فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۳ / شماره ۱ (پیاپی ۴۹) / بهار ۱۴۰۳
صفحه ۵۰۷ تا ۵۳۶

بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و مقایسه آن با رویکردهای سنتی

رضا نازی
دانشجوی دکترا مهندسی مالی گروه مدیریت مالی واحد رودهن، دانشگاه ازاد اسلامی، رودهن، ایران
nazi_auditor@yahoo.com

مهدی معدنچی زاج
گروه دانشی مدیریت ، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران، ایران(نویسنده مسئول)
ma.madanchi@iau.ac.ir

امیررضا کیقبادی
گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی ، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران، ایران.
ar.keyghobadi@iau.ac.ir

شادی شاهوردیانی
گروه مدیریت، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر قدس، ایران
sh.shahverdiani@qodsiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

چکیده

امروزه سرمایه گذاران از معیارهای مختلف اندازه گیری ریسک استفاده های می کنند. بطوریکه این معیارها بسته به رفتار سرمایه گذاران در بازار سرمایه و میزان دانش و تسلط وی بر مسائل مالی انتخاب می شوند. در مبحث بکارگیری ریسک در تجزیه و تحلیل سبد سهام، مطالب زیادی عنوان شده است و همچنین، سرمایه گذاران جدا از اصل ریسک گریزی همواره براین تلاش بوده اند که رابطه میان ریسک و بازده حاصل از فعالیت را بهینه نمایند. بنابراین در این تحقیق به بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز پرداخته شد. این پژوهش، برای دوره زمانی ۱۴۰۰ الی ۱۴۰۱ در بورس اوراق بهادار تهران صورت گرفت. روش آماری مورد استفاده در این تحقیق روش رگرسیون چند متغیره و الگوریتم بهینه سازی شده می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که : انتخاب سبد سرمایه گذاری با استفاده از مدل های فراابتکاری بهتر از انتخاب سبد سرمایه گذاری با استفاده از شیوه های سنتی می باشد.، الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار توانایی انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه را دارد.، الگوریتم بهینه سازی علف های هرز توانایی انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه را دارد.،

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی سبد سرمایه گذاری ، الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار ، الگوریتم بهینه سازی علف های هرز ، رویکردهای سنتی سبد سرمایه گذاری.

۱- مقدمه

انتخاب سبد سهام بهینه یکی از مسائلی بوده است که از دیرباز ذهن متخصصان امور سرمایه گذاری را به خود مشغول کرده است. به عبارتی همه سرمایه گذاران درصدد هستند تا بتوانند با رعایت معیارهای مؤثر در تصمیم سرمایه گذاری و با توجه به ترجیحات شخصی خود حتی الامکان به بهترین انتخاب های ممکن برسند تا ضمن حداقل کردن ریسک به ازای بازده مشخص، تا حدی هم ترجیحات خود مانند درجه ریسک گریزی را لحاظ کرده باشند. سرمایه گذارانی که نظریه نوین سبد سهام را پذیرفته اند و به کار می بندند بر این باورند که "حریف بازار" نیستند. بنابراین انواع گوناگونی از اوراق بهادار را نگهداری مینمایند، تا بازده شان با متوسط بازده بازار برابر شود. از آنجا که آنان توانایی پیش بینی ندارند، بنابراین می کوشند" مجموعه ای متنوع" از اوراق بهادار نگهداری کنند، تا بتوانند به نرخ بازدهی مطلوب خود، که نزدیک به نرخ بازده بازار است، دست یابند(وی زو و همکاران[1]، ۲۰۱۸). بهینه سازی پرتفوی، یک هدف اصلی در مدیریت ریسک قلمداد می شود. همچنین بازده های مورد انتظار و ریسک، مهم ترین متغیرها در مسئله بهینه سازی پرتفوی می باشند. عموما سرمایه گذاران ترجیح می دهند که بازده را بیشینه و ریسک را کمینه نمایند. با این وجود بازده های بالا معمولا ریسک بالایی هم دارند (خواجه زاده و همکاران،۱۳۹۹).

مسئله اصلی هر سرمایه گذار تعیین مجموعه اوراق بهاداری است که مطلوبیت آن حداکثر است. این مسئله معادل انتخاب سبد سهام بهینه از مجموعه سبد سهام های ممکن می باشد، که تحت عنوان مسئله انتخاب سبد سهام نامیده میشود. مدل میانگین-واریانس که توسط مارکویتز ارائه گردید، یکی از مدلهایی است که به طور گسترده در مسئله انتخاب سبد سهام مورد استفاده قرار میگیرد. باید توجه داشت که هر چند این مدل از لحاظ نظری با روش برنامه ریزی ریاضی قابل حل است اما در عمل مشکلاتی در این زمینه وجود دارد. اولا، معیار واریانس با در نظر گرفتن شرایط دنیای واقعی و سایر معیارهای ریسک نمی تواند چندان معیار مناسبی برای ریسک باشد و عالوه بر این دیگر معیارهای ریسک در شرایط دیگر و با توجه به ترجیحات سرمایه گذاران در دنیای واقعی محدودیت هایی همچون اندازه سبد سهام را به مدل بهینه سازی خود می افزایند که این چنین محدودیت هایی یک مسأله برنامه ریزی درجه دو- عدد صحیح را تشکیل میدهد، که حل آن به مراتب مشکلتر از حل مدل اصلی است(فرناندز و همکارانش[2]، ۲۰۱۹).

بر همین اساس مسأله اصلی این تحقیق، ارائه مدلی برای بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز است. لذا در این تحقیق دو مدل بهینه سازی، یکی مدل بهینه سازی سبد سهام بر اساس مدل مورچه خوار و دیگری مدل بهینه سازی با رویکرد علف هیای هرز مورد بررسی قرار گرفت.

بنابراین در این تحقیق به بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و مقایسه آن با رویکردهای سنتی پرداخته شده است. این پژوهش با

[1] Wei Zhou, Zeshui Xu
[2] Fernandez A., Gomez S,

طرح مبانی نظری و پیشینه پژوهش‌های مرتبط با موضوع و همچنین تبیین روش پژوهش و فرضیه‌های برگرفته از مسئله و مبانی نظری پژوهش ادامه یافته و سپس به تشریح نتایج آزمون فرضیه‌ها پرداخته شد و درنهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادها بیان می‌شود.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در گذشته سرمایه گذاران برای رسیدن به اهداف خود، از تجربه های خود و یا دیگران استفاده می کردند. با پیشرفت مدیریت مالی، انتخابهای سرمایه گذاران علمی تر شد و توانستند با به کارگیری مدلهای مختلف و تلفیق نتایج آن با تجربه های خود، انتخاب بهینه را تا حدی محقق سازند. بر اساس نظریه های نوین مالی، عواملی که باید برای انتخاب یک پرتفوی مناسب مدنظر قرار گیرند از اهمیت به سزایی برخوردارند. تصمیمات سرمایه گذاری منطقی نیازمند توجه به معیارهای زیاد و عوامل مختلف (نقدینگی، ریسک ارز، هزینه های معامله، رفتارهای مختلف سرمایه گذاری و روند بازار مالیبه طور همزمان است. سختی در انتخاب سبد سرمایه گذاری یکی از مباحث مهم تحقیق در امور مالی است. هدف اصلی از انتخاب سبد سرمایه گذاری، انتخاب بهترین ترکیب از دارایی و بالاترین بازده مورد انتظار است؛ در حالیکه سطح قابل قبولی از ریسک را تامین کند. انتخاب سبد سرمایه گذاری می تواند به عنوان یکی از تصمیم گیری های تحت ریسک طبقه بندی شود. بررسی هدفمند، تصمیم گیرنده را قادر می سازد همه عوامل مربوط به تصمیم گیری را درنظر بگیرد؛ به طوریکه بهترین تصمیم نهایی از میان مجموعه ای از گزینه های شناخته شده را انتخاب کند. از سوی دیگر، برنامه ریزی آرمانی کاربردی ترین روش در زمینه تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است که تصمیم گیرنده را به ترکیب تغییرات متعددی از محدودیتها و اهداف قادر می سازد(صفری و همکاران،۱۳۹۵).

انتخاب سبد سهام بهینه یکی از مسائلی بوده است که از دیرباز ذهن متخصصان امور سرمایه گذاری را به خود مشغول کرده است. به عبارتی همه سرمایه گذاران درصدد هستند تا بتوانند با رعایت معیارهای مؤثر در تصمیم سرمایه گذاری و با توجه به ترجیحات شخصی خود حتی الامکان به بهترین انتخاب های ممکن برسند تا ضمن حداقل کردن ریسک به ازای بازده مشخص، تا حدی هم ترجیحات خود مانند درجه ریسک گریزی را لحاظ کرده باشند. سرمایه گذارانی که نظریه نوین سبد سهام را پذیرفته اند و به کار می بندند بر این باورند که "حریف بازار" نیستند. بنابراین انواع گوناگونی از اوراق بهادار را نگهداری مینمایند، تا بازده شان با متوسط بازده بازار برابر شود. از آنجا که آنان توانایی پیش بینی ندارند، بنابراین می کوشند" مجموعه ای متنوع" از اوراق بهادار نگهداری کنند، تا بتوانند به نرخ بازدهی مطلوب خود، که نزدیک به نرخ بازده بازار است، دست یابند(وی زو و همکاران[1]، ۲۰۱۸).

مسئله اصلی هر سرمایه گذار تعیین مجموعه اوراق بهاداری است که مطلوبیت آن حداکثر است. این مسئله معادل انتخاب سبد سهام بهینه از مجموعه سبد سهام های ممکن می باشد، که تحت عنوان مسئله انتخاب سبد سهام نامیده میشود. مدل میانگین-واریانس که توسط مارکویتز ارائه گردید، یکی از مدلهایی است که به طور گسترده در مسئله انتخاب سبد سهام مورد استفاده قرار میگیرد. باید توجه داشت که هر چند این مدل از لحاظ

[1] Wei Zhou, Zeshui Xu

نظری با روش برنامه ریزی ریاضی قابل حل است اما در عمل مشکلاتی در این زمینه وجود دارد. اولا، معیار واریانس با در نظر گرفتن شرایط دنیای واقعی و سایر معیارهای ریسک نمی تواند چندان معیار مناسبی برای ریسک باشد و عالوه بر این دیگر معیارهای ریسک در شرایط دیگر و با توجه به ترجیحات سرمایه گذاران در دنیای واقعی محدودیت هایی همچون اندازه سبد سهام را به مدل بهینه سازی خود می افزایند که این چنین محدودیت هایی یک مسأله برنامه ریزی درجه دو- عدد صحیح را تشکیل میدهد، که حل آن به مراتب مشکلتر از حل مدل اصلی است(فرناندز و همکارانش[1]، ۲۰۱۹)

بهینه سازی چند هدفه، یکی از زمینه های بسیار فعال و پرکاربرد تحقیقاتی در میان مباحث بهینه سازی است. غالباً بهینه سازی چند هدفه به نام های بهینه سازی چند معیاره و بهینه سازی برداری نیز شناخته می شود. روشهای فراوانی تا کنون برای حل این مسائل ارائه شده اند که در حالت کلی میتوان آنها را به دو دسته تقسیم نمود:

۱) روشهای کلاسیک که روشهای تجزیه نیز نامیده میشوند، که اغلب مسأله چند هدفه را به یک مسأله یک هدفه تقلیل میدهند.

۲) روشهای تکاملی، که اغلب مسأله بهینه سازی چند هدفه را واقعاً به صورت چند هدفه حل می نمایند.

در واقع در این حالت به دنبال به دست آوردن مجموعه ای از جوابها هستیم که بتواند حداکثر تعداد ممکن از توابع هدف را بهینه سازد؛ این مجموعه جوابها را بهینه پارتو می نامند. مسئله تعیین منحنی پارتو در فضای میانگین و واریانس در بهینه سازی سبد دارایی، در موارد مختلف از جمله زمانی که تعداد داراییهای قابل سرمایه گذاری و محدودیت های موجود در بازار مدل کم باشد و یا با استناد به ساده سازی مارکوئیتز)به جای بهینه سازی همزمان دو هدف متضاد حداقل واریانس و حداکثرسازی بازده، با فرض ثبات یکی از آنها، مقدار بهینه دیگری به دست آید(، توسط مدلهای ریاضی حل شدنی است. اما هنگامی شرایط و محدودیتهای دنیای واقعی در نظر گرفته شود، مسئله بهینه سازی سبد دارایی به سادگی و با استفاده از روشهای کلاسیک ریاضی قابل حل نمی باشد. از این رو اهمیت استفاده از روشهای نوین همچون الگوریتم های تکاملی در بهینه سازی سبد دارایی یکی از موضوعات مهم در دوران اخیر است. با توجه به موفقیت های کم نظیر الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز در حل مسائل بهینه سازی چند هدفه، دانشمندان و محققین بسیاری، سعی در استفاده از این الگوریتم برای حل مسائل چند هدفه داشته اند و تاکنون نسخه های متعددی از الگوریتم های فراابتکاری برای حل مسائل چند هدفه ارائه شده است. از این رو در این تحقیق سعی در استفاده از این الگوریتم ها در بهینه سازی سبد سرمایه گذاری خواهیم داشت. از این رو هدف این تحقیق بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز می باشد. بنابراین در این پژوهش محقق می‌خواهد به این سؤال کلیدی پاسخ دهد آیا بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز امکان پذیر می باشد؟

[1] Fernandez A., Gomez S,

پیشینه پژوهش:

فرناندز و همکارانش[1] ۲۰۱۹ در زمینه مدل انتخاب سبد سرمایه گذاری با بازده های فازی ارائه نمودند. در مدل آنها از دو رویکرد بهینه سازی تصادفی و رویکرد فازی استفاده شده بود. مدل ارائه شده توسط آنها یک مدل غیرخطی میباشد. مدل ارائه شده ابتدا توسط رویکرد محدودیت تصادفی به یک مدل معادل قطعی تبدیل می شود. سپس مدل که دارای آرمان های فازی میباشد با استفاده از رویکردهای رایج به صورت قطعی تبدیل میشود. گوپینار و راستم[2] ۲۰۱۹ در مقاله ای تحت عنوان "مدل بدترین تصمیمات استوار برای بهینه سازی سبد سهام میانگین- واریانس چند دوره ای)) چارچوب بهینه سازی میانگین- واریانس چند دوره ای را به طراحی بدترین حالت با سناریوهای بازگشت رقیب و ریسک چندگانه گسترش داده، رویکرد ارائه دادند که شامل یک الگوریتم **max-min** و یک چارچوب بهینه سازی میانگین- واریانس چند دوره ای برای جنبه های تصادفی از درخت سناریو است.

نجفی و موشخیان[3] ۲۰۱۵ در مقاله ای با نام "مدل بهینه سازی سبد سرمایه گذاری چند دوره ای تصادفی میانگین- نیم واریانس- ارزش در معرض خطر شرطی با درنظر گرفتن هزینه معاملات" با استفاده از ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و بهینه سازی ذرات طراحی شده به حل مدل پرداخته و از آنجا که کارایی الگوریتمها به انتخاب صحیح پارامتر بستگی دارد، از روش تاگوچی برای تنظیم پارامتر الگوریتم استفاده نمودند.

سان و همکاران[4] ۲۰۱۶ در مقاله "بهینه سازی چند دوره ای سبد سهام تحت ریسک احتمالی" یک مدل مینیماکس را برای یک مسئله انتخاب سبد سهام چند دوره ای ایجاد میکنند. یک راه حل تحلیلی به دست آمده است و شبیه سازی عددی برتری مدل چند دوره ای نسبت به دوره یکم مربوطه و همچنین نسبت به شاخص بازار را نشان می دهند.

حسنلو[5] ۲۰۱۷ در مقاله "انتخاب سبد سهام چند دوره ای با استفاده از برنامه ریزی محدودیت شانس" یک مدل جدید چند دوره ای انتخاب سبد سهام را با نرخ استقراض و وامهای مختلف بر اساس مفهوم برنامه نویسی تصادفی پیشنهاد کرده است. در این مدل پیشنهادی برای ارزیابی عدم قطعیت و ماهیت تصادفی انتخاب سبد سهام فرض شده است که نرخ بازگشت و نرخ وام گرفتن و وام دادن، به طور مستقل و به نرمال توزیع شده و الگوریتم ژنتیکی برای حل برنامه نویسی غیرخطی ارائه کردند.

لیاگوراس و متاکسیوتیس[6] ۲۰۱۸ در مقاله با عنوان "مدل بهینه سازی میانگین- واریانس سبد برای سهام چند دوره ای فازی باهزینه های معاملاتی" الگوریتم تکاملی چند وجهی (**MOEA**) پرداختن به مسائل بهینه سازی سبد سهام چند دوره ای فازی با هزینه های معاملاتی پیشنهاد میکنند.

[1] Fernandez
[2] Gulpinar, N. Rustem, B
[3] Najafi, A.A. Mushakhian
[4] Sun, Yufei. AW, G. Teo, k. Zhu
[5] Hassanlou
[6] Liagkouras و K. Metaxiotis, K

ژانگ و لی[1] ۲۰۱۹ در مقاله "مدل میانگین- نیمه آنتروپی اعتباری برای انتخاب سبد سهام چند دوره ای با پس زمینه ریسک" یک مدل میانگین-نیم آنتروپی چند منظوره معتبر با ریسک زمینه برای انتخاب سبد سهام چند دوره ای ارائه کردند. علاوه بر این، محدودیت های واقعگرایانه مانند نقدینگی، محدودیتهای کاردینالیتی، هزینه معاملات و آستانه خرید در نظر گرفته شده است.

لیو و همکاران[2] ۲۰۱۹ در مقاله ای تحت عنوان "مدل ارزیابی عملکرد سبد سهام چند دوره ای بر اساس تئوری امکان" یک مسئله بهینه سازی سبد سهام چند دوره ای را در نظر گرفته و با الهام از نسبت شارپ یا نسبت "تغییر پاداش به تغییرپذیری"، نسبت پاداش و نوسانات پایین و بالقوه احتمالی برای انتخاب سبد سهام با اندازه گیری اثرات نوسانات منفی و مثبت در انتخاب سبد سرمایه گذاری می پردازند. بر اساس دو تعریف جدید، یک مدل ارزیابی عملکرد سبد سهام چند دوره ای فازی ارائه میکنند. سپس، با استفاده از رویکرد مجموع وزنی مدل پیشنهادی به یک مسئله برنامه نویسی واحد تبدیل شده و یک الگوریتم **PSO** با مکانیسم محدودیت دستیابی به امکانسنجی برای راه حل طراحی میدهند.

گوپتا و همکاران[3] ۲۰۲۰ در مقاله"مدلهای شهودی فازی خوشبینانه و بدبینانه بهینه سازی سبد سهام چند دوره ای" از فازی شهودی برای برخورد با عدم قطعیت موجود در بازار استفاده کرده و درجه عضویت و درجه عدم عضویت و درجه ای از تردید را در مدل خود در نظر میگیرند و به معرفی مدل خوشبینانه و مدل بدبینانه و بررسی نتایج حاصل از آن می پردازند.

فائزی و شهابی[4] ۲۰۲۰مدل ریاضی صفر و یکی را برای انتخاب سبد سهام بهینه و بر اساس مدل خاکستری ارائه و آن را توسط الگوریتم فرا ابتکاری جهش قورباغه مخلوط شده حل کردند. آنها در این

پژوهش از داده های قیمتی ۱۰۰ شرکت استفاده نمودند. نتایج پژوهش آنها حاکی از آن است که از روش پیشنهادی نه تنها در مسئله انتخاب سبد بهینه میتوان استفاده کرد بلکه میتوان آن را در مسائل تصمیم گیری چندمعیاره مورد استفاده قرار داد.

فلاح شمس و همکاران ۱۳۹۲ به بررسی عملکرد معیارهای متفاوت ریسک در انتخاب و بهینه‌سازی سبد سرمایه گذاری با استفاده از الگوریتم مورچگان پرداختند. نتایج بررسی نشان داد که مدل میانگین ارزش در معرض ریسک احتمالی قادر است که سطوح بالاتری از بازده را با حداقل‌سازی ارزش در معرض ریسک احتمالی نشان دهد. از طرفی زمان صرف شده برای اجرای مدل میانگین واریانس کمترین و زمان صرف شده برای مدل میانگین- ارزش در معرض ریسک احتمالی بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. در نتیجه، هر چند **CVaR**، مرزهای کارای بهتری را ارائه می‌نماید، ولی از لحاظ زمان اجرا به خصوص در اندازه‌های بالای سبد معیار مناسبی نمی‌باشد. در خیلی موارد همچنان واریانس به علت سادگی محاسبه آن به عنوان معیار ریسک مورد استفاده بسیاری از سرمایه‌گذاران قرار می‌گیرد.

[1] Zhang, J. Li
[2] Liu, Y. Zhang, W. Gupta
[3] Gupta, P. Mehlawat, M.K, Yadav, S. Kumar
[4] Faezy, F. & Shahabi

رضایی و همکاران ۱۳۹۶ به‌کارگیری بهینه سازی استوار در مساله انتخاب سبد سرمایه گذاری با افت سرمایه در معرض خطر مشروط پرداختند. نتایج نشان دهنده کارایی بالای مدل در توسعه مدل-های تحت شرایط عدم قطعیت می-باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد درصورتی‌که سطح محافظه‌کاری افزایش یابد، مقدار تابع هدف افزایش خواهد یافت.

عسگری ۱۳۹۵ به مدل سازی پورتفوی سرمایه‌گذاری برای انتخاب بهینه سبد سرمایه گذاری شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران (رهیافت روش‌های فرا تکاملی) پرداختند. نتایج مدل‌سازی تحقیق نشان می‌دهد که بر اساس دقت یکسان، الگوریتم ممتیک جستجوی همزیستی نسبت به دو روش الگوریتم ژنتیک و **SOS** از عملکرد مناسبی در تصریح و برآورد مدل میانگین- واریانس برخوردار بوده اما مدت زمان بیشتری را برای بهینه‌سازی صرف می‌کند. بنابراین مهمترین توصیه سیاستی این مطالعه آن است که سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران مالی با بکارگیری الگوریتم جستجوی همزیستی در بهینه‌سازی و مدل‌سازی بهینه سبد سرمایه گذاری، به حداقل نمودن ریسک سرمایه‌گذاری مبادرت ورزیده و از این طریق حداکثر بازدهی پورتفوی را کسب نمایند.

رستگار و همکاران ۱۳۹۶ به تاثیر افق سرمایه‌گذاری در بهینه کردن سبد سرمایه گذاری با استفاده از موجک و گارچ-کاپولا پرداختند. نتایج نشان می‌دهد مدل انتخاب شده در مقایسه با مدل بوت‌استرپ و مدل ساده بدون تجزیه داده، بهتر عمل می‌کند. سایر نتایج بیان می‌کند، سرمایه‌گذاری با افق بلندمدت باید به داده‌های تجزیه شده در سطح تجزیه شده بالا، با فرکانس پایین توجه نماید. همچنین سرمایه‌گذاری با افق کوتاه‌مدت باید داده‌های تجزیه شده در سطح پایین با فرکانس بالا را مد نظر قرار دهد.

فرید و همکاران ۱۳۹۸ به بررسی کاربرد رویکرد برنامه ریزی ترجیحات فازی لگاریتمی در انتخاب سبد سرمایه گذاری پرداختند. در تحقیق آنها در مرحله اول، از طریق مصاحبه با خبرگان و نیز بررسی مدارک و اسناد موجود، معیارهای اصلی انتخاب سبد بهینه سهام شناسایی می شود و در ادامه کاربرد رویکرد برنامه ریزی ترجیحات فازی لگاریتمی در چگونگی تعیین وزن این معیارها ارائه می شود. نتایج نشان می دهد معیارهای سودآوری، کارایی و ریسک به ترتیب مهمترین معیارها در انتخاب سبد سرمایه گذاری هستند.

محمدی ۱۳۹۸ به بررسی مدل چند معیاری برای انتخاب بهینه سبد سرمایه گذاری میتنی بر رویکرد گوردون پرداختند. نتایج نشان داد بنابراین شاخص (بازار) از بیشترین اهمیت در میان تمامی شاخصهای موجود برخوردار است. شاخص (نرخ رشد درآمدها) از اولویت دوم و شاخص (نرخ بدون ریسک) از اهمیت سوم برخوردار است.

امیری و همکاران ۱۳۹۸ به بررسی نقش هم زمانی قیمت و آگاهی بخشی قیمت سهام در انتخاب سبد بهینه سهام پرداختند. نتایج نشان می دهد که این دو متغیر در محیطهای مختلف دارای رفتار متفاوتی بوده و درصورت توجه به هم زمانی و آگاهی بخشی قیمت سهام می توان سبدهای بهینه تری را با تحلیل اطلاعات مالی و غیرمالی شرکتها ایجاد کرد. بدون توجه به این معیارها بازدهی سبد بهینه سهام به طور میانگین در حدود ۴۷٪ بوده ودر صورت توجه به معیارهای هم زمانی و آگاهی بخشی قیمت سهام، این بازدهی به ترتیب به ۸۶٪ و ۷۵٪ افزایش می یابد.

سینا و همکاران ۱۳۹۸ به بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با رویکرد نظریه ارزش فرین در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که تشکیل سبد سرمایه گذاری بهینه، با استفاده از نظریه ارزش فرین تفاوت چندانی با مدل میانگین – واریانس مارکویتز ندارد.

خواجه زاد و همکاران ۱۳۹۹ به بررسی پیش بینی سبد بهینه سهام رویکرد الگوریتم فراابتکاری و فرآیند تصمیم مارکوف پرداختند. تایج تحقیق نشان می‌دهد که الگوریتم فراابتکاری فرهنگی با توجه به روش شارپ توانایی ایجاد سبد بهینه سهام با استفاده از داده‌های پیش‌بینی‌شده را با روش مارکویتز برای سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر و ریسک گریز دارد.

راموز و همکاران ۱۳۹۹ به انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از مدل برنامه ریزی توافقی در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. با بررسی قدر مطلق تفاضل مجموع شاخص های سودآوری و ایمنی حاصل از بهینه سازی توابع مطلوبیت سرمایه گذاری از طریق مستقیم و مقایسه آن با نتایج حاصل از بهینه سازی انجام شده بر اساس روش برنامه ریزی توافقی، فرضیه پژوهش مورد تایید قرار گرفت.واژگان کلیدی: پرتفوی بهینه، مدل برنامه ریزی توافقی، مجموعه توافقی، بهینه توابع مطلوبیت.

حدادی و همکاران ۱۴۰۰ به بهینه سازی سبد سهام با معیارهای **MAD** و **CVaR** با مقایسه روش های کلاسیک و فراابتکاری پرداختند. نتایج نشان می‌دهد، روش فرا ابتکاری **NSGA2** در مقایسه با روش کلاسیک در حل مسئله بهینه سازی سبد ریسک بیشتری را در دو معیار **MAD** و **CVaR** به نمایش گذاشت و لذا روش بهتری برای حل مسائل بهینه سازی سبد می‌باشد.

حیدری و همکاران ۱۴۰۰ به بهینه سازی سبد سهام مبتنی بر مدل برنامه ریزی امکانی استوار با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و جهش قورباغه مخلوط شده پرداختند. نتایج حاصل شده بیانگر عدم تفاوت معنادار بین دو الگوریتم در انتخاب سبد سرمایه‌گذاری است اما رویکرد ترکیبی تاپسیس و وزن‌دهی آنتروپی، الگوریتم ژنتیک را به‌عنوان الگوریتم برتر انتخاب می‌کند.

۴- فرضیه‌های پژوهش:

انتخاب سبد سرمایه گذاری با استفاده از مدل های فراابتکاری بهتر از انتخاب سبد سرمایه گذاری با استفاده از شیوه های سنتی می باشد.

الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار توانایی انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه را دارد.

الگوریتم بهینه سازی علف های هرز توانایی انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه را دارد.

۵- روش پژوهش :

با توجه به تقسیم‌بندی علمی ازنظر هدف این پژوهش، از نوع پژوهش کاربردی و از آنجا که موضوع این پژوهش بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و مقایسه آن با رویکردهای سنتی شواهدی از بورس اوراق بهادار تهران است،لذا می‌توان این پژوهش

را در زمره پژوهش‌های توصیفی قرارداد. از نظر تئوریک جزء پژوهش های اثباتی و از منظر استدلال نیز جزء قیاسی- استقرایی است. همچنین، روش‌شناسی پژوهش از نوع پس رویدادی می‌باشد ، بدین معنی که پژوهش بر اساس اطلاعات گذشته انجام می‌شود.

پژوهش حاضر از نظر نوع داده کمی است، از نظر نتیجه کاربردی و از لحاظ هدف توصیفی و اکتشافی می باشد. با توجه به این که در این تحقیق، عملکرد گذشته شرکت ها مورد بررسی قرار می گیرد یا به عبارتی بهتر از اطلاعات تاریخی شرکت ها استفاده می گردد، بنابراین تحقیق از لحاظ طرح تحقیق، پس رویدادی محسوب می شود. از آنجا که روش انجام تحفیق به صورت میدانی بوده و با داده های واقعی سر و کار دارد، برای فراهم کردن اطلاعات شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران که با توجه به متغیرهای تحقیق، از منابع مختلف، نرم افزار ره آورد نوین، بانک های اطلاعاتی سازمان بورس استفاده می شود. تجمیع داده ها در ستون های Excel به محاسبه متغیر های تحقیق می پردازیم و با استفاده از نرم افزار matlab R2021b آن ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهیم.

جامعه آماری این تحقیق تمامی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بین سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ می باشند. داده های این تحقیق از قیمت دو ساله شرکتهای بورسی (نمادهای مورد معامله در بورس اوراق بهادار تهران از ابتدای سال ۱۴۰۰ تا انتهای سال ۱۴۰۱ بوده است. هدف از انتخاب این نمونه نیز، همانا بررسی کارآمدی الگوریتم های فراابتکاری بهینه سازی علف های هرز و مورچه خوار در بهینه سازی سبد سرمایه گذاری است.

۱-۵- مدل و متغیرهای پژوهش:

نحوه محاسبه پرتفوی با استفاده از مدل مارکویتز:

در مدل میانگین-واریانس طراحی شده توسط مارکویتز میانگین بازده مورد انتظار را نشان می دهد و واریانس ریسک پرتفوی می باشد.

$$Minz = \delta_p^2$$
$$St: \bar{r}_p = \sum_{j=1}^{n} w_j . \bar{r}_j$$
$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$$
$$w_j > 0$$

واریانس بازده سبد سهام طبق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\delta_p^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i w_j cov(\bar{r}_i, \bar{r}_j)$$

R_iبازده واقعی سهام iدر روز t است و از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$\boldsymbol{R_i = \frac{(P_{t+1} - P_t) + D + M + N}{P_t}}$$

P_{t+1} =قیمت در روز پس از t ام

P_t = قیمت در روز t ام

D= سود نقدی

M=مزایای حق تقدم

N=مزایای سود سهمی

سبد کارا، به معنای ترکیب مطلوب داراییها به نحوی است که ریسک سبد به ازای نرخ بازده معین، به حداقل رسیده باشد. در واقع، دو مؤلفه مهم در تصمیم گیری برای سرمایه گذاری، میزان ریسک و بازده داراییهای سرمایه ای است. سرمایه گذاران عقلایی، بازده را مطلوب دانسته و از ریسک گریزان هستند. به علاوه در تصمیم گیری منطقی عمل میکنند که این امر باعث حداکثر شدن بازده مطلوب آنها میشود. بنابراین مطلوبیت سرمایه گذاران، تابعی است از بازده مورد انتظار و ریسک، که این دو عامل، پارامترهای اساسی تصمیمات مربوط به سرمایه گذاری هستند. به عبارت دیگر، در مسئله بهینه سازی سبد داراییها به دنبال سبدی هستیم که انحراف معیار (ریسک) کمتر و ارزش انتظاری بیشتری تولید کند. این مسئله میتواند در قالب یک مدل تحقیق در عملیات، به صورت رابطه زیر مدلسازی شود:

$$\begin{aligned} &Min\ Risk\ \sigma_i^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij} \\ &Max\ Return\ R_p = \sum_{i=1}^{n} w_i E(R_i) \qquad (1) \\ &s.t. \sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \end{aligned}$$

که در آن w_i وزن دارایی i ام و یا به عبارتی درصد وجوه قابل سرمایه گذاری در این دارایی و Ri بازده آن و R_p بازده کل سبد دارایی است. σ_i^2 نیز بیانگر واریانس دارایی i ام و σ_{ij} بیانگر کوواریانس میان دو دارایی iام و jام هستند. همچنین گاهی اوقات نیاز است که محدودیت دیگری به منظور جلوگیری از فروش استقراضی به مدل افزوده شود که این محدودیت همان مثبت بودن وزن هر یک از داراییهای موجود در سبد است. آخرین محدودیتی که در این مدل وجود دارد، برابر یک بودن حاصل جمع وزنها داراییهاست.

مدل ۱، مدلی است که در اکثر مقالات و تحقیقات مشابه در این زمینه به عنوان مدل پایه ای مورد استفاده قرار گرفته است که با روشهای مختلف ریاضی و یا فراابتکاری، ترکیبات مختلفی از wi هایی که دو معیار حداقل ریسک و حداکثرسازی بازده را بهینه میکنند برآورد میگردد. همچنین از آنجا که انتظار میرود وجود تعداد دارایی کمتر در سبد پرتفوی، سبب کاهش هزینه های خرید و فروش سهام و همچنین مدیریت آسانتر و بهتر پرتفوی گردد، در این تحقیق مسئله بهینه سازی سه هدفه (یعنی حداکثرسازی بازده

سبد سهام، حداقل سازی ریسک آن و تابع هدف سوم یعنی حداقل سازی تعداد داراییها یا سهام ها) مورد مطالعه قرار گرفته است. بر این اساس، سرمایه گذاران با پذیرش مقدار کمی ریسک و تقریباً همان مقدار بازده، سبدی را انتخاب میکنند که تعداد دارایی کمتر داشته باشد. از این رو، نوآوری مدنظر در این تحقیق، در نظر

گرفتن معیار یا هدف سومی تحت عنوان حداقل سازی تعداد داراییها یا سهام موجود در سبد سهام ($Min\ count(i|w_i <> 0)$) به صورت مدل ۲ می باشد.

$$
\begin{aligned}
&Min\ Risk\ \sigma_i^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij} \\
&Max\ Return\ R_p = \textstyle\sum_{i=1}^{n} w_i E(R_i) \qquad (۲) \\
&Min\ count(i|w_i <> 0) \\
&s.t. \sum_{i=1}^{n} w_i = 1
\end{aligned}
$$

همانطور که از مدل بهینه سازی بالا بر می آید، این مدل یک مسئله بهینه سازی چند هدفه بوده که در آن فرد تصمیم گیرنده با مجموعه ای از اهداف متضاد و متعارض (در اینجا حداکثرسازی بازده سبد، حداقل سازی ریسک متناظر با آن و حداقل تعداد سهام موجود در سبد) روبروست. در این گونه از مسائل، برخلاف مسائل بهینه سازی تک هدفه و به دلیل وجود چند هدف متعارض، به جای تنها یک جواب، مجموعه ای از جوابها حاصل میشود که در اصطلاح جوابهای پارتو (نامغلوب)خوانده میشود. به عبارت دیگر، در صورت تناقض اهداف با یکدیگر، پیدا کردن یک جواب بهینه که به طور همزمان تمام توابع را بهینه کند، تقریباً غیرممکن است. با این حال میتوان مجموعه ای از جوابها را یافت که بهترین تعامل را بین اهداف برقرار کند به طوریکه بهبود نمی یابند مگر اینکه سبب بدتر شدن اهداف دیگر شود.

در سال ۱۹۵۰ هری مارکوئیتز مدل سبد دارایی خود را ارائه کرد که مبنایی برای نظریه های مدرن مدیریت سبد دارایی قرار گرفت. وی برای اولین بار به صورت کمی نشان داد که چرا و چگونه تنوع سازی سبد دارایی میتواند باعث کاهش ریسک سبد (مجموعه سرمایه گذاری) یک سرمایه گذار شود. به عقیده مارکوئیتز از آنجا که سرمایه گذاران نسبت به آینده مطمئن نیستند، بایستی برای کاهش ریسک، دست به ایجاد تنوع در سرمایه گذاریهای خود بزنند. تنوع سازی سبد دارایی عبارت است از انتخاب بهترین ترکیب از داراییهای مالی به نحوی که باعث شود تا حد امکان، بازده سبد سرمایه گذاری حداکثر و ریسک پذیری آن حداقل شود. ریسک گریز بودن کلیه سرمایه گذاران، فرض اصلی این الگو است. در الگوی مارکوئیتز، میانگین سبد دارایی، بازده مورد انتظار را نشان میدهد.

و واریانس، بیانگر ریسک سبد دارایی است. در واقع، مارکوئیتز مسئله بهینه سازی سبد دارایی را به صورت یک مدل برنامه ریزی درجه دوم با هدف حداقل سازی واریانس مجموعه داراییها با این شرط که بازده مورد انتظار برابر با یک مقدار ثابت باشد، مطرح کرد. از این رو، این مدل تحت عنوان میانگین- واریانس نیز خوانده میشود. یک سبد دارایی که از تنوع کافی برخوردار باشد، سبد دارایی کارا نامیده میشود. سبد کارا، به معنای ترکیب مطلوب داراییها به نحوی است که ریسک سبد به ازای نرخ بازده معین، به حداقل رسیده باشد. سرمایه گذاران میتوانند از طریق مشخص کردن نرخ بازده مورد انتظار سبد و حداقل کردن ریسک آن در این سطح از بازده، سبد دارایی کارا را مشخص کنند. در نظریه مارکوئیتز به دنبال سبدی هستیم که ریسک کمتر و بازده بیشتری را تولید

کند. بنابراین میتوان با حداقل سازی ریسک (واریانس) سبد دارایی با فرض (یا محدودیت) ثابت بودن میزان بازده آن، به مدلسازی نظریه مارکوئیتز پرداخت. همچنین گاهی اوقات نیاز است که محدودیت دیگری نیز به مدل مارکوئیتز اضافه شود؛ این محدودیت همان مثبت بودن وزن هر یک از داراییهای موجود در سبد است. وجود این محدودیت به دلیل جلوگیری از فروش استقراضی است که در آن وزنها میتوانند منفی نیز باشند. آخرین محدودیتی که در این مدل وجود دارد، برابر یک بودن حاصل جمع وزنها داراییهاست. حال از آنجا تابع هدف به صورت حداقل سازی واریانس است، از این رو مدل مارکوئیتز یک مدل بهینه سازی غیرخطی (درجه دو) است که میتواند در قالب یک مدل تحقیق در عملیات، به صورت رابطه ۳ مدلسازی شود:

$$Min\ Var(R_p) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i x_j \sigma_{ij}$$
$$s.t. \sum_{i=1}^{n} x_i E(R_t) = R_{Expeted} \qquad (۳)$$
$$s.t. \sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

توجه داشته باشید که با حل مدل بهینه سازی بالا، تنها یک نقطه کارا بر روی مرز کارا (متناظر با $R_{Expeted}$) تولید میشود که در نتیجه برای تعیین مرز کارا، بایستی به تعداد نقاط مورد نظر بر روی این مرز، مدل بالا به ازای $R_{Expeted}$ های مختلف حل شود.

در یک الگوی دو مرحله ای ساده، بر مبنای الگوی پیشنهادی هو، شو و ژانگ (۲۰۱۵) که از این پس به اختصار *HXZ* (۲۰۱۶) نامیده می شود این نظریه را می توان در قالب رابطه شماره ۴ تعریف کرد:

$$\boldsymbol{E_t[r^s_{it+1}] = \frac{E_t[\prod_{it+1}/A_{it+1}]+1}{1+a(I_{it}/A_{it})}} \qquad (۴)$$

در حالی که در این رابطه A ارزش دفتری دارایی ها برای شرکت i در تاریخ t است، I سطح سرمایه گذاری است و a> 0 یک پارامتر ثابت در تابع تعدیل هزینه دارایی است. منطبق بر تعدیل درجه دوم هزینه ها، هزینه های نهایی شرکت به ازای اضافه کردن یک واحد اضافی دارایی در زمان t برابر با $1 + a\ (I_{it} / A_{it})$ می باشد. هزینه نهایی یاد شده در واقع مجموع هزینه های نهایی واحد دارایی سرمایه گذاری شده و تعدیلات نهایی هزینه است.

شمارنده، $Et[\prod_{it+1}/A_{it+1}] + 1$، بازده مورد انتظار برای این سرمایه گذاری اضافی در دوره زمانی $t + 1$ است که شامل بازده مورد انتظار و ارزش نهایی واحد دارایی می باشد. بنابراین $(E_t[\prod_{it+1}] + 1)/[1 + a\ (I_{it} / A_{it})]$ بازده سرمایه گذاری مورد انتظار یک واحد نهایی دارایی است. بدون در نظر گرفتن اهرم مالی و در واقع با فرض عدم استفاده از تامین مالی خارجی و استقراض، هزینه سرمایه برابر است با بازده مورد انتظار $Et[r^s_{t+1}]$، و در این صورت سطح سرمایه گذاری شرکت در صورتی بهینه می شود که بازده سرمایه گذاری مورد انتظار برابر با بازده

سهام انتظار به ازای واحد سرمایه گذاری نهایی باشد. چنین موازنه ای است که ژانگ (۲۰۱۵) به عنوان الگوی ارزیابی دارایی های سرمایه ای یا ***CAPM*** اشاره دارد.

بر اساس آن چه که در تبیین الگوی ارزیابی بازده سرمایه گذاری بر مبنای نظریه Q و با فرض چند دوره ای بودن بازگشت سرمایه، الگوی ارزیابی به شرح رابطه شماره ۵ و به شرح زیر تعریف خواهد گردید که نسبت به رابطه قبلی در بردارنده متغیرهایی اضافی است:

$$E_t[r^s_{it+1}] = \frac{E_t[\prod_{it+1}/A_{it+1}]+(a/2)E_t[(I_{it+1}/A_{it+1})^2]+(1+aE_t[I_{it+1}/A_{it+1}])}{1+a(I_{it}/A_{it})} \qquad (۵)$$

که در این رابطه جزء $(a/2)\ Et\ [\ (I_{it+1}/A_{it+1})^2]$، عبارت از صرفه جویی مورد انتظار در هزینه های تعدیل شده در مقطع زمانی t + 1 است که از یک واحد اضافی سرمایه گذاری در مقطع زمانی t به دست می آید و $1 + a\ Et\ [\ I_{it+1}/A_{it+1}]$ نیز ارزش پیوسته یک واحد سرمایه گذاری در مقطع زمانی t می باشد. و $(1 + a\ Et\ [\ Iit+1/$ $A_{it+1}])/[(1 + a\ (I_{it}/A_{it})]$ تقریبا برابر با $Et[I_{it}+The1/I_{it\ intuition}]$ است. با معادل قرار دادن این عبارت ها، انتظار می رود نرخ رشد سرمایه گذاری پایین تر در تاریخ t با سرمایه گذاری بیشتر در تاریخ t+1 به عنوان مثال، رشد سرمایه گذاری مورد انتظار بالا)، صرفه جویی در هزینه و ارزش پیوسته بازده سرمایه گذاری شرکت را برای بازبینی مورد نیاز بازار متوقف کنید. این جزء بازده سرمایه گذاری از مدل دو دوره ای موجود نیست.

نوسانات قیمتی سهام، سودآوری، رشد سرمایه گذاری و بازده سهام:

در راستای برآورد ارتباط بین نوسانات قیمتی سهام، نوسانات سودآوری، نوسانات در رشد سرمایه گذاری و نوسانات در بازده سهام از رگرسیون فاما و مک بث(۱۹۷۳)، بهره گرفته شده است. در این رابطه نوسانات در بازده سهام بر پایه انحراف معیار سالانه صرف ریسک سهام به عنوان متغیر وابسته، انحراف معیار سالانه اختلاف بین کمترین و بیشترین قیمت سهام در هر ماه، انحراف معیار سودآوری شرکت بر مبنای بازده حقوق صاحبان سهام طی سه سال گذشته، انحراف معیار رشد مخارج سرمایه ای طی سه سال گذشته به عنوان متغیرهای مستقل تعریف شده اند.

در راستای پیش بینی نوسانات قیمتی سهام از یک تابع لگاریتمی بهره گرفته خواهد شد. کنراد و همکاران(۲۰۱۴) شواهدی ارایه دادند مبنی بر اینکه سهامی که به احتمال زیاد دارای حباب قیمتی شوند، در دوره های بعدی بازده پایین و افت قیمت را تجربه خواهند کرد. ژانگ و کانگ(۲۰۱۶) دریافتند که سهامی که به احتمال زیاد در آینده سقوط قیمت را تجربه کنند، پس از آن سود کمی در بازار سرمایه تجربه می کنند. یافته های این تحقیق نشان دهنده این است که احتمال سقوط قیمت ها یک ویژگی مشخص است که مبین وجود قیمت بیش از حد است. از آنجا که در حال حاضر احتمال افزایش بیش از حد قیمت سهام وجود دارد، تا زمانی که قیمت سهام به اوج قیمت ممکن در بازار سهام برسد این احتمال افزایش وجود دارد.

در این تحقیق به منظور پیش بینی احتمال سقوط و حباب قیمتی به ازای مبادلات فردی، از یک مدل لوجیت تعمیم یافته به پیروی از الگوی پیشنهادی ژانگ و کانگ (۲۰۱۶) استفاده خواهد شد. در حالی که کنراد

و همکاران(۲۰۱۴) از یک مدل لوجیت باینری(دودویی) برای پیش بینی احتمال بازگشت افزایش قیمت ها و بازده اضافی بهره گرفته اند. ژانگ و کانگ (۲۰۱۶) از یک مدل لوجیت تعمیم که در آن متغیر وابسته یک متغیر چند وضعیتی استفاده کرده که در آن وضعیت های: بازده منفی شدید(سقوط)، بازده شدید مثبت، حباب قیمتی و بازده غیر افراطی، تعریف گردیده اند.

در این تحقیق از الگوی دودویی را برای ارزیابی دو وضعیت سقوط یا حباب قیمتی بهره گرفته شده و احتمال بروز وضعیت های تصادفی به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته اند. این مدل نمی توانست از چولگی را تشخیص داده و در نتیجه ممکن بود احتمال وقوع موارد تصادفی و حباب قیمتی با یک دیگر و نوسانات آتی همبستگی پیدا می کردند. الگوی تعمیم یافته لوجیت در راستای رفع این اشکال طراحی گردید. به طور خاص، سقوط قیمتی و یا روی داد بازده منفی بزرگ و با احتمال کوچک، به عنوان بازده ورودی به سیستم در طی ۱۲ ماه آینده تعریف می شود. در این تحقیق فرض می شود که برای هر شرکت، احتمالات سقوط و حباب قیمتی از توزیع زیر به شرح رابطه (۶) برخوردار خواهد بود:

$$\Pr_t\left(Y_{i,t,t+12}=-1\right)=\frac{\exp\left(\alpha_{-1}+\beta_{-1}X_{i,t}\right)}{1+\exp\left(\alpha_{-1}+\beta_{-1}X_{i,t}\right)+\exp\left(\alpha_{1}+\beta_{-1}X_{i,t}\right)} \qquad (۶)$$

$$\Pr_t\left(Y_{i,t,t+12}=1\right)=\frac{\exp\left(\alpha_{1}+\beta_{1}X_{i,t}\right)}{1+\exp\left(\alpha_{-1}+\beta_{-1}X_{i,t}\right)+\exp\left(\alpha_{1}+\beta_{1}X_{i,t}\right)}$$

در حالی که در این رابطه جایی که $Y_{i,\ t,\ t+12}$ متغیری سه وضعیتی است که برابر با -۱ است اگر ورودی شرکت iام در طی ماه های t +1 تا t + 12 کمتر از ۲۵٪ باشد، اگر بازدهی مشابه بیشتر از ۲۵٪ باشد برابر با ۱ و الا صفر منظور می گردد. اصطلاح $X_{i,t}$ نشان دهنده یک بردار از متغیرهای توضیحی است که در پایان ماه t اندازه گیری شده است. در این تحقیق به پیروی از کنراد و همکاران(۲۰۱۴)، جانگ و کانگ (۲۰۱۶) و جانگ(۲۰۱۸)، انتخاب متغیرهای توضیحی انتخاب شده اند. این متغیرهای توضیحی عبارتن از: بازده گذشته(RET12)، نوسانات کل(TVOL)، چولگی کلی(TSKEW)، اندازه شرکت(SIZE)، گردش مالی مبادلات خرده فروشی سهام(TURN)، سن شرکت(AGE)، دارایی های جاری(CRRNT)، رشد فروش(SALESG)، هستند و بازده گذشته(RET12) به عنوان بازده ورودی سهام در ۱۲ ماه گذشته تعریف شده است. نوسان پذیری کل(TVOL) و چولگی کل (TSKEW)به ترتیب به عنوان انحراف استاندارد و ناهماهنگی بازده روزانه بیش از سه ماه گذشته محاسبه می شود. اندازه شرکت (SIZE) به عنوان ورودی از لگاریتم ارزش شرکت اندازه گیری می شود. گردش مالی خالص (TURN)به عنوان میانگین بازده شش ماهه سهام از میانگین ۱۸ ماهه بازده سهام پیشین تعریف شده است. سن شرکت(AGE) به عنوان تعداد سال ها از زمان تاسیس شرکت در مجموعه داده تعریف شده است. دارایی های جاری(CRRNT) از تقسیم دارایی های جاری به جمع دارایی به دست آمده است. نهایتا رشد فروش(SALESG) بر اساس تغییر فروش خالص نسبت به گذشته بر حسب درصد تعریف گردیده است. در برخی از تحقیقات نظیر: کنراد و همکاران(۲۰۱۴) و جانگ و کانگ(۲۰۱۶) از دارایی های مشهود برای پیش بینی بازده افراطی بهره گرفته اند،

در این تحقیق از دارایی های جاری بهره گرفته شده است. زیرا دارایی های جاری ممکن است در مقایسه با سال های آینده نسبت به بازدهی بلندمدت نسبت به دارایی های مشهود بلند مدت موثرتر باشند.

از سازه های تاخیری داده های حسابداری سالیانه نظیر دارایی های جاری و فروش نیز استفاده شده تا اطمینان حاصل شود که تمام اطلاعاتی که به عنوان پیش بینی کننده ها مورد استفاده قرار می گیرند در ابتدای دوره ۱۲ ماهه برای سرمایه گذاران در اندازه گیری بازده های شدید آینده، مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این از ضریب تعیین پسودو به عنوان معیار سنجش قدرت توضیح دهندگی رابطه برآوردی بهره گرفته خواهد شد. این معیار بر مبنای الگوی پیشنهادی ناگلکرک مورد استفاده قرار گرفته شده است. در این تحقیق به طوری که گفته شد از یک متغیر سه وضعیتی در پیش بینی ناهنجاری های در بازده سهام مشتمل بر سقوط، حباب قیمتی و سایر موارد بهره گرفته شده است.

دسته بندی سبدهای سهام و احتمالات سقوط و حباب:

در این بخش، فرض شده است که احتمال وقوع رخ دادهای تصادفی، سقوط و حباب به طور معنی داری تابعی از بازده مقطعی سهام است. به طور خاص، اوراق بهادار را بر اساس هر یک از احتمالات پیش بینی شده از تغییرات تصادفی، سقوط و حباب قیمتی مرتب کرده و بازدهی هر دسته از مشاهدات را که در ماه بعد صورت می گیرد، مشاهده می شود. برای جلوگیری از خطای پیش بینی، بازده هر ماه با استفاده از داده های تاریخی موجود، در بازه زمانی تحت بررسی، مجددا رابطه لگاریتمی توسعه یافته برآورد می شود. سپس موارد مشاهدات مرتبط با وضعیت های تصادفی را در ماه t با مجموعه ای از پارامترهای برآورد شده از پنجره که در ماه ***t-12*** به پایان می رسد، مورد بررسی قرار داده تا اطمینان حاصل شود که پیش بینی های دیگری قبل از دوره زمانی که سقوط های آینده قیمت های سهام اندازه گیری می شوند، مشاهده نمی شود.

به عبارت دیگر، انتظارات غیرمستقیم در ماه t از یک رخ داد تصادفی در آینده در طی ۱۲ ماه آینده به عنوان احتمال سقوط محاسبه شده بر مبنای متغیرهای توضیحی مقطع زمانی و دیگر متغیرها تعیین گردیده و پارامترهای برآوردی با استفاده از داده ها برای متغیرهای توضیحی تا ماه t - 12 برآورد گردیده و از این رو، داده ها برای متغیر وابسته تا ماه t، احتمالات پیش بینی شده قبل از ابتدای دوره را نادیده می گیرد. در این تحقیق احتمال سقوط قیمت سهام را برآورد و آن را (CRASHP) نامیده و همچنین احتمال حباب قیمتی را نیز برآورد و آن را (JACKPOTP) نام گذاری شده است. بر اساس هر یک از احتمالات پیش بینی شده، بازده سرمایه گذاری در پایان ماه هر ماه تعیین و بازده هر سبد سهام در ماه t + 2 محاسبه می شود. در این تحقیق از برآوردهای ماهانه بهره جسته تا اثرات احتمالی کوتاه مدت پیش گیری شود. الگوی برآورد بازده مقطعی به شکل رابطه شماره ۷ تعریف شده که الگویی غیر خطی بوده و از الگوی جانگ و کانگ(۲۰۱۶) در محاسبه آن بهره گرفته شده است:

$$r_{i,d} - r_{f,d} = \alpha_i + \beta_i\left(r_{m,d} - r_{f,d}\right) + \gamma_i\left(r_{m,d} - r_{f,d}\right)^2 + \varepsilon_{i,d} \qquad ۷$$

که در آن متغیر وابسته صرف ریسک سهام نسبت به بازده بازار و متغیر توضیحی بازده اضافی سهام نسبت به بازده بدون ریسک است که به صورت خطی و درجه دو توامان طی رابطه برآوردی منظور گردیده است. در ارزیابی بازده مقطعی سهام از الگوی مورد استفاده طی تحقیقاتی چون: آنگ و همکاران(۲۰۰۶)، بالی، کاکیکی و وایت لاو(۲۰۱۱)، استرامباق، یو و یوآن(۲۰۱۲) و نهایتا کنراد(۲۰۱۴)، پیروی شده و از پارامترهای موضعی نظیر دهک ها نیز برای توصیف پراکندگی بازده بهره گرفته شده است.

نتایج برآورد بازده مقطعی نمی تواند با الگوی سه عاملی فاما و فرنچ(۱۹۹۳) بیان شده و برای افزایش قابلیت توضیح دهندگی از الگوی پیشنهادی ژانگ و کان(۲۰۱۶)، بهره گرفته شده است اگر چه می توان تفاوت موارد برآوردی در بین دو الگو را نیز بررسی کرد. برای مقایسه، سود تجمعی از یک استراتژی سرمایه گذاری مشابه در مجموعه بازار، تعریف شده به عنوان سبد ارزش افزایشی از همه سهام فهرست شده بهره گرفته شده است. بر اساس این معیار اختلاف مقطعی در بازده بین کمترین و بالاترین حلقه های سقوط مورد بررسی قرار گرفته و به عنوان احتمال سقوط قیمت سهام در نظر گرفته می شود.

محاسبه پرتفوی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز

الگوریتم علف های هرز ،بر اساس تئوری انتخاب R و K عمل می کند. علف های مصنوعی یا همان راه حل ها، در شروع الگوریتم از سیاست R استفاده می کنند و به تدریج استراتژی خود را به استراتژی انتخاب K تغییر می دهند.

استراتژی انتخاب R

"زندگی سریع،تکثیر فوری، مرگ در جوانی"

استراتژی انتخابی است برای موفقیت در محیط های ناپایدار و غیرقابل پیش بینی که در آن توانایی تولید مثل سریع و فرصت طلبانه می باشد و در آن سازگاری برای موفقیت در رقابت ارزش کمی دارد.

خصوصیتی که در این استراتژی مورد علاقه می باشد: بازدهی سریع در کوتاه مدت

استراتژی انتخاب K

"زندگی کند، تولید مثل آهسته، مرگ در پیری"

استراتژی انتخابی برای موفقیت محیط های با ثبات و قابل پیش بینی که در آن به احتمال زیاد رقابت سنگین برای منابع محدود بین افرادی که به خوبی برای رقابت مجهز شده اند وجود دارد. در جمعیت هایی که اندازه آنها نزدیک به حداکثر مقداری می باشد که زیستگاه می تواند داشته باشد.

خصوصیتی که در این استراتژی مورد علاقه می باشد: بازدهی استوار کسب شده در طولانی مدت با ریسک کمتر

جزئیات گام های الگوریتم بهینه سازی علف هرز

تولید جمعیت تصادفی اولیه و ارزیابی تابع هدف آنها

تولید مثل بر مبنای شایستگی و بروز رسانی انحراف معیار

حذف رقابتی

رفتار کلونی علف‌ها از الگوریتم زیر پیروی می‌کند:

۱- تولید جمعیت اوّلیه[1] :یک مجموعه از جواب‌های اولیه به صورت تصادفی در فضای مسئله پخش می‌شوند.

۲- تولید مثل :هر دانه متناسب با شایستگی خود تولید مثل می‌کند. از آنجا که الگوریتم علف هرز مهاجم از جمله الگوریتم‌های تکاملی می‌باشد، با توزیع بیشتر دانه در فضای نزدیک‌تر به جواب نهایی ما کمک می‌کنند که به حلّ مسئله نزدیک‌تر شویم. هرچقدر دانه‌ها به جواب نهایی نزدیک تر باشند شایستگی آن‌ها بیشتر است و برای ما با ارزش تر محسوب می‌شوند. دانه‌ها یا به‌طور کلی گونه‌هایی که شایستگی بیشتری دارند، برای تولید مثل انتخاب می‌شوند؛ هر چند این فرصت به گونه‌های با شایستگی کمتر نیز داده می‌شود تا تولید مثل کنند و فرصت بقا داشته باشند.

همچنین تولیدمثل برای هر علف از فرمول مقابل بدست می‌آید:

$$S = [S_{min} + (S_{max} - S_{min}) \times \frac{f - f_{worst}}{f_{best} - f_{worst}}]$$

که در آن S_{min} حداقل دانه تولیدی و S_{max} حداکثر دانه تولیدی است؛ همچنین f_{worst} کمترین شایستگی و f_{best} بیشترین میزان شایستگی و f شایستگی علف مورد نظر است.

۳- پراکندگی ناحیه‌ای:دانه‌ها با توزیع نرمال با میانگین صفر و انحراف معیار σ توزیع می‌شوند.

$\Delta x_i \sim N(0, \sigma_t^2)$برای یک مقدار اولیه (initial) و یک مقدار نهایی (final) در نظر می‌گیریم. در ابتدا پراکندگی مقدار بیشتری دارد که با فرمول

$$(\sigma_{iter} = \frac{(iter_{max} - iter)^n}{(iter_{max})^n}(\sigma_{initial} - \sigma_{final}) + \sigma_{final})$$

به سمت پراکندگی کمتر می‌رود. این فرمول میزان پراکندگی در هر مرحله را نشان می‌دهد. در اینجا به صورت پیوسته تغییر سیاست بقا از انتخاب r به انتخاب k را مشاهده می‌کنیم.

۴- محرومیت رقابتی: اگر علفی بدون فرزند بماند منقرض خواهد شد در غیر این صورت نماینده ای در نسل‌های بعد خواهد داشت و می‌تواند منابع را از آن خود کند؛ بنابراین به نوعی رقابت بر سر جمعیت و فرزندآوری نیازمندیم. که جمعیتمان از حد مشخصی بیشتر نشود. در مراحل اولیه اجرای الگوریتم علف‌ها به سرعت تولید مثل می‌کنند و در فضای مسئله پخش می‌شوند تا اینکه به محدودیت حداکثر جمعیت برسیم. از اینجا به بعد هر علف مطابق روال گفته شده دانه تولید می‌کند و در فضای پیرامون خود پخش می‌کند. سپس همهٔ دانه‌ها و علف‌ها در کنار هم ارزیابی می‌شوند و به اندازه اضافه بر حداکثر جمعیت باید از جمعیت کم شود؛ بنابراین علف‌ها و دانه‌هایی با کمترین شایستگی حذف خواهند شد تا به حداکثر جمعیت برسیم. علف‌هایی با شایستگی بیشتر اجازه زنده ماندن و تولید مثل پیدا می‌کنند. همچنین این الگوریتم به علف‌هایی با شایستگی پایین امکان تولید مثل می‌دهد تا در

[1] Initializing a Population

صورتی که فرزندانش شایستگی بیشتری داشته باشند در کلونی زنده بمانند. این الگوریتم نوعی رقابت برای بقا و تولیدمثل بین علف‌ها ایجاد می‌کند که در نهایت شایسته‌ترین علف‌ها یا همان نزدیک‌ترین گزینه‌ها به جواب نهایی در کلونی می‌مانند.

الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار

شیر مورچه یا مورچه خوار از راسته حشره های بال توری می باشد. این نوع از حشرات برای شکار و تغذیه مورچه ها از یک روش و تکنیک عجیب استفاده می کنند که الگوریتم ارائه شده در این پروژه الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار[1] از تعامل میان شیر مورچه و مورچه در شکار الهام گرفته شده است. همچون الگوریتم فرا اکتشافی ژنتیک این الگوریتم نیز مبتنی بر جمعیت می باشد، بنابراین در هر مرحله ایی که الگوریتم اجرا می شود یک مجموعه از جواب کاندید جمع آوری می شود. الگوریتم بهینه سازی شیر مورچه در اولین مرحله جمعیت اولیه از مورچه ها(اطلاعات) را تولید می کند که با این کار به منظور حل مسئله مجموعه ایی از راه حل ها بوجود می آید.
در مرحله دوم صحیح بودن مقادیری که به موقعیت مورچه(اطلاعات) داده شده است بررسی می شود.
در مرحله سوم از الگوریتم بهینه سازی شیر مورچه که مهمترین مرحله نیز محسوب می شود، محاسبه تابع برازندگی مورچه(اطلاعات) انجام می شود. برای نشان دادن این که این راه حل تا چه اندازه بهینه بوده است از تابع شایستگی یک مورچه استفاده می شود. این الگوریتم از عکس العمل مورچه هایی که توسط شیر مورچه به دام افتاده اند بهره می برد.
اگر بخواهیم در یک جمله و به صورت خلاصه نحوه عملکرد الگوریتم شیر مورچه را توضیح دهیم؛ این گونه می‌توان بیان کرد که الگوریتم ALO تعامل بین مورچه ها و نحوه رفتار آن ها را در تله، تقلید می‌کند. برای مدل‌سازی چنین فعل و انفعالی، مورچه‌ها باید در فضای جستجو حرکت کنند. مورچه‌ها اجازه دارند تا آن ها را شکار نمایند و با استفاده از تله ها بهتر شوند. از آنجایی که مورچه ها، هنگام جستجوی غذا در طبیعت و به صورت کاملاً تصادفی حرکت می‌کنند؛ یک معادله راه رفتن تصادفی، برای مدل سازی حرکت مورچه ها به شرح زیر، انتخاب می‌شود.

$$X(t) = [0, cumsum(2r(t_1) - 1), cumsum(2r(t_2) - 1), \dots, cumsum(2r(t_n) - 1)]$$

در رابطه بالا، زمانی که Cumsum مجموع تجمعی را محاسبه می‌کند؛ n حداکثر تعداد تکرار خواهد بود و همچنین در این حالت، t مرحله پیاده روی تصادفی را نشان داده و r(t) یک تابع تصادفی است و به صورت زیر، تعریف می‌گردد که در آن، t مرحله پیاده روی تصادفی را نشان داده و rand، یک عدد تصادفی است که با توزیع یکنواخت در بازه [۰،۱] تولید می‌شود.

$$r(t) = \begin{cases} 1 & if\ rand > 0.5 \\ 0 & if\ rand \leq 0.5 \end{cases}$$

[1] ALO یا The Ant Lion Optimizer

۶-یافته های پژوهش:

برآورد الگوها با تکیه بر بازده (PTH) و رشد دارایی(AG):

در این بخش یافته ها به پیش بینی های بازده و رشد سرمایه گذاری پرداخته شده است. انتظار می رود که سهام رشدی با بازده بالا، در آینده بازده کمتر و سهام دارای بازده پایین، در آینده بازده و رشد بهتری دارد و در عین حال رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز در مقایسه آن رویکردهای سنتی از قابلیت بهتری در زمینه پیش بینی بازده آتی و رشد سرمایه گذاری برخوردار است. در این راستا مبادرت به مرتب کردن سبدهای سهام بر مبنای بازده و رشد سرمایه گذاری کرده و با توجه به دو عامل: ۱) بازده تعدیل شده و ۲) رشد سرمایه گذاری، ۲۵ پورتفوی یا سبد سرمایه گذاری تشکیل شده و بر اساس این طبقه بندی ۲۵ گانه مبادرت به برآورد شده است. طی جدول شماره زیر در ابتدا به تبیین بازده این سبدهای ۲۵ گانه و در ادامه به برآورد پارامترهای الگوهای چند عامله و نیز الگوی مبتنی بر عامل Q اشاره شده است:

جدول شماره ۱ بازده سهام در سبدهای بر مبنای سودآوری(PTH) و رشد دارایی(AG)

میانگین بازده اضافی (r_{et}-r_f)										
گروه	*AG1*	*AG2*	*AG3*	*AG4*	*AG5*	*AG1*	*AG2*	*AG3*	*AG4*	*AG5*
PTH1	۰/۴۳ (۱/۶۶)	۰/۵۸ (۱/۳۵)	۰/۶۸ (۲/۶۲)	۰/۶۱ (۱/۹۶)	۰/۰۵ (۰/۳۵)	۰/۴۸ (۱/۳۵)	۰/۵۹ (۱/۹۸)	۰/۶۷ (۲/۶۵)	۰/۴۸ (۱/۰۹)	۰/۰۵ (۰/۸۱)
PTH2	۱/۲۵ (۳/۳۸)	۱/۰۸ (۵/۳۵)	۰/۹۸ (۴/۳۸)	۰/۶۸ (۲/۳۴)	۰/۳۵ (۰/۷۸)	۰/۸۹ (۳/۲۸)	۰/۸۲ (۲/۲۹)	۰/۷۹ (۲/۳۸)	۰/۶۹ (۱/۶۴)	۰/۴۷ (۰/۸۴)
PTH3	۰/۸۶ (۴/۴۸)	۰/۸۲ (۳/۳۷)	۰/۷۶ (۳/۱۷)	۰/۶۴ (۲/۰۵)	۲/۳۴ (۱/۹۹)	۱/۲۸ (۳/۳۶)	۱/۱۴ (۲/۹۸)	۱/۰۲ (۲/۶۵)	۰/۶۷ (۲/۶۶)	۰/۳۷ (۲/۰۲)
PHT4	۰/۹۹ (۴/۵۸)	۰/۸۷ (۴/۳۳)	۰/۷۲ (۴/۰۵)	۰/۵۸ (۳/۲۲)	۰/۴۷ (۲/۲۸)	۱/۲۴ (۳/۳۸)	۱/۱۲ (۳/۰۵)	۰/۸۹ (۲/۲۵)	۰/۷۶ (۲/۲۱)	۰/۶۷ (۲/۰۸)
PHT5	۰/۹۸ (۳/۹۹)	۰/۸۷ (۳/۶۵)	۰/۷۶ (۳/۲۲)	۰/۶۷ (۲/۲۹)	۰/۴۸ (۲/۰۲)	۱/۲۵ (۴/۵۸)	۱/۰۵ (۳/۶۱)	۰/۹۶ (۳/۳۱)	۰/۷۹ (۲/۲۵)	۰/۶۵ (۲/۰۲)

عوامل تعدیل شده بازده (آلفاها) در الگوهای مختلف بر مبنای سبدهای ۲۵ گانه				
همه سبدها		متوسط سبدها		
عامل	عامل برآوردی	آماره تی	عامل برآوردی	آماره تی
تک عامله	۱/۳۸	(۳/۵۸)	۱/۸۹	(۵/۶۱)
CAPM	۰/۸۱	(۲/۰۱)	۰/۶۸	(۲/۲۱)
سه عامله	۱/۲۵	(۳/۱۲)	۱/۶۱	(۴/۴۱)
کارهارت	۰/۹۹	(۴/۴۸)	۱/۳۵	(۳/۸۸)
۵ عامله	۰/۶۷	(۴/۰۵)	۱/۰۵	(۳/۱۶)

الگوی Q	۰/۴۱	(۵/۱۱)	۰/۷۸	(۶/۱۶)
بارهای عاملی در الگوی مبتنی بر عامل Q بر مبنای سبدهای ۲۵ گانه				
	همه سبدها		متوسط سبدها	
عامل q	برآوردی	آماره تی	برآوردی	آماره تی
ROE	۰/۸۹	(۳/۶۶)	۰/۸۷	(۴/۴۵)
I_A	۱/۳۵	(۴/۴۸)	۱/۳۶	(۴/۶۸)
ME	-۰/۲۵	(۱/۳۸)	-۰/۲۴	(۳/۳۳)
MKT	-۰/۴۸	(۲/۲۵)	-۰/۴۶	(۳/۳۹)

نتایج به دست آمده در برآوردهای رگرسیونی و آزمون های آماری معنی داری ضرایب برآوردی به شرح خلاصه شده به شرح بخش ب از جدول بالا نشان می دهد که:

۱) آماره تی استیودنت در بررسی همه سبدهای ۲۵ گانه سرمایه گذاری، به ازای الگوی مبتنی بر عامل Q برابر با ۵/۱۱ و در سطح ۵ درصد آزمون معنی دار بوده است. در حالی که در الگوهای تک عامله، CAPM، سه عامله فاما و فرنچ(۱۹۹۵)، ۴ عامله کارهارت(۱۹۹۷) و ۵ عامله فاما و فرنچ(۲۰۱۵) به ترتیب برابر با: ۳/۵۸، ۲/۰۱، ۳/۱۲، ۴/۴۸ و ۴/۰۵ محاسبه شده که در همه موارد در سطح ۵ درصد اطمینان معنی دار بوده ولی معنی داری الگوی Q به جهت به صفر میل کردن سطح معنی داری متناظر با تی استیودنت معنی دار تر بوده است. به عبارتی در برآورد رگرسیونی به ازای الگوی مبتنی بر عامل Q امکان پیش بینی بازده آتی و رشد سرمایه گذاری بر اساس سبدهای سرمایه گذاری طبقه بندی شده ۲۵ گانه مبتنی بر بازده و رشد سرمایه گذاری قابلیت اتکای بیشتری وجود داشته است.

۲) آماره تی استیودنت در بررسی متوسط سبدهای سرمایه گذاری، به ازای الگوی مبتنی بر عامل Q برابر با ۶/۱۶ و در سطح ۵ درصد آزمون معنی دار بوده است. در حالی که در الگوهای تک عامله، CAPM، سه عامله فاما و فرنچ(۱۹۹۵)، ۴ عامله کارهارت(۱۹۹۷) و ۵ عامله فاما و فرنچ(۲۰۱۵) به ترتیب برابر با: ۵/۶۱، ۲/۲۱، ۴/۴۱، ۳/۸۸ و ۳/۱۶ محاسبه گردیده که در همه موارد در سطح ۵ درصد اطمینان معنی دار بوده ولی معنی داری الگوی Q به جهت به صفر میل کردن سطح معنی داری متناظر با تی استیودنت معنی دار تر بوده است. به عبارتی در برآورد رگرسیونی به ازای الگوی مبتنی بر عامل Q امکان پیش بینی بازده آتی و رشد سرمایه گذاری بر اساس متوسط سبدهای سرمایه گذاری طبقه بندی شده ۲۵ گانه مبتنی بر بازده و رشد سرمایه گذاری قابلیت اتکای بیشتری وجود داشته است.

مقایسه برآورد بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و مقایسه آن با رویکردهای سنتی :

در این قسمت برای مقایسه دو رویکرد از میانگین حداقل مربعات خطا استفاده می‌کنیم. خطا در پیش‌بینی به معنای فاصله پیش‌بینی تا مقدار واقعی است.

می‌دانیم هر چه پیش‌بینی ما به مقدار واقعی نزدیک‌تر باشد عملکرد پیش‌بینی بهتر است. پس از انجام محاسبات مدل به عنوان نماینده برای بهینه سازی سبد سرمایه گذاری مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت نیز مدل‌های بدست آمده با یکدیگر مقایسه شد تا مدل بهینه انتخاب شود.در جدول زیر مقادیر رویکرد سنتی و پیش‌بینی شده با استفاده از الگوریتم های فراابتکاری را مشاهده می‌نمایید.

جدول ۲ مقادیر رویکرد سنتی و پیش‌بینی شده با استفاده از الگوریتم های فراابتکاری

روش محاسباتی	رویکردهای سنتی	الگوریتم بهینه سازی علف های هرز	الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار
میانگین نتایج بازدهی اکتسابی بدست آمده	0.669610022	0.719768155	0.672965473

جدول ۳ مقایسه توانایی دو الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و مورچه خوار جهت بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی با تاکید بر حداکثر سازی بازدهی و حداقل سازی ریسک

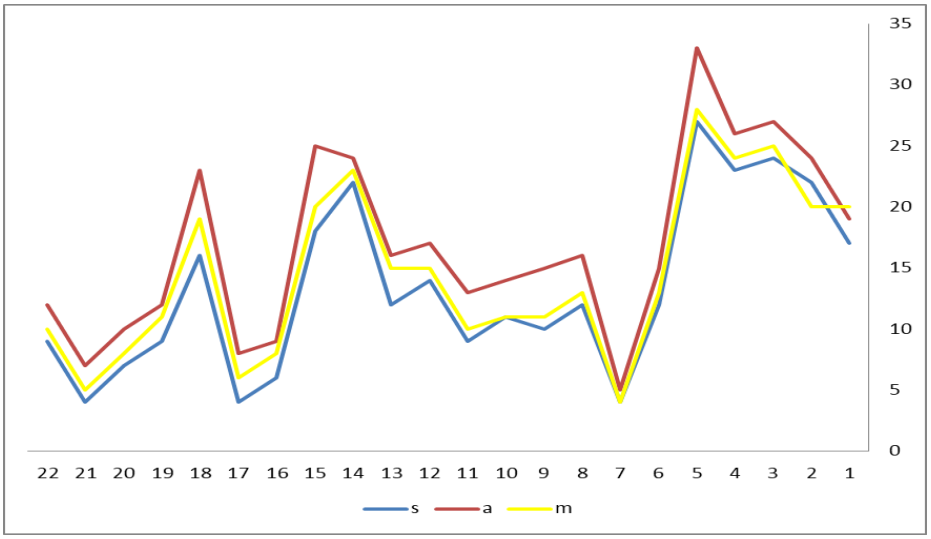
FOLD	الگوریتم بهینه سازی علف های هرز		الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار	
	خطای داده یادگیری	خطای داده ارزیابی	خطای داده یادگیری	خطای داده ارزیابی
۱	۱.۰۳۵	۱.۰۴۲	۱.۸۴۱	۱.۹۸۵
۲	۱.۳۶۵	۱.۳۷۱	۱.۷۴۵	۱.۸۲۶
۳	۱.۴۸۵	۱.۴۹۱	۱.۶۲۳	۱.۷۴۵
۴	۱.۳۴۱	۱.۳۹۲	۱.۵۸۷	۱.۷۴۲
۵	۱.۴۵۲	۱.۴۶۷	۱.۶۴۲	۱.۷۶۵
۶	۱.۴۵۲	۱.۴۶۲	۱.۵۲۱	۱.۶۹۸
۷	۱.۶۲۳	۱.۶۴۹	۱.۷۴۵	۱.۸۰۱
۸	۱.۸۴۲	۱.۸۵۲	۱.۷۲۶	۱.۹۱۳
۹	۱.۳۲۱	۱.۴۱۶	۱.۹۴۲	۱.۹۸۶
۱۰	۱.۲۵۴	۱.۳۰۱	۱.۹۰۲	۱.۹۴۳
میانگین	۱.۴۱۷	۱.۴۴۴	۱.۷۲۷	۱.۸۴۰
توانایی پیش بینی	۰.۹۸۰۷		۰.۹۳۷۸	

همان گونه که مشاهده می‌نمایید خطای الگوریتم بهینه سازی علف های هرز کمتر ازخطاهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار است. می‌توان گفت به علت حرکت غیرخطی شبکه الگوریتم بهینه سازی علف های هرز به نسبت الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار می‌توان توان برآورد آن را بالاتر از الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار دانست. بنابراین با توجه به جدول بالا می‌توان گفت که فرضیه های تحقیق ما پذیرفته می‌شود زیرا ما توانسته ایم

به بهینه سازی سبد سهام بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز بپردازیم و همچنین نتایج بدست آمده را با رویکردهای سنتی مقایسه نماییم.
همانطور که گفته شد میزان کمتر مجذور میانگین مکعبات خطای پیش‌بینی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی علف های هرز کمتر از الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار می‌باشد و این مطلب نشان دهنده عملکرد بهتر الگوریتم بهینه سازی علف های هرز در برابر الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار است.
بنابراین خطاهای هر یک از دو روش و سپس RMSE محاسبه می‌شود و با توجه به آن نتایج تحقیق گرفته می‌شود. در پیش‌بینی، به طور کلی پیش‌بینی مطلوب و مورد توجه قرار دارد که خطای کمتری داشته باشد. خطا را فاصله مقدار واقعی از مقدار تخمین زده شده می‌گویند.
ابتدا برای هر یک از دادهای بهینه سازی سبد سرمایه گذاری هر یک از مدل‌ها میزان بازدهی سرمایه گذاری و میزان ریسک متحمل شده آن‌ها تخمین زده می‌شود. پس از آنکه تخمین‌ها را انجام دادیم با استفاده از نرم افزار اکسل فاصله میان تخمین و واقعیت را میابیم.
همان گونه که مشاهده می‌نمایید خطای الگوریتم بهینه سازی علف های هرز کمتر ازخطاهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار است. می‌توان گفت به علت حرکت غیرخطی شبکه عصبی در الگوریتم بهینه سازی علف های هرز می‌توان توان برآورد آن را بالاتر از الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار دانست.
با توجه به شکل زیر می‌توان گفت که فرضیه های تحقیق ما پذیرفته می‌شود زیرا:

۱) انتخاب سبد سرمایه گذاری با استفاده از مدل های فراابتکاری بهتر از انتخاب سبد سرمایه گذاری با استفاده از شیوه های سنتی می باشد.
۲) الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار توانایی انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه را دارد.
۳) الگوریتم بهینه سازی علف های هرز توانایی انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه را دارد.
۴) الگوریتم بهینه سازی علف های هرز نسبت به الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار توانایی بالاتری جهت انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه دارد.

همانطورکه گفته شد میزان کمتر مجدور میانگین مربعات خطای پیش‌بینی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی علف های هرز نشان دهنده عملکرد بهتر این مدل در برابر الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار است.
حال در شکل زیرنتایج حاصل از الگوریتم های بهینه سازی علف های هرز، الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و مقایسه آنها با رویکرد سنتی ارائه شده است :



نمودار ۱ مقایسه الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و بهینه سازی علف های هرز با استفاده از متغیر های حدکثر سازی بازدهی و حداقل سازی ریسک

در این نمودار رنگ قرمز مربوط به الگوریتم بهینه سازی علف های هرز می‌باشد و رنگ زرد مربوط به الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و رنگ آبی مربوط به رویکرد های سنتی می‌باشد.

همان گونه که مشاهده می‌شود در نمودار بالا خطای الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و پرش های ان نسبت به رویکرد سنتی کمتر از خطاهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار است. بنابراین می‌توان بیان داشت که به علت پراش های کمتر شبکه عصبی در الگوریتم بهینه سازی علف های هرز می‌توان توان برآورد آن را بالاتر از الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار دانست و همچنین همیشه برآوردهای الگوریتم بهینه سازی علف های هرز در کسب بازدهی بهتر و بالاتر از رویکرد سنتی و الگوریتم مورچه خوار می باشد. بنابراین الگوریتم بهینه سازی علف های هرز توان بالاتری جهت برآورد بهینه سازی سبد سرمایه گذاری نسبت به الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و رویکردهای سنتی دارا می‌باشد.

با توجه با مباحث مطرح شده و فرضیات مطرح در این پژوهش مشاهده می‌شود که ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و مولفه های بهینه سازی سبد سرمایه گذاری قابلیت برآورد بهینه سازی سبد سرمایه گذاری را دارند و با توجه به RMSE هر دو مدل ارائه شده با استفاده از شبکه عصبی در این پژوهش قدرت بهینه سازی سبد سرمایه گذاری را دارا می باشند اما به صورت دقیقتر نتایج بیان گر این مطلب می‌باشد که :

الگوریتم بهینه سازی علف های هرز توان بالاتری جهت بهینه سازی سبد سرمایه گذاری نسبت به الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و رویکرد سنتی دارد.

۷- بحث و نتیجه گیری:

همانطور که قبلا بیان شد هدف اصلی این پژوهش بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و مقایسه آن با رویکردهای سنتی می باشد . برای دستیابی به این خواسته در ابتدا به ایجاد سبد های سهام پرداختیم و ریسک و بازدهی سبدهای ایجاد شده محاسبه گردید. در بخش تجزیه و تحلیل داده ها هر یک از مفروضات مورد آزمون قرار گرفت و رابطه عوامل هر فرضیه با بهینه سازی سبد سرمایه گذاری تحلیل شد.

نتایج حاصل شده از تحقیق فائزی و شهابی ۲۰۲۰ که مدل ریاضی صفر و یکی را برای انتخاب سبد سهام بهینه و بر اساس مدل خاکستری ارائه و آن را توسط الگوریتم فرا ابتکاری جهش قورباغه مخلوط شده حل کردند. نتایج پژوهش آنها حاکی از آن است که از روش پیشنهادی نه تنها در مسئله انتخاب سبد بهینه میتوان استفاده کرد بلکه میتوان آن را در مسائل تصمیم گیری چندمعیاره مورد استفاده قرار داد که این نتایج همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

نتایج حاصل شده از تحقیق لیو و همکاران ۲۰۱۹ که به بررسی مدل ارزیابی عملکرد سبد سهام چند دوره ای بر اساس تئوری امکان پرداختند بر اساس دو تعریف جدید، یک مدل ارزیابی عملکرد سبد سهام چند دوره ای فازی ارائه میکنند. سپس، با استفاده از رویکرد مجموع وزنی مدل پیشنهادی به یک مسئله برنامه نویسی واحد تبدیل شده و یک الگوریتم PSO با مکانیسم محدودیت دستیابی به امکانسنجی برای راه حل طراحی میدهند که این نتایج همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

نتایج حاصل شده از تحقیق لیاگوراس و متاکسیوتیس ۲۰۱۸ در مقاله با عنوان "مدل بهینه سازی میانگین- واریانس سبد برای سهام چند دوره ای فازی باهزینه های معاملاتی" الگوریتم تکاملی چند وجهی (MOEA) پرداختن به مسائل بهینه سازی سبد سهام چند دوره ای فازی با هزینه های معاملاتی پیشنهاد میکنند که این نتایج همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

نتایج حاصل شده از تحقیق حسنلو ۲۰۱۷ که به انتخاب سبد سهام چند دوره ای با استفاده از برنامه ریزی محدودیت شانس پرداختند و یک مدل جدید چند دوره ای انتخاب سبد سهام را با نرخ استقراض و وامهای مختلف بر اساس مفهوم برنامه نویسی تصادفی پیشنهاد کرده است. در این مدل پیشنهادی برای ارزیابی عدم قطعیت و ماهیت تصادفی انتخاب سبد سهام فرض شده است که نرخ بازگشت و نرخ وام گرفتن و وام دادن، به طور مستقل و به نرمال توزیع شده و الگوریتم ژنتیکی برای حل برنامه نویسی غیرخطی ارائه کردند که این نتایج همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

نتایج حاصل شده از تحقیق نجفی و موشخیان ۲۰۱۵ که به بررسی مدل بهینه سازی سبد سرمایه گذاری چند دوره ای تصادفی میانگین- نیم واریانس- ارزش در معرض خطر شرطی با درنظر گرفتن هزینه معاملات" با استفاده از ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و بهینه سازی ذرات طراحی شده به حل مدل پرداخته و از آنجا که کارایی الگوریتمها به انتخاب صحیح پارامتر بستگی دارد، از روش تاگوچی برای تنظیم پارامتر الگوریتم استفاده نمودند که این نتایج همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

نتایج حاصل شده از تحقیق گوپتا و همکاران ۲۰۱۳ که یک مدل چند معیاره فازی انتخاب سبد سرمایه گذاری با بیشینه سازی بازده و نقدشوندگی و در نظر گرفتن ریسک به صورت فازی و به عنوان محدودیت ارائه دادند. در این مدل بودجه، محدودیتهای کاردینالیتی و در نظر گرفتن حد بالا و پایین برای سرمایه گذاری در هر سهم در نظر گرفته شده است که آن را با یک الگوریتم هیبریدی که شبیه سازی فازی را با الگوریتم ژنتیک ترکیب کرده است حل شده است که این نتایج همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

نتایج حاصل شده از تحقیق مدرس و همکاران ۱۳۸۷ به انتخاب یک سبد سرمایه گذاری از بین سهام شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک پرداختند پس از محاسبه متغیرهای اصلی تحقیق (ریسک و بازده ماهانه برای دوره زمانی ۸ ساله) و تهیه الگوریتم لازم جهت انجام برنامه، با توجه به فرضیات تحقیق، در سطوح مختلفی از اندازه سبد، نتایج حاصل از هر بار اجرای این الگوریتم با نتایج حاصل از مدل مارکویتز و انتخاب تصادفی مقایسه شد. انجام آزمون‌های آماری مربوط بر روی نتایج فرضیه‌های تحقیق حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار و برتری قابل توجه نتایج حاصل از روش الگوریتم ژنتیک در مقایسه با نتایج حاصل از مدل مارکویتز و تصادفی بودند که این نتایج همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

نتایج حاصل شده از تحقیق حیدری و همکاران ۱۴۰۰ که به بهینه سازی سبد سهام مبتنی بر مدل برنامه ریزی امکانی استوار با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و جهش قورباغه مخلوط شده پرداختند و نتایج حاصل از اجرای دو الگوریتم بیانگر عدم تفاوت معنادار بین دو الگوریتم در انتخاب سبد سرمایه‌گذاری است اما رویکرد ترکیبی تاپسیس و وزن‌دهی آنتروپی، الگوریتم ژنتیک را به‌عنوان الگوریتم برتر انتخاب می‌کند که این نتایج همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

بنابر تجزیه و تحلیل های انجام گرفته ، مشاهده نمودیم که انتخاب سبد بهینه سرمایه گذاری با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی علف های هرز و مورچه خوار توانایی بهینه سازی سبد سرمایه گذاری را با استفاده از مولفه های حداکثر سازی بازدهی و حداقل سازی ریسک دارا می باشند و در ضمن براساس نتایج کسب شده در فصل چهارم الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار توانایی بالایی (بیش از ۹۳٪) جهت بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با تاکید بر مولفه های حداکثر سازی بازدهی و حداقل سازی ریسک دارند. در واقع الگوریتم بهینه سازی علف های هرز با دقت ۹۸.۰۷٪ (خطای ۱.۴۴٪) و الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار با دقت ۹۳.۷۸٪ (خطای ۱.۸۴۰٪) توانسته اند بهینه سازی سبد سرمایه گذاری را پیش بینی نمایند. از این رو در مقایسه توانایی دو الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و مورچه خوار جهت بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی با تاکید بر مولفه های حداکثر سازی بازدهی و حداقل سازی ریسک می توان بیان داشت که الگوریتم بهینه سازی علف های هرز توانایی بالاتری جهت بهینه سازی سبد سرمایه گذاری دارا می باشد.

از مباحث مهم در بازارهای سرمایه، بحث انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه بوده و در این رابطه، بررسی و مطالعات زیادی با توجه به میزان ریسک و بازده آن توسط سرمایه گذاران انجام شده است. معمولا فرض بر این است که سرمایه گذاران ریسک را دوست ندارند و از آن گریزانند و همواره در پی آن هستند تا در اقلامی از دارایی

ها سرمایه گذاری کنند، که بیشترین بازده و کمترین ریسک را داشته باشند. به عبارتی دیگر سرمایه گذاران به بازده سرمایه گذاری به عنوان یک عامل مطلوب می نگرند و به واریانس بازده (ریسک) به عنوان یک عنصر نامناسب نظر دارند. مدلی که در این تحقیق ارائه شده با در نظر گرفتن هر دو این توابع هدف و با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر عناصر تشکیل دهنده سبد می باشد. در نتیجه می توان برای رسیدن به چنین هدفی نیاز است با توجه به اطلاعات مالی و شرایط حاکم بر سرمایه گذاری در دنیای واقعی، برنامه ریزی ریاضی پیشنهاد نمود. جهت تحصیل اوراق بهادار و هرگونه سرمایه گذاری انواع متفاوتی از هزینه ایجاد می شود. در این بین مهمترین عامل هزینه، هزینه خرید می باشد، اما عوامل هزینه دیگری نیز مانند هزینه ثابت ممکن است وجود داشته باشد. هدف از این پژوهش، در نظر گرفتن عدم قطعیت در مدل های مربوط به بهینه سازی سبد سهام برای نزدیک شدن مدل به دنیای واقعی است. مسأله مورد توجه در اینجا دارای هدف کمینه سازی نسبت ریسک به بازده هر سهم است.

در گذشته سرمایه گذاران برای رسیدن به اهداف خود، از تجربه های خود و یا دیگران استفاده می کردند. با پیشرفت مدیریت مالی، انتخاب های سرمایه گذاران علمی تر شد و توانستند با به کار گیری مدلهای مختلف و تلفیق نتایج آن با تجربه های خود، انتخاب بهینه را تا حدی محقق سازند. بر اساس نظریه های نوین مالی، عواملی که باید برای انتخاب یک پرتفوی مناسب مدنظر قرار گیرند از اهمیت به سزایی برخوردارند. تصمیمات سرمایه گذاری منطقی نیازمند توجه به معیارهای زیاد و عوامل مختلف (نقدینگی، ریسک ارز، هزینه های معامله، رفتارهای مختلف سرمایه گذاری و روند بازار مالی) به طور همزمان است. سختی در انتخاب سبد سهام یکی از مباحث مهم تحقیق در امور مالی است. هدف اصلی از انتخاب سبد سهام، انتخاب بهترین ترکیب از دارایی و بالاترین بازده مورد انتظار است؛ در حالیکه سطح قابل قبولی از ریسک را تامین کند.

از سوی دیگر یافتن روشی مناسب برای اولویت بندی سهام با هدف ایجاد دیدی مناسب در سرمایه گذار نسبت به وضعیت کلان پیش رو و افق بلند مدت سرمایه گذاری، در این تحقیق مورد توجه بوده و در نتیجه با استفاده از روش افق زمانی، سهام اولویت بندی شده و در نهایت مدل اصلی با استفاده از الگوریتم های فراابتکاری حل شده است. الگوریتم پیشنهادی در این پژوهش، الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز است. در نهایت نیز برای تحلیل بهتر روند طی شده، نتایج بدست آمده از الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز با نتایج رویکرد های سنتی مقایسه شده است.

نتایج نشان حاصل شده از آزمون فرضیه های تحقیق نشان داد که :

۱) انتخاب سبد سرمایه گذاری با استفاده از مدل های فراابتکاری بهتر از انتخاب سبد سرمایه گذاری با استفاده از شیوه های سنتی می باشد.

۲) الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار توانایی انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه را دارد.

۳) الگوریتم بهینه سازی علف های هرز توانایی انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه را دارد.

نتایج حاصل شده از تحقیق فائزی و شهابی ۲۰۲۰ ، لیو و همکاران ۲۰۱۹ ، لیاگوراس و متاکسیوتیس ۲۰۱۸ ، حسنلو ۲۰۱۷ ، نجفی و موشخیان ۲۰۱۵ ، گوپتا و همکاران ۲۰۱۳ ، مدرس و همکاران ۱۳۸۷و حیدری و همکاران ۱۴۰۰ همسو با نتایج حاصل شده از این تحقیق می باشد.

پرتفوی کارآ به معنای ترکیب بهینه اوراق بهادار است به نحوی که ریسک آن پرتفوی، در ازای بازده مشخصی حداقل شود. مدل مارکویتز نشان داد مهم ترین عامل در انتخاب سبد سهام بهینه دو عامل بازده و ریسک می باشد. نتایج این پژوهش نشان می دهد که روش های بهینه سازی براساس تابع هدف تعریف شده به دنبال انتخاب سبد سهامی بودند که بیش ترین بازده و کمترین ریسک را دارد. با توجه به مدل مارکوویتز در مسئله انتخاب سبد مالی بهینه، به دلیل کوادراتیک بودن و محدودیت بالا و پایین سرمایه گذاری در هر دارایی و با توجه به راه حلهای دقیق موجود در برنامه ریزی ریاضی، همواره مشکلاتی در به دست آوردن پاسخ بهینه برای آن وجود داشته است. بنابراین در این تحقیق، تلاش بر این بوده است تا قابلیت و کاربرد الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار به عنوان روش هایی هوشمند در حل مسائل بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با محدودیت عدد صحیح و همچنین محدودیت مربوط به حد بالا و پایین نسبت سرمایه گذاری در هر دارایی نشان داده شود که با استفاده از تعاریف مختلف ریسک یعنی میانگین واریانس، نیم - واریانس و میانگین انحراف مطلق صورت پذیرفته است. از طرفی استفاده از الگوریتم های فراابتکاری سرمایه گذار را قادر می سازد تمایلات و ترجیحات خود را نسبت به ریسک و بازده در مدل نهایی اعمال کند. همانطور که مشاهده شد الگوریتم بهینه سازی علف های هرز در یافتن جوابهای بهینه و مرز کارای سرمایه گذاری در تعاریف متفاوتی از ریسک به طور کارایی اقدام به حل مسئله نموده است.

هدف پژوهش حاضر بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس رویکردهای الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار و الگوریتم بهینه سازی علف های هرز و مقایسه آن با رویکردهای سنتی می باشد . بدین منظور ابتدا با استفاده از مولفه های حداکثر سازی بازدهی و حداقل سازی ریسک به بهینه سازی سبد سرمایه گذاری پرداخته شد و همچنین قدرت پیش بینی دو الگوریتم بهینه سازی علف های هرز، الگوریتم بهینه سازی مورچه خوار با یکدیگر مقایسه گردیدند و نتایج دو الگوریتم فوق الذکر با رویکرد سنتی مقایسه شد.

نتایج حاصل شده از آزمون فرضیه های تحقیق نشان داد که مولفه های حداکثر سازی بازدهی و حداقل سازی ریسک با استفاده از الگوریتم بهینه سازی علف های هرز قدرت بالاتری نسبت به الگوریتم مورچه خوار جهت بهینه سازی سبد سرمایه گذاری را دارد. با توجه به موارد یاد شده الگوریتم بهینه سازی علف های هرز عملیات بهینه سازی سبد سرمایه گذاری به وسیله سرمایه گذاران و بیشتر فعالان بازار سرمایه را بهبود می بخشد و می توانند به جای استفاده از سایر روش ها و تحلیلها و برای جلوگیری از طولانی شدن زمان تحلیل ها از الگوریتم بهینه سازی علف های هرز استفاده نمایند تا نتایج دقیقتر و قابل اتکاتری را در کوتاه ترین زمان ممکن جهت بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بدست آورند.

فهرست منابع

۱) امیری, میثم, حسینی, سید مجتبی. (۱۳۹۸). نقش هم‌زمانی قیمت و آگاهی بخشی قیمت سهام در انتخاب سبد بهینه سهام. راهبرد مدیریت مالی, ۷(۳), ۲۵-۶۰.

۲) حدادی, محمد رضا, نادمی, یونس, طافی, فاطمه. (۱۴۰۰). بهینه سازی سبد سهام با معیارهای MAD و CVaR با مقایسه روش های کلاسیک و فراابتکاری. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار, ۱۲(۴۷), ۵۱۴-۵۳۳.

۳) حیدری, محمدسعید, ولیدی, جواد, ابراهیمی, سیدبابک. (۱۴۰۰). بهینه سازی سبد سهام مبتنی بر مدل برنامه ریزی امکانی استوار با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و جهش قورباغه مخلوط شده. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار, ۱۲(۴۷), ۵۶۴-۵۸۶.

۴) خواجه زاده, سامیران, شاهوردیانی, شادی, دانشور, امیر, معدنچی زاج, مهدی. (۱۳۹۹). پیش بینی سبد بهینه سهام رویکرد الگوریتم فراابتکاری و فرآیند تصمیم مارکوف. تصمیم گیری و تحقیق در عملیات, ۵(۴), ۴۲۶-۴۴۵.

۵) راموز, نجمه؛ زهرا اکبری آقمشهدی و علی رضا عاطفت دوست، ۱۳۹۹، انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از مدل برنامه ریزی توافقی در بورس اوراق بهادار تهران، راهبرد مدیریت مالی ۸ (۱)،

۶) رستگار, محمدعلی, اوکی نژاد, محمد. (۱۳۹۶). تاثیر افق سرمایه‌گذاری در بهینه کردن سبد سرمایه گذاری با استفاده از موجک و گارچ-کاپولا. مدلسازی ریسک و مهندسی مالی, ۲(۳), ۳۴۰-۳۶۱.

۷) رضایی محمدحسین، قهطرانی علیرضا، نجفی امیرعباس. به‌کارگیری بهینه سازی استوار در مساله انتخاب سبد سرمایه گذاری با افت سرمایه در معرض خطر مشروط. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن . ۱۳۹۶; ۱۴ (۲) :۹۳-۸۱

۸) عسگری محمد علی ۱۳۹۵ " مدل سازی پورتفوی سرمایه‌گذاری برای انتخاب بهینه سبد سرمایه گذاری شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران (رهیافت روش‌های فرا تکاملی)"رساله دکتری دانشگاه ارومیه

۹) فرید, داریوش؛ ابوالفضل دهقانی فیروزآبادی و حمیدرضا میرزایی، ۱۳۹۸، کاربرد رویکرد برنامه ریزی ترجیحات فازی لگاریتمی در انتخاب سبد سرمایه گذاری، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی، یزد، دانشگاه یزد - انجمن علمی مدیریت صنعتی ایران،

۱۰)فلاح شمس, میرفیض, عبداللهی, احمد, مقدسی, مطهره. (۱۳۹۲). بررسی عملکرد معیارهای متفاوت ریسک در انتخاب و بهینه‌سازی سبد سرمایه گذاری با استفاده از الگوریتم مورچگان در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. راهبرد مدیریت مالی, ۱(۲), ۱۵-۳۲.

۱۱)سینا, افسانه, فلاح شمس, میرفیض. (۱۳۹۸). بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با رویکرد نظریه ارزش فرین در بورس اوراق بهادار تهران. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار, ۱۰(۴۰), ۱۸۴-۲۰۰.

۱۲)صفری سعید ، محمدجواد شیخ، یوسف مشتاقی ۱۳۹۵ " انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه با استفاده از مدلسازی آرمانی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی رویکرد ارزش افزوده اقتصادی" چشم انداز مدیریت مالی، شماره ۱۳ بهار ۱۳۹۵، ص ۵۲ -۳۷

۱۳)محمدی, پریسا، ۱۳۹۸، مدل چند معیاری برای انتخاب بهینه سبد سرمایه گذاری میتنی بر رویکرد گوردون، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت دانش، بلاکچین و اقتصاد، تهران، انجمن مدیریت دانش ایران،

14) Faezy, F. & Shahabi, V. (2020). Forming the stock optimized portfolio using model Grey based on C5 and the Shuffled frog leap algorithm. Journal of Statistics and Management Systems; 19: 397-421.
15) Fernandez A., Gomez S, (2019), Portfolio selection using neural networks; Computer& Operations Research.s, 34.
16) Gulpinar, N. Rustem, B, 2019. Worst-case robust decisions for multi-period mean–variance portfolio optimization. European Journal of Operational, Volume 183, pp. 981-1000.
17) Gupta, P. Mehlawat, M.K, Yadav, S. Kumar, A, 2020. Intuitionistic fuzzy optimistic and pessimistic multi-period portfolio Intuitionistic fuzzy optimistic andpessimistic multi-period portfolio. Soft Computing.
18) Hassanlou, K., 2017. A multi period portfolio selection using chance constrained programming. Decision Science Letters, pp. 221-232
19) Liagkouras و K. Metaxiotis, K, 2018. Multi-period mean–variance fuzzy portfolio optimization model with transaction costs. Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 67, pp. 260-269.
20) Liu, Y. Zhang, W. Gupta, P, 2019. Multi-period Portfolio Performance Evaluation Model Based on Possibility Theory. TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS.
21) Najafi, A.A. Mushakhian, S, 2015. Multi-stage stochastic mean–semivariance– CVaR portfolio Multi-stage stochastic mean–semivariance–CVaR portfolio. Applied Mathematics and Computation, Volume 256, pp. 445-458.
22) Sun, Yufei. AW, G. Teo, k. Zhu. Y. Wang, X, 2016. Multi-period Portfolio Optimization Under Probabilistic Risk Measure. Finance Research Letters, Volume 18, pp. 60-66.
23) Wei Zhou, Zeshui Xu 2018 " Portfolio selection and risk investment under the hesitant fuzzy environment" Knowledge-Based Systems 144 (2018) 21–31
24) Zhang, J. Li, Q, 2019. Credibilistic Mean-Semi-Entropy Model for Multi-Period Portfolio Selection with Background Risk. Entropy, Volume

Financial Economics
Vol. (13) Issue (49) Spring 2024

Optimizing the investment portfolio based on the approaches of the anteater optimization algorithm and the weed optimization algorithm and comparing it with traditional approaches

Reza Nazi
PhD student in Financial Engineering, Islamic Azad University, Rodhan Branch, nazi_auditor@yahoo.com

Mahdi Madanchi Zaj
(Corresponding Autho) Department of Management, CT.C. , Islamic Azad University, Tehran, Iran
ma.madanchi@iau.ac.ir

Amirreza Keyghobadi
Department of Industrial Management , CT.C., Islamic Azad University , Tehran , Iran.
ar.keyghobadi@iau.ac.ir

Shadi Shahverdiani
faculty of Islamic Azad University, Shahr Quds Department of Management, Qods City Branch, Islamic Azad University, Qods City, Iran
sh.shahverdiani@qodsiau.ac.ir

Abstract
Today, investors use different criteria for measuring risk. These criteria are selected depending on the behavior of investors in the capital market and the amount of knowledge and mastery of financial issues. Much has been said about the use of risk in stock portfolio analysis, and also, investors, apart from the principle of risk aversion, have always tried to optimize the relationship between risk and return on operations.
Therefore, in this research, the portfolio optimization was based on the approaches of the anteater optimization algorithm and the weed optimization algorithm. This research was conducted for the period of 1400 to 1401 in Tehran Stock Exchange. The statistical method used in this research is multivariate regression method and optimized algorithm. The results of this study showed that: choosing a portfolio using meta-innovative models is better than choosing a portfolio using traditional methods. The anteater optimization algorithm has the ability to select the optimal investment portfolio. Weed Making has the ability to select the optimal investment portfolio.
Keywords: portfolio optimization, anteater optimization algorithm, weed optimization algorithm, traditional portfolio approaches