نشریـه علمـی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال سیزدهم، شماره چهل‌و پنجم
بهار ۱۳۹۹

انتخاب سبد سهام با بکارگیری الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور و مقایسه‌ی آن با الگوریتم های ژنتیک و مورچگان

محمود رحمانی[۱]
مریم خلیلی عراقی[۲]
هاشم نیکومرام[۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۲۲

چکیده

تصمیم گیری در زمینه سرمایه گذاری یکی از مسائل اساسی در مدیریت مالی است . وقتی که سرمایه گذار با گزینه های مختلفی جهت سرمایه گذاری روبرو می گردد بایستی در مورد تعداد دارایی های انتخابی و میزان سرمایه گذاری بر روی هر کدام از آن ها تصمیم گیری نماید. انتخاب ابزار و تکنیک های که بتواند سبدسهام مناسب را تشکیل دهد یکی از اهداف اصلی دنیای سرمایه گذاری است در این مطالعه جهت کمک به تصمیم گیری مطلوب در انتخاب سهام موجود در سبد براساس مدل مارکویتز از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبوراستفاده شده است و برای تعیین کارایی این الگوریتم معیار شارپ، معیار ترینر و ریسک نامطلوب آن محاسبه و با سبد تشکیل شده از الگوریتم های ژنتیک و کلونی مورچگان مقایسه گردیده است. نمونه آماری پژوهش شامل شرکت های فعال پذیرفته شده، در بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ است که به روش حذف سیستماتیک انتخاب گردیده اند. نتایج پژوهش نشان می دهد معیار شارپ سبدسهام تشکیل شده از طریق الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور نسبت به الگوریتم های ژنتیک و مورچگان عملکرد بهتری دارد، اما هرچند معیار ترینر و ریسک نامطلوب سبد سهام تشکیل شده از طریق الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عملکرد بهتری داشته، ولی از لحاظ آماری این اختلاف معنادار نبوده است.

واژه‌های کلیدی: سبد سهام، الگوریتم کلونی‌مصنوعی زنبور، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کلونی مورچگان.

۱- دانش آموخته مقطع دکترای رشته مدیریت مالی، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، ، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. mahmood80933@yahoo.com

۲- استادیار رشته مدیریت مالی، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد،، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) m.khaliliaraghi@ srbiau.ac.ir

۳- استاد رشته مدیریت مالی، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد ، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۱- مقدمه

تخصیص دارایی های مختلف به سبد سهام ، یکی از مسائل اساسی در بازار سرمایه و مدیریت مالی مدرن است. سبد سهام شامل اوراق بهادار متعدد همانند سهام، اوراق بدهی و سهام صندوق های سرمایه گذاری است(فبوزی و دیگران، ۲۰۰۵). بهینه سازی موضوعی است که به دنبال یافتن بهترین جواب برای مسأله با توجه به اهداف و محدودیت ها می باشد(کارابوگا وگورکمل، ۲۰۱۴). مارکویتز برای اولین بار یک چهارچوب کمی برای انتخاب پرتفوی ارائه نمود. در این چهارچوب جذابیت سرمایه گذاری براساس دو عامل ریسک و بازده تعیین می گردد و ریسک براساس ماتریس واریانس کوواریانس تعریف می شود(مارکویتز، ۱۹۵۲). این رویکرد کاستی های متعددی دارد، که عمده ترین آن ها عبارتند از: اول جمع آوری اطلاعات کافی در مورد ریسک و بازدهی. دوم این مدل برای مدلسازی در دنیای واقعی بسیار ساده می باشد چرا که تمامی ویژگی ها از قبیل هزینه های معامله ، مدیریت قیمت و ... را دربرنمی گیرد. سوم، تخمین بازده و ریسک با استفاده از داده های قدیمی دارای خطاهای اندازه گیری می باشند (تالو و رولی ، ۲۰۰۸).

علاوه برموارد فوق در صورت اضافه کردن یک محدودیت به مدل اولیه فرمول بندی وحل مسئله پایه سبد سهام مشکل‌ترمی‌شود. به همین دلیل تکنیک‌ها و روش‌های سنتی لزوما" نتایج رضایت بخشی راارائه نمی کنند، به‌همین دلیل درسالهای اخیر استفاده از روش‌های فرا ابتکاری به‌دلیل ارائه نتایج امیدوار کننده مورد توجه قرارگرفته‌اند. الگوریتم‌های فراابتکاری در واقع برای حل مسائل بهینه‌سازی توسعه یافته‌اند. این الگوریتم‌ها می‌توانند با توجه به ویژگی‌های مانند: جمعیت، تصادفی، قطعی وغیره به گروه‌های مختلفی طبقه بندی شوند. روش‌های فرا ابتکاری به عنوان یک فرآیند تکراری تعریف می‌شوند که با مجموعه‌ای از راه حل‌ها سروکار دارند و در جهت بهبود آنها تلاش می‌کنند . نکته کلیدی در الگوریتم‌های فراابتکاری این است که این الگوریتم‌ها علیرغم ارائه یک راه‌حل رضایت بخش لزوما" ، یافتن راه‌حل بهینه را تضمین نمی‌کنند.

از محبوب‌ترین الگوریتم‌های تکاملی، که برای مسئله انتخاب سبد سهام بکارگرفته شده الگوریتم ژنتیک است (لین و لیو ، ۲۰۰۷). اخیراً برخی ازتحقیقات با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری والگوریتم‌های هوش مصنوعی برای حل‌مسئله بهینه-سازی سبدسهام بکارگرفته شده‌اند، از جمله: آرنون ، لوارشی و تتامنزی اولین محققینی بودند که الگوریتم ژنتیک را برای بهینه‌سازی سبدسهام به‌کار برند(آرنون، لوارشی و تتامنزی ، ۱۹۹۳). فیلدسند و همکاران، بهینه‌سازی سبدسهام را با درنظرگرفتن محدودیت تعداد دارایی در سبدسهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک را حل نمودند (فیلد سند، ماتاکو ، پنک،۲۰۰۴). فرناندز الگوریتم شبکه‌عصبی را برای حل مسئله بهینه‌سازی پرتفوی مورد استفاده قرارداده ونتایج آن را با روش‌های دیگر مقایسه نمود ونشان داد نتایج این الگوریتم ازسایر الگوریتم‌ها بهتر است (فرناندز و گومز ،۲۰۰۷). چانگ ودیگران (۲۰۰۰) با در نظرگرفتن محدودیت کاردینال ازطریق میانگین واریانس وبکارگیری الگوریتم‌های فراابتکاری شامل الگوریتم‌ژنتیک ، تابوسرچ و الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده به بهینه‌سازی سبدسهام پرداخته‌اند.

هرکدام از روش‌های فوق برای حل مسأله بهینه-سازی پرتفوی دارای مزایای مختص به‌خود هستند. با این حال هرکدام از این روشها کمبودهای دارند از جمله می‌توان به‌سرعت همگرایی کندتر، به‌دام افتادن دربهینه محلی اشاره نمود (وانگ ، یانگ و کانگ،(۲۰۱۳). برای غلبه براین مشکلات دراین مقاله الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور برای بهینه‌سازی سبدسهام پیشنهاد شده است. الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور یک الگوریتم جستجو است که اولین بار در سال ۲۰۰۵ بوسیله کارابوگا ارائه گردیده است؛ و از شبیه سازی رفتار جستجوی غذای گروه‌های زنبور عسل تقلید می‌نماید(کارابوگا،۲۰۰۵). دراین الگوریتم، متغیرهای مسئله به عنوان موقعیت منبع غذایی درنظر

گرفته می‌شوند. مقدار شهد[1] منبع غذایی، نشان‌دهنده تابع احتمالی و یا برازندگی راه‌حل است. الگوریتم‌های کلونی مصنوعی زنبور پس از معرفی به مجامع عملی، به‌دلیل دارا بودن قابلیت‌های ویژه برای حل مسائل بهینه سازی مورد استقبال قرارگرفته است. از این رو اهمیت این تحقیق استفاده ازمدلی است که با استفاده از آن بصورت کارا سرعت ودقت حل مدل را افزایش، سرمایه گذاران و مدیران سرمایه گذاری را در جهت تصمیم گیری مناسب یاری نماید. در این راستا برای تعیین کارایی الگوریتم ارائه شده عملکرد آن با الگوریتم ژنتیک و کلونی مورچگان مقایسه شده است.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

۲-۱- پیشینه پژوهش

هری مارکویتز(۱۹۵۲) مدلی را به منظور بهینه-سازی سدسهام براساس میانگین بازده و ریسک ارائه نمود، بر اساس این مدل سرمایه‌گذاری‌کارسبدی است که درسطح معینی از ریسک دارای بازده بیشتری و یا به ازای سطح معینی از بازده دارای کمترین ریسک باشد. آرنون[2] ودیگران(۱۹۹۳) یک الگوریتم ژنتیک در انتخاب سبدسهام براساس نیم واریانس ارائه دادند و آن را بر روی پانزده دارایی آزمون نمودند و نتیجه-گرفتند که الگوریتم ژنتیک در این زمینه دارای کارایی می‌باشد. از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پرتفوی سهام با معیارهای مدل مارکویتز استفاده نموده و نتیجه گرفتند که الگوریتم ازکارایی لازم برای حل مسأله انتخاب دارد. دنگ[3] (۲۰۰۲) برای رفع محدودیت های توابع مورد استفاده درانتخاب سبدسهام مانند: شکل و زمان بربودن حل مسائل غیرخطی، رویه ها و پارامترهای پیچیده و ناملموس محاسباتی و عدم انعطاف پذیری در استفاده از متغیرهای مؤثر الگوریتم ژنتیک را پیشنهاد نمود. یانگ(۲۰۰۵) الهام از رفتار زنبور عسل درطبیعت، یک الگوریتم کلونی مصنوعی زنبورعسل را برای حل توابع بهینه سازی معرفی نمود و تحقیقات وی حاکی از آن است که این الگوریتم نسبت به الگوریتم ژنتیک کارآمدتر است. کارابوگا و باستورک(۲۰۰۷) برای بهینه سازی توابع عددی الگوریتم کلونی زنبورعسل را معرفی و نتایج این الگوریتم با الگوریتم‌های ژنتیک وبهینه سازی تجمعی ذرات مقایسه نمودند ونتیجه گرفتند الگوریتم زنبورعسل بر دیگر الگوریتم ها برتری دارد. چانگ و دیگران(۲۰۰۹) از الگوریتم ژنتیک برای حل مسأله بهینه‌سازی سبدسهام براساس معیارهای میانگین بازده واریانس ونیم واریانس استفاده ونتیجه گرفتند که سبد سهام با اندازه کوچک نسبت به سبدهای بزرگتری کارایی بیشتری دارد. وانگ ودیگران(۲۰۱۲) با استفاده از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور با درنظرگرفتن محدودیت تعداد دارایی درسبد به بهینه سازی سبدسهام پرداختند و نتیجه گرفتند که این الگوریتم دارای کارایی بسیار بالایی می‌باشد.

توبا وباکانین(۲۰۱۴) برای بهینه‌سازی سبدسهام از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور براساس مدل میانگین واریانس با درنظرگرفتن محدودیت مقداری استفاده نمودند، و نتایج آن را با الگوریتم های ژنتیک، شبیه-سازی آنلینگ، تابوسرچ(جستجوی ممنوعه) وحرکت تجمعی ذرات مقایسه نمودند ونتیجه گرفتند که الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور ازکارایی بالاتر برخوردار می‌باشد.

چن(۲۰۱۵) درمطالعه‌ای الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور را برای بهینه سازی سبدسهام با درنظرگرفتن محدودیت بودجه بکارگرفته است ونتیجه گرفت که برای چنین مسائلی مدل‌های سنتی فاقد کارایی لازم می‌باشند، اما الگوریتم اصلاح شده کلونی مصنوعی زنبور برای حل این مسائل دارای کارایی لازم می‌باشد.

محمدی استخری(۱۳۸۵) برای انتخاب پرتفوی سهام در بورس اوراق بهادار تهران با اهداف حداکثر بازدهی و حداقل واریانس از الگوریتم ژنتیک استفاده نموده است. تقوی‌فرد ودیگران(۱۳۸۶) درپژوهشی تحت عنوان «ارائه یک الگوریتم فرا ابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با درنظرگرفتن محدودیت‌های عدد صحیح» از الگوریتم ژنتیک جهت اتخاب سبد سهام استفاده و نتیجه‌گیری نمودند الگوریتم ژنتیک همانند

مدل مارکویتز مسأله سبد سهام مقید را به‌خوبی حل می‌نماید. مولایی وطالبی(۱۳۸۹) درمطالعه‌ای تحت عنوان «انتخاب سبد سهام با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری و مقایسه آن باسبدهای تشکیل شده توسط خبرگان و تازه کارها دربورس اوراق بهادار تهران» با استفاده از ۵۰ شرکت برتر پرداختند و نتیجه گرفتند متوسط عملکرد سبدهای منتخب خبرگان وعملکرد الگوریتم‌های فراابتکاری (ژنتیک) تفاوت معناداری وجود ندارد. ولی هر دو رویکرد عملکرد بهتری نسبت به پرتفوی بازار داشته اند. اما متوسط عملکرد تازه کارها با این دو رویکرد تفاوت معناداری دارد.

فلاح شمس ودیگران(۱۳۹۳) به بررسی عملکرد معیارهای متفاوت ریسک در انتخاب وبهینه سازی سبدسهام با استفاده از الگوریتم مورچگان درشرکت-های پذیرفته شد دربورس اوراق بهادار تهران پرداختند. معیارهای ریسک شامل واریانس، نیمه واریانس، و ارزش درمعرض ریسک و ارزش درمعرض ریسک احتمالی بوده است. نتایج نشان داد که معیار ارزش درمعرض ریسک احتمالی قادر است سطوح بالاتری بازده را با حداقل نمودن ارزش در معرض ریسک احتمالی به ارمغان آورد، وهمچنین این معیار برای اجرای مدل بیشترین زمان را به خود اختصاص داده است.

کیانی هرچگانی و دیگران(۱۳۹۳) در مطالعه ای تحت عنوان بهینه سازی سبد سهام براساس حداقل سطح پذیرش ریسک کل و اجزای آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک، به مقایسه ی مرز کارای سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک و روش های دقیق پرداختند و نتیجه گرفتند مرزای کارای بهینه به دست آمده با استفاده از الگوریتم ژنتیک با مرزکارای حاصل از روش حل دقیق برابر بوده است. اسلامی بیگدگلی و طیبی ثانی(۱۳۹۳) در بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان با درنظرگرفتن محدودیت عدد صحیح پرداختند و نتایج نشان می‌دهد بکارگیری این این الگوریتم نسبت به الگوریتم ژنتیک نتایج بهتری بدست می آورد. سینایی و زمانی(۱۳۹۳) در مطالعه ای الگوریتم ژنتیک و زنبوعسل را با درنظرگرفتن محدودیت حداقل مقادیر معاملاتی براساس مدل مارکویتز برای انتخاب سبد سهام بکار گرفتند، مقایسه عملکرد الگوریتم های مذکور نشان می دهد، الگوریتم زنبور عسل کارایی بالاتری دارد.

راعی و دیگران(۲۰۱۴) برای انتخاب سبد سهام بر اساس معیارهای متفاوت الگوریتم کلونی زنبور را بکار بردند و معیارهای انتخاب سبد سهام عبارت ودند از مدل میانگین واریانس مارکویتز، نیمه واریانس، میانگین انحراف مطلق و میانگین واریانس با درنظرگرفتن چولگی، نتایج نشان می دهد الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور دارای کارایی برای مسائل بهینه سازی می باشد.

۲-۲- بهینه‌سازی سبدسهام

انتخاب پرتفوی مسأله ای است که مشخص می-سازد یک سرمایه گذار چگونه نقدینگی خود را با توجه به اهداف بازده وریسک به دارایی‌های مختلف اختصاص دهد تا به‌یک سبد رضایت بخش از مجموعه دارایی‌ها برسد (اونی ، ۲۰۰۹). ترکیب سبد موردنظر می‌تواند حاصل تصمیمات اتفاقی وغیرمرتبط سرمایه-گذاری، یا نتیجه برنامه‌ریزی سنجیده باشد(ابزری و دیگران، ۱۳۸۴). انتخاب ابزار وتکنیک‌های که‌بتواند سبد سهام را تشکیل دهد، آرزو دنیای سرمایه‌گذاری است (راعی، ۱۳۷۸). هدف اصلی درمدل پرتفوی کمک به سرمایه‌گذار در انتخاب پرتفوی بهینه با توجه به ترجیحات وعلائق وی و همچنین شرایط محیط تصمیم می باشد. مشهورترین و متداول ترین رویکرد در مورد انتخاب سبد سهام مدل میانگین واریانس مدل هری کویتز است که در این مدل ریسک سرمایه گذاری نه تنها براساس انحراف معیار یک سهم ، بلکه باتوجه به ریسک مجموعه سرمایه گذاری می باشد (مارکویتز ، ۱۹۵۹). در مدل مارکوتیز حداقل نمودن ریسک مجموعه سهام بعنوان هدف و بازده پرتفوی

بعنوان یک محدودیت در نظر گرفته شده . که در این تحقیق این مدل به شکل زیرتعریف شده است .

(۱)

$$minz = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} X_i X_j \, COV_{(R_i,R_j)} - \sum_{i=1}^{n} X_i R_i$$

$$S.T$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = 1$$

$$X_i \geq 0 \, , \forall_i \in (1,2,3,\dots,N)$$

N: تعداد دارایی های موجود R_i : متوسط بازده دارایی iام X_i: متغیروزن (نسبت سرمایه گذاری درداراییi ام به کل سرمایه گذاری) $COV_{(Ri,Rj)}$: کو واریانس بین بازده سهام i و j

محدودیت $\sum_{i=1}^{n} X_i = 1$ تضمین می کند که تمام سرمایه در دسترس است و در این روش هدف به حداقل رساندن ریسک پرتفوی برای بدست آوردن بازده موردانتظار می باشد.

۲-۳- الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور(ABC)

الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور یک الگوریتم جستجو است که اولین بار در سال ۲۰۰۵ بوسیله کارابوگا معرفی گردید و از شبیه سازی رفتار جستجوی غذای گروه های زنبور عسل در طبیعت الهام گرفته است (کارابوگا ، ۲۰۰۵). بعد از معرفی این الگوریتم بوسیله محققین مختلفی بکار گرفته شده و کارایی آن تأیید گردیده است. کارابوگا و باستوک برای بهینه سازی توابع عددی از این شیوه استفاده نموده و آن را با الگوریتم های ژنتیک، تجمعی ذرات مقایسه و نتیجه گرفتند که الگوریتم ABC دارای عملکرد بهتری است (کارابوگا ، باستوک ،۲۰۰۷). کارابوگا و آکای (۲۰۰۹)، مالا و همکاران (۲۰۱۰)، لین و لی (۲۰۰۹)، آکای و کارابوگا (۲۰۱۰) چو و همکاران (۲۰۱۱) رویزو و ازپارا(۲۰۱۱) ، وو و همکاران (۲۰۱۱) از الگوریتم ABC برای حل مسائل بهینه سازی استفاده نموده و نتیجه گرفتند این الگوریتم دارای کارکرد بهتری است.

در این الگوریتم متغیرهای مسئله به عنوان موقعیت منبع غذایی در نظر گرفته می شود، مقدار شهد منبع غذایی ، نشان دهنده احتمال و یا برازندگی راه حل است. هر منبع غذایی تنها به وسیله یک زنبور کارگر[۴] استخراج می شود و به عبارت دیگر، تعداد زنبورهای کارگر برابر با تعداد منابع غذایی پیرامون کندو[۵] است. این الگوریتم از سه گروه زنبورهای کارگر، تماشاگر و پیشاهنگ تشکیل شده است .در ابتدا مجموعه ای از منابع غذایی به طور تصادفی انتخاب می شوند. زنبورهای کارگر به منابع مراجعه کرده و میزان شهد آن ها را محاسبه می کنند. سپس این زنبورها به کندو بازگشته و اطلاعات خود را با دیگر زنبورها (تماشاگران، به اشتراک می گذارند. در مرحله دوم بعداز تبادل اطلاعات هر زنبور کارگر به سمت منبعی که دیده است می رود، و ممکن است براساس اطلاعات دیداری که از محیط می گیرد یک منبع جدید در همسایگی منبع قبلی انتخاب کند، بدین معنی که زنبور با توجه به رنگ و نوع گل تصمیم می گیرد که به همان منبع قبلی برود و یا منبع جدیدی انتخاب نماید. در مرحله سوم تماشاگران با توجه به اطلاعاتی که از زنبورهای کارگر در محل رقص گرفته اند یک محدوده منبع غذایی را برمبنای شهد آن ترجیح می دهند.زمانی که یک منبع پایانی پذیرد یا ترک شود یک منبع جدید که به طور تصادفی توسط پیشاهنگان یافت شده است ، جایگزین می شود این چرخه تا برآورده شدن نیازها تکرار خواهدشد.

در این مدل در هر چرخه حداکثر یک پیشاهنگ وجود دارد و تعداد زنبورهای کارگر و تماشاگران برابر است. الگوریتم ABC با یک جمعیت اولیه از جواب های تصادفی آغاز می شود. با استفاده از تکرار یک فرایند سعی در بهبود جواب های تصادفی می کند و جمعیت اولیه طبق رابطه شماره (۲) ایجاد می شود.

(۲)

$$X_{ij} = X_j^{min} + rand(0,1)\left(X_j^{max} - X_j^{min}\right)$$

که در آن S_n، i=1, 2, … , S_n اندازه جمعیت اولیه و j=1, 2, … , D که در آن D تعداد پارامتر و X_j^{min} حد پایین و X_j^{max} حدبالای مقادیر پارامترهای مسئله هستند و نحوه کارکرد هر کدام از زنبورها به شرح زیر می باشد:

۲-۳-۱- فاز زنبور کارگر

در فاز زنبور کارگر ، هر زنبور کارگر به جستجوی راه حل در همسایگی راه حل موجود در حافظه می پردازد، به این معنا که در این فاز برای هر $X_{i,j}$ (راه حل در حافظه) ، یک همسایگی جدید (V_j) طبق رابطه شماره (۳) تولید می شود:

(۳)

$$V_{i,j} = X_{i,j} + \phi_{(i,j)}(X_{ij} - X_{kj})$$

که در آن $k \neq i$ ، k=1, 2,…,S_n ، X_{kj} یک همسایگی برای $X_{i,j}$در جمعیت است و k بصورت تصادفی انتخاب می شود و $\phi_{(i,j)}$ یک عدد تصادفی در فاصله (۱و۱-) است ، در نهایت با انتخاب حریصانه مبتنی برشایستگی بین $X_{i,j}$ ، $V_{i,j}$ آن یکی که شایسته تر است انتخاب می شود، و مقدار شایستگی هرراه حل از طریق رابطه شماره (۴) محاسبه می شود:

(۴)

$$fit_t = \begin{cases} \frac{1}{1+f(xi)} & if \quad f(x) \geq 0 \\ 1+f(xi) & if \quad f(x) < 0 \end{cases}$$

که در آن $f(x_i)$مقدار تابع هدف برای راه حل است .

بعد ازاتمام فرایند جستجو، تماشاگران اطلاعات هر کدم از زنبورهای کارگر را ارزیابی می کنند و با یک احتمال متناسب با میزان کیفیت شهد منبع (راه حل)، یکی از منابع غذایی را انتخاب می کنند. این احتمال از رابطه ی شماره (۵) بدست می آید.

(۵)

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{i=1}^{n} fit_n}$$

در این رابطه fit_i میزان شایستگی منبع غذایی متناظر با زنبور i ام و SN تعداد راه حل های موجود می باشد. در صورتی که یک منبع پایان پذیرد و یا کیفیت یک منبع غذایی مناسب نباشد زنبور کارگر آن را رها کرده و به یک پیشاهنگ تبدیل می شود.

۲-۳-۲- فاز زنبور ناظر

زنبور ناظر با انتخاب تصادفی راه حلی را انتخاب کرده و طبق رابطه شماره (۳) به جستجوی یک همسایگی برای راه حل انتخاب شده می پردازد. و مطابق با فرمول شماره (۴)، راه حلی که شایستگی بیشتری دارد انتخاب می شود.

۲-۳-۳- فاز زنبور پیشاهنگ

برای جلوگیری از به دام افتادن در بهینه محلی، در فاز زنبور پیشاهنگ، راه حلی که شمارنده آن از یک مقدار معین کمتر باشد رها شد، وزنبور کارگر مسئول این راه حل به زنبور پیشاهنگ تبدیل می شود. سپس با استفاده از جستجوی تصادفی مطابق با فرمول شماره (۲) راه حل جدیدی را انتخاب کرده و در حافظه جایگزین راه حل انتخاب شده می کند و مقدار شمارنده راه حل حذف شده، صفر می شود و در هر کدام الگوریتم بهترین جواب نگهداری می شود.

۲-۳-۴- مراحل اجرای الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور

- مقدار دهی اولیه
- ارزیابی جمعیت
- چرخه = ۱
- تکرار
- تولید یک راه حل جدید توسط زنبور کارگر با استفاده از فرمل شماره (۳) و ارزیابی آن
- راه حل جدید و قدیم را با استفاده از رابطه شماره (۴) ارزیابی نمائید.

- محاسبه ارزش احتمال راه حل ها با استفاده از رابطه (۵)
- برای هر زنبور ناظر یک راه حل جدید با استفاده از رابطه شماره (۳) ارائه شود و مقدار احتمال آن محاسبه شود.
- راه حل قدیم و جدید را با استفاده از رابطه شماره (۴) ارزیابی نمائید.
- با تعیین یک حد برای زنبور پیشاهنگ مشخص کنید که آیا راه حل رها شود و یا دنبال گردد.
- جواب ها را خلاصه نمائید.
- چرخه = چرخه +۱
- تا زمانی که چرخه برابر با MCN می شود کار را ادامه دهید.

۲-۴- الگوریتم ژنتیک

در دهه هفتاد میلادی جان[۶] هلند الگوریتم ژنتیک را برای بهینه سازی مهندسی مطرح نمود، و ایده اصلی این الگوریتم انتقال خصوصیات موروثی توسط ژن ها می باشد (جان هلند ، ۱۹۷۵).این الگوریتم اصل حیات داروین را در خصوص انتخاب مناسب ترین ها است، با یک سری اطلاعات تصادفی ساخت یافته ادغام نموده و یک الگوریتم جستجو ایجاد می کند (علوی قره باغی و بخشی، ۲۰۰۷). در الگوریتم ژنتیک باید تعریفی از بهتر و بدتر ارائه نمود، که این کار بوسیله تابع برازندگی[۷] انجام می پذیرد که تابعی معمولاً نا منفی است که میزان سازگار بودن یک کروموزوم را نسبت به هدف مسئله می سنجد و معمولاً در الگوریتم ژنتیک به دنبال ماکزیمم کردن مقدار برازندگی تابع هدف هستیم و کروموزوم ها به مشابه یکی از افراد جامعه است (دنگ ، ۲۰۰۲). الگوریتم ژنتیک، با جمعیت اولیه ی که به‌طور تصادفی ایجاد می نماید شروع به عمل می‌نماید، و معمولاً افرادی را انتخاب می نماید که به عنوان والدین برازندگی بهتری دارند. این الگوریتم از دو عملگر جهش[۸] و تقاطع[۹] برای تولید فرزندانی با ویژگی های متفاوت والدین بهره می جوید.جهش عبارت است از تغییر یک ژن به ژن دیگری،در الگوریتم ژنتیک جهش تغییر کوچکی در خصوصیات یک راه حل ایجاد می کند، و موجب می گردد گوناگونی جمعیت حفظ شده و ساختار ژنتیکی جدیدی در جمعیت به وجود آید. و از به دام افتادن در بهینه محلی جلوگیری می نماید (ایبن و اسمیت[۱۰] ، ۲۰۰۳).

تقاطع به ترکیب ژنتیکی دو یا چند کروموزوم به منظور تولید فرزند گفته می شود و این عمل باعث می شود از شباهت کامل فرزند به یکی از والدین جلوگیری شود (هانس و ریبرو، ۲۰۰۹).

ایبن و اسمیت (۲۰۰۳) مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک را به شرح زیر بیان نموده اند:

۱) جامعه اولیه ای از جواب ها به اندازه Popsize ایجاد کنید.
۲) رویه های موجه سازی را در صورت نیاز روی جواب های اولیه اجرا کنید.
۳) تعداد (Pc × Popsize) تا فرزند به روش تقاطع ایجاد کنید (نرخ تقاطع = Pc).
۴) تعداد (Pm × Popsize) تا فرزند به روش جهش تولید کنید (نرخ جهش = Pm).
۵) رویه های موجه سازی را در صورت نیاز روی فرزندان حاصل از جهش و تقاطع اجرا کنید.
۶) به تعداد تکرار ها یک واحد اضافه کنید.
۷) در صورتی که تعداد تکرار مضرب a است به قدم (۸) بروید وگرنه وارد قدم (۹) شوید. (a عدد تصادفی است)
۸) λ ٪ از کروموزوم ها را به تصادف انتخاب کرده و روی آنها جستجوی محلی انجام دهید (λ عدد تصادفی است)
۹) فرایند به روزرسانی جامعه را انجام دهید.
۱۰) در صورتی که شرایط توقف الگوریتم برقرار است توقف کرده و بهترین جوای به دست آمده را گزارش کنید وگرنه به قدم (۳) برگردید.

۲-۵- الگوریتم کلونی مورچگان[11]

ایده اصلی استفاده از رفتار مورچه ها در طبیعت برای حل مسائل بهینه سازی اولین بار در سال ۱۹۹۱ توسط مارکودوریگو به منظور ارائه الگوریتمی برای حل مسأله فروشنده دوره گرد به کار گرفته شده است. (کلورنی، دوریگو و مانیزو[12] ، ۱۹۹۱). الگوریتم های کلونی مورچگان دارای ویژگی های مانند انعطاف پذیری[13] ، قابلیت اعتماد[14] و خود سازمان دهی[15] می باشند. این الگوریتم شامل سه فرایند اصلی ساخت جواب ها توسط مورچه ها، به روز رسانی فرومون و فعالیت های کمکی است (دوریگو و استوتزل[16] ، ۲۰۰۴).

در ساخت جواب، کلونی مورچه ها به طور همزمان و مستقل، با حرکت به گره های همسایه وضعیت آن را بررسی می کند. و با استفاده از یک سیاست تصمیم گیری احتمالی حرکت می کنند. این تصمیم گیری با استفاده از فرومون مسیر و اطلاعات هیورستیک انجام می شود. بنابراین به تدریج جواب ها را برای بهینه سازی مسأله فراهم می سازند، هنگامی که یک مورچه جوابی را می سازد آن را ارزیابی می نماید و با استفاده از فرایند به روز رسانی فرومون تصمیم می گیرد که چگونه فرومون ها را به روز رسانی نماید.

دو فاز ساخت جواب، هر مورچه به طور مستقل و تصادفی در تصمیماتی متوالی مجموعه ای از یال ها را از گراف انتخاب می کند. احتمال این که مورچه k ام که اکنون در گره i است گره j (به شرط آنکه در همسایگی گره i باشد) به عنوان گروه بعدی انتخاب کند از رابطه زیر حساب می شود:

(۶)

$$p_{ij}^{k} = \frac{(t_{ij})^{\alpha}(n_{ij})^{\beta}}{\sum_{iENK}(t_{ij})^{\alpha}\,(m_{ij})^{\beta}}$$

که در این رابطه t_{ij} : رد پای مورچه ها است

$n_{ij=\frac{1}{dij}}$ به عنوان یک جزء اطلاعات ابتکاری استفاده می‌شود و dij فاصله میان گره های i و j است.

α و β دو پارامتر تعیین کننده تأثیر نسبی ردپای فرومونی و اطلاعات ابتکاری هستند و در فاصله (۱ و ۰) قرار دارند. بعد از این که همه مورچه ها برای خود جواب ایجاد کردند، الگوریتم وارد فاز به روز رسانی می شود در فاز به روز رسانی فرومون ابتدا طبق رابطه شماره (۷) مقدار فرومون یال ها تبخیرمی گردد، سپس از رابطه شماره (۸) فرومون هر یال به روز رسانی می شود.

(۷)

$$t_{ij} \leftarrow (1-p)\, t_{ij}$$

p پارامتر نرخ تبخیر است و در فاصله (۱ و ۰) قرار دارد.

(۸)

$$\mathrm{t_{ij}} \leftarrow \mathrm{t_{ij}} + \sum_{k-1}^{m} \Delta\, \mathrm{t_{ij}^{k}}$$

$\Delta\, \mathrm{t_{ij}^{k}}$ مقدار فرومونی است که مورچه k ام روی هر یک از یال هایی که از آن ها عبور کرده می گذارد و از طریق رابطه شماره (۹) محاسبه می شود:

$$\Delta\, \mathrm{t_{ij}^{k}} , \begin{cases} {}^{1}/_{ck} \\ 0 \quad \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

و j) جزء جواب مورچه k ام باشد i (۹)

ck طول دور یک مسیر جواب مورچه k است. با این مکانیزم انتظار می رود که هرگاه مورچه ای جواب بهتری را پیدا کرد به یال های آن جواب فرومون بیشتری نسبت به سایر یال ها اضافه شود.

۲-۶- مقایسه الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور با الگوریتم های ژنتیک و کلونی مورچگان

در زمینه مقایسه الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور با الگوریتم های ژنتیک و کلونی مورچگان به طور همزمان مطالعه خاصی یافت نشده، اما در تحقیقات این الگوریتم ها دو به دو با هم بخصوص در زمینه مسائل بهینه سازی مهندسی و ریاضیات صورت گرفته که به بعضی از آنها اشاره می شود. کارا بوگا و با ستورک در مقاله ای در برای بهینه سازی توابع عددی

کلونی مصنوعی زنبور با الگوریتم ژنتیک مقایسه نموده و نتیجه گرفتند که کلونی مصنوعی زنبور از عملکربهتری برخوردار است(کارابو گاو باستورک، ۲۰۰۸).

مالا و همکاران الگوریتم کلونی مورچگان و کلونی مصنوعی زنبور برای بهینه سازی مجموعه توابع بکار گرفتند و نتیجه گرفتند که الگوریتم ABC دارای مزایای متعددی نسبت به الگوریتم کلونی مورچگان است (مالا و همکاران، ۲۰۱۰). وو و همکاران در یک مطالعه کلونی مصنوعی زنبور با پنج تکنیک فرا ابتکاری از جمله الگوریتم ژنتیک، PSO مقایسه نموده و نتیجه گرفتند که الگوریتم ABC در بهینه سازی دارای عملکرد بهتری است (وو و همکاران، ۲۰۱۱). سینایی و زمانی در مطالعه ای تحت عنوان تصمیم گیری برای انتخاب سبد سهام با مقایسه ی الگوریتم های ژنتیک و زنبور عسل نتیجه گرفتند، الگوریتم زنبور عسل کارایی بالاتری دارد (سینایی و زمانی، ۱۳۹۳).

۳- هدف و فرضیه تحقیق

هدف مطالعه حاضر انتخاب سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور و مقایسه عملکرد این الگوریتم در بهینه سازی سبد سهام با الگوریتم های ژنتیک و مورچگان می باشد تا بتوان الگوریتم مطلوب تر و با عملکرد مناسب تر برای تصمیم گیری مؤثرتر در سرمایه گذاری در سهام پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران را شناسایی نمود. و برای دستیابی به هدف مذکور فرضیه ذیل ارائه گردیده است:

۱) عملکرد سبد سهام انتخاب شده با استفاده از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور طبق معیار شارپ تفاوت معناداری نسبت به سبد سهام انتخاب شده بوسیله الگوریتم های ژنتیک و کلونی مورچگان دارد.

۲) عملکرد سبد سهام انتخاب شده با استفاده از کلونی مصنوعی زنبور طبق معیار ترینر تفاوت معناداری نسبت به سبد سهام انتخاب شده بوسیله الگوریتم های ژنتیک و کلونی مورچگان دارد.

۳) عملکرد سبد سهام انتخاب شده طبق معیار ریسک نامطلوب با استفاده از کلونی مصنوعی زنبور تفاوت معناداری نسبت به سهام انتخاب شده بوسیله الگوریتم های ژنتیک و کلونی مورچگان دارد.

۴- روش تحقیق

این تحقیق از لحاظ نحوه گرد آوری داده ها، از آنجا که به دنبال توصیف شرایط مورد بررسی است و می تواند در تصمیم گیری در خصوص سرمایه گذاری مفید باشد در دسته تحقیقات توصیفی قرار می گیرد. همچنین این تحقیق از جهت تبیین مدل ریاضی برای انتخاب پرتنوی سرمایه گذاری بر اساس چارچوب نظریه مارکویتز در بازار سرمایه ایران از نوع تحقیقات توسعه ای محسوب می شود. همچنین این تحقیق چون بدنبال تبیین روابط بین متغیرهای تحقیق با استفاده از داده های بورس اوراق بهادار تهران می باشد از نوع تحقیقات کاربردی می باشد.در این تحقیق برای تعیین سبد سهام از بازده های ماهانه شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ استفاده شده است به این ترتیب برای هر سال ۱۲ نرخ بازده بدست آمده و از مجموع آنها بازده سالانه محاسبه شده است. ریسک هر سهم براساس واریانس بازده ماهانه محاسبه گردیده است. و برای محاسبه کو واریانس میان سهام از بازده های ماهانه استفاده شده است. سپس با استفاده از نرم افزار متلب با استفاده از سه الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور، کلونی مورچگان، و الگوریتم ژنتیک برای هرسال سبد سهام که در آن اوزان هر سهم محاسبه شده است به دست آمده است.برای تعیین عملکرد سبدهای سهام بدست آمده از سه الگوریتم مذکور معیار شارپ، معیار ترینر و ریسک نامطلوب آنها از طریق روابط زیر محاسبه شده است.

(۱۰)

$$SR_P = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

SR_P : معیار شارپ پرتفوی R_P : بازده پرتفوی که از طریق رابطه شماره (۱۱) محاسبه شده است. : σ_Pریسک پرتفوی که از طریق رابطه شماره (۱۲) محاسبه شده است.

(۱۱)

$$R_P = \sum_{i=1}^{n} x_i R_i$$

(۱۲)

$$\sigma_p = \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i x_j \, cov_{(Ri,Rj)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

x_i : درصد سرمایه گذاری بر روی دارایی i ام R_i : بازده دارایی i ام $COV_{(Ri, Rj)}$: کو واریانس بین بازده سهام i و j و R_f :نرخ بازده بدون ریسک که در این تحقیق برابر با نرخ بازده سپرده یک ساله اعلام شده توسط بانک مرکزی می باشد.

معیار ترینر(معیار نسبت بازدهی به نوسان پذیری)[۱۷]

در معیار ترینر از خط بازار ورقه سهام برای ایجاد شاخص مبنا به منظور ارزیابی عملکرد استفاده می شود، و بیان کننده این مطلب است که در ازای هریک واحد از ریسک سیستماتیک چه میزان بازده نصیب سرمایه گذاری می شود. این شاخص از طریق رابطه زیر بدست می آید:

(۱۳)

$$T_\rho = \frac{R_\rho - R_f}{\beta_\rho !}$$

T_ρ : معیار ترینر

β_ρ :(معیار اندازه گیری ریسک سیستماتیک) شاخص بتای پرتفوی از طریق رابطه ی زیر محاسبه شده است:

(۱۴)

$$\beta_\rho = \sum_{i=1}^{n} x_i \beta_i$$

β_i : شاخص بتای هر سهم که در پرتفوی قرار دارد.

x_i: درصد سرمایه گذاری بر روی دارایی i ام و بتای هر سهم (β_i) از طریق رابطه ی شماره (۱۵) محاسبه شده است.

(۱۵)

$$\beta_i = \frac{c\tilde{o}_{v-R_i,R_m}}{\sigma^2 m}$$

ریسک نامطلوب:[۱۸]

ریسک نامطلوب به عنوان شاخص اندازه گیری ریسک، تنها نوسانات منفی بازدهی اقتصادی در آینده را در محاسبه به کار می‌گیرد. و در این مطالعه به شیوه « نیم واریانس زیرنرخ میانگین» [۱۹] محاسبه گردیده است.

۵- جامعه آماری و روش نمونه گیری

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است، و برای انتخاب نمونه ها از روش حذف سیستماتیک استفاده شده است. به این منظوراز میان سهام پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در هر سال، سهامی که دارای ویژگی های مورد نظر بوده اند بعنوان نمونه آماری آن سال انتخاب شده اند. ویژگی های مورد نظر برای انتخاب نمونه آماری عبارتند از:

۱) سهام شرکت مورد فاقد وقفه معاملاتی بیش از سه ماه در سال نباشد.
۲) در سال بعد نیز سهام آنها در بورس معامله شده باشد.

۵-۱- ابزار تجزیه و تحلیل

برای محاسبه داده های ورودی از نرم افزار اکسل استفاده شده و برای تعیین سبد هر سال از طریق الگوریتم های ژنتیک، کلونی مورچگان و کلونی

مصنوعی زنبور از نرم افزار متلب و برای تحلیل نتایج سبد الگوریتم های مذکور از نرم افزار SPSS استفاده شده است.

۶- یافته های پژوهش

پس از انجام مراحل ذکر شده در قسمت های قبلی و جمع آوری داده های مورد نیاز از بانک اطلاعاتی بورس اوراق بهادار تهران برای سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴، و حل مدل مارکویتز از طریق الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور، الگوریتم مورچگان و ژنتیک در محیط نرم افزار متلب برای هر سال سبدسهام انتخاب شده وهر سبد شامل نوع سهام و وزن هر سهم در سبد بوده است. و برای هر سبد بازده، ریسک و معیار شارپ آن محاسبه گردیده است. در جدول شماره(۱) آمار توصیفی سبد ها ارائه شده است.

همچنانکه در جدول شماره (۱) مشاهده می شود میانگین معیار شارپ و بازدهی الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور از الگوریتم های دیگر بیشتر و ریسک آن کمتر است. بعد از ان که معیار شارپ، ریسک و بازدهی هر سبد مشخص گردید برای تعیین نوع آزمون آماری، با استفاده از آزمون کلموگروف، اسمیرنف توزیع آماری داده ها مشخص گردید. و نتایج حاصل از این آزمون در جدول شماره (۲) خلاصه گردیده است.

همچنانکه جدول (۲) نشان می دهد سطح معنی داری برای کلیه الگوریتم ها از سطح معنی داری آزمون (۰۵ / ۰) بیشتر است، لذا توزیع داده نرمال است و آزمون فرضیات ازآزمون تحلیل واریانس و توکی استفاده گردیده است.

جدول ۱- آمار توصیفی سبدهای انتخابی در هر الگوریتم

الگوریتم ها		تعداد سبد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
الگوریتم مورچگان	معیار شارپ	۱۰	-۷ / ۲	۱۹ / ۶۴	۴ / ۸	۸ / ۲۴۸	۰ / ۹۳۳	۱ / ۳۳۴
	ریسک	۱۰	۲ / ۳	۹ / ۳۶	۴ / ۲۹	۲ / ۲۶۵	۲ / ۵۰۷	۱ / ۵۹۷
	بازده	۱۰	-۸ / ۷۴	۱۶۹ / ۵۶	۳۷ / ۵	۵۰ / ۰۱۵	۲ / ۳۹۷	۶ / ۴۸۵
الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور	معیار شارپ	۱۰	۹ / ۵	۷۵ / ۷۸	۲۸ / ۴۲۷	۲۸ / ۰۴۴	۰ / ۱۰۹	-۰ / ۹۰۱
	ریسک	۱۰	۰ / ۴۵	۵ / ۱۴	۱ / ۷۷۴	۱ / ۷۴۶	- / ۲۷۹	۱ / ۱۹۷
	بازده	۱۰	۱ / ۹۶	۱۸۶ / ۴۳	۴۹ / ۲۶	۵۲ / ۲۹۶	۲ / ۳۰۳	۶ / ۲۵۱
الگوریتم ژنتیک	معیار شارپ	۱۰	-۲۵ / ۸۷	۵۵ / ۹۹	۳ / ۸۸	۲۲ / ۳۵	۱ / ۴۳۴	۲ / ۹۲۸
	ریسک	۱۰	۰ / ۴۷	۹ / ۳۶	۲ / ۷۹۷	۲ / ۸۹۸	۱ / ۹۳۲	۱ / ۵۲۲
	بازده	۱۰	-۶ / ۴۲	۱۵۴ / ۹۳	۳۰ / ۷۹	۵۰ / ۹۷	۲ / ۰۱۸	۳ / ۷۹۲

جدول شماره ۲- نتایج آزمون کلموگروف، اسمیرنف(برای معیار شارپ)

شرح	الگوریتم ژنتیک	الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور	کلونی مورچگان
تعداد	۱۰	۱۰	۱۰
میانگین	۳ / ۸۸	۲۸ / ۴۲۷	۴ / ۰۸
انحراف معیار	۲۲ / ۳۵	۲۸ / ۰۴	۸ / ۲۴
Z	۰ / ۷۷۲	۰ / ۴۵۳	۰ / ۵۹۶
Sig	۰ / ۵۹۰	۰ / ۹۸۶	۰ / ۸۷

۶-۱-۱- آزمون فرضیه اول

برای تعیین اینکه آیا بین عملکرد سبد سهام انتخاب شده از طریق سه الگوریتم مذکور از لحاظ معیار شارپ تفاوت معناداری وجود دارد از آزمون تحلیل واریانس استفاده گردید و نتایج حاصل از این آزمون در جدول شماره (۳) خلاصه گردیده است.

همچنانکه جدول شماره (۳) نشان می دهد میانگین معیارشارپ کلونی مصنوعی زنبور برابربا ۴۲ / ۲۸ الگوریتم ژنتیک ۸۸ / ۳ وکلونی مورچگان برابر با ۰۸ / ۴ بوده است. واین اختلاف در میانگین ازطریق آزمون F معنا دار شده است چون سطح معنا داری آزمون از ۰۵/ ۰ سطح اطمینان پژهش کمتراست لذا با اطمینان ۹۵ ٪ می‌توان گفت بین عملکرد الگوریتم های مختلف تفاوت معنا داری وجود دارد. وبرای تعیین اینکه کدام الگوریتم عملکرد بهتری داشته است ازآزمون توکی استفاده شده است ونتایج این آزمون درجدول شماره (۴) خلاصه گردیده است.

جدول شماره ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس معیار شارپ

الگوریتم	تعداد	میانگین	انحراف معیار	آزمون
کلونی مورچگان	۱۰	۴ / ۰۸	۸ / ۲۴	F = ۴ / ۴۱۲
کلونی مصنوعی زنبور	۱۰	۲۸ / ۴۲	۲۸ / ۰۴	Sig=۰/۰۲۲
الگوریتم ژنتیک	۱۰	۳ / ۸۸	۲۲ / ۳۵	

جدول شماره ۴- نتایج آزمون توکی(معیار شارپ الگوریتم های مختلف)

آزمون	الگوریتم	کلونی مورچگان	کلونی مصنوعی زنبور	الگوریتم ژنتیک
توکی	کلونی مورچگان	-	m = -۲۴ / ۳۴۷	Sig = ۱/۰۰
	کلونی مصنوعی زنبور	Sig = ۰ /۰۴۲	-	Sig = ۰/۰۴۰
	الگوریتم ژنتیک	m^{1} = -۰/۱۹	m^{1} = -۲۴ / ۵۴	-

تفاوت میانگین دوالگوریتم

همچنانکه جدول شماره (۴) نشان می دهد عملکرد سبد سهام انتخاب شده از طریق الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور به طور معنا داری بهترازعملکرد سبدهای انتخاب شده با استفاده از الگوریتم های ژنتیک کلونی مورچگان می باشد. اما بین عملکرد سبد سهام انتخاب شده از طریق الگوریتم های ژنتیک و مورچگان تفاوت معناداری وجود ندارد وجود ندارد.

۶-۱-۲- آزمون فرضیه دوم

فرضیه دوم عبارت است از « عملکرد سبد سهام انتخاب شده با استفاده از کلونی مصنوعی زنبور طبق معیار ترینر تفاوت معناداری نسبت سهام انتخاب شده بوسیله الگوریتم های ژنتیک و کلونی مورچگان دارد»

برای آزمون فرضیه عملکرد سبدهای انتخاب شده از طریق معیار ترینر، از آزمون تحلیل واریانس استفاده شده که نتایج آن در جدول شماره (۵) ارائه شده است.

جدول شماره ۵- نتایج آزمون تحلیل واریانس معیار ترینر

الگوریتم	تعداد	میانگین	انحراف معیار	آزمون
کلونی مرچگان	۱۰	۵۹/۴۲	۷۸/۵۶	F= 1/246
کلونی مصنوعی زنبور	۱۰	۶۹/۰۴	۷۷/۶۸	
الگوریتم ژنتیک	۱۰	۴/۹۱	۷۶/۹۸	Sig=0/316

همچنانکه در جدول شماره ۵ مشاهده می شود عملکرد سبد سهامی که از طریق الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور انتخاب شده است از لحاظ معیار ترینر بهتر است، اما با توجه به اینکه سطح معناداری آن (sig=۰/۳۱۶) بیشتر از ۰/۵ است این اختلاف از لحاظ آماری معنادار نمی باشد، لذا از لحاظ معیار ترینر تفاوت معناداری بین عملکرد سبدهای مختلف سه الگوریتم وجود ندارد.

۶-۱-۳- آزمون فرضیه سوم

برای آزمون فرضیه سوم و مقایسه عملکرد سبدهای انتخاب شده از طریق الگوریتم های مختلف طبق معیار ریسک نامطلوب از آزمون تحلیل واریانس استفاده شده است، که نتایج حاصل از این آزمون در جدول شماره ۶ ارائه گردیده است

جدول شماره۶- نتایج آزمون تحلیل واریانس معیار ریسک نامطلوب

الگوریتم	تعداد	میانگین	انحراف معیار	آزمون
کلونی مرچگان	۱۰	۴۰۳/۲۶۷۱	۳۳۵,۵۸	F= 1/112 Sig=0/355
کلونی مصنوعی زنبور	۱۰	۷۳۹/۰۴	۴۳۰,۹۵	
الگوریتم ژنتیک	۱۰	۵۵۵/۷۹	۳۹۹,۱۳	

هم‌چنانکه در جدول فوق مشاهده می شود چون سطح معناداری (Sig=0/355) از ۰/۰۵ بیشتر است لذا می توان نتیجه گرفت که از لحاظ ریسک نامطلوب تفاوت معناداری بین عملکرد سبدهای انتخاب شده از طریق الگوریتم های مختلف وجود ندارد.

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات

در تحقیق حاضر جهت انتخاب سبد سهام مدل مارکویتز از طریق الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور در محیط متلب حل گردیده و نتایج حاصل از آن با الگوریتم های ژنتیک وکلونی مورچگان مقایسه گردیده است. برای هر سبد معیار شارپ، بازده و ریسک معیار ترینر، معیار ریسک نامطلوب آن محاسبه گردیده است. و این پارامترها در سه الگوریتم با هم مقایسه گردیده اند و همچنانکه در جداول ۳ تا ۶ مشاهده می‌شود الگوریتم کلونی مصنوعی زنبوراز لحاظ معیار شارپ دارای عملکرد بهتری در انتخاب سبد سهام بوده است اما طبق معیار ترینر و ریسک نامطلوب عملکرد سبدهای انتخاب شده از طریق الگوریتم‌های کلونی مصنوعی زنبور، کلونی مورچگان و ژنتیک باهم تفاوت معناداری ندارند. که نتایج این پژوهش با تحقیقات کارا بوگاو آکای(۲۰۰۹)، چو و همکاران (۲۰۱۱)، کارابوگا (۲۰۱۴) سینایی و زمانی (۱۳۹۳) که الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور را با الگوریتم ژنتیک مقایسه نموده اند و نشان داده بودند که کلونی مصنوعی زنبور دارای عملکرد بهتری است همخوانی دارد. همچنین نتایج این تحقیق با تحقیق مالا و همکاران (۲۰۰۹) که الگوریتم مورچگان را با کلونی زنبور مصنوعی مقایسه نموده بودند مطابقت دارد. اما تحقیقی که این سه الگوریتم را با هم بطور همزمان مقایسه نماید یافت نشد. لذا با توجه به نتایج تحقیق پیشنهاد می‌شود در بورس اوراق بهادار تهران، سرمایه گذاران و مخصوصاً مدیران سرمایه گذاری حرفه ای همانند مدیران شرکت ها و صندوق‌های سرمایه گذاری برای کسب نتایج بهتر از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور استفاده نمایند. همچنین پیشنهاد می‌شود به دلیل کاربرد فراوان الگوریتم های فرا ابتکاری در بهینه سازی، این عنوان به سرفصل های دروس رشته های مالی اضافه شود.

فهرست منابع

* ابزری محمد، کتابی ، سعیده و عباسی ، عباس (۱۳۸۴) بهینه سازی سرمایه گذاری با استفاده از روش برنامه ریزی خطی و ارائه یک مدل کاربردی ، مجله علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز ، دوره بیست و دوم ، شماره ۲.
* اسلامی بیدگلی، غلامرضا و طیبی‌ثانی، احسان(۱۳۹۳). بهینه سازی سبدسرمایه‌گذاری براساس ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، فصلنامه علمی‌پژوهشی دانش سرمایه گذاری، دوره۳، شماره ۱، صفحات ۱۲۲-۱۱۰.
* تقوی فرد، محمد تقی، منصوری، طاها و خوش طینت، محسن(۱۳۸۶) ، ارائه یک الگوریتم فرا ابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با درنظرگرفتن محدودیت های عدد صحیح، فصلنامه پژوهش های اقتصادی، سال هفتم، شماره چهارم، ص۶۹-۴۹.
* راعی ، رضا (۱۳۷۸) ، طراحی مدل سرمایه گذاری مناسب در سبد سهام با استفاده از هوش مصنوعی (شبکه های عصبی)، به راهنمایی کارولوکس (پایان نامه دکتری) دانشگاه تهران.
* سینایی، حسنعلی و زمانی ، سعید (۱۳۹۳) ، تصمیم گیری برای انتخاب سبدسهام ؛ مقایسه الگوریتم های ژنتیک و زنبورعسل، پژوهشنامه مدیریت اجرایی ، سال ششم ، شماره یازدهم ، صص۱۲-۸۳ .
* فلاح شمس، میرحسین، عبدالهی، احمد و مقدسی، مطهره(۱۳۹۲) ، بررسی عملکرد معیارهای متفاوت ریسک در انتخاب و بهینه سازی سبد سهام ا استفاده از الگوریتم مورچگان در شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه راهبرد و مدیریت مالی دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه شیراز ، سال اول، شماره دوم.
* کیانی هرچگانی، مانده و نبوی چاشمی، سیدعلی و معماریان، عرفان(۱۳۹۳). بهینه‌سازی سبدسهام براساس حداقل سطح پذیرش ریسک کل و اجزای آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک، فصلنامه علمی-پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، دوره۳، شماره ۱۱، صفحات ۱۶۴-۱۲۵.
* محمدی استخری، نازنین(۱۳۸۵)، انتخاب یک سبد سهام از بین شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
* مولایی، محمدعلی، طالبی، آرش (۱۳۸۹) ، انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از روش های فرا ابتکاری و مقایسه آن با سبد های تشکیلی خبرگان و تازه کارها در بورس اوراق بهادار تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
* Akay B, karaboga D (2010) A Modified artificial Bee colony algorithm for real-parameter optimization ,Infsci . doi : 10.1016/j.ins.2010.07.015.
* Alavi garehbagh .A ,Bakhshi. R,(2007). survey of the common structures of genetic Algorithm, electrical Engineering conference; Tehran , Iran.
* Aouni, B.(2009). multi-attribute portfolio selection: new perspectives. IN FOR , 47(1), 1-4.
* Arnone, S. Loraschi, A . Tettamanzi, A.(1993) "A genetic approach to portfolio selection " , Neural Network World , vol. 6, No . 93, pp.597- 604.
* Chan,T.j.at al (2000), "heuristic for cardinality constrained portfolio optimization. Computers and operation research, vol,27, pp, 1271-1302.
* Chang.J.J, Vang.S.C, chang.k.j(2009). Portfolio optimization problems in different risk measure using gentic algorithm, Expres system with application, pp:152-163.
* Chen, w.(2015). Artificial bee colony algorithm constrained possibilistic portfolio optimization problem, physica,pp.125-139.
* Chu SC , Huang HC , Roddick J, pan JS (2011) overview of algorithms for swarm intelligence. in :Jedrzejowicz P, Nguyen N, Hoang K (eds). computational collective intelligence. Technologies and applications.

* KarabogaD ,Basturk B(2007) Artificial bee colony(abc) optimization algorithm for solving constrained optimization problems. In : proceeding of the 12th international fuzzy systems association world congress on foundations of fuzzy logic and soft computing. Springer , Berlin, IFSA, 07,pp,789-798.
* KarabogaD,Akay B(2007) Artificial bee colony (abc) algorithm on training artificial neural networks. In :2007 IEEE 15th signal processing and communications applications , vols 1-3, IEEE , pp 818-821.
* Lin cj, lee cy(2009) An efficient artificial bee colony algorithm for 3d protein folding simulation. In: 17th national conference on fuzzy theory and its applications, pp 705-710
* Lin,c.c., liu,T.Y. (2007) "genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lost", European journal of operational research ,o.r. Applications.
* Mala DJ, kamalapriya M, shobana R, Mohan V (2009)A non-pheromone based intelligent swarm optimization technique in software test suit optimization . In :IAMA:2009 international conference on intelligent agent and multi – agent systems , IEEE Madras section ; IEEE computer society m Madras chapter ; Computer society of india Div II ; Council of science & industrial Research ;Govtindia, Department of information Technology , pp 188-192.
* Mala DJ,Mohan V, kamalapriya M(2010) Automated software test optimization framework – an artificial bee colony optimization –based approach . IET soft w 4(5) :334-348
* Markowitz, H. (1952) " portfolio selection ". the journal of Finance, vol . 7, No.1,pp.77-91.
* Markowitz, H. (1959) "portfolio " selection : Efficient diversification of investments" , John wiley& sons , New York.
* Raei,R. Bahrani Jahromi,B . Kamalzadeh.s.(2014), Portfolio optimization problem by Means og Artificial Bee Colony Algorithm, considering vailuscritiz. Internationall of compute Appli cations,Vol 103, No, 110 PP:159-172.
* Ruiz,V. Daz-parra,O (2011) Similarities between meta-heuristics algorithms and the science of life. Cent Eur J Oper Res 19: 445-466.
* Tollo, G. 8 Roli, A. (2008), Meta heuristics for the Portfolio selection Problem. Lecture notes in computer science ,vol 6922, springer, Berlin, pp 28-41
* Coloni, A. Dorigo.M.and Maniezzo, V.(1991), Distributed optimization by ant colony, in proceeding of europen conference on Prtifical life (ecsla1). Elsevier publishing, Amesterdam.
* Deng, Yi .(2002). Genetic Algorithm for Financial portfolio selection . Master`s Thesis, university of science & Technology Beijing, china.
* Dorigo,M. stutzle.T.(2004), Ant colony optimization, mh press, Cambridge.
* Eiben,A.E,Smit, E.(2003), interoduction to Evolutionary, springer.
* Fabozzi , F. etal(2005), robust portfolio optimization and management" john willy 8 sons, inc.
* Fernandez,A . Gomez, S .(2007)," portfolio selection using neural networks", computers and operations research, vol. 34. No .4, pp.1177-1191.
* Fieldsend, J. E. Matatko, J. Peng, M. (2004). "cardinality constrained portfolio optimization" in proceedings of the intelligent data engineering and automated learning on computer science, 2, pp. 788-793.
* Hanson,p . Riberio,C.(2009), Essays and surveys on meta heuristics kluwer academic publishes, Boston
* Hoolland, J.H (1975), Adaptation in natural and artificial systems, university of mcichigan press, ann arbor, ml..
* Karaboga D (2005) An idea based on honey bee swarm for numerical optimization. Technical report. Computer Engineering Department , Engineering Faculty, Erciyes University.
* Karaboga D, AkayB(2009) A comparative study of artificial bee colony algorithm. Appl Math comput 214(1): 108-132.
* Karaboga D, Basturk B(2007) on the performance of Artificial bee colony(abc) algorithm, Appl soft comput 8(1):687-697.
* Karaboga, D. GorkemLi, B(2014). A quick Artificial Bee colony (qABC) algorithm and its performance on optimization problems .Appl. Soft compact .23, 227-238.
* KarabogaD , Akay B(2010) proportional – integral-derivative controller design by using artificial bee colony, harmony search, and the bees algorithms . procinst MechEng Part I-J Syst Control Eng 224(17) :869 -883.

International Jorurnal of operation Research 15,13-35.

* Tuba.M, Bacanin.N.(2014). "Artificial bee colony algorithm hybridzed with firefly algorithm for cardinality constrained mean-variance portfolio selection problem, applied g information science, no, 6,pp: 2831-2844.
* Wang, z. ouyang, R . and kong, x. (2013), "A hybrid artificial bee colony algorithm for port folio for portolio optimization problem, Journal of theoretical and applied information technology.
* Wang.z,liu.S, kong.x.(2012) Artificial bee colony Algorithm for portfolio optimization problem, international jornal of advancements in computing thchnology v,4.N,4.
* Wu D.Yu W. Yin Z (2011) Parameter estimation of rational models based on artificial bee colony algorithm. In: Proceedings of 2011 international conference on modeling, identification and control (ICMIC),pp 219-224.
* Yang.x.s. (2005),"Engineering optimizations via Nature Inspired virtual Bee Algorithms", springer- verlog: 317-323

یادداشت‌ها

[1] Nectar
[2] arnone
[3] deng
[4] Employed
[5] Hive
[6] john Hoolland
[7] Fitness Function
[8] Mutation
[9] cross over
[10] Eiben and Smith
[11] Ant Colony
[12] Colorni , Dorigo , Maniezzo
[13] flexibility
[14] Robustness
[15] Self organization
[16] Stutzle
[17] Return to variablity
[18] Downside risk
[19] Mean return or below mwan semivarianse