فصلنامه بورس اوراق بهادار شمارهٔ ۵۲ زمستان ۹۹ سال سیزدهم ـ تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۹ ص ۷۱-۹۵

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 دارایی ها با عدم اطمینان همراه است و همواره در طی زمان نوسانات غیرمنتظره ای به لحاظ شرایط اقتصادی، اجتماعی و سیاسی و ... در بازدهی دارایی‌ها از جمله سهام روی می‌دهد. منطق فازی می‌تواند یکی از گزینه های مناسب برای مدل کردن بازده دارایی ها باشد. همین منظور یک سیستم خبرهٔ 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 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 ریسک پذیری و مدت سرمایه‌گذاری، در مقایسه با متوسط بازده بازار بوده است. به علاوه کارایی سیستم فازی پیشنهادی برای سرمایه‌گذار ریسک گریز 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) mirlohism@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 دکترای 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 مارکویتز(۱۹۵۲) با ارائه مدل میانگین- واریانس صورت گرفته است. از زمانی که مارکویتز 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 راه‌های سرمایه گذاری و تشکیل سبدی از دارایی‌ها، سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار می باشد. در کشورهای پیشرفته بخش عمده‌ای از سرمایه گذاری‌ها از طریق بازارهای مالی (بورس‌ها) انجام می‌پذیرد. انتخاب و گزینش سهام شرکت‌های حاضر در بورس اوراق بهادار و تشکیل پرتفوی سهام بهینه بستگی به عوامل متعددی دارد که تصمیم‌گیری را برای تحلیل‌گران و کارشناسان پیچیده می‌نماید. تحقیقات و مطالعات بسیاری در حوزهٔ تعیین اولویت معیارهای انتخاب سهم و تشکیل پرتفوی بهینه با توجه به معیارهای مختلف و استفاده از مدل‌های مدرن در تعامل با یکدیگر انجام گرفته است. با این وجود مدل‌های کمی همزمان رویکردهای بنیادی و فنی را برای ساخت پرتفوی درنظر می‌گیرند. مسألهٔ اصلی این تحقیق ارزیابی سهام و ساخت پرتفوی با استفاده از یک سیستم خبره است که هر دو رویکرد را مد نظر قرار می‌دهد. حال سؤال این است که آیا می‌توان با استفاده از این سیستم و ورودی‌های انتخاب شده پرتفویی انتخاب کرد که پر بازده‌ترین سبد سهام باشد و آیا این تصمیم-گیری با سرعت و دقت بیش‌تری نسبت به مدل‌های کلاسیک انتخاب پرتفوی انجام خواهد شد؟ (احمدی، ۱۳۹۸)

با توجه به مفروضات منطقی می‌توان ویژگی‌های کارایی یکایک دارایی‌ها یا سبد اوراق بهاداری از آنان را این چنین بیان کرد که هیچ دارایی یا سبد اوراق بهاداری از دارایی‌ها، با همان ریسک(یا کمتر از آن)، بازده مورد انتظار بالاتری حاصل نیاورد و یا با همان بازده مورد انتظار(یا بیشتر) ریسک کمتری را به همراه نداشته باشد. سبد سرمایه گذاری کارا سبدی است که در یک سطح معین ریسک دارای بیشترین بازده است، یا دارای کمترین ریسک به ازای یک سطح معین بازده می‌باشد. بعد از نظریه مارکویتز پیرامون سبد سهام مدل‌های مختلف انتخاب سبد سهام که بازده و ریسک را در نظر گرفته‌اند 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 جئو (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 نمی‌توان مرز کارا را توسط مدل‌های ریاضی حل نمود و لذا محققان لزوم استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری را در حل این مسئله پیشنهاد می‌نمایند. (Fernandez, 2007)

هدف اصلی این مطالعه ساخت پرتفوی بهینهٔ سهام با استفاده از سیستم خبرهٔ 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 تصمیم‌های سرمایه‌گذاری. در راستای این اهداف تحقیق حاضر، به بررسی امکان شناسایی و تشکیل سبد سهام بهینه توسط الگوریتم‌های فرابتکاری فازی می‌پردازد. این تحقیق بر آن است تا نشان دهد که آیا می‌توان 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 مؤلفه‌های مقید، میانگین – انحرافات مطلق و میانگین – ارزش در معرض ریسک شرطی به‌عنوان عامل اصلی ریسک‌پذیری نامطلوب در نظر گرفته است. هدف اصلی این پژوهش، حل مسئله بهینه‌سازی مقید پرتفوی سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک، الگوریتم توده ذرات، الگوریتم ترکیبی ژنتیک و توده ذرات، الگوریتم کرم شب‌تاب و الگوریتم

رقابت استعماری بوده است. به‌منظور حل مسئله بهینه‌سازی پرتفوی سهام با استفاده از اطلاعات روزانه ۲۵ سهم پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۸، 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 موفقی داشته و دریافتن جواب‌های بهینه در تمامی سطوح ریسک و بازده از دقت قابل قبولی برخوردار هستند. هم‌چنین نتایج مقایسه پرتفوی‌های چهار الگوی ذکرشده 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 بهینه سازی سبد سهام به کمک الگوریتم فراابتکاری جدیدی با نام جست‌وجوی شکار می‌پردازد. به‌منظور 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 بررسی‌شده را به دست آورد. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوریتم جست‌وجوی شکار، برای حل مسائل بهینه سازی 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 مقایسه ای روش های انتخاب سبد سهام بهینه پرداخته است. این تحقیق به دنبال بررسی مقایسه‌ای روش‌های بهینه سازی 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 بهینه سازی خطی مقید تعمیم یافته استفاده شده است. بدین منظور از داده‌های ۴۳ سهم در طول دوره ۴۱ ماهه برای تشکیل ۳ پرتفوی با روحیه های مختلف سرمایه گذاری، (ریسک پذیر، ریسک پذیرمتوسط، ریسک گریز) 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 روحیه های 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 خبرهٔ جدید برای انتخاب پرتفوی سهام با استفاده از رویکرد فنی و بنیادی به طور موازی ارائه می‌کند که دو فاز دارد. در فاز اول از هر دو داده‌های تکنیکی و بنیادی برای تخمین بازده و ریسک استفاده می‌کند. در فاز دوم مقادیر تخمین زده شده با ترجیحات سرمایه گذاران برای تولید پرتفوی مناسب تجمیع می‌شوند. در سیستم خبره فنی برای هر سهم ۲۷ کاندید شناسایی شده است و با استفاده از روش خوشه‌بندی متغیرهای موثر انتخاب شده‌اند. مقادیر تخمین زده شده ریسک و بازده در فاز دوم با ترجیحات کاربر تجمیع شده و نهایتاً ۴ قاعده فازی این مقادیر را رتبه‌بندی می‌کند.

۳- روش شناسی تحقیق

روش تحقیق فرآیندی نظام‌مند برای یافتن پاسخ یک پرسش یا راه حل یک مسئله است. در این باره آمده است "روش تحقیق مجموعه ای از قواعد، ابزار و راه‌های معتبر (قابل اطمینان) و نظام یافته برای بررسی واقعیت‌ها، کشف مجهولات و دستیابی راه حل مشکلات است" (خاکی، ۱۳۸۷). روش تحقیق این پژوهش، توصیفی از نوع پیمایشی است. برای جمع‌آوری ادبیات علمی و بررسی پیشینه از روش کتابخانه ای استفاده می‌گردد. همچنین پژوهش حاضر در چارچوب مبانی مدلسازی و استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی در حوزهٔ مدیریت مالی صورت می‌گیرد.

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

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

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 خبرهٔ 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 می دهد و نشان دهندهٔ 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 گذشتهٔ قیمت و حجم معاملات پایه‌گذاری 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 درنظر گرفتن این ورودی ها ارزیابی می‌کند و نتیجهٔ آن رتبه‌بندی هر سهم از طریق رویه استنتاج فازی خواهد بود. رتبهٔ 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 حوزهٔ 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 شده‌است، قاعده‌های شامل شاخص های فنی وزنی دوبرابر وزن قواعد بنیادی خواهند داشت. شکل زیر بخشی از پایگاه قواعد فازی سیستم خبرهٔ فازی انتخاب پرتفوی سهام را نشان می‌دهد:

شکل(۱): قوانین فازی متعلق به متغیرهای پژوهش

همانطور که در شکل زیر می‌بینیم، تحلیل حساسیت می‌تواند در پایگاه قواعد، برای استخراج رابطهٔ 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 داشته‌اند.

مرحلهٔ سوم، مرحلهٔ ساخت پرتفوی است. در این مرحله پرتفویی که متناسب با ترجیحات و ریسک پذیری سرمایه‌گذار است توسط یک مدل برنامه ریزی خطی ترکیبی- عدد صحیح ساخته می‌شود و محدودیت‌های مورد نیاز اعمال می‌شود. از آنجایی که سیستم برای حمایت از سرمایه‌گذاری میان مدت طراحی شده است، دورهٔ سرمایه‌گذاری، شش ماه تعیین می‌شود. در آخر دورهٔ سرمایه-گذاری تمام سهام های پرتفوی فروخته می‌شود و پرتفوی جدید ساخته می‌شود. بنابراین در طول مدت ۴ سالهٔ مورد بررسی ۱۲ پرتفوی ساخته می‌شود. 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… N) سرمایه گذاری می شود، ($0 \le W_i \le 1$). μ_i بازده سهم i ام، (i=1,…,N) در پرتفولیو، σ_{ij} کواریانس بین سهم i ام تا j ام باشند. مسئله بهینه سازی پورتفولیو با استفاده از مدل میانگین – واریانس مارکویتز را می توان توسط روابط (۱) تا (۴) بیان کرد.

$$Minimize \qquad \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_i w_j \sigma_{ij} \qquad (۱)$$

$$Subject\ to \qquad \sum_{i=1}^{N} w_i \mu_i = R^* \qquad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^{N} w_i = 1 \qquad (۳)$$

$$0 \le w_i \le 1 \qquad i = 1 \dots N \qquad (۴)$$

$$LB \le \sum_{i=1}^{N} x_i \le UB \qquad (۵)$$

$$w_i - UBW x_i \le 0$$
$$w_i - LBW x_i \ge 0 \qquad (۶)$$

$$\sum_{i \in BL} w_i \ge LBB$$
$$\sum_{i \in G_j} w_i \le UBG_j \qquad (۷)$$

رابطه (۱) واریانس (ریسک) کل پورتفولیو را مینیمم می کند. رابطه (۲) بیان می کند که بازده پورتفولیو برابر با R^* می باشد. رابطه (۳) تضمین می کند که مجموع نسبت هایی از پورتفولیو 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 پورتفولیو 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 آستانه‌های 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) آستانهٔ 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 ریسک گریز باید بالا باشد اما در مقابل برای حالت ریسک پذیر این مقدار پایین است. از آنجایی که سیستم خبرهٔ ما برای سرمایه‌گذار ریسک گریز طراحی شده است، مقدار LBB را ۰,۶۵ قرار می‌دهیم. برای آزمون عملکرد سیستم خبره برای حالت ریسک پذیر و خنثی مقدار LBB را به ترتیب ۰,۳۰ و ۰,۵۰ قرار خواهیم داد. همچنین G_j مجموع سهام در صنعت jام 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 می توان 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 می شود. در صورتی که بازده مرکب پیوسته هردارایی در زمان t، ($r_{i,t}$) کوچک باشد، آنگاه می توان از تقریب زیر استفاده کرد:

$$r_{p,t} \approx \sum_{i=1}^{N} w_i r_{i,t} \qquad (۵)$$

که در آن بازده مرکب پیوسته دارایی i در زمان t است. این تقریب معمولا برای مطالعه بازده پرتفوی ها استفاده می شود. در این تحقیق هم برای محاسبه بازده پرتفوی از فرمول فوق استفاده می شود.

اگر§ یک متغیر فازی با تابع عضویت μ باشد، آنگاه برای هر $X \in R$ ، $\mu(x)$ احتمال گرفتن ارزش x را برای § 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 §=(a,b,c) باشد، آنگاه بازده مورد انتظار پرتفوی برابر است با: (Li, 2010)

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i(a_i + 2b_i + c_i)}{4} \qquad (۶)$$

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 محققی، 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.

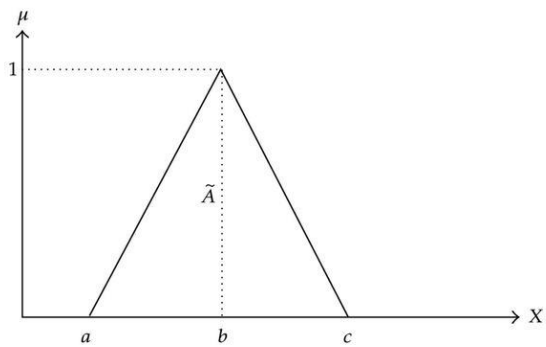
$$\sigma_{port} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} W_i^2\,\sigma_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{n}\sum_{j=1}^{n} W_i W_j cov_{ij}} \qquad (۷)$$

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،

$$cov_{ij} = r_{ij}\sigma_i\sigma_j.$$

۳-٤- منطق فازی

یکی از کاربردی ترین توابع عضویت در منطق فازی، توابع عضویت مثلثی است و به صورت $M=(m,\alpha,\beta)$ نشان داده می شود 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 شاخصa، میانه بازده b و حداکثر بازده c می باشد. در این مرحله پارامترهای تابع مثلثی با درنظر گرفتن داده‌های یک سال قبل از شروع دوره سرمایه‌گذاری، به صورت دینامیکی محاسبه می‌شوند، از این رو مقادیر ورودی‌ها می‌تواند در طول زمان با توجه به بازار سهام تغییر کند. به سبب این جنبه از مرحلهٔ ارزیابی سهام، سیستم خبره می‌تواند پارامترهای ارزیابی سهام را در طول زمان به منظور تطبیق با محیط جدید سرمایه‌گذاری تغییر دهد. جدول ۲ برخی از توابع عضویت برای مقادیر زبانی عوامل مؤثر در انتخاب پرتفوی را نشان می‌دهد:

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

متغیرها	مقادیر زبانی	اعداد فازی مثلثی			
		۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶
قیمت به سود	کم	(-۰,۵۷۲ ،۰,۰۲ ،۰,۶۱۲)	(-۰,۷۷۲ ،۰,۰۲ ،۰,۸۱۲)	(-۰,۱۹۸۶ ،۰,۰۰۱ ،۰,۲۰۰۶)	(-۰,۱۹۸۶ ،۰,۰۰۱ ،۰,۲۰۰۶)
	متوسط	(۰,۱۶۸ ،۱,۳۵۲ ،۰,۷۶)	(۰,۲۱۸ ،۱,۰۱ ،۱,۸۰۲)	(۰,۰۵۰۹ ،۰,۲۵۰۵ ،۰,۴۵۰۱)	(۰,۰۵۰۹ ،۰,۲۵۰۵ ،۰,۴۵۰۱)
	زیاد	(۰,۹۰۸ ،۱,۵ ،۲,۰۹۲)	(۱,۲۰۸ ،۲ ،۲,۷۹۲)	(۰,۳۰۰۴ ،۰,۵ ،۰,۶۹۹۶)	(۰,۳۰۰۴ ،۰,۵ ،۰,۶۹۹۶)
سود تقسیمی	کم	(-۱,۱۰۲ ،۰,۰۷ ،۱,۲۴۲)	(-۱,۵۰۲ ،۰,۰۷ ،۱,۶۴۲)	(-۱,۱۱۶ ،۰,۰۶ ،۱,۲۳۶)	(-۱,۱۱۶ ،۰,۰۶ ،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	(۱,۸۲۸ ،۳ ،۴,۱۷۱)	(۲,۴۲۸ ،۴ ،۵,۵۷۱)	(۱,۸۲۴ ،۳ ،۴,۱۷۵)	(۱,۸۲۴ ،۳ ،۴,۱۷۵)

فرآیند محاسبهٔ یک عدد واحد که ارائه دهندهٔ بهترین نتیجهٔ ارزیابی مجموعهٔ فازی است، فازی زدایی نامیده می‌شود (Ngai, 2003). روش‌های مختلفی وجود دارند که می‌توانند برای فازی زدایی مورد استفاده قرار گیرند. ما روش مرکز ثقل را برای فازی زدایی انتخاب نموده‌ایم 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 بهینه‌یابی نسبتاً جدید است که از شکار گروهی حیوانات مانند شیر، گرگ، دلفین‌ها و ... الهام گرفته شده است. اگرچه این شکارچیان در روش شکارکردن 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 می‌کنند 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 می‌کنند. اگر طعمه از حلقه فرار کند، شکارچیان دوباره گروه را سازماندهی می‌کنند 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 می‌توانند 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 می‌دهدو برای گریز از مهلکه تلاش می‌کند، در حالی که در مسال، نقطه بهینه ثابت است و مکانش تغییری نمی‌کند. در توضیح این دو نکته، افاده و همکارانش دو راه حل ارائه داده‌اند. برای رویارویی با مشکل اول یعنی آگاهی از مکان نقطه بهینه، تابه برازندگی تعریف شده است که در هر مرحله نشاندهنده‌ی مکان نسبی هدف است. در مورد انطباق نداشتن دوم نیز باید گفت که تغییر نکردنمکان پاسخ در مسایل، در مقایسه با فرار طعمه در شکار واقعی، مسلماً کار جستجو را ساده تر می‌کند و الگوریتم سریعتر می‌تواند پاسخ بهینه را بیابد. در نتیجه مورد دوم را می‌توان 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- گام‌های الگوریتم جستجوی شکار

۳-۵-۲-۱- تعریف مساله بهینه‌یابی و تعریف پارامترهای الگوریتم

تعریف یک مساله بهینه‌یابی شامل تعیین تعدادی متغیرهای جستجو (N)، محدوده مجاز هر کدام از آنها، قیود مساله و تابع هدف موردنظر است. پارامترهای الگوریتم جستجوی شکار که در مداحل بعد مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارت‌اند از: اندازه گروه شکار (HGS)، حداکثر جابه‌جایی 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 می‌کند. EN یا تعداد دوره‌ها نیز متغیری است که تعداد تکرار گام‌ها را تا

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

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

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

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

۳-۵-۲-۳- حرکت به سمت سر گروه

در مرحله سوم، وضعیت هر یک از جواب‌های اولیه توسط یک تابع برازندگی بررسی می‌شود و بهترین پاسخ، رهبر شکارچیان در آن گام تعیین می‌شود. پس از تعیین رهبر شکارچیان، همه شکارچیان با توجه به پارامتر MML و عددی تصادفی که در گام یک بدان اشاره شد، طبق رابطه‌ی بالا به سمت رهبر شکارچیان آن گام حرکت می‌کند. این رابطه نشان می دهد که پارامتر i ام هر شکارچی، چگونه نسبت به پارامتر i ام هر رهبر شکارچیان و با توجه به عدد تصادفی بدست آمده تغییر می کند. پارامتر i ام رهبر شکارچیان در هر گام با x_i^L و مکان جدید هر شکارچی با x_i' متمایز شده اند. مجددا 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)

۳-۵-۲-٤- اصلاح موقعیت مکانی تعامل بین اعضاء

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

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

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 ۳۰٪ و احتمال اصلاح یک موقعیت 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:

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

۳-۵-۲-۵- سازماندهی مجدد گروه شکار

همانطورکه 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:

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

۳-۶-۲-۶- 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 ازجمله روش های بهینه سازی تصادفی و فراابتکاری بسیار مؤثر و کارا می باشد که درحل 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 وجوی 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؛ درحالی 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).

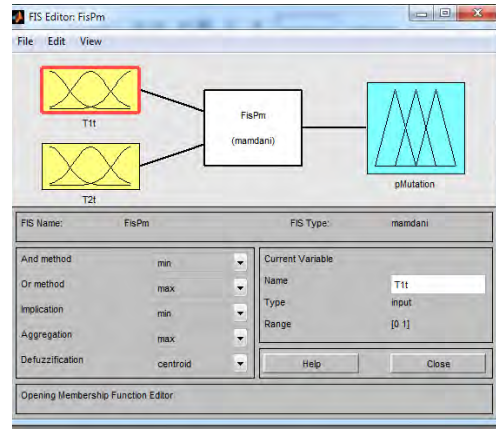
۳-۵-٤- تنظیم پارامترها

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.

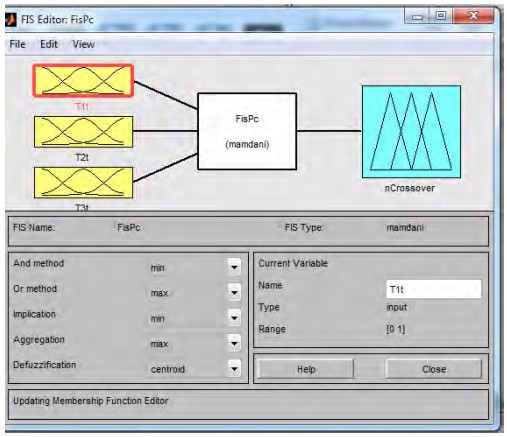
در این قسمت به بررسی و طراحی مکانیزم کنترل عملگرهای ادغام و جهش با استفاده از منطق فازی می‌پردازیم. همانطوری که در بالا نیز اشاره شد برای طراحی سیستم استنتاج فازی از چند ورودی مختلف استفاده می‌کنیم که بر اساس مطالعات گذشته از معیارهایی چون تعداد تکرارها، یونیک بودن پاسخ‌ها و دیگری کیفیت پاسخ‌ها برای بروز کردن مقدار نرخ ادغام بهره گرفته شده است که به شکل زیر در نظر گرفته شده است:

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

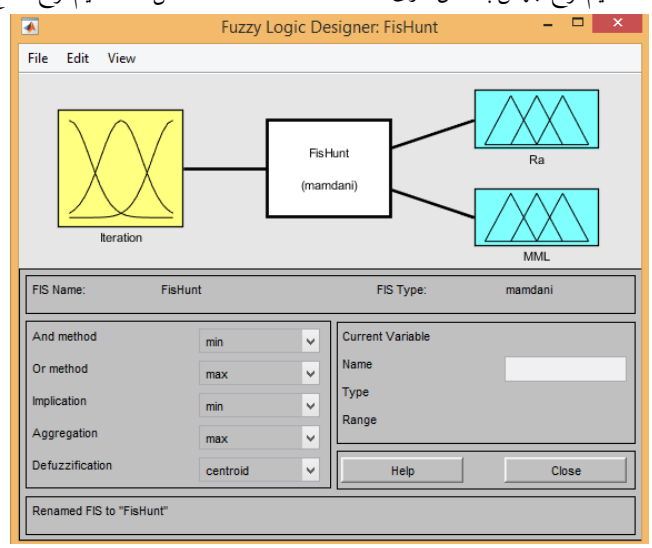
که در آن



شکل(۳): تنظیم نرخ جهش با منطق فازی



شکل(۴): تنظیم نرخ تقاطع با منطق فازی



شکل (۵): تنظیم MML و Ra با منطق فازی

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

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 $LBB = ۰,۳۵$ پورتفوی برای حالت ریسک پذیر ساخته خواهد شد که به شرح زیر می‌باشد:

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

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

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

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

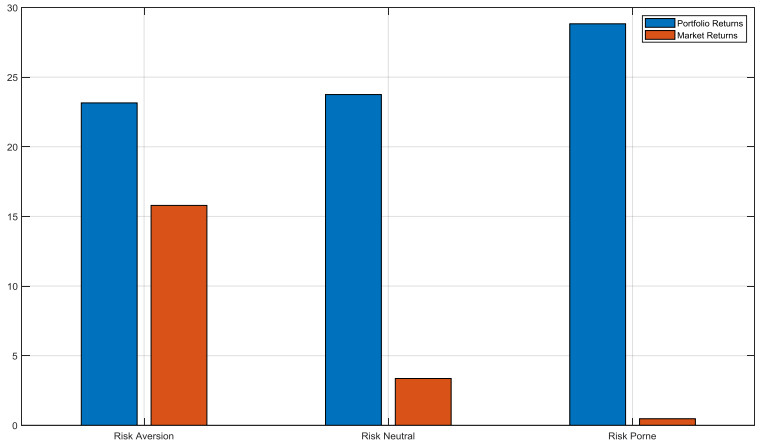
با قرار دادن مقدار LBB =۰,۵ پورتفوی برای حالت خنثی ساخته خواهد شد که به شرح زیر می باشد:

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

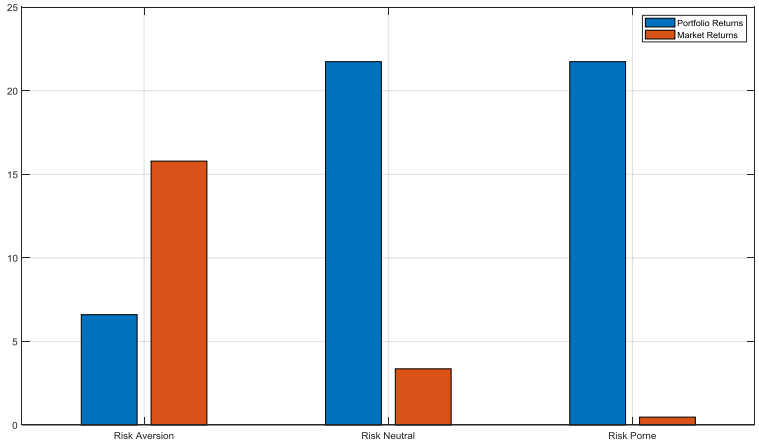
بازده بازار	بازده	وزن	رتبه	نوع صنعت	نام شرکت
۳,۳۶٪	۱۰۹,۲۵٪	۰,۲	۵۰,۹	مواد دارویی	دارو زهراوی
	-۱,۹۴٪	۰,۱۶	۵۲,۳۵	مواد دارویی	دارو لقمان
	-۰,۲۷٪	۰,۰۲	۴۹,۹	مواد دارویی	داروسازی کوثر
	-۴۰,۴۳٪	۰,۰۲	۵۷,۷	خودرو و قطعات	سایپا آذین
	-۰,۱۰٪	۰,۲	۵۱,۳	کانی غیر فلزی	سایپا شیشه
	-۰,۱۳٪	۰,۲	۵۲,۵	غذایی بجز قند و شکر	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): مقایسهٔ بازده پرتفوی شش ماه اول ۱۳۹۶ الگوریتم جستجوی شکار فازی و بازده بازار



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

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

٤- بحث و نتیجه‌گیری

همانطوری که در نتایج هر دو الگوریتم مشاهده می‌شود 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 می‌باشد. سیستم خبرهٔ پیشنهادی می‌تواند توسط جنبه‌های واقع گرایانه، انعطاف پذیر و عملی‌اش توصیف شود. با توجه با اینکه سیستم فازی پیشنهادی از نسبت‌های مالی بنیادی به صورت نسبی استفاده می‌کند و در محاسبات روابط فازی، بازه اطلاعات را به طور انعطاف پذیر محاسبه می‌کند، می‌تواند در عمل برای سرمایه‌گذاران 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 ریسک‌پذیری افراد و اولویت‌های آن‌ها انطباق خوبی خواهد داشت، سیستم خبرهٔ پیشنهادی داینامیک می‌باشد. از آنجایی که درک سیستم پیشنهادی برای افراد گوناگون به راحتی امکان‌پذیر است، سیستمی کاربردی است. با توجه به یافته‌های پژوهش کاربرد این سیستم خبره در انتخاب و بهینه سازی سبد سهام تأیید و توصیه می‌شود.

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 می‌دهد، بوده است. نتایج بدست آمده توسط محقق کارایی روش پیشنهادی را به وضوح نشان می‌دهداستفاده از سیستم خبرهٔ پیشنهادی به دو گروه توصیه می‌شود. اول کارشناسان بورس اوراق بهادار؛ به دلیل صرفه اقتصادی و انسانی و ... تنها به واسطهٔ استفاده از این سیستم در ابتدا به سود و بازده مناسبی رسیده، همان نقطه‌ای 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 سرمایه‌گذاری می‌گذارند؛ تا بازده سرمایه خود را افزایش دهند، به دلیل عدم درک صحیح رفتار بازار استفاده از این سیستم به آن‌ها توصیه می‌شود.

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 محققی 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 ۱۰۳-۱۱۶.

۵. نشاطی زاده (۱۳۹۶) بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم‌های متاهیوریستیک 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., Fateminia, 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., & Uría, 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 Mirlohi[5]
Reza Tehrani[۶]
Ezatolah 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) mirlohism@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