریسکی کمتر از یک عدد ثابت و چولگی بیشتر از یک عدد ثابت**

در این حالت با درنظر گرفتن ریسک کوچک‌تر مساوی حداکثر ریسک قابل تحمل سرمایه‌گذار و چولگی بزرگ‌تر مساوی حداقل چولگی موردقبول سرمایه‌گذار سبدی انتخاب می‌شود که بیشترین بازده را دارا باشد.

$$\begin{cases} Maximize & R\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Subject\ to: & V\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \le \beta \\ & S\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \ge \epsilon \\ x_1 + x_2 + \cdots + x_n = 1 & \\ 0 \le x_i & i = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

**حداکثر کردن همزمان بازده و چولگی با ریسک کمتر از یک عدد ثابت**

ازآنجا که سرمایه‌گذار در یک سطح مشخصی از ریسک نخست به دنبال افزایش بازده و سپس افزایش چولگی سبد سهام خود می‌باشد، لذا در این حالت نیز ریسک براساس نظر سرمایه‌گذار محدود شده و سبد سهامی با بیشینهٔ بازدهی و حداکثر چولگی ممکن انتخاب می‌شود.

$$\begin{cases} Maximize & R\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Maximize & S\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Subject\ to: & V\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \le \beta \\ x_1 + x_2 + \cdots + x_n = 1 & \\ 0 \le x_i & i = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

**حداقل کردن ریسک با بازده بیشتر از یک عدد ثابت و چولگی بیشتر از یک عدد ثابت**

در این حالت نیز بازده و چولگی براساس نظر سرمایه‌گذار محدود شده و سبد سهامی با حداقل ریسک ممکن انتخاب می‌شود.

$$\begin{cases} Minimize & V\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Subject\ to: & R\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \ge \alpha \\ & S\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \ge \epsilon \\ x_1 + x_2 + \cdots + x_n = 1 & \\ 0 \le x_i & i = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

**حداکثر کردن بازده به همراه حداقل کردن ریسک و حداکثر نمودن چولگی**

در این حالت سبدی انتخاب می‌شود که ضمن حداکثر کردن بازده و حداقل کردن ریسک دارای حداکثر چولگی باشد.

$$\begin{cases} Maximize & R\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Minimize & V\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ Maximize & S\left(\xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \cdots + \xi_n x_n\right) \\ x_1 + x_2 + \cdots + x_n = 1 \\ 0 \leq x_i \qquad\qquad i = 1, 2, \ldots, n \end{cases}$$

که در فرمول‌های فوق، $x_i$ وزن سهام هر شرکت در پرتفوی و $\xi_i$ متغیر فازی برای بازده سهام هر یک از شرکت‌ها، R بازده، V واریانس و S چولگی را نشان می‌دهد.

## ۱۳- تجزیه و تحلیل مدل‌ها

برای تشکیل پرتفوی‌های بهینه، حالت‌هایی مناسبی از مدل میانگین – واریانس و مدل میانگین – واریانس – چولگی انتخاب شد و با در نظر گرفتن بازدهٔ حاصل از شبکهٔ عصبی و بازدهٔ حاصل از میانگین تاریخی بازده‌ها به‌عنوان بازدهٔ مورد انتظار سهام، هر یک از مدل‌ها حل شد.

همچنین به‌منظور نزدیک‌تر کردن مدل به شرایط دنیای واقعی و سخت‌تر کردن مدل، محدودیت سقف سرمایه‌گذاری به مدل اضافه شد. برای حل این مدل‌ها از الگوریتم ژنتیک استفاده شد و کدنویسی الگوریتم ژنتیک نیز در محیط نرم‌افزار متلب صورت گرفت.

**مدل میانگین – واریانس با استفاده از میانگین تاریخی بازده**

در بیشتر تحقیقات پیشین از میانگین تاریخی بازده به‌عنوان بازده مورد انتظار در مسئله انتخاب سبد سهام بهینه استفاده‌شده است. در این بخش به منظور سنجش کارایی مدل‌های ارائه‌شده تحقیق، به حل مدل میانگین – واریانس با استفاده از میانگین تاریخی بازدهی دو حالت سقف سرمایه گذاری حداکثر ۵۰ درصد و حداکثر ۲۵ درصد پرداختیم. سبد سهام پیشنهادی براساس این روش در جدول ۲ نشان داده شده است.

**مدل میانگین – واریانس با استفاده از قیمت پیش‌بینی شده به‌وسیله شبکه عصبی**

در این مدل بازده مورد انتظار هر سهم با توجه به قیمت پیش‌بینی شده به‌وسیله شبکهٔ عصبی محاسبه‌شده و سپس براساس مدل میانگین – واریانس، سبد سهام بهینه به دست آمده است. سبد سهام پیشنهادی براساس این روش در جدول ۲ نشان داده شده است.

**جدول ۲ مقایسه مدل میانگین - واریانس مبتنی بر شبکهٔ عصبی و مدل میانگین - واریانس مبتنی بر میانگین تاریخی بازده ها**

| ردیف | نماد شرکت | مدل میانگین - واریانس مبتنی بر قیمت پیش‌بینی شده به‌وسیله شبکهٔ عصبی | | | | مدل میانگین - واریانس مبتنی بر میانگین تاریخی بازده | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (سقف ۲۵ درصد) | | (سقف ۵۰ درصد) | | (سقف ۲۵ درصد) | | (سقف ۵۰ درصد) | |
| | | درصد سرمایه‌گذاری | بازده | درصد سرمایه‌گذاری | بازده | درصد سرمایه‌گذاری | بازده | درصد سرمایه‌گذاری | بازده |
| ۱ | فخاس | ۱۵ | ۰/۶۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۲ | شخارک | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۵ | -۱۵۳/۶۹ | ۵۰ | -۳۰۷/۳۸ |
| ۳ | خساپا | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۲ | -۱۶۴/۷۰ | ۰ | ۰ |
| ۴ | شاراک | ۲۵ | ۴۷/۰۴ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۵ | رانفور | ۲۵ | ۵۶/۰۴ | ۴۹ | ۱۰۹/۸۳ | ۲۵ | ۵۶/۰۴ | ۴۶ | ۱۰۳/۱۱ |
| ۶ | شبهرن | ۲۵ | ۶۴/۲۱ | ۵۰ | ۱۲۸/۴۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۷ | وسینا | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۴ | -۱۳۶/۹۱ | ۴ | -۲۲/۸۲ |
| ۸ | وتوسم | ۱۰ | -۴/۶۱ | ۰ | ۰ | ۲ | -۰,۹۲ | ۰ | ۰ |
| ۹ | رمپنا | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | -۱۰/۷۳ | ۰ | ۰ |
| | **مجموع** | ۱۰۰ | ۰/۲۰ | ۱۰۰ | ۲ | ۱۰۰ | -۳/۹۹ | ۱۰۰ | -۲/۸ |

**مدل میانگین –واریانس -چولگی با استفاده از قیمت پیش‌بینی شده به‌وسیله شبکه عصبی**

با توجه به ادبیات موضوع، استفاده از مدل میانگین – واریانس - چولگی بازدهی بالاتری را نسبت به مدل میانگین - واریانس فراهم می‌سازد. با توجه به مطالعات نگارنده تاکنون تحقیقی برای بررسی کارایی مدل میانگین – واریانس - چولگی به هنگام استفاده از بازده‌های پیش‌بینی شده به‌وسیله تکنیک‌های هوشمند، صورت نگرفته است. لذا در این تحقیق از حالت سوم این مدل به شرح زیر برای انتخاب سبد سهام بهینه استفاده شد.

$$Maximize \quad \overline{r}_p + \theta \left[E(r_p - \overline{r}_p)^3 / E(r_p - \overline{r}_p)^2\right]$$

با اجرای مدل در نرم‌افزار، در جدول ۳ درصدهای پیشنهادی برای سرمایه‌گذاری در هر سهم تعیین شد. در این جدول درصدهای سرمایه‌گذاری در هر سهم برای دو حالت سقف سرمایه‌گذاری حداکثر ۵۰ درصد و حداکثر ۲۵ درصد آورده شده است.

## ۱۴- نتیجه‌گیری

امروزه سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار، بخش مهمی از اقتصاد کشور را تشکیل می‌دهد و بی تردید بیشترین مقدار سرمایه از طریق بازارهای سهام در تمام جهان مبادله می‌شود. بازار سهام به‌عنوان یک ابزار سرمایه‌گذاری در دسترس هم برای سرمایه‌گذار و هم برای پذیرنده سرمایه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این ویژگی بازار سهام، یعنی دسترسی آسان، باعث شده است تا عموم مردم نیز علاوه بر سرمایه‌گذاری کلان به آن متمایل شده و سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار به یک شیوه همگانی و رایج سرمایه‌گذاری تبدیل شود.

**جدول ۳ مقایسه مدل میانگین – واریانس - چولگی مبتنی بر شبکهٔ عصبی و مدل میانگین – واریانس - چولگی مبتنی بر میانگین تاریخی بازده ها**

| ردیف | نماد شرکت | مدل میانگین – واریانس - چولگی مبتنی بر قیمت پیش‌بینی شده به‌وسیله شبکهٔ عصبی | | | | مدل میانگین – واریانس - چولگی مبتنی بر میانگین تاریخی بازده | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (سقف ۲۵ درصد) | | (سقف ۵۰ درصد) | | (سقف ۲۵ درصد) | | (سقف ۵۰ درصد) | |
| | | درصد سرمایه‌گذاری | بازده | درصد سرمایه‌گذاری | بازده | درصد سرمایه‌گذاری | بازده | درصد سرمایه‌گذاری | بازده |
| ۱ | رمپنا | ۰ | ۰ | | | ۱ | -۱۰/۷۳ | | |
| ۲ | فخاس | ۲۲ | ۰/۸۹ | | | ۰ | ۰ | | |
| ۳ | شخارک | ۰ | ۰ | | | ۲۵ | -۱۵۳/۶۹ | ۵۰ | -۳۰۷/۳۸ |
| ۴ | خساپا | ۰ | ۰ | | | ۶ | -۴۴/۹۲ | | |
| ۵ | شاراک | ۲۵ | ۴۷/۰۴ | | | ۰ | ۰ | | |
| ۶ | رانفور | ۲۵ | ۵۶/۰۴ | ۵۰ | ۱۱۲/۰۸ | ۲۵ | ۵۶/۰۴ | ۴۷ | ۱۰۵,۳۵ |
| ۷ | شبهرن | ۲۵ | ۶۴/۲۱ | ۵۰ | ۱۲۸/۴۲ | ۰ | ۰ | | |
| ۸ | شیراز | ۲ | -۱/۳۵ | | | ۰ | ۰ | | |
| ۹ | وبشهر | ۰ | ۰ | | | ۱ | -۶/۵۴ | | |
| ۱۰ | وسینا | ۰ | ۰ | | | ۲۵ | -۱۴۲/۶۱ | ۳ | -۱۱/۴۱ |
| ۱۱ | وتوسم | ۱ | -۰/۴۶ | | | ۱۷ | -۷/۸۳ | | |
| | **مجموع** | ۱۰۰ | ۰/۲۲ | ۱۰۰ | ۰/۲۲ | ۱۰۰ | -۳/۸۳ | ۱۰۰ | -۲/۷۰ |

بازارهای بورس نه‌تنها از پارامترهای کلان بلکه از هزاران عامل دیگر نیز متأثر می‌شوند. تعداد زیاد و ناشناخته بودن عوامل مؤثر بر قیمت سهام و همچنین پیچیده بودن رابطه بین این عوامل و قیمت سهام، موجب عدم اطمینان در زمینه

سرمایه‌گذاری شده است. یکی از ابزارهای کاهش عدم اطمینان و از بحث‌های بسیار مهم سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار، انتخاب سبد سهام بهینه و تشخیص زمان مناسب برای اقدام به خرید یا فروش سهام است.

همچنین افزایش میزان سود و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در بورس همیشه مهم‌ترین دغدغه سرمایه‌گذاران بوده است و آنها همواره به دنبال راهی هستند که بهترین پیشنهاد را برای خرید سهام داشته باشند، به‌گونه‌ای که دارای بیشترین بازده و کمترین ریسک سرمایه‌گذاری باشد. تحقیقات زیادی در این رابطه انجام شده است و مدل ریاضی میانگین‌واریانس مارکویتز به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین کارهای این حوزه شناخته می‌شود. علی‌رغم اهمیت این مدل چندین پژوهش عنوان کرده‌اند که با توجه به ماهیت بازارهای مالی کنونی، واریانس ممکن است بهترین گزینه ریسک سرمایه‌گذاران نباشد و بهتر است معیارهای دیگری چون چولگی نیز در نظر گرفته شود. از سوی دیگر ما معتقدیم که یک برنامه سرمایه‌گذاری مانند انتخاب سبد سهام نه‌تنها باید نتیجه گذشته سهام را در نظر داشته باشد بلکه باید پتانسیل آتی سهام را نیز مد نظر قرار دهد که این امر اهمیت پیش‌بینی قیمت سهام برای سرمایه‌گذاران را آشکار می‌سازد.

با توجه به بازدهٔ کسب‌شده از سبد سهام هر یک از مدل‌های میانگین - واریانس و مدل میانگین – واریانس – چولگی (همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود) استفاده از معیار چولگی در ساخت سبد سهام، تأثیری جزئی در سودآوری بیشتر برای سرمایه‌گذاران دارد. نتایج تجربی این تحقیق تا حدودی مؤیّد نتایج تحقیقات پیشین است که اظهار داشته‌اند استفاده از معیار چولگی در مدل میانگین - واریانسی که از میانگین تاریخی بازده‌ها استفاده می‌نماید، سودآوری بیشتری را برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌سازد [۱۳].

**جدول ۴ مقایسه مدلهای مختلف**

| سقف سرمایه‌گذاری | پیش‌بینی بازده با میانگین تاریخی بازده‌ها | | پیش‌بینی بازده به‌وسیله شبکه‌های عصبی | |
|---|---|---|---|---|
| | بازدهی مدل میانگین - واریانس | بازدهی مدل میانگین – واریانس - چولگی | بازدهی مدل میانگین - واریانس | بازدهی مدل میانگین – واریانس - چولگی |
| ۲۵ درصد | -۳/۹۹ | -۳/۸۳ | ۰/۲۰ | ۰/۲۲ |
| ۵۰ درصد | -۲/۸ | -۲/۷ | ۲/۰ | ۱/۹۹ |

همچنین با مقایسه بین مدل‌های ارائه‌شده به‌وسیله این تحقیق، یعنی مدل‌هایی که برای ساخت سبد سهام از قیمت پیش‌بینی شده توسط شبکهٔ عصبی استفاده می‌کنند، نیز مشاهده می‌گردد. استفاده از معیار چولگی هنگامی‌که ریسک و بازده دو سبد یکسان است، سبب سودآوری جزئی برای سرمایه‌گذار می‌شود.

هرچند بازده مدل‌هایی که در آنها سبد سهام مبتنی بر قیمت پیش‌بینی شده به‌وسیله شبکه عصبی ارائه‌شده بیش از مدل‌های مبتنی بر میانگین تاریخی بازده هستند، اما با توجه به جدول ۴ به نظر می‌رسد این سودآوری بیشتر ناشی از دقت در پیش‌بینی بازده مورد انتظار بوده و استفاده از معیار چولگی تأثیر کمتری بر آن داشته است. به‌بیان‌دیگر به نظر نگارنده استفاده از معیار چولگی در مدل‌هایی مؤثرتر است که دقت در پیش‌بینی بازده مورد انتظار کم باشد.

طی دوره‌ای که پورتفوی تشکیل شد، شاخص کل بازار ۳,۷۳- درصد رشد داشته است. این در حالی است که سبدهای ارائه‌شده به‌وسیله مدل‌های این تحقیق که مبتنی بر قیمت پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی هستند، به‌طور چشمگیری دارای بازده‌ای بیش از رشد شاخص بازار می‌باشند. بنابراین پیشنهاد می‌شود شرکت‌ها و صندوق‌های سرمایه‌گذاری از این مدل برای بهینه‌سازی پرتفوی خود استفاده کنند.

## ۱۵- پی‌نوشت‌ها

1. Markowitz
2. Trade-off
3. Quadratic function
4. downside
5. Autoregresive Moving Average
6. Threshold Autoregressive
7. Smooth Transaction Autoregressive
8. Huang
9. Historical Simulation
10. Exponential Weighted Moving Average
11. Meta heuristic
12. Adaptive models
13. Nondominated sorting genetic algorithm version-II (NSGA-II)
14. Holland
15. Fitness
16. Levenberg-Marquardt
17. Root Mean of Squared Error

## ۱۶- منابع


[1] Markowitz H. (1952) "Portfolio Selection", *The Journal of Finance*, 7, 1, pp. 77-91.

[2] Samuelson P. A. (1970) "The fundamental approximation theorem of portfolio analysis in terms of means, variances, and higher moments". *Review of Economic Studies*, 37, 4 : 537–542.

[3] Zamani M., Afsar A., Saghafi S. V., Bayat, E. (2014) "Stock price forecasting expert system and portfolio optimization using fuzzy neural network, fuzzy modeling, and genetic algorithm", *Financial Engineering and Stock Management*, Vol. 6, No. 21, pp. 107-130.

[4] Gudarzi M., Yakideh K., Mahfuzi G. (2016) "Portfolio optimization by combining data envelopment analysis and decision-making Hurwicz method", *Modern Researches in Decision Making*, Vol. 1, No. 4, pp.b 143-165.

[5] Azar A., Afsar A., Ahmadi P. (2006) "A comparative study on the classical and artifitial intelligence methods in stock price index forecasting and hybrid modeling", *Management Researches in Iran*, Vol. 10, No. 49, pp. 1-16.

[6] Huang X. (2007) "Two new models for portfolio selection with stochastic returns taking fuzzy information", *European Journal of Operational Research*, 180, 1, pp. 396-405.

[7] Huang X. (2008) "Portfolio selection with a new definition of risk", *European Journal of Operational Research*, 186, 1, pp. 351-357.

[8] Lin P., Ko, P. (2009) "Portfolio value-at-risk forecasting with GA-based extreme value theory", *Expert Systems with Applications*, 36, 2, pp.s 2503-2512.

[9] Chang T., Yang S., "Chang, Kuang-Jung, portfolio optimization problems in different risk measures using genetic algorithm", *Expert Systems with Applications*, 36, 7, pp. 10529-10537.

[10] Fu T., Chung, C., Chung F. (2013) "Adopting genetic algorithms for technical analysis and portfolio management", *Computers & Mathematics with Applications*, 66, 10, pp. 1743–1757.

[11] Majhi B., Anish C.M. (2015) "Multiobjective optimization based adaptive models with fuzzy decision making for stock market forecasting", *Neurocomputing*, Vol. 167, 1, pp. 502–511.

[12] Raei R., Mohammadi S., Ali Beygi Hedayat (2011) Mean-semivariance portfolio optimization using harmony search method", *Management Researches in Iran,* Vol. 15, No. 3, pp. 105-128.

[13] Abbasi Juinani R. (2011) "Mean-variance-skewness model in portfolio optimization using fuzzy logic and genetic algorithm", *Master Theses*, Univesity of Qom.

[14] Tehrani R., Modares A., Tahriri A. (2010) "Investigation of Technical analysis indexes on stockholder return", *Economics Researches*, No. 92, pp. 23-46.

[15] Meyers T. (2011) *The technical analysis course: Learn how to forecast and time the market*, McGraw-Hill Education.

[16] Hashemi O. (2008) *Cell phone selection modeling by consumer using neural network, Master theses*, Univesity of Tehran, Qom Camps.

[17] Shahidi Shadkam S. A. (2008) A model for stock price forecasting in stock exchange using fuzzy neural network, *Master theses*, Univesity of Tehran, Qom Camps.

[18] Kartalopoulos S. V. (1995) *Understanding neural networks and fuzzy logic: Basic concepts and applications*, Wiley-IEEE Press,.

[19] Faraji Davar A. (2007) "Introduction to advanced computing methods in science and technology 2: artificial neural networks", *Science and Technology*, No. 90, pp. 72-73.

[20] Priddy K., Keller P. (2005) *Artificial Neural Networks: An Introdudtion*, New York: SPOIL.

[21] Sadeghi Mogadam M. R., Afsar A., Sohrabi B. (2006) "Supply chain material flow modeling using genetic algorithm", *Management Researches in Iran*, Vol. 10, No.46, pp. 212-226.