

مجله توسعه و سرمایه/سال اول/ شماره ۱/ پاییز و زمستان ۱۳۸۶/ صفحات ۹۲-۷۱

انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک^۱

دکتر احمد مدرس *

نازنین محمدی استخری **

تاریخ دریافت: ۸۵/۰۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۸۶/۰۳/۲۴

چکیده

از لحاظ نظری، موضوع انتخاب سبد سهام در حالت حداقل نمودن ریسک در صورت ثابت در نظر داشتن بازده، با استفاده از فرمولهای ریاضی و از طریق یک معادله درجه دوم قابل حل است، اما در عمل و در دنیای واقعی نیازمند محاسبات و برنامه‌ریزی وسیعی است. هدف این تحقیق انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک است به گونه‌ای که ضمن بیشینه نمودن بازده، ریسک سرمایه‌گذاری را نیز کمینه نماید. به منظور دستیابی به این هدف ۴۰ سهم از بین سهام موجود در جامعه آماری انتخاب شد. پس از محاسبه متغیرهای اصلی تحقیق تهیه الگوریتم لازم به منظور انجام دادن برنامه با توجه به فرضیات تحقیق در سطوح مختلفی از اندازه سبد، نتایج هر بار اجرای این الگوریتم با نتایج مدل مارکوویتز و انتخاب تصادفی مقایسه شد.

واژه‌های کلیدی: سبد سهام، سهم، سرمایه‌گذاری، بازده، الگوریتم ژنتیک

۱- این مقاله مستخرج از رساله کارشناسی ارشد دانشگاه تهران تحت همین عنوان است.

* استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران - Modarres@ut.ac.ir

** کارشناس ارشد حسابداری از دانشگاه تهران - nazanin_mohammadiestakhri@yahoo.com

۱- مقدمه

هر روزه تلاشهای گسترده‌ای برای بهبود روشهای بررسی و تحلیل سهام در بازارهای مالی دنیا صورت می‌گیرد. تلاش در به منظور بهبود روشهای تجزیه و تحلیل سهام - بویژه در بازارهایی که گوناگونی سهام در آنها بسیار زیاد است - به پدید آمدن روشهای نوینی منجر شده است که در کنار روشهای گذشته در صدد یافتن پاسخی برای حداکثرسازی سود در بازارهای مالی است. الگوریتم ژنتیک، شبکه‌های عصبی، منطق فازی و همگی از مصداقهای این روشهای نوین است. ریسک و بازده، دو عنصر اصلی موثر در تصمیمات سرمایه‌گذاری در سهام است. هر سرمایه‌گذاری به دنبال افزایش بازده از یک سو و کاهش ریسک از سوی دیگر است. بیشتر سرمایه‌گذاران اطمینان خاطر را به عدم اطمینان ترجیح می‌دهند؛ بنابراین در ازای کاهش ریسک به سطح خاصی از بازدهی اکتفا می‌کنند. این اطمینان خاطر از طریق تنوع بخشی و ایجاد سبد سهام، امکانپذیر است. سبد سهام مجموعه‌ای از سهام است که هر سهم موجود در آن، بازدهی و ریسک مشخصی دارد. در بازارهای سرمایه، روشها و تکنیکهای گوناگونی برای این کار مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرض در نظر گرفته شده در این تحقیق این است که با توجه به رفتار پویای سهام در بازار، الگوریتم ژنتیک، ابزار مناسبی به منظور کمک به سرمایه‌گذار در تشکیل سبد سهام است. بنابراین موضوع تحقیق «انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکتی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک» است. ورود به بازار سرمایه و استفاده از ابزارهای جدید به منظور کسب بازدهی بیشتر، گامی در راستای کارآتر شدن بازار است. این امر حائز اهمیت بسیار است زیرا:

۱- استفاده از ابزارها و روشهای هوشمند جدید در بازار سرمایه می‌تواند بازدهی سرمایه‌گذار را افزایش دهد.

۲- استفاده از ابزار مناسب و بازدهی بیشتر برای سرمایه‌گذار، تخصیص بهتر منابع را در پی خواهد داشت.

تاکنون الگوهای زیادی برای حل مسئله مدیریت سبد سهام ارائه شده که هر یک با توجه به وضعیت و محدودیتهائی طرح شده است. اولین بار در سال ۱۹۵۲ میلادی، مارکوویتز نظریه مدرن سبد سهام را مطرح نمود. وی در نظریه خود نشان داد که چگونه می‌توان مجموعه‌ای از سبد سهام را ایجاد کرد به گونه ای که هر یک از آن مجموعه‌ها بیشترین نرخ بازده مورد انتظار ممکن را با توجه به ریسک مشخصی داشته باشد. رفتار سهام در بازار مانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی،

رفتاری غیرخطی است. مدل‌های خطی از تشخیص صحیح رفتار غیرخطی عاجز است و تنها می‌توانند بخش خطی رفتار را خوب تشخیص دهند. بنابراین نیاز به الگوها و مدل‌های غیرخطی برای شناسایی رفتار سهام، تأثیر بسزایی در پیش‌بینی آینده سهام و اتخاذ تصمیم مناسب دارد. اخیراً روش‌های ابتکاری جدیدی برای حل این گونه مسائل مدنظر قرار گرفته است. یکی از این روش‌ها، الگوریتم ژنتیک است که به عنوان یک روش جستجوی کارا کاربرد وسیعی یافته است.

الگوریتم ژنتیک، که نخستین بار جان هالند در دهه ۱۹۶۰ آن را ارائه کرد، یکی از الگوریتم‌های جستجو به حساب می‌آید که اساس آن بر ژنتیک موجودات زنده مبتنی است. این الگوریتم اصل «بقای انب»^۱ داروین را با اطلاعات تصادفی ساخت یافته ادغام، و یک الگوریتم جستجو ایجاد می‌کند. الگوریتم ژنتیک با تکنیک‌های معمول جستجو تفاوت دارد. این الگوریتم با یک مجموعه ابتدایی از راه‌حل‌های تصادفی، که جمعیت نامیده می‌شود، آغاز می‌گردد. هر فرد در جمعیت، کروموزوم نامیده می‌شود که نشان‌دهنده یک راه حل برای مسئله موجود است. کروموزومها از طریق تکرارهای متوالی که نسلها نامیده می‌شوند، تکامل می‌یابند. در هر نسل، کروموزومها با استفاده از برخی معیارهای برازندگی ارزیابی می‌شوند. برای ایجاد نسل بعدی، کروموزومهای جدید که فرزند نامیده می‌شوند یا بوسیله عملگر تقاطع از دو کروموزوم نسل جاری و یا بوسیله اصلاح یک کروموزوم با استفاده از عملگر جهشی شکل می‌گیرند. نسل جدید با (۱) انتخاب برخی از والدین و فرزندان بر اساس اندازه‌های برازندگی و (۲) رد کردن دیگر والدین و فرزندان، به گونه‌ای که اندازه جمعیت ثابت نگه داشته شود، ایجاد می‌گردد. کروموزومهای برازنده‌تر احتمال انتخاب شدنشان بیشتر است. پس از چند نسل، الگوریتم به سمت بهترین کروموزوم همگرا می‌شود که به طور امیدوارکننده‌ای راه حل بهینه یا نزدیک به بهینه را برای مسئله ارائه می‌کند.

فرایند سرمایه‌گذاری، مسئله سرمایه‌گذاری در وضعیت عدم اطمینان است. از آنجائی که این تصمیم‌گیری فردی است و توسط انسانهایی با روحیات و ویژگیهای فردی گوناگونی اتخاذ می‌شود، معیارهای مختلفی خواهد داشت. با توجه به رفتار غیرخطی سرمایه‌گذاران، هدف اصلی این تحقیق، «انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار

۱- انتخاب طبیعی یا اصل حیات مناسب‌ترین (Survival of Fittest)

تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک، به گونه‌ای که سبد به دست آمده ضمن پیشینه نمودن بازده، ریسک سرمایه‌گذاری را نیز کمتر نماید.»

با توجه به اینکه نوع تحقیق کاربردی است، فرضیات زیر را نیز مدنظر دارد:

- ۱- بین میانگین بازدهی سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام تشکیل شده بر مبنای مدل الگوریتم ژنتیک نسبت به سبدهای سهام تشکیل شده بر مبنای مدل مارکویتز تفاوت معنی‌داری وجود دارد.
- ۲- بازدهی سبدهای سهام تشکیل شده بر مبنای مدل الگوریتم ژنتیک نسبت به سبدهای سهام تصادفی بیشتر است.

۲- پیشینه تحقیق

از جمله پژوهشگرانی که تاکنون در زمینه‌های مالی و اقتصادی از الگوی الگوریتم ژنتیک استفاده کرده‌اند، می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱. چان و همکارانش^۱ در سال ۱۹۹۹ از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی چند مرحله‌ای مجموعه‌ای از داراییها استفاده کرده‌اند. در بهینه‌سازی چند مرحله‌ای به منظور دستیابی به مقدار بهینه ریسک و بازده در دوره‌های مشخص و با توجه به وضعیت بازارهای مالی، مجموعه دارایی تجدید ارزیابی می‌گردد. در این تحقیق، هدف پیشینه‌سازی مطلوب بودن اقتصادی شخص و یا ثروت وی در پایان دوره است. محققان در این تحقیق به منظور ارزیابی سیستم طراحی شده، نخست به جمع‌آوری قیمت‌های پایانی سهام بورس اوراق بهادار شنزن^۲ و شاخص مرکب این بورس پرداخته‌اند. از میان اطلاعات به دست آمده ۱۸ سهم به عنوان داده‌های اولیه به منظور آزمون مدل و شرکت در فرایند بهینه‌سازی انتخاب گردیده است. افق زمانی تحقیق به سه دوره تقسیم‌بندی شده که هر دوره آن به طول یک ماه، و دارای دو سناریوی صعود و سقوط است. دوره آموزش و یادگیری نیز از ۱ ژانویه ۱۹۹۴ تا اول دسامبر ۱۹۹۸ انتخاب گردیده و دوره زمانی آزمون مدل نیز از این تاریخ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۰۰ ادامه یافته است. در این تحقیق با هدف بررسی چگونگی عملکرد شاخص بازار، پرتفوی با وزنهای مساوی از ۱۸ سهم انتخاب شده^۳ (Eq-Pf) و پرتفوی انتخابی الگوریتم ژنتیک^۱ (Ga-Pf)، در سطوح مختلف

1- Chan & et. All(1999)

2- Shenzhen

3- Equal Weighted Portfolio

ریسک‌گریزی مورد آزمون قرار گرفته و نتایج با یکدیگر مقایسه شده است. نتایج اجرای مدل نشان می‌دهد در سطوح گوناگون پارامتر ریسک‌گریزی، پرتفوی انتخابی (Ga-Pf) به بازده بالاتر و مطلوب بودن بیشتری در مقایسه با پرتفوی (Eq-Pf) دست یافته است. ریسک پرتفوی (Ga-Pf) نیز برای سطوح ۰ و ۱- ریسک‌گریزی، در سطح پایین‌تری از (Eq-Pf) قرار دارد ولی در سطح ریسک‌گریزی ۱، بالاتر از (Eq-Pf) قرار گرفته است. از آنجاکه سطح ریسک‌گریزی ۱ نیز سطحی است که عموماً از سوی سهامداران معمولی و بی‌سو بازار مورد استفاده قرار می‌گیرد، توجه به این موضوع حایز اهمیت بیشتری است. سرانجام، محققان توصیه کرده‌اند که هر سهامداری باید با توجه به سطوح قابل تحمل ریسک توسط وی به انتخاب یکی از راه‌حلهای یاد شده اقدام کند.

۲. لازو و همکارانش در سال ۲۰۰۰ از الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی برای انتخاب و مدیریت مجموعه دارایی استفاده کردند. بدین منظور ابتدا توسط یک الگوریتم ژنتیک از بین ۱۳۷ دارایی از مجموع داراییهای معامله شده در بازار سهام سائو پائولو برزیل^۲ در فاصله زمانی جولای ۱۹۹۴ تا دسامبر ۱۹۹۸، ۱۲ دارایی انتخاب شده و سپس با استفاده از شبکه‌های عصبی بازدهی هر یک از داراییهای انتخاب شده را برای دوره بعد پیش‌بینی کردند. در انتها با استفاده از یک الگوریتم ژنتیک دیگر، وزن بهینه هر یک از داراییهای انتخاب شده را تعیین کردند. سبد انتخاب شده با استفاده از این سیستم دوگانه ژنتیک-عصبی^۳ برای یک دوره زمانی ۴۹ هفته‌ای مدیریت شد و نتایج آن با شاخص بوسپا مقایسه گردید. نتایج نشان داد که بازدهی سبد اداره شده حاصل از مدل یادشده، به میزان زیادی مشابه شاخص بازار، و در برخی از موارد از آن بیشتر و بالاتر است. بررسی جزئیات بیشتر حاکی از آن بود که در وضعیت حاکم بودن رکود موقت بر بازار، بازده پرتفوی انتخابی، بالاتر از بازده شاخص بازار و ریسک آن کمتر از ریسک بازار است.

۳. پاچکو و همکارانش^۴ در سال ۲۰۰۰ از الگوریتم ژنتیک به منظور برنامه‌ریزی جریان نقدینگی به منظور مدیریت دارایی و بدهی استفاده کردند. در این مقاله چگونگی فعالیت و عمل سیستم هوشمندی شرح داده شده است. که وظیفه برنامه‌ریزی مالی و بهینه‌سازی جریانهای نقدی را به

1- Genetic Algorithm Portfolio

2-BOVESPA.

3- A Hybrid Genetic – Neural System.

4-Pacheco & et. al(۲۰۰۰).

عهده دارد و ICF^۱ نامیده می‌شود. سیستم ICF از الگوریتم ژنتیک به منظور طرح‌ریزی جریانهای نقدی برای بهبود وضعیت سودآوری شرکت در دوره‌های زمانی خاص استفاده می‌کند. این سیستم از دو مدل مالی و ژنتیک به طور همزمان استفاده می‌کند. مدل مالی، سودآوری جریانهای نقدی را برای هر یک از سرمایه‌گذارها در دوره مورد بررسی محاسبه می‌کند و الگوریتم ژنتیک نیز از سوی دیگر به جستجو در بین برنامه‌ریزی‌های گوناگون جریان نقدی می‌پردازد که به توسعه سودآوری منجر می‌شوند. مقایسه نتایج این مدل با انتخاب تصادفی نیز نشان می‌دهد که مدل‌های انتخابی توسط ICF به طور میانگین حداقل به میزان ۵۰٪ در سطح بالاتری از سودآوری در مقایسه با مدل‌های انتخاب شده تصادفی قرار دارد. به منظور اطمینان از صحت نتایج، محققان برای چندین دوره زمانی مختلف، همین آزمون را انجام داده‌اند که در همه آنها نتایج، حاکی از برتری ICF در مقایسه با سایر روشها است.

۴. فیشر^۲ در سال ۲۰۰۰ کاربرد الگوریتم ژنتیک را در مدیریت مجموعه دارایی شامل پروژه‌های صنعت نفت و گاز تشریح کرده است. در این تحقیق الگوریتم ژنتیک با توابع برازش مختلف مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن با سایر روشهای بهینه‌سازی مقایسه شده است.

۵. مافود و مانی^۳ در سال ۱۹۹۶ از الگوریتم ژنتیک به منظور ایجاد پرتفوی مناسب و برآورد بازدهی هفتگی سهام استفاده کرده‌اند و در پایان هر هفته میزان بازدهی پرتفوی انتخابی را محاسبه نموده و آن را با بازدهی شاخصهای بازار مقایسه نموده‌اند. نتایج این تحقیق با یافته‌های یک سیستم شبکه عصبی، که کار پیش‌بینی نتایج را در حوزه مالی انجام می‌داد نیز مقایسه گردیده و هم‌افزایی ایجاد شده در صورت استفاده از هر دو سیستم نیز مورد آزمون قرار گرفته است. در این تحقیق، پژوهشگران در قالب یک دامنه ۱,۶۰۰ سهمی به استفاده از الگوریتم ژنتیکی در بازه زمانی معادل یک فصل (۱۲ هفته) اقدام نموده‌اند. سیستم مورد استفاده این پروژه با سایر سیستمهای الگوریتم ژنتیک، که کار بهینه‌سازی را انجام می‌دهند، متفاوت است. در این پروژه هر سهم با ۱۵ ویژگی نظیر نسبت قیمت به سود هر سهم (P/E)، قیمت به سود هر سهم در مقایسه با نرخ رشد عایدی مورد انتظار (PEG^۴) و موارد دیگری طبقه‌بندی شده و با استفاده از مدل طراحی شده، پرتفوی مناسب ایجاد گردیده است. در پایان هر هفته میزان

1-Intelligent Cash Flow.

2-Fichter(۲۰۰۰).

3-MaHfoud & Mani(۱۹۹۶)

4-Price/Earnings to Growth

بازدهی محقق شده بررسی، و مشخص شد که این الگو از خطایی در حدود ۶/۶ درصد و صحتی در حدود ۴۷/۶ درصد برخوردار است. سرانجام، الگوریتم ژنتیک ۵/۴۷ درصد بازدهی داشت که در مقایسه با شاخصهای S.P و ۵۰۰ و ۴۰۰ قابل توجه بود.

۶. تجربه مشابهی نیز توسط اندرو، جورجوپولوس و لیکوتاناسیس^۱ در سال ۲۰۰۲ صورت گرفته که از الگوریتم ژنتیک و مدل شبکه عصبی به طور همزمان برای ارزیابی نرخ برابری ارزها استفاده شده است. هدف از این تحقیق پیش‌بینی هرچه دقیقتر نرخ برابری ارز و رفتار آینده آن است. در این تجربه ۱۳۰۰ اطلاع روزانه در مورد دلار، مارک، فرانک فرانسه، پوند و دراهمای یونان به الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی داده، و بازدهی در یک، ۲، ۵ و ۲۰ روز آینده محاسبه گردیده است. شبیه‌سازی یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده نتایج موفقیت‌آمیز و رضایت‌بخشی بود.

۷. در مورد تحقیقات انجام شده در این زمینه در داخل کشور نیز می‌توان به تحقیق سیمین عبدالعلی‌زاده (۱۳۸۱)^۲، کارشناس ارشد مهندسی صنایع از دانشگاه صنعتی شریف تحت عنوان «ارائه روش کارا برای حل مسئله مجموعه دارایی بهینه» اشاره کرد. پژوهشگر در این تحقیق محقق با استفاده از الگوی خاصی از الگوریتم ژنتیک (استفاده از عملگر تقاطعی دو نقطه برش و عملگر جهشی معاوضه) به انتخاب مجموعه‌هایی از دارایی از بین سهمهای گوناگون پرداخته است. در این تحقیق از اطلاعات سالانه بازده و ریسک شرکتهای به عنوان ورودی‌های مدل استفاده شده است. محقق در این تحقیق به منظور انتخاب بهترین نوع عملگر از بین عملگرها و استراتژیهای انتخابی موجود، چهار ترکیب گوناگون را در نظر گرفته و مدلهای طراحی شده را در هر یک از این چهار حالت مورد آزمون قرار داده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که حالت شماره چهار که در آن عملگر تقاطعی دو نقطه برش، عملگر جهشی معاوضه و استراتژی انتخاب $(\lambda + \mu)$ است در مجموع و در مقایسه با سایر ترکیب‌ها در زمان کمتر و در نسل پایین‌تری پاسخ را ارائه می‌دهند، بنابراین بهترین ترکیب برای فرایند انتخاب است. پس از این مرحله، از نتایج اجرای مدل شماره یک به عنوان ورودیهای مدل شماره دو استفاده شده است. الگوریتم طراحی شده در این قسمت، وظیفه تعیین چگونگی تخصیص داراییها را به عهده دارد. بررسی نتایج اجرای این مرحله نیز نشان می‌دهد که نتایج ترکیب شماره چهار (عملگر تقاطعی

1-Andreou, Georgopoulos & Likothanassis (۲۰۰۲)

۲- عبدالعلی‌زاده (۱۳۸۱)

دو نقطه برش، عملگر جهشی یکنواخت و استراتژی انتخاب $(\lambda + \mu)$ نتایج نزدیک به بهینه‌ای است. پس از این مرحله الگوهای طراحی شده بر روی ۲۳۱ سهم از سهام بورس اوراق بهادار تهران مورد ارزیابی قرار گرفته که نتایج، حاکی از برتری و کارایی بیشتر انتخابهای حاصل از این روش است.

۳- تعریف واژگان

سبد سهام: مجموعه‌ای از سهام است که هر سرمایه‌گذار متناسب با وضعیت خود انتخاب می‌کند. سهم: ورقه‌ای بهادار است که بیانگر مالکیت دارنده آن نسبت به منافع شرکت خاصی است. سرمایه‌گذاری: تصمیم‌گیری در خصوص صرف منابع موجود در گزینه‌های مختلف با توجه به اوضاع عدم اطمینان است.

بازده: عایدی است که یک سهم طی یک دوره معین نصیب دارنده آن سهم می‌نماید. این بازده، تغییرات قیمت اول دوره و آخر دوره سهام است به علاوه سایر عواید ناشی از خرید سهم همانند مزایای ناشی از حق تقدم، سهام جایزه و سود نقدی سهام. الگوریتم ژنتیک: یکی از الگوریتمهای جستجو است که اساس آن بر ژنتیک موجودات زنده مبتنی است. این الگوریتم اصل «حیات مناسبترین» داروین را با برخی اطلاعات تصادفی ساخت یافته ادغام، و یک الگوریتم جستجو ایجاد می‌کند.

۴- بررسی اجمالی الگوریتم ژنتیک

از دهه ۱۹۶۰ به بعد، حل مسائل بهینه‌سازی با الگوبرداری از مخلوقات زنده طرفداران خاصی پیدا کرد. این روشها وقتی در حل مسائل پیچیده دنیای واقع به کار گرفته می‌شود ناکارآمدی روشهای معمول را نشان می‌دهد. الگوریتمهای تکاملی^۱ را می‌توان به سه شاخه عمده تقسیم‌بندی کرد: (Gen & Cheng, ۲۰۰۰, p.۱)

۱- الگوریتمهای ژنتیک^۲

۲- استراتژیهای تکاملی^۳

۳- برنامه‌ریزی تکاملی^۴

-
- 1-Evolutionary Algorithms.
 - 2-Genetic Algorithms
 - 3-Evolutionary Strategies
 - 4-Evolutionary Programming

هر سه روش با وجود اختلافهایی که در جزئیات دارد، نشأت گرفته از نسل‌شناسی طبیعی^۱ است. در میان این سه روش، الگوریتم ژنتیک، عمومی‌ترین و شناخته‌شده‌ترین نوع این الگوریتمهای تکاملی است. الگوریتم ژنتیک یک نوع الگوریتم جستجوی مبتنی بر روش انتخاب طبیعی و علم ژنتیک است. این الگوریتم قدرت بقای بهترین^۲ ساختار رشته‌ای را با عمل تعویض تصادفی اطلاعات ترکیب می‌کند و الگوریتم جستجویی مشابه با قوه تشخیص ابتکاری انسان در عمل جستجو، تشکیل می‌دهد. الگوریتم یادشده از تاریخچه اطلاعات قبلی برای جستجو بر روی مجموعه نقاط جدید و به منظور رسیدن به یک معیار بهتر استفاده می‌کند. به عبارت دیگر الگوریتم ژنتیک، شبیه‌سازی مکانیسم انتخاب طبیعی بوسیله ماشین است. از این الگوریتم که یکی از مهمترین الگوریتمهای ابتکاری است برای بهینه‌سازی توابع مختلف استفاده می‌شود.

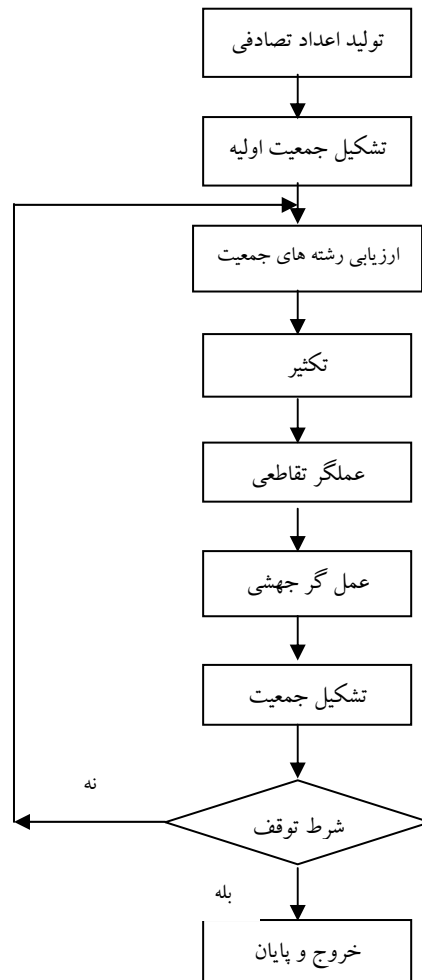
نخستین بار جان هالند^۳ و همکارانش در دانشگاه میشیگان این الگوریتم را مطرح کردند. رساله جان هالند در این زمینه «سازگاری در سیستمهای طبیعی و مصنوعی^۴» نام داشت. پس از وی گلدبرگ در سال ۱۹۸۹ این روش را توسعه داد. این الگوریتم با روشهای جستجو و بهینه‌سازی رایج تفاوت‌های اساسی دارد. ساختار کلی الگوریتم ژنتیک را می‌توان به صورت این شکل تصور کرد:

1-Natural Genetics

2-Fittest

3-John Holland (۱۹۷۵)

4-Adaptation in Natural & Artificial Systems



در الگوریتم ژنتیک پیش از هر چیز باید روشی برای تبدیل هر جواب مسئله به یک کروموزوم تعریف کرد، بنابراین مجموعه‌ای از کروموزومها که در واقع مجموعه‌ای از جوابهای مسئله است به عنوان یک جمعیت آغازین^۱ تهیه می‌گردد. این مجموعه، که اندازه آن دلخواه است و توسط

1-Initial Population.

کاربر تعیین می‌شود، اغلب به صورت تصادفی ایجاد می‌گردد. بعد از این مرحله با به کارگیری عملگرهای ژنتیک، کروموزومهای جدیدی موسوم به نوزاد^۱ تولید می‌گردد. این عملگرها به دو گروه عمده عملگر تقاطعی^۲ و عملگر جهشی^۳ تقسیم‌بندی می‌شود. برای گزینش کروموزومهایی که باید نقش والدین را داشته باشند، دو مفهوم نرخ تقاطعی و نرخ جهشی نیز به کار برده می‌شود که این دو نرخ لازم است پیش از شروع الگوریتم تعیین گردند. بعد از تولید یک سری کروموزوم جدید یا نوزادان نسل اول با استفاده از عملکرد ارزیابی، به انتخاب برازنده‌ترین کروموزومها اقدام می‌شود. این عمل که طی فرایند انتخاب^۴ انجام می‌شود، گلچین کردن کروموزومهای برازنده از میان والدین و نوزادان است. فرایند انتخاب بر مقدار برزندگی^۵ هر رشته مبتنی است. در واقع می‌توان گفت که فرایند ارزیابی^۶ محوریت بحث در فرایند انتخاب است. تا بدین مرحله یک تکرار یا یک نسل از الگوریتم طی شده است. الگوریتم پس از طی چندین نسل بتدریج به سمت جواب بهینه همگرا می‌شود. شرط توقف مسئله نیز طی کردن تعداد معینی تکرار است که پیش از آغاز الگوریتم توسط کاربر تعیین می‌شود.^۷

۵- روش تحقیق

این تحقیق از بعد هدف از نوع تحقیقات توصیفی - همبستگی است. در این نوع تحقیقات، داده‌ها بدون اینکه در متغیرها دخالتی صورت گیرد، جمع‌آوری می‌شود. (ظهوری، ۱۳۷۸، ص ۱۶۸) از بعد فرایند، این تحقیق، کمی است؛ یعنی با نگرش عینی به جمع‌آوری داده‌های واقعی و تحلیل آنها با استفاده از آزمونهای آماری می‌پردازد. از بعد چگونگی جمع‌آوری اطلاعات، این تحقیق، اسنادی - کتابخانه‌ای است؛ بدین معنی که همه اطلاعات لازم را از منابعی که در کتابها، نوشته‌ها، مقالات و تحقیقات قبلی موجود در کتابخانه‌ها یا پایگانی سازمان‌ها مکتوب است بدست آورده و لزومی به مراجعه به افراد؛ و انجام پرسش یا مشاهده یا مصاحبه وجود نداشته است. از بعد نتیجه،

- 1-Offspring.
- 2-Crossover Operator.
- 3-Mutation Operator.
- 4-Selection.
- 5-Fitness Value.
- 6-Evaluation.
- 7-Gen & Chang(2000).

تحقیق کاربردی است؛ زیرا در پی حل یکی از مسائل جاری مدیریت سرمایه گذاری در شرکتها و موسسات سرمایه گذاری کشور است.

۶- قلمرو زمانی و مکانی تحقیق

دوره زمانی این تحقیق، هشت سال در نظر گرفته شده است که از ۷۶/۱/۱ تا ۸۳/۱۲/۳۰ را در بر می گیرد. دلیل انتخاب بازه زمانی مذکور دربرگیری یک دوره کامل از فعالیت بازار سرمایه است. در ابتدای دوره زمانی این تحقیق (سال ۷۶)، بازار سرمایه در میانه دوره رکود آغاز شده از اواسط سال ۷۵ قرار دارد. پس از آن و به مرور طی سالهای ۷۷ تا ۸۰، شاهد رشد معقول و منطقی در این بازار هستیم لیکن بمرور بر شدت این رشد افزوده شده و در سال ۸۲ با یک جهش ناگهانی به اوج رونق خود رسیده است. از اواسط سال ۸۳ نیز نشانه‌های آغاز رکود مجدد در بازار، نمایان شده است که تا زمان این تحقیق (زمستان ۸۴) همچنان ادامه دارد. بدین ترتیب یک سیکل کامل در این تحقیق در نظر گرفته شده است. از این دیدگاه این موضوع می تواند به اعتبار بیشتر این تحقیق نیز بینجامد.

اطلاعات نمونه آماری در این دوره زمانی هشت ساله به صورت ماهانه جمع آوری شده است. با توجه به اینکه روایی محاسبه ریسک نیازمند مطالعه ۳۰ تا ۳۶ دوره زمانی است (حکیمی، ۱۳۷۹، ص ۱۱۴) در این تحقیق با در دست داشتن اطلاعات مربوط به ۹۶ دوره زمانی به ازای هر شرکت متعلق به نمونه آماری از مشکلات مربوط به روایی تحقیق به میزان قابل توجهی کاسته شده است. قلمرو مکانی تحقیق نیز تمام شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است.

۷- جامعه آماری و نمونه آماری

از بین ۴۳۲ شرکت پذیرفته در فهرست بورس اوراق بهادار تهران در زمان انجام شدن این تحقیق، نام ۲۴۹ شرکت قبل از سال ۷۶ در تابلو نرخهای بورس درج شده است. از این میان تعداد ۵۵ شرکت به دلیل اعمال محدودیتهای در نظر گرفته شده (نداشتن وقفه طولانی مدت در روند معاملات و در دسترس بودن اطلاعات) از این فهرست حذف شد. در نتیجه جامعه آماری تحقیق شامل ۱۹۴ شرکت، متعلق به ۲۵ گروه صنعت متفاوت است. با توجه به اینکه در این مسئله اندازه جامعه آماری (اندازه جمعیت) مقدار مشخص و متناهی است، به منظور تعیین حجم نمونه آماری از روش تعیین حجم نمونه با استفاده از طول فاصله اطمینان استفاده گردید.

به منظور محاسبه n_0 برای تعیین حجم نمونه ۱، نخست پیش‌نمونه‌ای^۲ از جامعه آماری انتخاب شد. با استفاده از اطلاعات این پیش‌نمونه (بازده ماهانه برای ۹۶ دوره) و در سطح اطمینان ۹۵٪ ($\alpha = 0.05$) و $l = 0.05$ که یک طول فاصله اطمینان رایج، قابل قبول و دقیق است، محاسبات صورت پذیرفت. نتایج محاسبات، حجم n_0 را ۵۰/۰۶۲۵ و حجم n را ۳۹/۷۹۳۶ تعیین کرد. همان گونه که نتایج نشان می‌دهد کوچکترین مقدار قابل تعیین به منظور اندازه نمونه آماری سطح ۴۰ است، که به عنوان اندازه نمونه آماری این تحقیق در نظر گرفته شده است.

با توجه به اینکه در جامعه آماری مورد مطالعه این تحقیق، واحدهای جامعه در گروه‌هایی (گروه صنعت) طبقه‌بندی شده است که از نظر صفت متغیر، همگن هستند، روش نمونه‌گیری طبقه‌ای به عنوان روشی برای تعیین نمونه آماری انتخاب گردید. در نمونه‌گیری طبقه‌ای سه روش مختلف به منظور تعیین حجم نمونه (n) وجود دارد که عبارت است از: ۱- ساده، ۲- انتساب بهینه و ۳- اختصاص متناسب^۳. روش اختصاص متناسب، روش استفاده شده برای انتخاب نمونه آماری این تحقیق است.

۸- چگونگی بررسی فرضیات و روش آماری مورد استفاده به منظور آزمون فرضیات تحقیق

هدف از الگوریتم طراحی شده در این تحقیق، انتخاب مجموعه دارایی است که علاوه بر دستیابی به بیشترین بازده، دارای کمترین ریسک نیز باشد و از سوی دیگر ضریب همبستگی بین داراییهای انتخاب شده نیز در کمترین سطح خود قرار داشته باشد. نبودن همبستگی بین سهام موجود در یک سبد از نکات مهمی است که لزوم توجه به آن در فرایند انتخاب، ضروری است. حرکت هم به

۱- فرمولهای مورد استفاده این روش عبارت است از:

$$n_0 = \frac{2Z_{\alpha}^2 S^2}{l^2}$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

که در آن n اندازه نمونه از جامعه منتهی، Z_{α} احتمال نرمال استاندارد، S^2 واریانس پیش‌نمونه، l^2 طول فاصله اطمینان و N اندازه جامعه آماری است.

2-Pre-Sample.

3-Proportional Allocation.

منظور یا خلاف به منظور سهام با یکدیگر به خصوص در بازارهایی با سطوح کارایی پایین از عواملی است که می‌تواند روند صعودی یا نزولی بازدهی سبد را شدت بخشد. بنابراین لازم است به منظور خنثی کردن این عامل از این شرط به عنوان یکی از قیود مسئله استفاده شود.

طی اجرای الگوریتم، هر ژن دارای یکی از دو مقدار صفر و یک خواهد بود که به ترتیب به معنای عدم حضور در سبد انتخابی و حضور در سبد انتخابی است. در این حالت در هر کروموزوم تنها m ژن دارای مقدار یک خواهند بود که این تعداد نشاندهنده اندازه سبد سهام مورد نظر سرمایه‌گذار است. خروجی اجرای این تابع در هر مرحله، شماره ردیف ژنهایی از کروموزوم بهینه است که دارای مقدار "یک" است.

به منظور اجرای الگوریتم از Tool Box ژنتیک الگوریتم نرم افزار MATLAB استفاده شده است. برخی از عوامل انتخابی در هر بار اجرای الگوریتم (از قبیل تعداد جمعیت اولیه، تعداد نسل جواب و ...) با توجه به تعداد متغیرهای آن مسئله (۱۵,۱۰ و ۲۰) تغییر یافته است. از نرم افزار MATLAB به منظور تعیین سبد بهینه بر اساس مدل مارکویتز نیز استفاده شده است. در این مرحله، از تابع Portopt^۱ استفاده شده که مبنای محاسباتی آن تابع بهینه‌سازی مارکویتز است.

پس از اجرای مراحل یادشده و نهایی شدن خروجیهای تحقیق، نوبت به مرحله آزمون فرضیات تحقیق می‌رسد. بخش اعظم فرضیه‌های پژوهشی در مدیریت و علوم رفتاری به منظور مقایسه دو جامعه آماری انجام می‌گیرد. این نوع فرضیه‌ها را فرضیه‌های تطبیقی می‌نامند. برای آزمون این نوع فرضیه‌ها و تعیین صحت و سقم آنها از آزمون فرض آماری برای میانگین دو جامعه استفاده می‌شود. برای دستیابی به این هدف از آماره آزمون t زوجی بهره گرفته شده است. بر این اساس خروجیهای این دو روش با استفاده از آماره آزمون t -استیودنت با یکدیگر مقایسه شده است. با توجه به این موضوع، که خروجیهای دو مدل مستقل و متفاوت از یکدیگر است، آزمون t استفاده شده در این قسمت، از نوع آزمون t مستقل است. لازم به توضیح است که قبل از آزمون t ، آزمون تساوی واریانس‌ها بر روی داده‌های هر مساله صورت گرفته است تا مساوی یا نامساوی بودن واریانس نمونه‌ها تعیین گردد و بر اساس نتایج این قسمت، آزمون t مربوط انجام گیرد. آزمون فرض مورد استفاده فرضیه شماره یک تحقیق از نوع آزمون مرکب و فرضیه شماره دو از نوع ساده (یک طرفه) است. با توجه به این موضوع، که فرضیه شماره دو، نتایج انتخاب تصادفی و الگوریتم ژنتیک را با یکدیگر مقایسه می‌کند، و با در نظر گرفتن نتایج تحقیقات انجام

1-Portfolio Optimization.

شده در این زمینه که به طور مشخصی برتری روش دوم را نشان می‌دهد، به منظور آزمون فرض این فرضیه از پرتوانترین آزمون یکنواخت موجود استفاده شده است. نرم افزار Minitab در اجرای آزمون تساوی واریانسها از تست له‌وین^۱ و فواصل اطمینان بونفرونی^۲ نیز استفاده می‌کند. تست له‌وین در مواردی که داده‌ها پیوسته باشد، استفاده می‌شود. در این روش به جای در نظر گرفتن فاصله مشاهدات از میانگین نمونه، فاصله مشاهدات از میانه نمونه در نظر گرفته می‌شود. این ویژگی، توانایی استفاده از آزمون را در وضعیتی که حجم نمونه‌ها کوچک باشند افزایش می‌دهد و از سوی دیگر لزوم در نظر گرفتن پیش فرض توزیع نرمال داده‌ها برای اجرای آزمون نیز منتفی می‌شود. فرمول مورد استفاده این آزمون به این شرح است:

$$L = \frac{(N - K) \sum n_i (\bar{v}_{i0} - \bar{v}_{00})^2}{(k - 1) \sum \sum (v_{ij} - \bar{v}_{i0})^2}$$

که در آن $v_{ij} = |x_{ij} - \bar{x}_i|$ با توجه به اینکه $i = 1, \dots, k$ & $j = 1, \dots, n$ و $\bar{x}_i = \text{median}(x_{i1}, \dots, x_{in})$ است. فواصل اطمینان همزمان بونفرونی برای اختلاف p میانگین جامعه نیز عبارت است از:

$$\mu_{1i} - \mu_{2i}: (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{2i}) \pm t_{n_1+n_2-p-1} \left(\frac{\alpha}{2p} \right) \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) s_{ii,p}}$$

که در آن $t_{n_1+n_2-p-1}(\alpha/2p)$ صدک $100(\alpha/2p)$ ام بالایی توزیع t با $n_1 + n_2 - p - 1$ درجه آزادی است (نیرومند، ۱۳۸۴، ص ۲۹۳).

۹- یافته‌های تحقیق

پس از آماده شدن داده‌های مسئله و تهیه مدل مورد نظر به منظور اجرای برنامه، بنا بر الگوی طراحی شده، سبدهای ده، پانزده و بیست سهمی تشکیل شد و حاصل این انتخاب‌ها در سطوح مختلف ریسک و بازده با نتایج حاصل از سبدهای تشکیل شده بر مبنای مدل مارکویتز و انتخاب تصادفی مقایسه شد. جزئیات این فرایند به شرح ذیل است:

1-Levene 's

2- Bonferroni confidence intervals

(۱) نتایج آزمون فرضیه شماره ۱

الف) در سطح سید ۱۰ سهمی^۱

نتایج آزمون آماری T برای تعیین سبدهای ۱۰ سهمی در جدول شماره ۱ ارائه شده است:

جدول ۱: آزمون آماری T در سید ده سهمی

Two-sample T for GA vs. MA	N	Mean	St Dev.	SE Mean
GA	۴۰	0.00069	0.00624	0.00099
MA	۴۰	-0.0060	0.0146	0.0023
Difference =	mu GA - mu MA		T-Test of difference = 0	
Estimate for difference:	0.00672		T-Value	۲,۶۸
95% CI for difference:	(0.00168; 0.01176)		P-Value	۰,۰۱۰
			DF	۵۲

با توجه به نتایج یادشده می توان بیان کرد که با اطمینان ۹۵٪، فرض H_0 رد می شود و اختلاف معنی داری بین میانگین بازده سرمایه گذاری بر مبنای مدل مارکویتز و سرمایه گذاری بر اساس روش الگوریتم ژنتیک وجود دارد.

ب) در سطح سید ۱۵ سهمی

نتایج آزمون آماری T برای تعیین سبدهای ۱۵ سهمی در جدول شماره ۲ ارائه شده است:

۱- تنظیمات به کار رفته در اجرای مدل الگوریتم ژنتیک به منظور انتخاب سید ده سهمی به شرح جدول ذیل است. همان گونه که در جدول مشاهده می گردد، روش نمونه گیری مورد استفاده در اجرای این برنامه، انتخاب چرخ رولت بوده که مناسب ترین روش در بین روشهای انتخاب تصادفی است. اندازه جمعیت نیز به تناسب افزایش تعداد متغیرهای مسئله افزایش یافته است. سایر تنظیمات استفاده شده در هر بار اجرای برنامه، تنظیمات پیشنهادی نرم افزار به عنوان رایجترین و پرکاربردترین تنظیمات است.

عنوان	تنظیم مورد استفاده	عنوان	تنظیم مورد استفاده
Population Type	Double Vector	Mutation Function	Gaussian
Population Size	۱۲۰	Mutation Scale	۱
Initial Range	(۱-۴۰)	Crossover Function	Scattered
Selection Function	Roulette	No. of Generation	۲۰
Crossover Fraction	۰/۸	Stall Time Limit	Infinite

جدول ۲: نتایج حاصل از آزمون آماری T در سبد پانزده سهمی

Two-sample T for GA vs. MA	N	Mean	St Dev.	SE Mean
GA	۴۰	0.0029	0.0150	0.0024
MA	۴۰	-0.0039	0.0144	0.0023
Difference =	mu GA - mu MA		T-Test of difference = 0	
Estimate for difference:	0.00680		T-Value	2.06
95% CI for difference:	(0.00024; 0.01336)		P-Value	0.042
			DF	78
Both use Pooled St Dev. =			0.0147	

با توجه به نتایج یادشده می‌توان بیان کرد که با اطمینان ۹۵٪، فرض H_0 رد می‌شود و اختلاف معنی‌داری بین میانگین بازده سرمایه‌گذاری بر مبنای مدل مارکویتز و سرمایه‌گذاری بر اساس روش الگوریتم ژنتیک وجود دارد.

ج) در سطح سبد ۲۰ سهمی

نتایج آزمون آماری T برای تعیین سبدهای ۲۰ سهمی در جدول شماره ۳ ارائه شده است:

جدول ۳: نتایج حاصل از آزمون آماری T در سبد بیست سهمی

Two-sample T for GA vs. MA	N	Mean	St Dev.	SE Mean
GA	۴۰	0.00821	0.00396	0.00063
MA	۴۰	0.004907	0.000905	0.00014
Difference =	mu GA - mu MA		T-Test of difference = 0	
Estimate for difference:	0.003307		T-Value	5.15
95% CI for difference:	(0.002013; 0.004601)		P-Value	0.000
			DF	۴۳

با توجه به نتایج آزمون آماری T می‌توان بیان کرد که با اطمینان ۹۵٪، فرض H_0 رد می‌شود و اختلاف معنی‌داری بین میانگین بازده سرمایه‌گذاری بر مبنای مدل مارکویتز و سرمایه‌گذاری بر اساس روش الگوریتم ژنتیک وجود دارد.

۲) نتایج آزمون فرضیه شماره ۲

نتایج حاصل از آزمون آماری T برای تعیین سبدهای ۱۰ سهمی در جدول شماره ۴ ارائه گردیده است:

جدول ۴: نتایج حاصل از آزمون آماری T در سبدهای سهمی - فرضیه شماره ۲

Two-sample T for GA vs. MA	N	Mean	St Dev.	SE Mean
GA	۴۰	0.0031	0.0112	0.0018
MA	۴۰	-0.0271	0.0158	0.0025
Difference =	mu GA - mu MA		T-Test of difference = 0	
Estimate for difference:	0.03023		T-Value	9.88
95% CI for difference:	(0.02414; 0.03633)		P-Value	0.000
			DF	78
Both use Pooled St Dev. =			0.0137	

با توجه به نتایج آزمون آماری T می‌توان بیان کرد که با اطمینان ۹۵٪، فرض H_0 رد می‌شود و بازدهی سبدهای سهام تشکیل شده بر مبنای مدل الگوریتم ژنتیک نسبت به سبدهای سهام تصادفی بیشتر است.

۱۰- نتیجه گیری

انتخاب سبدهای سهام در مباحث سرمایه‌گذاری کار دشوار و سختی است. سرمایه‌گذار در این حالت، خود را در مقابل انتخابهای زیاد و فراوان و گوناگونی می‌بیند که باید یکی از آنها را به عنوان بهترین روش انتخاب کند. تصمیم‌گیری درباره اینکه کدام سهم در مقایسه با سایر سهام در وضعیت بهتری قرار دارد و شایستگی انتخاب شدن و قرار گرفتن در سبدهای سرمایه‌گذاری فرد را دارد و چگونگی تخصیص سرمایه بین این اوراق، مباحثی پیچیده است. از لحاظ نظری، موضوع انتخاب سبدهای سهام در حالت حداقل کردن ریسک در صورت ثابت در نظر داشتن بازده با استفاده از فرمول‌های ریاضی و از طریق یک معادله درجه دوم قابل حل است، لیکن در عمل و در دنیای واقعی با توجه به تعداد انتخابهای زیادی که در بازارهای سرمایه وجود دارد، رویکرد ریاضی مورد استفاده برای حل این مدل، نیازمند محاسبات و برنامه‌ریزی وسیعی است. گوناگونی ابزارهای سرمایه‌گذاری از یک سو و متفاوت بودن تابع مطلوب بودن افراد در مقایسه با یکدیگر از سوی دیگر به پیچیده شدن فرآیند انتخاب منجر گردیده است. وسیع و پیچیده بودن چنین فعالیتی،

استفاده از روشهای نوینی را ضروری می‌سازد که در حداقل زمان، بهترین جواب را ارائه کند. با توجه به کارآیی الگوریتم ژنتیک در حل چنین مسائلی در این تحقیق از این الگوریتم برای تعیین سبدهای سهام بهینه استفاده شده است.

همان طور که پیش از این نیز اشاره شده بود، هدف این تحقیق انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک بود به گونه‌ای که این سبد، ضمن بیشینه نمودن بازده، ریسک سرمایه‌گذاری را نیز کمینه کند. در فرضیه نخست این تحقیق که به بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین بازده سرمایه‌گذاری در سبدهای تشکیل شده بر اساس دو روش پرداخته است، آزمونهای آماری مربوط بر نتایج، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار و برتری قابل توجه نتایج روش الگوریتم ژنتیک در سبدهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سهمی بود. فرضیه دوم تحقیق نیز به مقایسه بین بازدهی سبدهای سهام تشکیل شده بر مبنای مدل الگوریتم ژنتیک نسبت به سبدهای سهام تصادفی پرداخته و نتایج آزمون این فرضیه بر سبد ده سهمی مشخص کرده که بازدهی سبدهای نخست از سبدهای تشکیل شده تصادفی، بیشتر است.

با توجه به اینکه رفتار بازار سهام از یک الگوی خطر پیروی نمی‌کند، به همین دلیل، روشهای خطی رایج نیز نمی‌تواند در توصیف این رفتار مورد استفاده قرار گیرد و مفید واقع شود. رویکردی که الگوریتم ژنتیک در حل این گونه مسائل دارد، رویکردی توسعه یافته است که توان در نظر گرفتن عوامل اثرگذار متعددی را بر فرایند انتخاب برای استفاده‌کننده خود فراهم می‌سازد. این توانایی برای الگوریتم ژنتیک، زمینه یافتن فرصتهای بهتر و بهینه‌تری را فراهم می‌سازد، فرصتهایی که سایر روشهای سنتی انتخاب از دستیابی به آنها محروم است. یکی از برتری‌های غیر قابل انکار روش الگوریتم ژنتیک در مقایسه با سایر روش‌ها، توان این روش در رسیدن به نقطه بهینه واقعی است. در استفاده از سایر روش‌های بهینه‌سازی، همواره این احتمال ناخوشایند وجود دارد که نقطه انتخاب شده به عنوان پاسخ مسئله، یک نقطه بهینه محلی^۱ باشد که روش بهینه‌سازی مورد استفاده، به اشتباه آن را به عنوان نقطه بهینه اصلی در نظر بگیرد و از ادامه جستجو خودداری کند. وجود چنین احتمالی در زمان استفاده از روش الگوریتم ژنتیک کاملاً از بین می‌رود و صفر می‌گردد. توان بسیار زیادی این روش در انتخاب نقاط بهینه، همواره این اطمینان خاطر را برای استفاده‌کننده فراهم می‌سازد که نقطه بهینه پیشنهادی، بهترین نقطه بهینه مسئله بوده است و فرایند انتخاب، گرفتار دام نقاط بهینه محلی نمی‌شود. آنچه باعث می‌شود الگوریتم ژنتیک این قابلیت استثنائی و

ویژه را داشته باشد، چگونگی جستجوی این مدل است. تفاوت اساسی که این روش با سایر روش‌های جستجو دارد در این است که الگوریتم ژنتیک به طور همزمان از چند نقطه در فضای جواب، فرآیند جستجو را آغاز می‌کند حال اینکه سایر روش‌های بهینه‌یابی به دلیل آغاز فعالیت خود از یک نقطه همواره با احتمال از دست دادن جوابهای بهتر رو به رو هستند.

۱۱- پیشنهادها برای تحقیقات آینده

به منظور تکمیل و در ادامه روند این تحقیق، مواردی به شرح ذیل به منظور اجرای پژوهشهای آینده پیشنهاد می‌گردد:

- ۱- سرمایه‌گذار فرضی در نظر گرفته شده در این تحقیق، سرمایه‌گذاری است که تمامی پرتفوی خود را به سهام موجود در بازار سرمایه اختصاص داده است. به عنوان حالت تکمیلی می‌توان وجود داراییهای مختلفی از قبیل طلا، ارز، اوراق مشارکت، زمین، سپرده‌های بانکی، سهام شرکت‌های غیر بورسی و ... را نیز در مجموعه داراییهای این سرمایه‌گذار مدنظر قرار داد و بر اساس این حالت، الگوریتم جدیدی طراحی و اجرا کرد.
- ۲- در این تحقیق، از اطلاعات بازده ماهانه سهام استفاده گردیده است. استفاده از اطلاعات بازده روزانه، زمینه افزایش دقت این روش را فراهم می‌سازد.
- ۳- متغیرهای اعمال شده در این تحقیق، صرفاً ریسک و بازده داراییها است. به منظور تکمیل و افزایش کارایی تحقیق می‌توان عوامل دیگری چون درجه نقدشوندگی اوراق بهادار و ... را نیز مدنظر قرار داد.
- ۴- با توجه به این موضوع که بخش قابل ملاحظه‌ای از ریسک و بازده یک سهم ناشی از عوامل غیرسیستمی است (با تأکید بیشتر در وضعیت بورس ایران)، در نظر داشتن تأثیرات این عوامل و متغیرها بر قیمت سهم مؤثر می‌باشد. به عنوان مثال نرخ تورم، نرخ ارز، قیمت جهانی طلا، نفت، درجه ریسک سرمایه‌گذاری و همگی از عواملی است که در نظر داشتن تأثیرات آنها بر روند قیمتی سهم مفید است.
- ۵- از نکات مدنظر سرمایه‌گذاران در بحث سبدگردانی است. در نظر داشتن هزینه‌های معاملاتی آینده است. سرمایه‌گذاران همواره مایل است که با کمترین تعداد معاملات و به تبع آن کمترین هزینه‌های معاملاتی آینده به سبد مدنظر خود دست یابند. وارد کردن این متغیر به عنوان یکی دیگر از متغیرهای مسئله، امکان اجرای تحقیق جدیدی را درباره این موضوع فراهم می‌سازد.

منابع و ماخذ

- جانسون، ریچارد، آ. و دین دبلیو و چرن. (۱۹۹۸). *تحلیل آماری چند متغیری کاربردی*، ترجمه حسینعلی نیرومند (۱۳۸۴)، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
- حکیمی، ناصر (۱۳۷۹). *بررسی ریسک و بازده شرکت های سرمایه گذاری عضو بورس اوراق بهادار و مقایسه آن با ریسک و بازده سایر شرکت های عضو*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
- ظهوری، قاسم. (۱۳۷۸). *کاربرد روش های تحقیق علوم اجتماعی در مدیریت*، موسسه انتشاراتی میر، تهران.
- عبدالعی زاده شهیر، سیمین (۱۳۸۱)، *ارائه روش کارا برای حل مسئله مجموعه دارایی بهینه*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.
- Andreou, A. S., Georgopoulos, E. F., and S. D. Likothanassis. (December, 2002). Exchange-Rates Forecasting: A Hybrid Algorithm Based on Genetically Optimized Adaptive Neural Networks, *Computational Economics*. 20, 191-210, Springer Netherlands.
- Chan, M., Wong, C., Cheung, B. K-S. And G. Y-N Tang. (1999). *Genetic Algorithm in Multi-Stage Portfolio Optimization System*, Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University. Provided by Society for Computational Economics in the series computing in Economics and Finance 2002, No.165.
- Fichter, D. P. (2000). *Application of Genetic Algorithm in Portfolio Optimization for the Oil & Gas Industry*, Society of Petroleum Engineers Inc. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, TX, 1-4 October 2000.
- Gen, M. and R. Cheng. (2000). *Genetic Algorithm and Engineering Optimization*, New York: Wiley – Inter science Publication.
- Goldberg, D. E., (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Boston: Addison-Wesley Longman Publishing Co.
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, The University of Michigan.
- Lazo, J. G., Maria, M., Vellasco, R., Auelio, M. and C. Pacheco. (2000). *A Hybrid Genetic – Neural System for Portfolio Selection and Management*, Proceeding Sixth Int. Conf. on Engineering Applications of Neural Networks, EANN2000. Kingston upon Thames.

- MaHfoud, S. and G. Mani. (December, 1996). Financial Forecasting Using Genetic Algorithms, *Applied Artificial Intelligence*. 10, 543-566, Taylor & Francis.
- Pacheco, M. A., Vellasco, M., Noronha, M. and C. Lopes. (2000). *Cash flow Planning and Optimization through Genetic Algorithm*, Provided by Society for Computational Economics in the series Computing in Economics and Finance, No. 333.