

مقایسه عملکرد الگوریتم ژنتیک فازی و جست و جوی شکار فازی در بهینه‌سازی پرتفوی فازی با استفاده از مدل میانگین - واریانس در بورس اوراق بهادار تهران

مجتبی میرلوحی^۱

رضا تهرانی^۲

عزت اله عباسیان^۳

علی جابری زاده^۴

چکیده

بازده دارایی‌ها با عدم اطمینان همراه است و همواره در طی زمان نوسانات غیرمنتظره‌ای به لحاظ شرایط اقتصادی، اجتماعی و سیاسی و ... در بازدهی دارایی‌ها از جمله سهام روی می‌دهد. منطق فازی می‌تواند یکی از گزینه‌های مناسب برای مدل کردن بازده دارایی‌ها باشد. همین منظور یک سیستم خبره فازی مبتنی بر قاعده برای حمایت از مدیران سرمایه‌گذاری در تصمیمات سرمایه‌گذاری میان مدتشان ساخته شده است. با توجه به غیرخطی بودن مسئله انتخاب پرتفوی و همچنین، NP-Hard بودن آن، در پژوهش حاضر، انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس منطق فازی با استفاده از دو الگوریتم فراابتکاری شامل الگوریتم ژنتیک فازی و جست و جوی شکار فازی مورد بررسی قرار گرفته است. کارایی سیستم فازی پیشنهادی توسط اطلاعات ۱۵۷ شرکت که در بورس اوراق بهادار تهران در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ فعالیت داشته‌اند، ارزیابی شده است. کارایی این سیستم بر حسب ریسک‌پذیری و مدت سرمایه‌گذاری، در مقایسه با متوسط بازده بازار بوده است. به علاوه کارایی سیستم فازی پیشنهادی برای سرمایه‌گذار ریسک‌گریز در کوتاه مدت نتایج بسیار خوبی به همراه دارد.

واژگان کلیدی: مدل مارکویتز، منطق فازی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم جست و جوی شکار

طبقه‌بندی موضوعی: G17, G11, C61

۱. استادیار دانشکده صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. (نویسنده مسئول) mirlohim@shahroodut.ac.ir

۲. استاد تمام گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. دانشیار گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴. دانشجوی دکتری مدیریت مالی پردیس البرز، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۱- مقدمه

طی یک صد سال اخیر تلاش های بسیاری در راستای هدایت سرمایه گذاران به نحوه سرمایه گذاری مناسب صورت گرفته و مدل های بیشماری عرضه شده است. مفاهیم بهینه سازی سبد سهام و تنوع بخشی به مثابه ابزاری در راستای توسعه و فهم بازارهای مالی و تصمیم گیری درآمده اند. یکی از مهمترین کارها در ارتباط با مسئله بهینه سازی سبد سهام توسط مارکوویتز (۱۹۵۲) با ارائه مدل میانگین-واریانس صورت گرفته است. از زمانی که مارکوویتز مدل خود را منتشر کرد، این مدل تغییرات و بهبودهای فراوانی را در شیوه نگرش مردم به سرمایه گذاری و سبد سهام ایجاد کرد و به عنوان ابزاری کارا برای بهینه سازی سبد سهام به کار گرفته شد. (پاک مرام و همکاران، ۱۳۹۶)

یکی از راه های سرمایه گذاری و تشکیل سبدي از دارایی ها، سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار می باشد. در کشورهای پیشرفته بخش عمده ای از سرمایه گذاری ها از طریق بازارهای مالی (بورس ها) انجام می پذیرد. انتخاب و گزینش سهام شرکت های حاضر در بورس اوراق بهادار و تشکیل پرتفوی سهام بهینه بستگی به عوامل متعددی دارد که تصمیم گیری را برای تحلیل گران و کارشناسان پیچیده می نماید. تحقیقات و مطالعات بسیاری در حوزه تعیین اولویت معیارهای انتخاب سهم و تشکیل پرتفوی بهینه با توجه به معیارهای مختلف و استفاده از مدل های مدرن در تعامل با یکدیگر انجام گرفته است. با این وجود مدل های کمی همزمان رویکردهای بنیادی و فنی را برای ساخت پرتفوی در نظر می گیرند. مسأله اصلی این تحقیق ارزیابی سهام و ساخت پرتفوی با استفاده از یک سیستم خبره است که هر دو رویکرد را مد نظر قرار می دهد. حال سؤال این است که آیا می توان با استفاده از این سیستم و ورودی های انتخاب شده پرتفویی انتخاب کرد که پر بازده ترین سبد سهام باشد و آیا این تصمیم گیری با سرعت و دقت بیش تری نسبت به مدل های کلاسیک انتخاب پرتفوی انجام خواهد شد؟ (احمدی، ۱۳۹۸)

با توجه به مفروضات منطقی می توان ویژگی های کارایی یکایک دارایی ها یا سبد اوراق بهاداری از آنان را این چنین بیان کرد که هیچ دارایی یا سبد اوراق بهاداری از دارایی ها، با همان ریسک (یا کمتر از آن)، بازده مورد انتظار بالاتری حاصل نیابد و یا با همان بازده مورد انتظار (یا بیشتر) ریسک کمتری را به همراه نداشته باشد. سبد سرمایه گذاری کارا سبدي است که در یک سطح معین ریسک دارای بیشترین بازده است، یا دارای کمترین ریسک به ازای یک سطح معین بازده می باشد. بعد از نظریه مارکوویتز پیرامون سبد سهام مدل های مختلف انتخاب سبد سهام که بازده ریسک را در نظر گرفته اند مانند مدل میانگین - نیم واریانس، میانگین - VaR و غیره ارائه شد.

به دلیل کارآیی منطق فازی برای لحاظ کردن نظرات کارشناسی و عدم اطمینان موجود در بازارهای مالی، استفاده از این منطق می تواند یکی از راه حل های مفید برای مدل کردن بازده دارایی ها در مسئله پرتفوی باشد. تحقیقات اخیر چون کارهای تاناک و جنو (Tanaka & Guo, 1999, 2000)، پارا و همکاران (parra, et al, 2001) و ورچر و هکاران (vercher, et al, 2007) نشان داده است که با استفاده از منطق فازی می توان این عدم اطمینان و ابهام را به نحو بهتری نشان داد زیرا داده های تاریخی نمی توانند پیش بینی دقیقی از آینده ارایه کنند به همین دلیل انتخاب یک بازه در منطق فازی عدم اطمینان از آینده را تا حدودی کنترل می کند. به عبارت دیگر با استفاده از ریاضیات فازی به جای قانون احتمال می توان برآورد دقیق تری از بازده های آتی به دست آورد و سپس بر اساس این بازده ها به محاسبه ریسک پرداخت (Vercher, 2007). اما در صورت استفاده از منطق فازی برای محاسبه بازده، امکان استفاده از روش های خطی برای بهینه سازی وجود ندارد و نمی توان مرز کارا را توسط مدل های ریاضی حل نمود و لذا محققان لزوم استفاده از الگوریتم های ابتکاری را در حل این مسئله پیشنهاد می نمایند. (Fernandez, 2007)

هدف اصلی این مطالعه ساخت پرتفوی بهینه سهام با استفاده از سیستم خبره فازی مبتنی بر قاعده می باشد. اهداف دیگر عبارتند از: بررسی عملکرد مدل در انتخاب پرتفوی، تعامل بین تصمیم گیرندگان و سیستم در سطح بالا، حمایت از مدیران پرتفوی در تصمیم های سرمایه گذاری. در راستای این اهداف تحقیق حاضر، به بررسی امکان شناسایی و تشکیل سبد سهام بهینه توسط الگوریتم های فرابتکاری فازی می پردازد. این تحقیق بر آن است تا نشان دهد که آیا می توان با استفاده از الگوریتم های ژنتیک فازی و جست و جوی شکار فازی اقدام به حل مسئله مقید بهینه سازی سبد سهام براساس دو معیار میانگین و واریانس نمود به نحوی که جواب به دست آمده دارای موقعیت بهتری نسبت به جواب مدل مارکویتز باشد. همچنین کدام الگوریتم در این رابطه عملکرد بهتری دارد.

۲-پیشینه تحقیق

نشاطی زاده (۱۳۹۷) در پژوهش خود نیم واریانس، انحراف مطلق و ارزش در معرض ریسک شرطی در چارچوب الگوهای میانگین - نیم واریانس با مؤلفه های مقید، میانگین - انحرافات مطلق و میانگین - ارزش در معرض ریسک شرطی به عنوان عامل اصلی ریسک پذیری نامطلوب در نظر گرفته است. هدف اصلی این پژوهش، حل مسئله بهینه سازی مقید پرتفوی سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک، الگوریتم توده ذرات، الگوریتم ترکیبی ژنتیک و توده ذرات، الگوریتم کرم شب تاب و الگوریتم

رقابت استعماری بوده است. به منظور حل مسئله بهینه‌سازی پرتفوی سهام با استفاده از اطلاعات روزانه ۲۵ سهم پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۵، مرز کارای سرمایه‌گذاری برای چهار الگو با معیارهای متفاوت ریسک رسم گردیده و نتایج این تحقیق حاکی از آن است که الگوریتم‌های متاهیوریستیک منتخب در بهینه‌سازی مقید پرتفوی سهام عملکرد موفق‌تری داشته و دریافتن جواب‌های بهینه در تمامی سطوح ریسک و بازده از دقت قابل قبولی برخوردار هستند. هم‌چنین نتایج مقایسه پرتفوی‌های چهار الگوی ذکر شده با استفاده از الگوریتم‌های منتخب و با در نظر گرفتن یافته‌های سه معیار ارزیابی دقت در بهینه‌سازی سبد سهام به‌طور هم‌زمان، نشان می‌دهد که الگوریتم توده ذرات برای حل مسئله بهینه‌سازی سبد سهام، سرعت و دقت بالایی دارد و توانسته است به نحو مطلوبی با محدودیت‌های واقعی بازار تعامل داشته باشد. هم‌چنین در این الگوریتم مدل میانگین - ارزش در معرض ریسک نسبت به سایر مدل‌ها از دقت بهینه‌سازی بالاتری برخوردار است.

الهی (۱۳۹۳) یک راه حل فراابتکاری جدید برای حل مسئله جست‌وجوی افق کارا با رویکرد میانگین - واریانس ارائه داده شده است. این مقاله به بهینه‌سازی سبد سهام به کمک الگوریتم فراابتکاری جدیدی با نام جست‌وجوی شکار می‌پردازد. به منظور بررسی قدرت و دقت حل الگوریتم، مطالعه‌ای موردی با اطلاعات ۳۰ شرکت بزرگ در بورس ایران در بازه زمانی ۱۳۸۹/۳/۱ الی ۱۳۹۰/۳/۱ طراحی شد. الگوریتم توانست با دقت و زمان خوبی مرز کارای سبد بررسی شده را به دست آورد. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوریتم جست‌وجوی شکار، برای حل مسائل بهینه‌سازی سبد سهام، سرعت و دقت بالایی دارد و می‌تواند برای حل مسئله جست‌وجوی مرز کارای سبد سهام استفاده شود.

پروتی و همکاران (2019) در پژوهش خود به بررسی و ارزیابی مقایسه‌ای روش‌های انتخاب سبد سهام بهینه پرداخته است. این تحقیق به دنبال بررسی مقایسه‌ای روش‌های بهینه‌سازی پرتفوی در بازار سهام آمریکا است. بدین منظور از سه مدل میانگین واریانس و میانگین نیم واریانس و ارزش در معرض خطر با استفاده از روش بهینه‌سازی خطی مقید تعمیم یافته استفاده شده است. بدین منظور از داده‌های ۴۳ سهم در طول دوره ۴۱ ماهه برای تشکیل ۳ پرتفوی با روحیه‌های مختلف سرمایه‌گذاری، (ریسک‌پذیر، ریسک‌پذیر متوسط، ریسک‌گریز) استفاده شده است. پس از آن فرض شد که سهم ۳ روز پس از خریداری فروخته شود. بازدهی ۳ روزه برای هر سه مدل و ۳ پرتفوی (با روحیه‌های مختلف) و در مجموع ۹ پرتفوی در هر ماه محاسبه شده است. مقایسه میانگین ۴۰ بازده بدست آمده از هر پرتفوی نشان دهنده این بود که تنها مدل ارزش در معرض خطر توانسته بازدهی‌های مثبت ایجاد

کند. همچنین بازده ارائه شده توسط هر سه مدل در هر سه روحیه سرمایه گذاری تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

ژانگ و همکاران (2019) در پژوهش خود یک سیستم خبره جدید برای انتخاب پرتفوی سهام با استفاده از رویکرد فنی و بنیادی به طور موازی ارائه می کند که دو فاز دارد. در فاز اول از هر دو داده های تکنیکی و بنیادی برای تخمین بازده و ریسک استفاده می کند. در فاز دوم مقادیر تخمین زده شده با ترجیحات سرمایه گذاران برای تولید پرتفوی مناسب تجمع می شوند. در سیستم خبره فنی برای هر سهم ۲۷ کاندید شناسایی شده است و با استفاده از روش خوشه بندی متغیرهای موثر انتخاب شده اند. مقادیر تخمین زده شده ریسک و بازده در فاز دوم با ترجیحات کاربر تجمع شده و نهایتاً ۴ قاعده فازی این مقادیر را رتبه بندی می کند.

۳- روش شناسی تحقیق

روش تحقیق فرآیندی نظام مند برای یافتن پاسخ یک پرسش یا راه حل یک مسئله است. در این باره آمده است "روش تحقیق مجموعه ای از قواعد، ابزار و راه های معتبر (قابل اطمینان) و نظام یافته برای بررسی واقعیت ها، کشف مجهولات و دستیابی راه حل مشکلات است" (خاکی، ۱۳۸۷). روش تحقیق این پژوهش، توصیفی از نوع پیمایشی است. برای جمع آوری ادبیات علمی و بررسی پیشینه از روش کتابخانه ای استفاده می گردد. همچنین پژوهش حاضر در چارچوب مبانی مدلسازی و استفاده از سیستم های اطلاعاتی در حوزه مدیریت مالی صورت می گیرد.

به صورت کلی، مراحل اجرای تحقیق حاضر را می توان به صورت زیر مطرح کرد:

۱- بررسی مدل بهینه سازی مارکویتز به منظور شناسایی توابع هدف و سنجه های ریسک و بازده

۲- استفاده از روش فازی مثلثی برای تبدیل پارامترهای قطعی به فازی

۳- تنظیم پارامترهای الگوریتم های تحقیق با استفاده از منطق فازی و اجرای آنها

۴- مقایسه نتایج دو الگوریتم و نتیجه گیری

بنابراین، در ادامه قسمت روش شناسی، هریک از مراحل فوق به اختصار شرح داده می شوند.

۳-۱- متغیرهای تحقیق:

ورودی‌های سیستم خبره به دو دسته تقسیم می‌شوند: شاخص‌های بنیادی و شاخص‌های فنی که شاخص‌های مورد استفاده در تحقیق عبارتند از:

جدول (۱): متغیرهای پژوهش

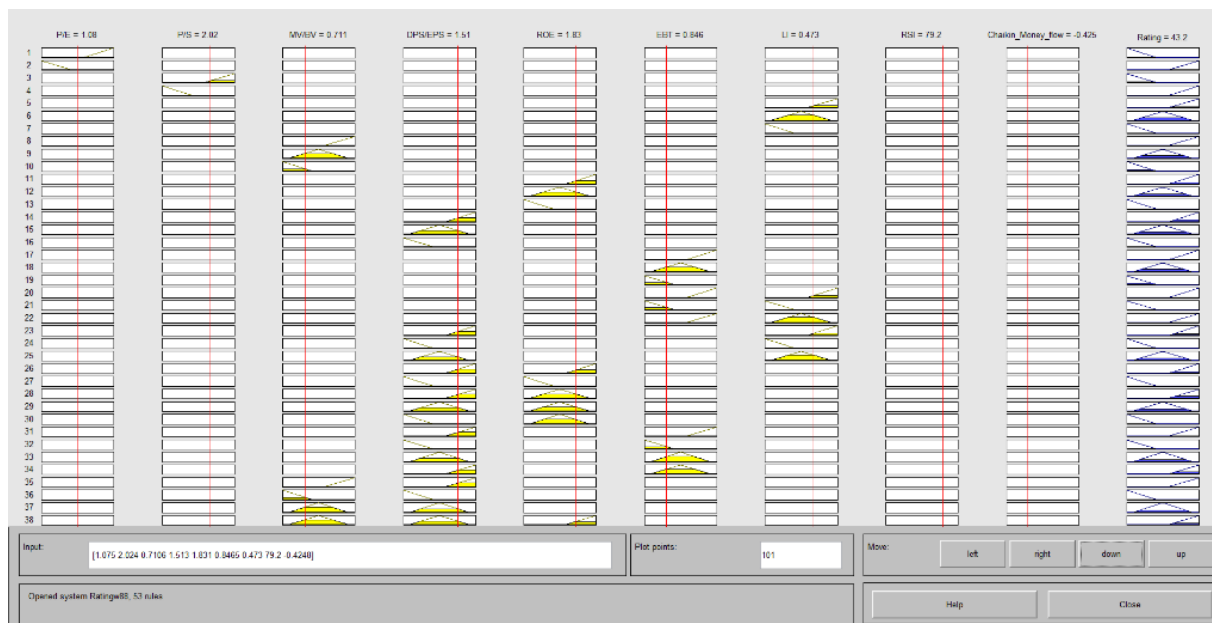
نسبت قیمت به سود	سود تقسیمی	نسبت قیمت به فروش	سود هر سهم
نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری سهم	بدهی بلند مدت به حقوق صاحبان سهام	همزمانی قیمت سهام	حاشیه سود خالص
نسبت آبی	بازده حقوق صاحبان سهام	بازده سهام	نرخ بازده دارایی
ریسک سیستماتیک	جریان نقد عملیاتی	گردش جمع دارایی	نقد شوندگی
ریسک سقوط قیمت سهام	شاخص جریان پول	شاخص قدرت نسبی	سهم صنعت از بازار
میانگین‌های متحرک	باندهای بولینگر	شاخص تقاضا	مومنتوم قیمت

لازم به ذکر است سهام شرکت‌هایی که سود هر سهم، نسبت قیمت به سود و بازده حقوق صاحبان سهام منفی داشتند از نمونه آماری حذف گردیدند.

۳-۲- روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

سیستم خبره پیشنهادی ۱۸ ورودی بنیادی دارد که در جدول بالا اشاره شده است. از آنجایی که شاخص نقدشوندگی قدرت خرید و فروش سهام را در بازار نشان می‌دهد و نشان دهنده این است که آیا سهام مورد نظر را می‌توان به راحتی خرید و یا فروخت، ماهیت متفاوتی نسبت به دیگر نسبت‌ها دارد. بنابراین این شاخص را نسبی در نظر نگرفته‌ایم. علاوه بر ورودی‌های بنیادی، ۶ ورودی فنی به نام‌های نیز داریم. داده‌های فنی بر مبنای تغییرات گذشته قیمت و حجم معاملات پایه گذاری شده است و برای پیش بینی حرکات آینده قیمت سهام به کار می‌روند. به طور کلی سیستم ارزیابی سهام ۲۴ ورودی خواهد داشت. سیستم، سهام‌ها را با در نظر گرفتن این ورودی‌ها ارزیابی می‌کند و نتیجه آن رتبه‌بندی هر سهم از طریق رویه استنتاج فازی خواهد بود. رتبه نهایی عددی بین ۰ تا ۱۰۰ می‌باشد. این سیستم استنتاج فازی، در محیط MATLAB توسعه داده شده است. قواعد فازی این سیستم از طریق مصاحبه با خبرگان حوزه سرمایه‌گذاری نوشته شده است. به منظور طراحی سیستم فازی پیشنهادی، از تکنیک استنتاج ممدانی استفاده کرده‌ایم. برخی قواعد مورد استفاده در این سیستم در

جدول ۲ نمایش داده شده است. به طور کلی ۱۴۸ قاعده برای این سیستم در نظر گرفته شده است، قاعده‌های شامل شاخص های فنی وزنی دوبرابر وزن قواعد بنیادی خواهند داشت. شکل زیر بخشی از پایگاه قواعد فازی سیستم خبره فازی انتخاب پرتفوی سهام را نشان می دهد:



شکل (۱): قوانین فازی متعلق به متغیرهای پژوهش

همانطور که در شکل زیر می بینیم، تحلیل حساسیت می تواند در پایگاه قواعد، برای استخراج رابطه میان پارامترهای مؤثر در انتخاب پرتفوی سهام، انجام شود. تحلیل حساسیت به این معنا است که مقادیر مختلف متغیرها تا چه میزان در ارزش ایجاد شده تأثیر داشته اند.

مرحله سوم، مرحله ساخت پرتفوی است. در این مرحله پرتفویی که متناسب با ترجیحات و ریسک پذیری سرمایه گذار است توسط یک مدل برنامه ریزی خطی ترکیبی - عدد صحیح ساخته می شود و محدودیت های مورد نیاز اعمال می شود. از آنجایی که سیستم برای حمایت از سرمایه گذاری میان مدت طراحی شده است، دوره سرمایه گذاری، شش ماه تعیین می شود. در آخر دوره سرمایه گذاری تمام سهام های پرتفوی فروخته می شود و پرتفوی جدید ساخته می شود. بنابراین در طول مدت ۴ ساله مورد بررسی ۱۲ پرتفوی ساخته می شود. برای بررسی عملکرد سیستم از معیار آلفای جنسن استفاده خواهیم کرد.

۳-۳- مدل مارکویتز

مارکویتز نخستین کسی است که واریانس و یا انحراف معیار را به عنوان معیار ریسک معرفی کرد. فرض کنید N تعداد سهام در دسترس، W_i نسبتی از پرتفولیو که در سهم i ام ($i=1 \dots N$) سرمایه گذاری می شود، ($0 \leq W_i \leq 1$). μ_i بازده سهم i ام، ($i=1, \dots, N$) در پرتفولیو، σ_{ij} کواریانس بین سهم i ام تا j ام باشند. مسئله بهینه سازی پرتفولیو با استفاده از مدل میانگین - واریانس مارکویتز را می توان توسط روابط (۱) تا (۴) بیان کرد.

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} \quad (1)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^N w_i \mu_i = R^* \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (3)$$

$$0 \leq w_i \leq 1 \quad i = 1 \dots N \quad (4)$$

$$LB \leq \sum_{i=1}^N x_i \leq UB \quad (5)$$

$$w_i - UBWx_i \leq 0 \quad (6)$$

$$w_i - LBWx_i \geq 0$$

$$\sum_{i \in BL} w_i \geq LBB \quad (7)$$

$$\sum_{i \in G_j} w_i \leq UBG_j$$

رابطه (۱) واریانس (ریسک) کل پرتفولیو را مینیمم می کند. رابطه (۲) بیان می کند که بازده پرتفولیو برابر با R^* می باشد. رابطه (۳) تضمین می کند که مجموع نسبت هایی از پرتفولیو که در سهام مختلف سرمایه گذاری می شود باید برابر با یک شود و سرانجام رابطه (۴) بیان می کند که هر کدام از این نسبت ها باید بین یک و صفر باشد. توجه داشته باشید که محدودیت های (۳) و (۴) کاملاً بدیهی می باشند و در واقع مسئله فوق را می توان یک مسئله بهینه سازی پرتفولیو بدون محدودیت دانست. در محدودیت شماره (۵) x_i یک متغیر باینری است که اگر سهام در پرتفوی گنجانده شود مقدار آن ۱ و در غیر اینصورت مقدار آن ۰ است. LB و UB آستانه های بالا و پایین برای تعداد

سهام‌هایی هستند که در پرتفوی قرار می‌گیرند که در اینجا آن‌ها را به ترتیب ۵ و ۱۵ قرار می‌دهیم. در محدودیت (۶) UBW و LBW آستانه‌های بالا و پایین برای وزن سهام‌ها در پرتفوی هستند که به ترتیب عبارتند از ۰,۲ و ۰,۰۲. (یونس اغلو، ۲۰۱۳) محدودیت (۷) آستانه پایین و بالا برای وزن کل سهام‌هایی که ریسک سیستماتیک (β) کم‌تر از یک دارند را وضع می‌کند. LBB حد پایین برای وزن سهام با β کم‌تر از یک است که با توجه به ریسک پذیری سرمایه‌گذار مشخص می‌شود. مقدار LBB برای حالت ریسک‌گریز باید بالا باشد اما در مقابل برای حالت ریسک‌پذیر این مقدار پایین است. از آنجایی که سیستم خبره ما برای سرمایه‌گذار ریسک‌گریز طراحی شده است، مقدار LBB را ۰,۶۵ قرار می‌دهیم. برای آزمون عملکرد سیستم خبره برای حالت ریسک‌پذیر و خنثی مقدار LBB را به ترتیب ۰,۳۰ و ۰,۵۰ قرار خواهیم داد. همچنین G_j مجموع سهام در صنعت j ام است که مقادیر ۰,۵۵، ۰,۰۵، ۰,۲۵ و ۰,۱۵ در نظر گرفته‌ایم. (یونس اغلو، ۲۰۱۳)

مدل فوق یک مسئله برنامه ریزی درجه دوم است و امروزه با استفاده از نرم افزارهای در دسترس می‌توان جواب بهینه آن را محاسبه کرد. با حل مدل فوق به ازاء یک R^* معین به ریسک بهینه در آن سطح R^* خواهیم رسید. اگر این کار را برای R^* های مختلف تکرار کنیم و نقاط R^* و ریسک بهینه متناظر با آن را بر روی یک محور مختصات ترسیم کنیم به منحنی دست خواهیم یافت که مرز کارا خوانده می‌شود. در صورتی که بازده مرکب پیوسته هردارایی در زمان t ، $r_{i,t}$ کوچک باشد، آنگاه می‌توان از تقریب زیر استفاده کرد:

$$r_{p,t} \approx \sum_{i=1}^N w_i r_{i,t} \quad (5)$$

که در آن بازده مرکب پیوسته دارایی i در زمان t است. این تقریب معمولاً برای مطالعه بازده پرتفوی‌ها استفاده می‌شود. در این تحقیق هم برای محاسبه بازده پرتفوی از فرمول فوق استفاده می‌شود.

اگر ξ یک متغیر فازی با تابع عضویت μ باشد، آنگاه برای هر $X \in R$ ، $\mu(x)$ احتمال گرفتن ارزش x را برای ξ نشان می‌دهد. با استفاده از تابع عضویت مثلثی برای فازی سازی، اگر پرتفویی متشکل از n سهم داشته باشیم که درصد سرمایه‌گذاری در هر سهم برابر با x و بازده مورد انتظار آن $\xi = (a, b, c)$ باشد، آنگاه بازده مورد انتظار پرتفوی برابر است با: (Li, 2010)

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_i(a_i + 2b_i + c_i)}{4} \quad (6)$$

اکنون می‌توانیم فرمول مربوط به محاسبه انحراف معیار بازده‌ها را برای یک سبد سرمایه‌گذاری بیان کنیم که می‌تواند معیار سنجش ریسک برای سبد سرمایه‌گذاری باشد. هری مارکویتز برای نخستین بار فرمول مربوط به محاسبه انحراف معیار سبد سرمایه‌گذاری را استخراج نمود (روحی و محقی، ۱۳۸۷)

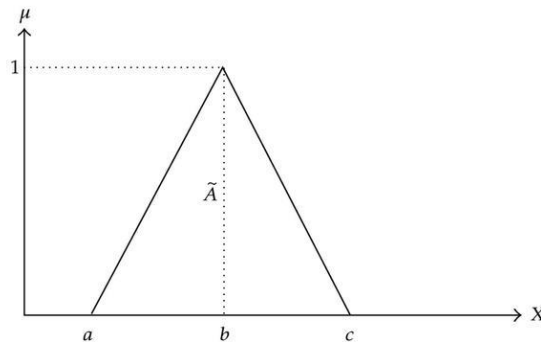
در محاسبه انحراف معیار سبد سرمایه‌گذاری نمی‌توانیم از میانگین وزنی انحراف معیارها برای هر یک از دارایی‌ها استفاده نماییم. مارکویتز فرمول ذیل را برای انحراف معیار سبد سرمایه‌گذاری استخراج نمود.

$$\sigma_{port} = \sqrt{\sum_{i=1}^n W_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n W_i W_j cov_{ij}} \quad (7)$$

در رابطه مذکور، σ_{port} = انحراف معیار سبد سرمایه‌گذاری، W_i = وزن هر یک از دارایی‌ها در سبد سرمایه‌گذاری که به نسبت ارزش هر یک از دارایی‌ها تعیین می‌شود، σ_i^2 = واریانس نرخ‌های بازده برای دارایی i و cov_{ij} = کوواریانس بین نرخ‌های بازده برای دارایی i و j ، که در آن،
 $cov_{ij} = r_{ij} \sigma_i \sigma_j$

۳-۴- منطق فازی

یکی از کاربردی‌ترین توابع عضویت در منطق فازی، توابع عضویت مثلثی است و به صورت $M=(m, \alpha, \beta)$ نشان داده می‌شود که در شکل زیر نمایش داده شده است. نماد M مرکز، α فاصله مرکز تا کرانه پایین، و β فاصله مرکز تا کرانه بالا است.



شکل (۲): تابع عضویت مثلثی

در این پژوهش حداقل بازده های ماهانه هر شاخص a، میانه بازده b و حداکثر بازده c می باشد. در این مرحله پارامترهای تابع مثلی با در نظر گرفتن داده های یک سال قبل از شروع دوره سرمایه گذاری، به صورت دینامیکی محاسبه می شوند، از این رو مقادیر ورودی ها می تواند در طول زمان با توجه به بازار سهام تغییر کند. به سبب این جنبه از مرحله ارزیابی سهام، سیستم خبره می تواند پارامترهای ارزیابی سهام را در طول زمان به منظور تطبیق با محیط جدید سرمایه گذاری تغییر دهد. جدول ۲ برخی از توابع عضویت برای مقادیر زبانی عوامل مؤثر در انتخاب پرتفوی را نشان می دهد:

جدول (۲): توابع عضویت برای مقادیر زبانی برخی از عوامل مؤثر در انتخاب پرتفوی

متغیرها	مقادیر زبانی	اعداد فازی مثلی			
		۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶
قیمت به سود	کم	(-۰,۵۷۲, ۰,۰۲۰, ۰,۶۱۲)	(-۰,۷۷۲, ۰,۰۲۰, ۰,۸۱۲)	(-۰,۱۹۸۶, ۰,۰۰۱, ۰,۳۰۰۶)	(-۰,۱۹۸۶, ۰,۰۰۱, ۰,۳۰۰۶)
	متوسط	(۰,۱۶۸, ۰,۰۷۶, ۱,۳۵۲)	(۰,۲۱۸, ۱,۰۱, ۱,۸۰۲)	(۰,۰۵۰۹, ۰,۳۵۰۵, ۰,۴۵۰۱)	(۰,۰۵۰۹, ۰,۳۵۰۵, ۰,۴۵۰۱)
	زیاد	(۰,۹۰۸, ۱,۵۱, ۲,۰۹۲)	(۱,۲۰۸, ۲,۰۲, ۲,۷۹۲)	(۰,۳۰۰۴, ۰,۵۰, ۰,۶۹۹۶)	(۰,۳۰۰۴, ۰,۵۰, ۰,۶۹۹۶)
سود تقسیمی	کم	(-۱,۰۱۲, ۰,۰۰۷, ۱,۲۴۲)	(-۱,۵۰۲, ۰,۰۰۷, ۱,۶۴۲)	(-۱,۱۱۶, ۰,۰۰۶, ۱,۲۳۶)	(-۱,۱۱۶, ۰,۰۰۶, ۱,۲۳۶)
	متوسط	(۰,۳۶۳, ۱,۵۳۵, ۲,۷۰۷)	(۰,۴۶۳, ۲,۰۳۵, ۳,۶۰۷)	(۰,۳۵۴, ۱,۵۳, ۲,۷۱)	(۰,۳۵۴, ۱,۵۳, ۲,۷۱)
	زیاد	(۱,۸۱۸, ۳,۰۴, ۴,۱۷۱)	(۲,۳۲۸, ۴,۵۵, ۵,۷۱)	(۱,۸۲۴, ۳,۰۴, ۴,۱۷۵)	(۱,۸۲۴, ۳,۰۴, ۴,۱۷۵)

فرآیند محاسبه یک عدد واحد که ارائه دهنده بهترین نتیجه ارزیابی مجموعه فازی است، فازی زدایی نامیده می شود (Ngai, 2003). روش های مختلفی وجود دارند که می توانند برای فازی زدایی مورد استفاده قرار گیرند. ما روش مرکز ثقل را برای فازی زدایی انتخاب نموده ایم چرا که این روش بسیار زیاد مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۵- الگوریتم های تحقیق

۳-۵-۱- جستجوی شکار

الگوریتم گروه شکار یا Hunt یک الگوریتم بهینه یابی نسبتاً جدید است که از شکار گروهی حیوانات مانند شیر، گرگ، دلفین ها و ... الهام گرفته شده است. اگرچه این شکارچیان در روش شکار کردن با هم متفاوتند اما وجه اشتراک آنها این است که همه آنها در یک گروه، بدنبال طعمه، خود هستند. روش کار چنین است که شکارچیان طعمه را محاصره کرده و به تدریج حلقه محاصره را تنگ تر می کنند تا زمانی که طعمه را بگیرند. علاوه بر این هر یک از اعضای گروه، موقعیت خود را بر اساس

موقعیت خود و موقعیت اعضای دیگر گروه تصحیح می کنند. اگر طعمه از حلقه فرار کند، شکارچیان دوباره گروه را سازماندهی می کنند تا دوباره طعمه را محاصره کنند.

در مقایسه شرایط الگوریتم طراحی شده با شرایط شکار واقعی، دو تفاوت عمده وجود دارد. نخست اینکه در شکار واقعی شکارچیان می توانند مکان شکار را ببینند اما در مسایل، مشخص نیست که نقطه بهینه دقیقاً کجا قرار دارد. دومین تفاوت این است که در شکار واقعی، طعمه با آگاه شدن از خطر، تغییر وضعیت می دهد و برای گریز از مهلکه تلاش می کند، در حالی که در مسال، نقطه بهینه ثابت است و مکانش تغییری نمی کند. در توضیح این دو نکته، افاده و همکارانش دو راه حل ارائه داده اند. برای رویارویی با مشکل اول یعنی آگاهی از مکان نقطه بهینه، تابه برازندگی تعریف شده است که در هر مرحله نشان دهنده مکان نسبی هدف است. در مورد انطباق نداشتن دوم نیز باید گفت که تغییر نکردن مکان پاسخ در مسایل، در مقایسه با فرار طعمه در شکار واقعی، مسلماً کار جستجو را ساده تر می کند و الگوریتم سریعتر می تواند پاسخ بهینه را بیابد. در نتیجه مورد دوم را می توان از مزایای نسبی شرایط مسایل، در مقایسه با شرایط واقعی شکار به حساب آورد. به طور کلی الگوریتم جستجوی شکار شامل ۶ مرحله است:

۱- تعریف مساله بهینه یابی و تعریف پارامترهای الگوریتم

۲- مقدار دهی اولیه گروه شکار (HG)

۳- حرکت به سمت سر گروه

۴- اصلاح موقعیت (تعامل بین اعضای گروه)

۵- تجدید ساختار گروه شکار

۶- تکرار مراحل ۳ تا ۵ تا حصول شرط پایانی

۳-۵-۲- گام های الگوریتم جستجوی شکار

۳-۵-۲-۱- تعریف مساله بهینه یابی و تعریف پارامترهای الگوریتم

تعریف یک مساله بهینه یابی شامل تعیین تعدادی متغیرهای جستجو (N)، محدوده مجاز هر کدام از آنها، قیود مساله و تابع هدف مورد نظر است. پارامترهای الگوریتم جستجوی شکار که در مداخل بعد مورد استفاده قرار می گیرد عبارت اند از: اندازه گروه شکار (HGS)، حداکثر جابه جایی به سوی سر گروه (MML)، نرخ توجه به گروه شکار (HGCR) که مقدار آن بین ۰ و ۱ بوده و میزان تعامل بین اعضای گروه را مشخص می کند. EN یا تعداد دوره ها نیز متغیری است که تعداد تکرار گام ها را تا

رسیدن به نقطه بهینه تعیین می کند. از جمله پارامترهای مهم HG است که گروه شکارچیان یا پاسخ اولیه را نشان می دهد. (افتاده و همکاران، ۲۰۱۰)

۳-۲-۵-۲- مقداردهی اولیه گروه شکار (HG)

ماتریس گروه شکار (HG) بر اساس تعداد شکارچیان (HGS) با بردارهای جواب تولید شده به صورت تصادفی پر می شوند. مقادیر تابع هدف به ازای هر کدام از بردارهای جواب که شکارچی نامیده می شوند محاسبه شده و سرگروه (بردار جواب با بهترین مقدار تابع هدف)، مشخص می شود.

$$x'_i = x_i + \left(rand \times MML \times (x_i^L - x_i) \right)$$

۳-۲-۵-۳- حرکت به سمت سرگروه

در مرحله سوم، وضعیت هر یک از جواب های اولیه توسط یک تابع برازندگی بررسی می شود و بهترین پاسخ، رهبر شکارچیان در آن گام تعیین می شود. پس از تعیین رهبر شکارچیان، همه شکارچیان با توجه به پارامتر MML و عددی تصادفی که در گام یک بدان اشاره شد، طبق رابطه ی بالا به سمت رهبر شکارچیان آن گام حرکت می کند. این رابطه نشان می دهد که پارامتر α ام هر شکارچی، چگونه نسبت به پارامتر α ام هر رهبر شکارچیان و با توجه به عدد تصادفی بدست آمده تغییر می کند. پارامتر α ام رهبر شکارچیان در هر گام با x_i^L و مکان جدید هر شکارچی با x'_i متمایز شده اند. مجدداً این گام تکرار می شود و با محاسبه تابع برازندگی برای همه پاسخ های مرحله قبل، یک رهبر برای گام بعدی تعیین می شود. این روند اینقدر تکرار می شود تا همه شکارچیان در فاصله مشخصی مثل ϵ نسبت به رهبر شکارچیان قرار بگیرند. در مساله حاضر تابع هدف مدل نقش تابع برازندگی را ایفا می کند. (افتاده و همکاران، ۲۰۱۰)

۳-۲-۵-۴- اصلاح موقعیت مکانی تعامل بین اعضاء

در این مرحله تعامل بین شکارچیان برای انجام جستجوی موثر، مدلسازی می شود. شکارچیان بعد از حرکت به سمت سرگروه (بر اساس موقعیت سایر شکارچیان و بعضی فاکتورهای تصادفی دیگر) برای یافتن پاسخ های بهتر موقعیت مکانی دیگری را انتخاب می کنند. اصلاح موقعیت شکارچیان از دو طریق صورت می گیرد: ۱- اصلاح مقدار حقیقی. ۲- اصلاح مقدار رقمی. در اصلاح مقدار حقیقی، موقعیت جدید شکارچی، بر اساس رابطه زیر تعیین می شود:

$$X_i^{j'} \leftarrow \begin{cases} x_i^{j'} \in \{x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{HGS}\} & \text{with Probability HGCR} \\ x_i^{j'} = x_i^j \pm Ra & \text{with Probability (1-HGCR)} \end{cases}$$

پارامتر HGCR، احتمال انتخاب یک مقدار از گروه شکار HG است و (HGCR-
 ۱) احتمال انجام اصلاح یک موقعیت است. برای مثال وقتی HGCR، ۰/۳ را نشان می‌دهد این
 بدین معنی است که احتمال انتخاب مقادیر متغیر طراحی الگوریتم Hunt از گروه شکار HG
 ۰/۳۰ و احتمال اصلاح یک موقعیت ۰/۷۰ خواهد بود. مقدار HGCR در محدوده بین ۰/۱ تا
 ۰/۴ نتایج بهتری را نشان می‌دهد. Ra یک فاصله شعاعی دلخواه برای متغیر طراحی پیوسته است
 که بین ۰ و ۱ تغییر می‌کند. معمولاً یک تابع نمایی برای کاهش Ra استفاده می‌شود. این تابع به
 صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Ra_{it} = Ra_{\min} (\min(x_i) - \min(x_i)) \exp \left(\frac{\ln \left(\frac{Ra_{\min}}{Ra_{\max}} \right) \times it}{it_{\max}} \right)$$

۳-۲-۵- سازماندهی مجدد گروه شکار

همانطور که فرآیند تحقیق ادامه می‌یابد شکارچیان در یک محل حداقل یا حداکثر به دام می‌افتند. اگر
 تفاوت بین مقادیر تابع هدف برای رهبر و شکارچی بدتر در گروه، کمتر از یک ثابت از پیش تعیین
 شده شود، معیار آخر کافی نیست. سپس الگوریتم، گروه شکار را برای شکار بعدی سازماندهی مجدد
 می‌کند. سازماندهی مجدد بدین شرح است که رهبر موقعیت خود را نگه می‌دارد و دیگر شکارچیان
 به طور تصادفی موقعیت خود را با استفاده از فرمول زیر انتخاب می‌کنند:

$$x_i' = x_i^L \pm rand \times (\max(x_i) - \min(x_i)) \times \alpha \exp(-\beta \times EN)$$

۳-۲-۶- تکرار مراحل ۳ تا ۵ تا اینکه معیار نهایی ارضا شود

در گام ۶ محاسبات وقتی که معیار نهایی ارضا شود به پایان می‌رسند و اگر ارضا نشود گام‌های ۳ تا ۵
 تکرار می‌شوند. معیار آخر می‌تواند حداکثر تعداد جستجوها تعریف شوند.

۳-۵-۳- ژنتیک

الگوریتم ژنتیک از جمله روش های بهینه سازی تصادفی و فراابتکاری بسیار مؤثر و کارا می باشد که در حل بسیاری از مسائل پیچیده به خصوص مسائلی که ماهیت ترکیبی دارند مورد استفاده قرار گرفته است. در این الگوریتم در مرحله نخست، متغیرهای مسئله به شکل تصادفی انتخاب می شوند؛ ولی بعد از مدتی به وسیله مدلی که از طبیعت الهام گرفته شده است، با یکدیگر ترکیب می شوند و نقاط دیگری را به وجود می آورند.

ایده اصلی الگوریتم های تکاملی در سال ۱۹۶۰ از سوی ریچنبرگ مطرح شد. الگوریتم ژنتیک که منشعب از این الگوریتم ها است، روش جست و جوی رایانه ای بر پایه الگوریتم بهینه سازی و بر اساس ساختار ژن و کروموزوم است که به وسیله پرفسور هولند در دانشگاه میشیگان مطرح و پس از وی توسط جمعی از دانشجویان، مانند گلدبرگ در سال ۱۹۸۹ توسعه یافت. الگوریتم ژنتیک با الهام از نظریه داروین و بر اساس اصل ادامه حیات بهترین ها پی ریزی شده است. یکی از مزیت های اصلی الگوریتم ژنتیک نسبت به روش های قدیم بهینه سازی در این است که این الگوریتم با جمعیت یا مجموعه ای از نقاط در یک لحظه خاص کار دارد؛ در حالی که در روش های قدیم بهینه سازی تنها بر روی یک نقطه خاص عمل می شود؛ این بدان معنا است که الگوریتم ژنتیک تعداد زیادی از طرح ها را در یک زمان پردازش می کند. این الگوریتم ابتدا با مجموعه ای از جواب های تصادفی (کروموزوم) که به آن جمعیت اولیه گفته می شود، آغاز و سپس مقدار شایستگی هر کروموزوم با توجه به تابع شایستگی (برازندگی) تعیین می شود. کروموزوم های با شایستگی بالاتر شانس بیشتری برای تولید فرزندان دارند؛ بر همین اساس عمل انتخاب والدین صورت می گیرد و سپس فرزند به وسیله عمل تقاطع روی والدین به وجود می آید. سرانجام بعضی از ژن های فرزند با عمل جهش تغییر می یابد و بعد فرزند جدید جانشین ضعیف ترین کروموزوم در مجموعه اولیه می شود. گام های اصلی که برای حل یک مسئله بهینه سازی به روش الگوریتم ژنتیک باید انجام گیرد به شرح زیر است:

گام اول: تولید نسل اولیه به صورت تصادفی

گام دوم: محاسبه مقدار برازندگی هر یک از اعضا؛

گام سوم: انتخاب دو عضو از جمعیت با احتمالی متناسب با مقدار برازندگی آن ها و اعمال

عملگر جا به جایی و عملگر جهش؛

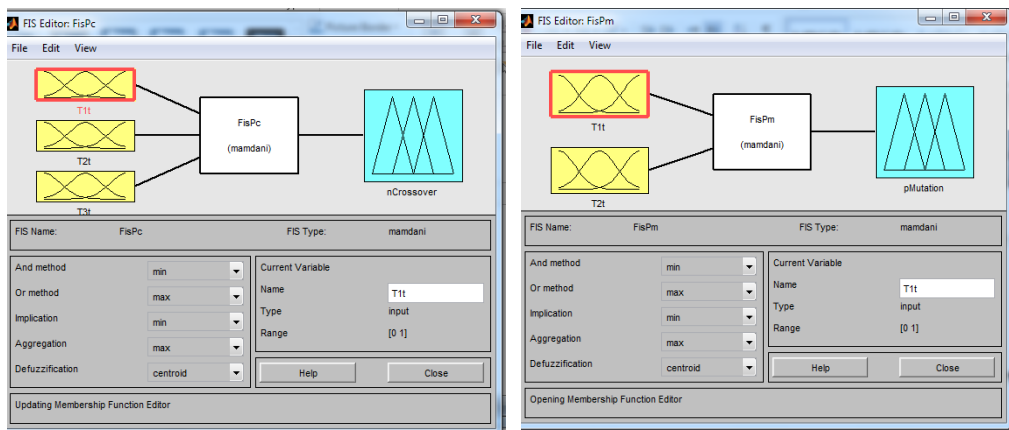
گام چهارم: محاسبه مقادیر برازندگی جدید و تکرار گام دوم تا زمانی که معیار توقف اتفاق بیفتد (خاک بیز و همکاران، ۱۳۹۶).

۳-۵-۴- تنظیم پارامترها

یکی از مواردی که بشدت بر کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری اثر می‌گذارد تنظیم پارامترهای مختلف الگوریتم می‌باشد به نحوی که ممکن است با انتخاب نادرست برخی پارامترها الگوریتم در بهینه محلی گیر کرده و به پاسخ صحیحی دست پیدا نکند در این تحقیق برای اولین بار به بررسی تنظیم پارامترها با استفاده از منطق فازی در الگوریتم جستجوی شکار پرداخته‌ایم. با بررسی‌های گوناگون محقق بر روی برخی توابع بنچمارک مشخص گردید استفاده از منطق فازی جهت تنظیم پارامترها در کیفیت پاسخ‌های تولیدی الگوریتم جستجوی شکار تاثیر بسزایی دارد. این نکته در مورد الگوریتم ژنتیک توسط لی (2012) تایید گردیده است. در زیر نحوه کارکرد تنظیم پارامترها با منطق فازی آمده است. در این قسمت به بررسی و طراحی مکانیزم کنترل عملگرهای ادغام و جهش با استفاده از منطق فازی می‌پردازیم. همانطوری که در بالا نیز اشاره شد برای طراحی سیستم استنتاج فازی از چند ورودی مختلف استفاده می‌کنیم که بر اساس مطالعات گذشته از معیارهایی چون تعداد تکرارها، یونیک بودن پاسخ‌ها و دیگری کیفیت پاسخ‌ها برای بروز کردن مقدار نرخ ادغام بهره گرفته شده است که به شکل زیر در نظر گرفته شده است:

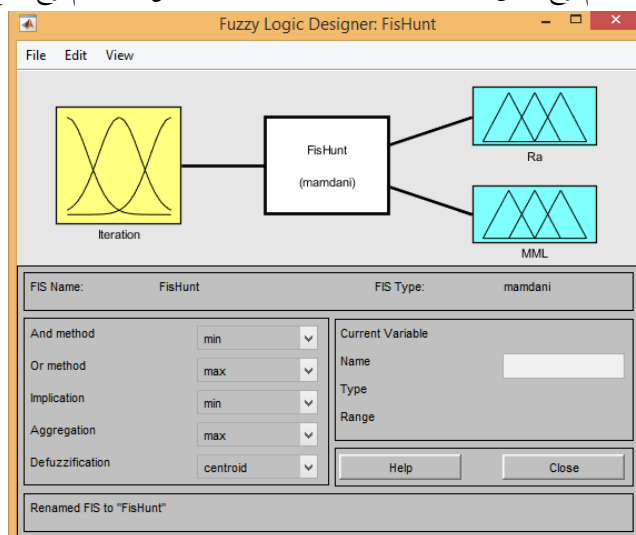
$$\begin{cases} T_{1,t} = \frac{n_{f_i}}{N} \\ T_{2,t} = \frac{f_{\max,t} - f_{\text{avg},t}}{f_{\max,t}} \\ T_{3,t} = \text{Iteration} \end{cases}$$

که در آن



شکل (۴): تنظیم نرخ تقاطع با منطق فازی

شکل (۳): تنظیم نرخ جهش با منطق فازی



شکل (۵): تنظیم MML و Ra با منطق فازی

با توجه به موارد بالا پرتفوی های ساخته شده به همراه رتبه، وزن، بازده و ضریب جنسن برای حالت ریسک گریزی در جداول زیر مشاهده می شوند:

جدول (۴): پورتفوی الگوریتم جستجوی شکار برای شش ماه اول ۱۳۹۶ (حالت ریسک گریز)

بازده بازار	بازده	وزن	رتبه	نوع صنعت	نام شرکت
۱۵,۷۹٪	۲۷,۷۲٪	۰,۱۳	۴۴,۲	کانه های فلزی	معادن منگنز ایران
	۸,۸۰٪	۰,۲	۴۹,۱	شیمیایی	پتروشیمی خارک
	۱۶,۱۸٪	۰,۲	۴۵,۳	مواد دارویی	دارو داملران رازک
	۲۶,۷۳٪	۰,۲	۵۰	مواد دارویی	سر. البرز
	۳۴,۲۹٪	۰,۲	۵۳	سیمان آهک گچ	سیمان ارومیه
	۲۳,۴۱٪ -	۰,۰۲	۴۴,۶	قند و شکر	قند نقش جهان
	۳۱,۶۵٪	۰,۰۴۹	۱۸,۲	فلزات اساسی	لوله و ماشین سازی
	۲۳,۱۵٪	-	-	-	بازده پرتفوی
	۰,۰۸	-	-	-	آلفای جنسن

جدول (۵): پورتفوی الگوریتم ژنتیک برای شش ماه اول ۱۳۹۶ (حالت ریسک گریز)

بازده بازار	بازده	وزن	رتبه	نوع صنعت	نام شرکت
۱۵,۷۹٪	۲۷,۲۹٪	۰,۲	۴۴,۲	کانه های فلزی	معادن منگنز ایران
	۱۶,۸۱٪	۰,۲	۴۹,۱	شیمیایی	پتروشیمی خارک
	۰,۶۶٪ -	۰,۲	۴۵,۳	مواد دارویی	دارو داملران رازک
	۱,۵۹٪ -	۰,۱۵	۵۰	مواد دارویی	سر. البرز
	۱۱۰,۵۳٪ -	۰,۰۲۹	۵۳	سیمان آهک گچ	سیمان ارومیه
	۱۲,۵۱٪ -	۰,۰۲	۴۴,۶	قند و شکر	قند نقش جهان
	۸,۰۱٪	۰,۲	۱۸,۲	فلزات اساسی	لوله و ماشین سازی
	۶,۶۰٪	-	-	-	بازده پرتفوی
	۰,۰۵	-	-	-	آلفای جنسن

با قرار دادن مقدار $LBB = 0,35$ پورتفوی برای حالت ریسک پذیر ساخته خواهد شد که به

شرح زیر می باشد:

جدول (۶): پورتفوی الگوریتم جستجوی شکار برای شش ماه اول ۱۳۹۶ (حالت ریسک پذیر)

نام شرکت	نوع صنعت	رتبه	وزن	بازده	بازده بازار
پتروشیمی شازند	شیمیایی	۵۴,۴	۰,۲	۶,۰۹٪	۰,۴۷٪
دارو اسوه	مواد دارویی	۴۹,۳	۰,۲	۵۳,۱۱٪	
دارو لقمان	مواد دارویی	۵۲,۹	۰,۲	۳۶,۵۴٪	
قند نقش جهان	قند و شکر	۵۰,۱	۰,۲	۵۴,۵۷٪	
لنت ترمز	خودرو و قطعات	۵۳,۳	۰,۱۶	٪-۸,۳۴	
محور خودرو	خودرو و قطعات	۵۵	۰,۰۲	٪-۰,۴۲	
نفت پارس	فرآورده های نفتی	۵۴	۰,۰۲	۵,۷۶٪	
بازده پرتفوی	-	-	-	۲۸,۸۳٪	
آلفای جنسن	-	-	-	۰,۱۴	

جدول (۷): پورتفوی الگوریتم ژنتیک برای شش ماه اول ۱۳۹۶ (حالت ریسک پذیر)

نام شرکت	نوع صنعت	رتبه	وزن	بازده	بازده بازار
پتروشیمی شازند	شیمیایی	۴۴,۲	۰,۱۳	۶,۰۹٪	۰,۴۷٪
دارو اسوه	مواد دارویی	۴۹,۱	۰,۲	۵۳,۱۱٪	
دارو لقمان	مواد دارویی	۴۵,۳	۰,۲	۳۶,۵۴٪	
قند نقش جهان	قند و شکر	۵۰	۰,۲	۵۴,۵۷٪	
لنت ترمز	خودرو و قطعات	۵۳	۰,۲	٪-۸,۳۴	
محور خودرو	خودرو و قطعات	۴۴,۶	۰,۰۲	٪-۰,۴۲	
نفت پارس	فرآورده های نفتی	۱۸,۲	۰,۰۴۹	۵,۷۶٪	
بازده پرتفوی	-	-	-	۲۸,۲۴٪	
آلفای جنسن	-	-	-	۰,۱۱	

با قرار دادن مقدار $LBB = 0.5$ پورتفوی برای حالت خنثی ساخته خواهد شد که به شرح زیر

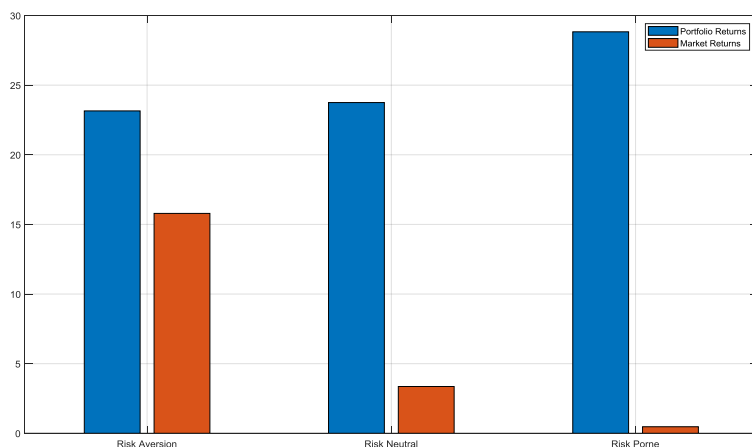
می باشد:

جدول (۸): پورتفوی الگوریتم جستجوی شکار برای شش ماه اول ۱۳۹۶ (حالت خنثی)

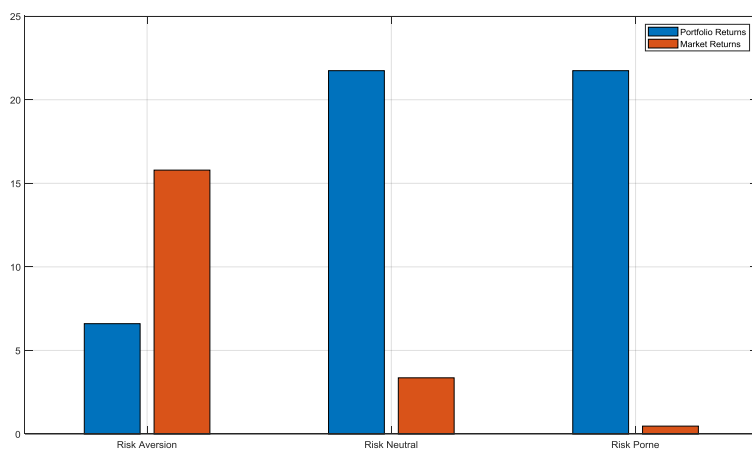
بازده بازار	بازده	وزن	رتبه	نوع صنعت	نام شرکت
۳,۳۶٪	۱۰۹,۲۵٪	۰,۲	۵۰,۹	مواد دارویی	دارو زهراوی
	٪-۱,۹۴	۰,۱۶	۵۲,۳۵	مواد دارویی	دارو لقمان
	٪-۰,۲۷	۰,۰۲	۴۹,۹	مواد دارویی	داروسازی کوثر
	٪-۴۰,۴۳	۰,۰۲	۵۷,۷	خودرو و قطعات	سایپا آذین
	٪-۰,۱۰	۰,۲	۵۱,۳	کانی غیر فلزی	سایپا شیشه
	٪-۰,۱۳	۰,۲	۵۲,۵	غذایی بجز قند و شکر	شهد ایران
	۰,۳۳٪	۰,۲	۴۶,۷	کانی غیر فلزی	شیشه دارویی رازی
	۲۳,۷۵٪	-	-	-	بازده پرتفوی
	۰,۰۶	-	-	-	آلفای جنسن

جدول (۹): پورتفوی الگوریتم ژنتیک برای شش ماه اول ۱۳۹۶ (حالت خنثی)

بازده بازار	بازده	وزن	رتبه	نوع صنعت	نام شرکت
۳,۳۶٪	۲۳,۳۹٪	۰,۲	۴۸,۲	مواد دارویی	دارو زهراوی
	۱۲,۹۰٪	۰,۰۲	۴۹,۶	مواد دارویی	دارو لقمان
	۷۵,۴۵٪	۰,۲	۴۵,۹	مواد دارویی	داروسازی کوثر
	۱۷,۳۲٪	۰,۱۶	۴۹,۶	خودرو و قطعات	سایپا آذین
	۵,۳۱٪	۰,۲	۵۳,۹	کانی غیر فلزی	سایپا شیشه
	۹,۹۰٪	۰,۰۲	۴۷,۴	غذایی بجز قند و شکر	شهد ایران
	٪-۱۱,۵۷	۰,۲	۴۵,۸	کانی غیر فلزی	شیشه دارویی رازی
	۲۱,۷۴٪	-	-	-	بازده پرتفوی
	۰,۱۲	-	-	-	آلفای جنسن



شکل (۶): مقایسه بازده پرتفوی شش ماه اول ۱۳۹۶ الگوریتم جستجوی شکار فازی و بازده بازار



شکل (۷): مقایسه بازده پرتفوی شش ماه اول ۱۳۹۶ الگوریتم ژنتیک فازی و بازده بازار

در نمودارهای بالا مقایسه میان بازده پورتفوی‌های ساخته شده توسط هر دو الگوریتم در میان مدت برای حالت‌های ریسک‌گریز، ریسک‌پذیر و بی تفاوت نسبت به ریسک را با بازده بازار نشان می‌دهد.

۴- بحث و نتیجه گیری

همانطوری که در نتایج هر دو الگوریتم مشاهده می شود بازده سبد سهام پیشنهادی در حالت ریسک گریزی به جز در چندین مورد بهتر از دو حالت دیگر سبد سهام با ریسک پذیری و ریسک خنثی می باشد. سیستم خبره پیشنهادی می تواند توسط جنبه های واقع گرایانه، انعطاف پذیر و عملی اش توصیف شود. با توجه با اینکه سیستم فازی پیشنهادی از نسبت های مالی بنیادی به صورت نسبی استفاده می کند و در محاسبات روابط فازی، بازه اطلاعات را به طور انعطاف پذیر محاسبه می کند، می تواند در عمل برای سرمایه گذاران بورسی مفید واقع گردد. لازم به ذکر است که با توجه به سادگی سیستم فازی طراحی شده تغییر برخی از متغیرها با میزان متفاوت حالات مختلف ریسک پذیری افراد و اولویت های آن ها انطباق خوبی خواهد داشت، سیستم خبره پیشنهادی دینامیک می باشد. از آنجایی که درک سیستم پیشنهادی برای افراد گوناگون به راحتی امکان پذیر است، سیستمی کاربردی است. با توجه به یافته های پژوهش کاربرد این سیستم خبره در انتخاب و بهینه سازی سبد سهام تأیید و توصیه می شود.

در مقایسه پژوهش حاضر با پژوهش هایی که در پیشینه تحقیق به مهمترین آن ها اشاره شد این پژوهش از الگوریتم جست و جوی شکار که برای اولین بار توسط الهی و همکاران استفاده شده بود در مقایسه با الگوریتمی رایج مانند ژنتیک بر اساس منطق فازی استفاده کرده است اما از آنجایی که یکی از مشکلات الگوریتم فراابتکاری تنظیم پارامترهای هر الگوریتم جهت جلوگیری از گیرافتادن در بهینه محلی ست برای اولین بار تنظیم پارامترهای الگوریتم ها به صورت دینامیکی و با گذشت زمان و پیشرفت الگوریتم توسط منطق فازی انجام گرفته است. این در حالیست که پرتفوی پیشنهادی و همچنین سیستم فازی پیشنهادی کاملاً منطبق بر واقعیات بازار با توجه به متغیرهای تکنیکال و نسبت های مالی چون نقدشوندگی که قدرت خرید و فروش هر سهام را نشان می دهد، بوده است. نتایج بدست آمده توسط محقق کارایی روش پیشنهادی را به وضوح نشان می دهد استفاده از سیستم خبره پیشنهادی به دو گروه توصیه می شود. اول کارشناسان بورس اوراق بهادار؛ به دلیل صرفه اقتصادی و انسانی و ... تنها به واسطه استفاده از این سیستم در ابتدا به سود و بازده مناسبی رسیده، همان نقطه ای که با صرف هزینه کمتر، یعنی عملکرد و کارایی بالاتر، اثرگذاری یکسانی را برای خبرگان و مشاوران به همراه خواهد داشت. دوم افرادی که به تازگی پای به عرصه سرمایه گذاری می گذارند؛ تا بازده سرمایه خود را افزایش دهند، به دلیل عدم درک صحیح رفتار بازار استفاده از این سیستم به آن ها توصیه می شود.

منابع و مآخذ

۱. الهی مرتضی، محسن یوسفی و یحیی زارع مهرجردی. (۱۳۹۳). "بهینه سازی سبد سهام با رویکرد میانگین واریانس و با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری جست و جوی شکار". مجله تحقیقات مالی. دوره ۱۶ شماره ۱. صص ۳۷-۵۶.
۲. پاک مرام عسگر، جمال بحری ثالث و مصطفی ولی زاده. (۱۳۹۶). "انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک، با بهره گیری از مدل میانگین نیمه واریانس مارکویتز". مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. شماره ۳۱. صص ۱۹-۴۲.
۳. خاکبیز مسلم، عباس رضایی پندری و محمود دهقان نیری. (۱۳۹۶) "طراحی مدل ریاضی متنوع سازی سبد سهام و حل آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک". چشم انداز مدیریت صنعتی. شماره ۲۵. صص ۱۷۳-۱۹۶.
۴. روحی، علی و محقق ریاضی، محمد. (۱۳۸۷). "ارزیابی عملکرد سبد اوراق بهادار شرکتهای سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار تهران، مدل علمی میانگین - واریانس در مقایسه با مدل علمی میانگین - واریانس - چولگی". پژوهش های حسابداری و مالی. دوره ۱ شماره ۲. صص ۱۱۶-۱۰۳.
۵. نشاطی زاده (۱۳۹۶) بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم های متاهوریستیک با در نظر گرفتن محدودیت حداقل و حداکثر از هر سهم. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. شماره ۴۲. صص ۲۵-۵۶.
6. Ahmadi-Javid, A., Fateminiya, S. H., & Gemünden, H. G. (2019). A Method for Risk Response Planning in Project Portfolio Management. Project Management Journal, 8756972819866577.
7. Fernández, A., & Gómez, S. (2007). Portfolio selection using neural networks. Computers & Operations Research, 34(4), 1177-1191.
8. Li, X., Qin, Z., & Kar, S. (2010). Mean-variance-skewness model for portfolio selection with fuzzy returns. European Journal of Operational Research, 202(1), 239-247.
9. Mansour, N., Cherif, M. S., & Abdelfattah, W. (2019). Multi-objective imprecise programming for financial portfolio selection with fuzzy returns. Expert Systems with Applications.
10. Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. The journal of finance, 7(1), 77-91.
11. Ni, Y. H., Li, X., Zhang, J. F., & Krstic, M. (2019). Equilibrium solutions of multi-period mean-variance portfolio selection. IEEE Transactions on Automatic Control.
12. Ngai, E. W. T., & Wat, F. K. T. (2003). Design and development of a fuzzy expert system for hotel selection. Omega, 31(4), 275-286.

13. Oftadeh, R., Mahjoob, M. J. & Shariatpanahi, M. (2010). A novel meta-heuristic optimization algorithm inspired by group hunting of animals: Hunting search. *Computers and Mathematics with Applications*, 60 (7): 2087-2098.
14. Parra, M. A., Terol, A. B., & Uria, M. R. (2001). A fuzzy goal programming approach to portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 133(2), 287-297.
15. Tanaka, H., & Guo, P. (1999). Portfolio selection based on upper and lower exponential possibility distributions. *European Journal of operational research*, 114(1), 115-126.
16. Vercher, E., Bermúdez, J. D., & Segura, J. V. (2007). Fuzzy portfolio optimization under downside risk measures. *Fuzzy sets and systems*, 158(7), 769-782.
17. Yunusoglu, M. G., & Selim, H. (2013). A fuzzy rule based expert system for stock evaluation and portfolio construction: An application to Istanbul Stock Exchange. *Expert Systems with Applications*, 40(3), 908-920.

Comparison of the Performance of Fuzzy Genetic and Fuzzy Hunting Search Algorithms in Fuzzy Portfolio Optimization Using Mean-Variance Model in Tehran Stock Exchange

Mojtaba Mirlohi⁵

Reza Tehrani⁶

Ezatollah Abbasian^۷

Ali Jaberizadeh^۸

Abstract:

Asset return is associated with uncertainty and always occurs during unexpected fluctuations in economic, social and political conditions, and so forth. In return, on assets such as stocks. Fuzzy logic can be one of the best options for modelling asset returns. For this purpose, a rule-based fuzzy expert system has been developed to support investment managers in their mid-term investment decisions. Considering the nonlinearity of the portfolio selection problem and its NP-Hard, the performance of the proposed fuzzy system is evaluated by the information of 157 companies that have been active in Tehran Stock Exchange between 2008 to 2018 using of Fuzzy Genetic and Fuzzy Hunting Search Algorithms. The system's performance in terms of risk-taking and duration of investment was comparable to average market returns. Besides, the performance of the proposed fuzzy system for the risk-averse investor in the short run yields good results.

Keywords: Markowitz Model, Fuzzy Logic, Genetic Algorithm, Hunting Search Algorithm

JEL Classification: G17, G11, C61

5. Assistant Professor at industrials and management department, Shahrood University, Shahrood, Iran. (Corresponding Author) mirlohim@shahroodut.ac.ir

6. Full Professor at financial management department, Tehran University, Tehran, Iran

۷. Associate Professor at financial management department, Tehran University, Tehran, Iran.

۸. Phd student of financial management at Alborz college, Tehran university, Tehran, Iran