فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج - سال پنجم / شماره ۱۱ / بهار ۱۳۸۹

انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر اساس تعاریف متفاوتی از ریسک

منصور گرکز
استادیار گروه حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول Email:m_garkaz@yahoo.com و
Email:m_garkaz2009@yahoo.com

ابراهیم عباسی
استادیار گروه مدیریت دانشگاه الزهرا تهران

مطهره مقدسی*
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول Email:m1.moghadasi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۴ ❋ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۸

چکیده

در موضوعات مالی سبد سهام را می توان به معنی یک ترکیب و یا یک مجوعه ای از سرمایه گذاریهائی دانست که بوسیله یک موسسه و یا یک فرد نگهداری می گردد. انتخاب سبد سهام به منظور حداکثرسازی سود یکی از اصلی ترین دغدغه های سرمایه گذاران در بازار های مالی است. روش های فعلی درانتخاب بهینه سبد سهام از کارآئی لازم برخوردار نبوده و لذا برای حل این مشکل الگوریتم های ابتکاری مورد توجه قرار گرفته اند. الگوریتم ژنتیک، یکی از الگوریتم های ابتکاری است که می تواند مسئله بهینه سازی سبد سهام با لحاظ نمودن سطوح متفاوتی از ریسک را با موفقیت انجام دهد.هدف تحقیق حاضر انتخاب و بهینه سازی سبد سهام بر اساس سطوح مختلفی از ریسک است. برای دستیابی به این هدف دو الگوریتم ژنتیک طراحی گردید. در فرایند طراحی الگوریتم های مورد نظر دو مدل پایه ای: مدل میانگین-واریانس مارکویتز و مدل میانگین- نیمه واریانس لحاظ گردیدند. برای کارآمدتر شدن، برخی محدودیت های جهان واقعی به الگوریتم های طراحی شده افزوده گشت. نرم افزار MATLAB7.1 در طراحی الگوریتم های ژنتیک و آزمون T مستقل در آزمون فرضیات تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. جامعه آماری این تحقیق ۱۴۶ شرکت از شرکت های فعال در بورس اوراق بهادار تهران و محدوده زمانی آن نیز سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۷ بود. نتایج تحقیق نشان داد که الگوریتم ژنتیک طراحی شده در تکرار های مختلف از بهینگی و ثبات بالا برخوردار است. با توجه به نتایج حاصله مشخص کردید که هیچ تفاوت معنی داری در بکارگیری دو مدل (مدل میانگین_واریانس و مدل میانگین_نیمه واریانس) وجود ندارد. ما معتقدیم با استفاده از الگوریتم های ژنتیک طراحی شده سرمایه گذاران قادر خواهند بود یک سبد سهام بهینه انتخاب نمایند.

واژه‌های کلیدی:

انتخاب سبد سهام، نیمه واریانس، ریسک و بازده، الگوریتم ژنتیک.

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 بی شماری عرضه شده است. مفاهیم بهینه سازی سبد سهام وتنوع بخشی به مثابه ابزاری در راستای توسعه و فهم بازار های مالی و تصمیم گیری مالی در آمده اند. انتشار نظریه انتخاب سبد سهام هری مارکویتز[1]،اصلی ترین و مهم ترین موفقیت در این راستا بود(فابوزی و دیگران[2]،۲۰۰۷). از زمانی که مارکویتز مدل خود را منتشر کرد، این مدل تغییرات و بهبود های 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(لای کینگ و دیگران[3]،۲۰۰۶).
مارکویتزپیشنهاد کرد که سرمایه گذاران ریسک و بازده را به صورت توأمان در نظر بگیرند ومیزان تخصیص سرمایه بین فرصت های سرمایه گذاری گوناگون را بر اساس تعامل بین این دو انتخاب نمایند فابوزی و دیگران،۲۰۰۷).
اما تئوری پرتفوی مارکویتز، تنها راه حلی برای تخصیص سرمایه به دست می دهد. در بازار های سرمایه که صدها نوع سرمایه مختلف با کیفیت خیلی خوب تا خیلی بد وجود دارد، سرمایه گذار با هجوم اطلاعاتی روبرو است که انتخاب را برای وی بسیار دشوار می نماید. مدل مارکویتز با استفاده ازمدل های برنامه ریزی ریاضی قابل حل می‌باشد، ولی وقتی محدودیت های جهان واقعی، هم چون تعداد زیاد سرمایه ها، محدودیت های مقادیر وزنی سهام و غیره به آن افزوده می شود، فضای جست و جوی آن بسیار بزرگ و نا پیوسته می گردد، که عملاً استفاده از مدل های ریاضی را ناممکن می سازد از این روست که الگوریتم های ابتکاری هم چون الگوریتم های ژنتیک، شبکه های عصبی، الگوریتم مورچگان و.... جایگاه ویژه ای می‌یابند(آرانها و ایبا[4]،۲۰۰۷).

۲-طرح مسأله:

یکی از ویژگی های مهم کشور های صنعتی و توسعه یافته، وجود بازار فعال و پویای پول و سرمایه است. به عبارت دیگر، اگر پس انداز های افرا د با مکانیسم صحیح به بخش تولید هدایت شوند، علاوه بر بازدهی که برای صاحبان سرمایه به ارمغان می آورند می توانند به عنوان مهم ترین عامل تأمین سرمایه، برای راه اندازی طرح های اقتصادی جامعه نیز مفید باشندودر صورتی که به جریان‌های ناسالم اقتصادی راه پیدا کنند، آثار نامناسبی را برای جامعه خواهند داشت.بنابرعقیده صاحب نظران، یکی از دلایل توسعه نیافتگی کشورهای در حال توسعه، پایین بودن سطح سرمایه گذاری ثابت در این کشور ها می باشد. از عمده ترین مسائل کشورهای جهان سوم، نبود ساختار مناسب برای سرمایه های افرادوسازمان ها می باشد. از طرفی اهمیت مشارکت فعال سرمایه گذاران در بازار بورس اوراق بهادار به حدی است که ماهیت وجود بورس اوراق بهادار به سرمایه گذاری افراد وابسته است(راموز،۱۳۸۴).
مسائل بهینه سازی سبد سهام از اوایل ۱۹۵۲ مورد توجه محققان قرار گرفت. نظریه نوین پرتفوی که اولین بار توسط مارکویتز مطرح شد، پارادایم سازمان یافته ای را به سوی تشکیل پرتفویی با بالاترین نرخ بازده مورد انتظار در سطح معینی از ریسک (خصوصیت کلیه پرتفوهای موجود در مجموعه کارا) ایجاد نمود. بنابر نظریه مارکویتز، شخص برای یک سطح معین از بازده، می تواند با حداقل کردن ریسک سرمایه گذاری، واریانس پرتفوی را حداقل کند، یا در سطح معینی از ریسک که برای سرمایه گذار قابل تحمل باشد، شخص می تواند بازده حداکثری را در نظر بگیرد که نرخ بازده مورد انتظار پرتفوی را افزایش دهد(لین و دیگران[5]،۲۰۰۷).
رفتار سهام در بازار، مانند بسیاری از پدیده های طبیعی، رفتاری غیر خطی است. مدل های خطی از تشخیص صحیح رفتار غیر خطی عاجز هستند و تنها می توانند بخش خطی رفتار را خوب تشخیص دهند. بنابراین نیاز به الگوها و مدل های غیرخطی برای شناسایی رفتار سهام تأثیر

[1]- Harry Markowitz
[2] -Fabozzi, et al
[3] -Lai et al
[4] -Aranha & Iba
[5] -Lin & Mitsuo

به‌سزایی در پیش‌بینی آتی سهام و اتخاذ تصمیم مناسب دارد.

بنابراین با توجه به عدم اطمینانی که بر بورس اوراق بهادار حاکم است و هم چنین در نظر داشتن گرایش ها و ترجیحات مختلف سر مایه گذاران، یافتن روشی برای انتخاب یک مجموعه مناسب از اوراق بهادار که از طریق آن بتوان برعدم اطمینان ها و ترجیحات مختلف افراد غلبه کرد ضروری به نظر می رسد. از سوی دیگر با توجه به عملکرد موفق الگوریتم ژنتیک در مسائل بهینه سازی، این الگوریتم می تواند روشی مناسب در اختیار سرمایه گذاران قرار دهد تا به انتخاب بهینه سبد سهام دست یابند، لذا هدف اصلی تحقیق حاضر، انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر اساس تعاریف متفاوتی از ریسک می باشد.

۳- مروری بر پیشینه تحقیق:

عبدالعلی زاده شهیر و عشقی(۱۳۸۲)، در مقاله ای تحت عنوان "کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار" با استفاده از الگوی خاصی از الگوریتم ژنتیک(استفاده از عملگر تقاطعی دو نقطه برش و عملگر جهشی معاوضه) به انتخاب مجموعه ای از دارایی از بین سهام گوناگون پرداخته است. در این تحقیق از اطلاعات سالانه بازده و ریسک شرکت ها به عنوان ورودی های مدل استفاده شده است. الگوهای ارائه شده در این مقاله بر روی اطلاعات بیش از ۲۰۰ سهم از مجموعه سهام بورس اوراق بهادار تهران پیاده سازی شده است. آن ها به منظور انتخاب بهترین نوع عملگر از بین عملگرها و استراتژی های انتخابی موجود، چهار ترکیب گوناگون را در نظر گرفته و مدل های طراحی شده در هر یک از این ۴ حالت را مورد آزمون قرار دادند. بررسی نتایج نشان می دهند که حالت شماره ۴ که در آن عملگرتقاطعی دو نقطه برش، عملگر جهشی معاوضه و استرتژی انتخاب($\lambda+\mu$) می باشند در مجموع و در مقایسه با سایر ترکیب ها در زمان کمتر و در نسل پایین تری پاسخ را ارائه می دهند .

خالوزاده و امیری(۱۳۸۴)، در تحقیقی تحت عنوان "تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس ایران بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک" به توسعه روش های مدیریت ریسک بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک توجه نموده است. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم ژنتیک، سبد سهام بهینه‌ای به دست می آید که دارای سود ماکزیمم و قیدی روی ریسک سبد است. شبیه سازی در این مقاله برای سبد سهامی متشکل از ۱۲ شرکت مختلف در بازار بورس تهران انجام شد. نتایج به دست آمده نشان گر کارایی روش مدل‌سازی ریسک بازار بر مبنای نظریه ارزش در معرض ریسک و روش بهینه سازی الگوریتم های ژنتیک در به‌دست آوردن وزن های بهینه سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت بر روی ریسک است.

یانگ[6] (۲۰۰۶) نیز در تحقیقی با عنوان"بهبود کارایی سبد سهام: شیوه ای از الگوریتم ژنتیک" الگوریتم ژنتیک را در کنار یک سیستم پویای بهینه سازی پرتفوی، جهت توسعه کارایی سبد سهام به کار برد.در کنار مدل های G-A , M-V، محقق از روش سومی بنام رویکردBayesian نیز استفاده کرده است که یکی از عمومی ترین مدل هایی است که بحث در نظر گرفتن ریسک برآوردی را در انتخاب پرتفوی مطرح کرده است. اطلاعات مورد استفاده این تحقیق داده هایی هستند که از MSCI[7] گرفته شده اند و شامل شاخص های بازده کل سرمایه شش بورس مختلف شامل بورس های کانادا، فرانسه، آلمان، ژاپن، انگلستان و آمریکا می باشند. به منظور ارزیابی عملکرد مدل های گوناگون انتخاب سبد سهام، محقق جهت تعیین اوزان سهام، از اطلاعات ۶۰ ماه به عنوان داده های تاریخی استفاده نموده است. یافته های تحقیق نشان می دهند که نتایج مدل الگوریتم ژنتیک در مقایسه با دو روش دیگر دارای بازده بالاتر و به طورهم زمان ریسک کمتری می‌باشد. الگوریتم ژنتیک چند مرحله ای نیز در مقایسه با مدل تک مرحله ای، دارای ریسک و بازده بهتری می باشد. از سوی دیگر بررسی ها نشان می دهند سبد های انتخابی بر اساس هر دو مدلGA در مقایسه با سبد های انتخابی روش های M-V وBayesian، در طول زمان دارای نوسانات کمتری نیز هستند.

لین و ژن[8](۲۰۰۷) در تحقیقی یک الگوریتم ژنتیک دو مرحله ای را برای حل مسأله بهینه سازی سبد سهام چند

---

[6] -Xia lou yang
[7] -Morgan Staneley Capital International
[8] -Lin & Gen

منظوره به کار بردند. آن ها با در نظر گرفتن مدل مارکویتز به عنوان مدل ریاضی پایه، به دنبال حد اکثر نمودن بازده و حداقل نمودن ریسک سر مایه گذاری بودند. آ ن ها در تحقیق خود پس از حداکثرسازی ریسک و حداقل سازی بازده، به دنبال وزن دهی به سهام مورد نظر برآمدند، تا از این طریق اهمیت نسبی اهداف گوناگون را در سبد سهام مد نظر قرار دهند. عملگر های مورد استفاده در این تحقیق، عملگر تقاطع یک نقطه برش، عملگر جهش الحاقی و عملگر انتخاب چرخ رولت بود. نتایج تحقیق نشان داد اعتبار و کارایی الگوریتم مربوطه در بهینه سازی سبد سهام می باشد.

در سال ۲۰۰۸، لین و لیو[9]، مدل مارکویتز را با محدودیت حداقل مقدار خرید به سه طریق مدل نمودند. الگوریتم های ژنتیکی که برای حل مسأله انتخاب سبد سهام پیشنهاد می شوند، به وسیله مدل ها فرمول بندی شدند. نتایج مطالعات نهایی نشان دادن که الگوریتم های ژنتیک برای این مدل ها می توانند نقطه نزدیک به بهینه در حداقل زمان قابل قبول را به دست آورند. راه حل های به‌دست آمده نه تنها قابل اجرا در عمل می باشند، بلکه بالاترین کارایی میانگین_واریانس را به نمایش می گذارند. مدلی که یک شیوه تصمیم گیری چند منظوره فازی را معرفی می کند، به خاطرتطبیق پذیری و سادگی زیاد آن پیشنهاد می شود. با این شیوه تصمیم گیرنده قادر خواهد بود ترجیحات خود در خصوص ریسک و بازده را با اختصاص وزن هایی به ریسک و بازده اعمال نماید.بررسی سرمایه ها و دارایی ها نه تنها در وقت محاسبه صرفه جویی می کند، بلکه باعث می شود کیفیت جواب نیز بهبود یابد.

آرانا و ایبا در سال ۲۰۰۹در تحقیقی با عنوان "الگوریتم ژنتیک درختی ممتیک و کاربرد آن در بهینه سازی سبد سهام" از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب و بهینه سازی سبد سهام بهره بردند. در این تحقیق یک الگوریتم ژنتیک درختی معرفی شد و سپس برای مسأله بهینه سازی سبد سهام به کار رفت. در این تحقیق سبد های سهام کوچک تری در سطح معینی از اجرا به دست آمد. به طور کلی این روش شیوه های حل قدیمی را تحت سطوح مختلف ریسک_ بازده بهینه می نماید.

هاو و لیو[10]در سال۲۰۰۹ در تحقیقی با عنوان "مدل های میانگین–واریانس برای انتخاب سبد سهام با بازده های تصادفی فازی" الگوریتم ژنتیک را به عنوان ابزار حل مدل های خود به کار بردند. در این تحقیق بر اساس نظریه مارکویتز در مدل میانگین_واریانس، نمونه های جدیدی از مدل های میانگین_واریانس برای مسائل انتخاب سبد سهام با بازده های سرمایه گذاری تصادفی فازی نمایش داده شدند. در مدل های ارائه شده ما بازده مورد انتظار پرتفوی به عنوان بازده سرمایه گذاری و واریانس بازده مورد انتظار به عنوان ریسک سرمایه گذاری در نظر گرفته شد. برای حل مدل های انتخاب سبد سهام معرفی شده، این تحقیق در ابتدا فرمول های واریانس را به عنوان متغیرهای تصادفی فازی به نمایش گذاشت، سپس این تحقیق، فرمول های واریانس را برای مدل های معرفی شده به گونه ای مورد استفاده قرار داد که مسائل انتخاب سبد سهام اصلی به برنامه ریزی های خطی هم ارز تبدیل شوند. سپس الگوریتم های ژنتیک برای حل مدل ها به کار گرفته شدند. در نهایت نیز دو نمونه عددی برای نشان دادن کارایی روش های معرفی شده به کار رفت.

از جمله تحقیقاتی که اخیراً انجام گرفته است، تحقیقی است که توسط چانگ و همکارانش[11] (۲۰۰۹) انجام شد. چانگ و همکارانش نیز بر این عقیده بودند که استفاده از برنامه‌ریزی های ریاضی برای حل مسأله سبد سهام بهترین گزینه می باشد. آن ها یک روش فرا ابتکاری را برای حل مسائل بهینه سازی سبد سهام ارائه کردند که در آن الگوریتم ژنتیک، سبدهای سهام مختلف که ریسک آن ها به شیوه های متفاوتی محاسبه شده بود را به کار می‌گرفت. هدف اصلی آن ها بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک برای حل مسأله بهینه سازی سبد سهام با مدل های متفاوت ریسک بود، به ویژه سبد های سهامی که محدودیت های عدد صحیح را نیز مد نظر قرار می دادند. آن‌ها الگوریتم‌های ژنتیک را برای حل مسائل بهینه‌سازی سبد سهام در مدل های متفاوت

[9] -Lin & Liu

[10] -Hao & Liu

[11] -Chang & al.

میانگین_واریانس، نیمه واریانس و واریانس با انحراف به کار بردند. آن ها نشان دادند که اگر میانگین_واریانس، نیمه واریانس، انحراف مطلق از میانگین و واریانس با انحراف به عنوان مدل های محاسبه ریسک به کار گرفته شوند، مسائل بهینه سازی سبد سهام می توانند به راحتی با الگوریتم ژنتیک حل شوند. با مدل های مختلف محاسبه ریسک که در این روش الگوریتم ژنتیک مورد استفاه قرار گرفت، سرمایه‌گذاران قادر خواهند بود که مرز کارایی را برای مقدار ثابتی از سرمایه خود به دست آورند. آن ها به این حقیقت دست یافتند که سبد سهامی با اندازه کوچک تر کارایی بیشتری از اندازه بزرگ تر آن خواهد داشت.

٤- ادبیات و چارچوب نظری:

٤-١- تئوری نوین سبد سهام:

تئوری نوین سبد سهام یک نگرش کل گرا به بازار سهام است. این نظریه بر خلاف سایرروش ها(روش های تکنیکال، روش های بنیادین) به مجموعه سهام در سبد یا در بازار توجه دارد. به عبارتی دیدگاه کلان در برابر دیدگاه خرد می باشد. هم چنین در ایجاد یک سبد سهام، ارتباط ریسک و بازده سهام با یکدیگر به عنوان یک مجموعه اهمیت دارد. این دیدگاه متکی به محاسبات آماری وریاضی است و با استفاده از مدل های بهینه سازی و نظریه ی نوین پرتفوی می توان سبد های سهامی ساخت که دارای کمترین ریسک نسبت به بازده مورد انتظار و یا دارای بیشترین بازده نسبت به ریسک مورد انتظار باشند.

٤-٢- مدل میانگین_واریانس مارکو یتز:

هری مارکویتز در سال ۱۹۵۲ مدل مشهور خود را عرضه کرد که مبنایی برای تئوری مدرن پرتفوی و سرلوحه بسیاری از محققان قرارگرفت. اگر چه پیش از آن نیز محققان و سرمایه گذاران می دانستند که متنوع سازی[12] نوعی تضمین موفقیت سرمایه گذاری است، ولی مارکویتز اولین کسی بود که این مفهوم را به طور عام و سبد سهام را به طور خاص بسط و توسعه داد و آن را به صورت علمی و رسمی در آورد.

مدل مارکویتز بر اساس شاخصه های بازده منتظره و ریسک اوراق بهادار و متنوع سازی سبد اوراق بهادار بنا نهاده شده بود که در اصل یک چارچوب نظری برای تحلیل گزینه های ریسک و بازده است. بر اساس نظریه وی سبد سرمایه گذاری کارا سبدی است که در سطحی معین از ریسک دارای بیشترین بازده یا دارای کمترین ریسک به ازای سطح معینی از بازده باشد.مارکویتز در فرمول بندی معیار "ریسک_ بازده" خود به هدف سرمایه‌گذاری توجه خاص داشت. به نظر وی سرمایه‌گذار عاقل به دنبال سرمایه گذاری در طرح هایی است که بازدهی بیشتر و ریسک کمتری داشته باشند. وی ریسک سرمایه گذاری را تنها در انحراف معیار جستجو نمی کرد، بلکه اثر ریسک یک سرمایه گذاری را بر ریسک مجموعه‌ی سرمایه‌گذاری مورد توجه قرار می داد(اسلامی و هیبتی،۱۳۸۴).

روش میانگین – واریانس استاندارد مارکویتز برای انتخاب سبد سهام اقدام به ره‌گیری یک مرز کارا می نماید. این مرز، منحنی پیوسته ای است که مبادله میان بازده و ریسک سبد سهام را نشان می دهد. به طور خلاصه مدل بهینه سازی مارکویتز به صورت زیر ارائه می‌شود (استراد[13]،۲۰۰۷):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{n} \omega_i \omega_j \delta_{ij}$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{n} \omega_i \mu_i \geq R$$

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

$$\omega_i \geq 0 \quad i=1,2,3,\ldots,N$$

به طوری که R بازده مطلوب سرمایه گذار باشد و به ازای Rهای مختلف مدل فوق حل شود و جواب به‌دست آمده از تابع هدف، که در حقیقت ریسک می باشد در نموداری به همراه R های معادل ترسیم شود، آن گاه شکل حاصل مرز کارا نامیده می شود.

در مدل فوق δ_{ij} کوواریانس سهام i وj ، ω_i و ω_j وزن سهام i وj ، μ_i میانگین بازده سهم i وR سطح خاصی از بازده را نشان می دهد.

[12] -diversification

[13]- Estrada & Javier

٤-۳- مدل میانگین_نیمه واریانس[14] مارکویتز:

این چنین مشهور شده است که هری مارکویتز طرح بهینه‌سازی سبد سهام را مطرح کرد و مشهود است که قلب مسأله بهینه سازی سبد سهام، یک سرمایه گذار است که سود و بهره او وابسته به بازده مورد انتظار وی و ریسک سبد سهامش که به وسیله واریانس به‌دست می آید، می باشد.

اما آن چیزی که چندان به آن توجه نشده است، این است که از همان اوایل، مارکویتز نسبت به تعریف دیگری از ریسک علاقه نشان دادکه همان نیمه واریانس می باشد. در حقیقت مارکویتز، یک فصل از کتابش را به بحث درباره نیمه واریانس اختصاص داد، به طوری که می گوید:"این گونه به نظر می رسد که تحلیل بر پایهS(نیمه واریانس)، سبد های بهتری از تحلیل بر پایهV(واریانس) ایجاد می کند". در چاپ اصلاح شده کتابش در ۱۹۹۱ او پا را از این هم فراتر نهاده و می گوید:"نیمه واریانس موجه ترین روش محاسبه ریسک است"(استرادا،۲۰۰۷).

استفاده از واریانس و یا ریشه دوم آن انحراف معیار به عنوان معیار ریسک با مشکلاتی روبرو است. این معیار برای یک دارایی که دارای توزیع نرمال باشد و در بازاری کارا معامله شود، معیار قابل قبولی است. اگر این دو خصوصیت برای دارایی وجود نداشته باشد، استفاده از واریانس با مشکل روبرو می شود. به این دلیل معیار های دیگری برای ریسک مطرح می شود، که نیمه واریانس[15] از آن جمله است(عبدالعلی زاده و شهری،۱۳۸۲).

با توجه به این معیار تنها بازده های تصادفی که از میانگین بازده پایین تر باشند، در محاسبه ریسک مورد استفاده قرار می گیرند. در حقیقت در این تعریف از ریسک میزان انحراف از بازده مورد انتظار تا جایی خطر آفرین است که به زیان سرمایه گذار بینجامد و در غیر این صورت، انحرا ف از بازده هیچ گونه ریسکی ایجاد نمی نماید. لذا در محاسبه ریسک در مواقعی که مقدار بازده تصادفی از بازده مورد انتظار بیشتر باشد، مقدار صفر را جایگزین تفاوت آن دومی نماییم(جین و دیگران[16]،۲۰۰۶).

بر همین اساس فرمول نیمه واریانس به صورت زیر مطرح می گردد(لاره و دیگران[17]،۲۰۰۹):

$$semi\,\mathrm{var} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\min[(r_i - \bar{r}),0])^2$$

بر این اساس، مدل بهینه سازی سبد سهام میانگین_نیمه واریانس به صورت زیر ارائه می گردد:

$$\text{Min} \quad z = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\omega_i\omega_j[\sum_{t=1}^{n}\min\{(r_{i,t} - \overline{r_i}),0\} * \sum_{t=1}^{n}\min\{(r_{j,t} - \overline{r_j}),0\}]$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{n}\omega_i\mu_i \geq R$$

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

$$\omega_i \geq 0 \quad i=1,2,3,\ldots,N$$

٤-٤. بهینه سازی:

به دست آوردن بهترین نتیجه ممکن برای یک مسأله با توجه به شرایط حاکم بر آن را بهینه سازی گویند. مشخصه ذاتی انسان ها و دیگر موجودات، تمایل به انجام کارها و فعالیت ها با کمترین زحمت و نائل شدن به بیشترین سود و منفعت می باشد که همین مشخصه، دلیل اصلی دغدغه بشر در افزایش بهره وری و بازدهی فعالیت های خود در برابر منابع نسبتاً محدود طبیعت بوده است. بهینه سازی را می توان به عنوان فرایند یافتن شرایطی که مقدار بیشینه و یا کمینه یک تابع را به دست می دهد، تعریف نمود. از آن جایی که برای حل مناسب همه مسائل موجود در بهینه‌سازی روش یکتایی وجود ندارد، روش های متنوعی از بهینه سازی برای حل مسائل مختلف بهینه سازی پدید آمده اند(باوری و صالحی،۱۳۸۷).

از دهه ۱۹۶۰ به بعد، حل مسائل بهینه سازی با الگوبرداری از مخلوقات زنده طرفداران خاصی پیدا کرد. این تکنیک ها وقتی در حل مسائل پیچیده دنیای واقعی به کار بروند، ناکارآمدی روش های معمول را نشان می دهند. الگوریتم‌های تکاملی به سه شاخه عمده الگوریتم های ژنتیک، استراتژی های تکاملی وبرنامه ریزی تکاملی تقسیم می‌شوند که در این میان الگوریتم ژنتیک شناخته شده‌ترین و عمومی ترین نوع الگوریتم های تکاملی به شمار می رود.

٤-٥- الگوریتم های ژنتیک:

الگوریتم ژنتیک یک روش جست و جوی فرا ابتکاری است که از تئوری تکامل طبیعی و تنازع بقا برای حل مسائل استفاده می کند. هنگامی که لغت تنازع بقا به کار می رود بار ارزشی منفی آن به ذهن می آید. شاید هم زمان قانون

---

[14] -Mean_semivariance
[15] -semi – variance
[16] -Jin et al
[17]- Lohre et al

جنگل نیز به ذهن برسد و شاید هم تفکر بقای قوی تر، لیکن همیشه قوی ترها برنده نبوده اند(دی جوانگ[18]،۲۰۰۷)، در واقع درست تر این است که بگوییم در طبیعت مناسب ترها انتخاب می شوند.

الگوریتم ژنتیک اولین بار توسط هالند[19] و همکارانش در دانشگاه میشیگان[20] مطرح شد. رساله جان هالند در این زمینه "سازگاری در سیستم های طبیعی و مصنوعی" نام داشت. پس از وی گلد برگ[21] در سال ۱۹۸۹ این روش را توسعه داد. الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان الگوی حل مسأله استفاده می کند. مسأله ای که باید حل شود ورودی بوده وراه‌حل‌ها طبق یک الگو کد گذاری می شوند و تابع سنجش گر مطلوبیت (تابع سنجش تناسب[22]) نیز هر راه حل کاندید را ارزیابی می کند. اکثر این راه حل ها هم به صورت تصادفی انتخاب می شوند. ایده اساسی الگوریتم ژنتیک، انتقال خصوصیات موروثی توسط ژن هاست. الگوریتم ژنتیک روش جست و جوی احتمالی است که برای تولید تخمین‌های هر چه بهتر از یک جواب (کروموزوم[23])، روی جمعیتی از جواب های بالقوه عمل می نماید(اتمدی و دیگران[24]،۲۰۰۹).

روش کار الگوریتم ژنتیک به طور فریبنده ای ساده، بسیار قابل درک و به بیانی ساده، روشی است که بشر معتقد است که حیوانات نیز بر همین اساس تکامل یافته اند. در تشریح ساز وکار تکامل حیوانات باید گفت که موتور الگوریتم ژنتیک با یک رشته جواب اولیه به نام کروموزوم و مجموعه آن ها به نام جمعیت اولیه[25] شروع به کار می کند.

در هر رشته کروموزوم مجموعه ای از ژن[26] ها وجود دارند که هر کدام بیان گر ارزش یک متغیر یا صفت خاص است. بر روی کروموزوم ها معمولاً سه عملگر انتخاب[27]، تقاطع[28] و جهش[29] اعمال می شود تا نسل جدید جامعه متولد گردد. این نسل تکامل یافته نسل قبلی در جهت دست یابی به جواب های بهتر یا به اصطلاح برازنده تر است(تقوی و دیگران،۱۳۸۶).

٤-٥-١- مقایسه الگوریتم ژنتیک با سایر روش‌های جست وجو و بهینه سازی:

بین الگوریتم ژنتیک و اکثر شیوه های مرسوم جست و جو و بهینه سازی تفاوت قابل توجهی وجود دارد. تفاوت های عمده به قرار زیر می باشند(باوری و صالحی،۱۳۸۷):

۱. الگوریتم ژنتیک هم زمان با یک مجموعه از نقاط جست و جو می کند نه با یک نقطه تنها؛

۲. الگوریتم ژنتیک از قوانین احتمالی پیروی می کند و نه از قوانین طبیعی؛

۳. الگوریتم ژنتیک بر روی یک مجموعه از خواص کد شده عمل می کند و نه بر روی مقادیر اصلی آن ها (به جز در مواردی که از نمایش حقیقی در رشته ها استفاده می شود)؛

۴. الگوریتم ژنتیک به مشتق گیری و یا هر گونه اطلاعات کمکی نیاز ندارد و تنها تابع هدف و شیوه تعیین برازش از اطلاعات خام، جهت جست و جو را مشخص می کنند.

با توجه به تفاوت های بالا می توان برتری های عمده الگوریتم ژنتیک را به شرح زیر عنوان نمود:

۱. الگوریتم های ژنتیک به علت طبیعت تکاملی شان، جواب ها را بدون توجه به طرز کار ویژه مسأله جست و جو می کنند. آن ها می توانند با هر نوع تابع هدف و هر نوع محدودیت (خطی یا غیر خطی)، در هر فضای جست و جو، اعم از گسسته، پیوسته و مرکب سرو کار داشته باشند.

۲. عملگر های ژنتیکی، الگوریتم های ژنتیک را در اجرای جست و جوی سراسری خود بسیار کارا می سازند و در عین حال انعطاف پذیری زیادی را نیز تأمین می کنند.

۳. به دلیل موازی بودن و این که چندین رشته در یک لحظه مورد ارزیابی قرار می گیرند، الگوریتم های ژنتیک برای مسائلی که فضای راه حل بزرگی دارند، بسیار مفید می باشند.

۴. الگوریتم های ژنتیک هیچ چیز در مورد مسائلی که حل می کنند نمی دانند و به همین جهت به آن ها، الگوریتم

---

18 -De Jong
19 -Holland
20 -Michigan
21 -Goldberg
22 -Fitness
23- Chromosome
24 -Etemedi, et al
25 -initial population
26 -Genes
27 -Selection
28 -crossover
29 -Mutation

های کور[30] گفته می شود. مزیت این تکنیک این است که به الگوریتم های ژنتیک اجازه می دهد تا با ذهنی باز شروع به حل مسأله نمایند.

۵. موازی بودن الگوریتم های ژنتیک آن ها را از گرفتار شدن در دام نقاط بهینه محلی دور می سازد.

٤-٥-٢- کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی سبد سهام:

الگوریتم ژنتیک یکی از ابزار های ریاضی است که بهینه سازی سبد سهام را تحت نظریه مدرن پرتفوی آسان نموده است. در ۱۹۹۰ کوزا[31] و گلدبرگ[32] اصلاحات و توزیع های گسترده ای را در الگوریتم ژنتیک ایجاد کردند، به طوری که این الگوریتم درحوزه های وسیعی از موسیقی گرفته تا پرورش اسب مورد استفاده قرار گرفت. کاربرد های مالی الگوریتم ژنتیک نیز در همان اواخر رواج یافت. باوئر[33] در۱۹۹۴، خلاصه مفیدی از کار بردهای مالی الگوریتم ژنتیک را ارائه کرد و هم چنین بهبود چشم گیری که در بهینه سازی سبد سهام به کمک الگوریتم ژنتیک ایجاد شد، توسط اشترایشرت[34] در ۲۰۰۳ انجام شد. اگر چه یافته ها و اساس این نظریه جدید نیست ولی هنوز هم قادر به حل بسیاری از مشکلات در زمینه های خاص می‌باشد، از جمله کاربرد آن در بهینه سازی سبد سهام(باریش و یالچین[35]، ۲۰۰۵).

رفتار پویای سهام در بازارو پیچیدگی های خاص بازار سهام از یک سو و توانایی الگوریتم ژنتیک در پدید آوردن ساختارهای بهینه از سوی دیگر، باعث شده است تلاش هایی در جهت مدل سازی این الگوریتم در بازار های سهام و تشکیل سبد های سهام بهینه صورت گیرد. الگوریتم ژنتیک در حل هر مدلی با نگاه به گذشته و با استفاده از قیاس، به پیش بینی اطلاعات آینده می پردازد و بدین ترتیب اطلاعات تاریخی را در کنار عدم اطمینان موجود در خصوص وقایع آینده، جهت تخمین بازده دارایی مورد استفاده قرار می دهد. این قابلیت به میزان قابل توجه و معناداری توان تخمین بازده مورد انتظار را بالا می برد و منجر به برتری و کارایی قابل توجه مدل در مقایسه با روش های میانگین_واریانس کلاسیک می گردد.

ساده ترین حالت استفاده از الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی سبد سهام شامل فرایندی ۵ مرحله ای است:

۱:در مرحله اول فرد سر مایه گذار به‌صورت تصادفی اقدام به انتخاب تعدادی سبد سهام از بین سهام موجود در بازار می نماید، که هر یک از سبد ها معرف یک کرو موزوم و هر یک از سهام موجود در سبد معرف یکی از ژن های کروموزوم می باشند.

۲:در مر حله دوم با در نظر گرفتن دوره زمانی مشخص هر پرتفوی بر اساس یک یا چند معیار مثل سود سرمایه ای[36]، ریسک، بازده و... در مقایسه با شاخص های بازار مورد ارزیابی قرار گرفته وبه هر سبد امتیازی داده می‌شود. معیارهایی که در این مرحله مورد استفاده قرار می گیرند، به صورت تابع ریاضی که تابع هدف یا بهینه نامیده می شود، مشخص می شود و بر هر یک ازسبد ها (کرو موزوم ها) اعمال می گردد.

۳:در مر حله سوم، کروموزوم هایی(سبد هایی)که امتیاز بالاتری دارند اجازه ساخت و تولید بیشتر یافته و کروموزوم هایی با سطح امتیاز پایین حذف می شوند. در این مرحله برای تولید جمعیت جدید از عملگرهای انتخاب، تقاطع، جهش استفاده می شود و در نهایت جمعیت جدید ایجاد می شود.

۴:در این مرحله از میان جمعیت جدید مجدداً ضعیف ترها حذف شده و قوی تر ها جای آنها را می گیرند، برنامه مجدداً تکرار می شود. اجرای این مراحل به دفعات صورت می پذیرد تا نهایتاً سبد بهینه سهام ایجاد شود.

۵:در مرحله ۵ چنانچه شرط توقف مسأله محقق شده باشد برنامه متوقف شده و سبد انتخاب شده به عنوان پاسخ مسأله و سبد بهینه سهام معرفی می شود، در غیر این صورت از مرحله ۲ مجدداً تکرار می شود(لین و لیو[37]، ۲۰۰۸).

۵- چارچوب مفهومی تحقیق:

یکی از پر کاربرد ترین مدل ها برای انتخاب سبد سهام، مدل مارکویتز می باشد. در این تحقیق با هدف نزدیک

---

[30] -blind watch makers
[31] -Koza
[32] -Goldberg
[33] -Bauer
[34] -Streichert
[35] -baris & yalcin
[36] -capital gain
[37] -Lin & Liu

کردن این مدل به بازار واقعی و کاربردی تر کردن این مدل ، و در نهایت هدایت سرمایه گذاران بازار سهام به سمت انتخابی مطمئن تر به توسعه و حل این مدل پرداخته شد.

با وارد کردن ضریب λ در تابع هدف تلاش شدتا هر دو معیار ریسک و بازده در تابع هدف گنجانده شود و ضمن کمینه نمودن ریسک به بیشینه نمودن بازده پرداخته شود. در حقیقت λ تنهایک پارامتر وزن‌دهی است که مقدار آن در بازه [0,1] تغییر می کندو توسط آن میزان ارزش دهی سرمایه گذار به ریسک یا بازده اعمال می گردد. یعنی با افزایشλ، هدف افزایش بازده اهمیت می یابد و به طور هم زمان چون مقدار(λ-۱) کاهش می یابد، وزن هدف کمینه نمودن ریسک کمترمی شود. لذا مدل ارائه شده به صورت زیر باز نویسی می شود:

$$\text{Max} \quad \lambda\sum_{i=1}^{n}\omega_i\mu_i - (1-\lambda)\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{n}\omega_i\omega_j\delta_{ij}$$

Subject to:

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

$$\omega_i \geq 0 \quad \text{i=1,2,3,….,N}$$

اما محدودیت اصلی و نقطه ضعف این روش، ناتوانی در بهینه سازی مسأله انتخاب سبد سهام مقید، تحت محدودیت های عدد صحیح می باشد.

از آن جایی که در دنیای واقعی و در تصمیم گیری های واقعی مالی، اغلب سرمایه گذاران نیازمند تعیین دقیق تعداد دارایی های موجود در سبد سرمایه گذاری خود هستند، لذا وارد نمودن محدودیت عدد صحیح مدل را به دنیای واقعی نزدیک تر می نماید و در نتیجه حل آن نیز تصمیماتی کاربردی و سودمند در اختیار سرمایه گذاران قرار می دهد.

محدودیت عدد صحیح به صورت فرمول زیز به مدل اضافه می شود:

$$\sum_{i=1}^{n} z_i = k$$

بر اساس این محدودیت اگر در سهم i سرمایه گذاری شود، مقدار z_i برابر یک و چنان چه در این سهم سرمایه گذاری نشود، مقدار z_i برابر صفر می باشد. در این فرمول k تعداد سهامی است که سرمایه گذار مایل است در سبد خود داشته باشد و در آن ها سرمایه گذاری نماید.

چنان چه مشاهده می شود، ورود این محدودیت، فضای پیوسته جست و جو را به یک فضای گسسته و غیر خطی تبدیل می نماید، که این امر موجب پدید آمدن ترکیبی پیچیده از برنامه ریزی کوادراتیک و عدد صحیح غیر خطی شده است که یک مسأله سخت برای حل است.

در نهایت مدل۱ پیشنهادی در تحقیق حاضر برای انتخاب و بهینه سازی سبد سهام مقید به صورت زیر ارائه می گردد:

$$\text{Max} \quad \lambda\sum_{i=1}^{n}\omega_i\mu_i - (1-\lambda)\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\omega_i\omega_j\delta_{ij}$$

Subject to:

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

$$\sum_{i=1}^{n} z_i = k$$

$$\text{i=1,2,3,….,n} \quad \omega_i \geq 0$$

$$z_i \in \{0,1\}$$

در این تحقیق با به کار بردن نیمه واریانس به جای واریانس در مدل۱ به مدلی جدید دست می یابیم که مدل۲ تحقیق حاضر یا همان توسعه یافته مدل میانگین_نیمه واریانس می باشد و به صورت زیر ارائه می گردد:

$$\text{Max} \quad \lambda\sum_{i=1}^{n}\omega_i\mu_i - (1-\lambda)\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\omega_i\omega_j\, semi\ \ \text{cov}\, i,j$$

Subject to:

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

$$semicov_{i,j} = \frac{1}{T}\left[\sum_{t=1}^{T}\min\{(r_{i,t}-\overline{r_i}),0\} * \sum_{t=1}^{T}\min\{(r_{j,t}-\overline{r_j}),0\}\right]$$

$$\sum_{i=1}^{n} z_i = k$$

$$\omega_i \geq 0 \qquad \text{i=1,2,3,….,n}$$

$$z_i \in \{0,1\}$$

$$\text{t =1,2,3,...,T}$$

۵- ۱- الگوریتم ژنتیک مورد استفاده:

در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از الگوریتم ژنتیک مناسب تا جای ممکن به بهینه سازی سبد انتخابی کمک شود. به طور کلی این الگوریتم مراحل زیر را دنبال می کند:

۱. تعیین پارامترهای الگوریتم هم چون، نوع عملگر انتخاب، نوع عملگر جهش و تقاطع و نرخ آن ها، تعداد

تکرار نسل ها که به عنوان شرط توقف الگوریتم اعمال شده است؛

۲. تعیین محدودیت ها، هم چون محدودیت تعداد سهم‌های موجود در سبد، محدودیت های کاردینالیتی؛

۳. تولید جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک؛

۴. محاسبه برازندگی هر یک از اعضای جمعیت اولیه بر طبق تابع برازشی که در دو مدل میانگین- واریانس و میانگین- نیمه واریانس ذکر گردید؛

۵. انتخاب برازنده ترین اعضا و تخصیص آن ها به مجموعه بهینه؛

۶. اعمال عملگر های تقاطع و جهش؛

۷. بررسی برقرار بودن محدودیت های تعریف شده؛

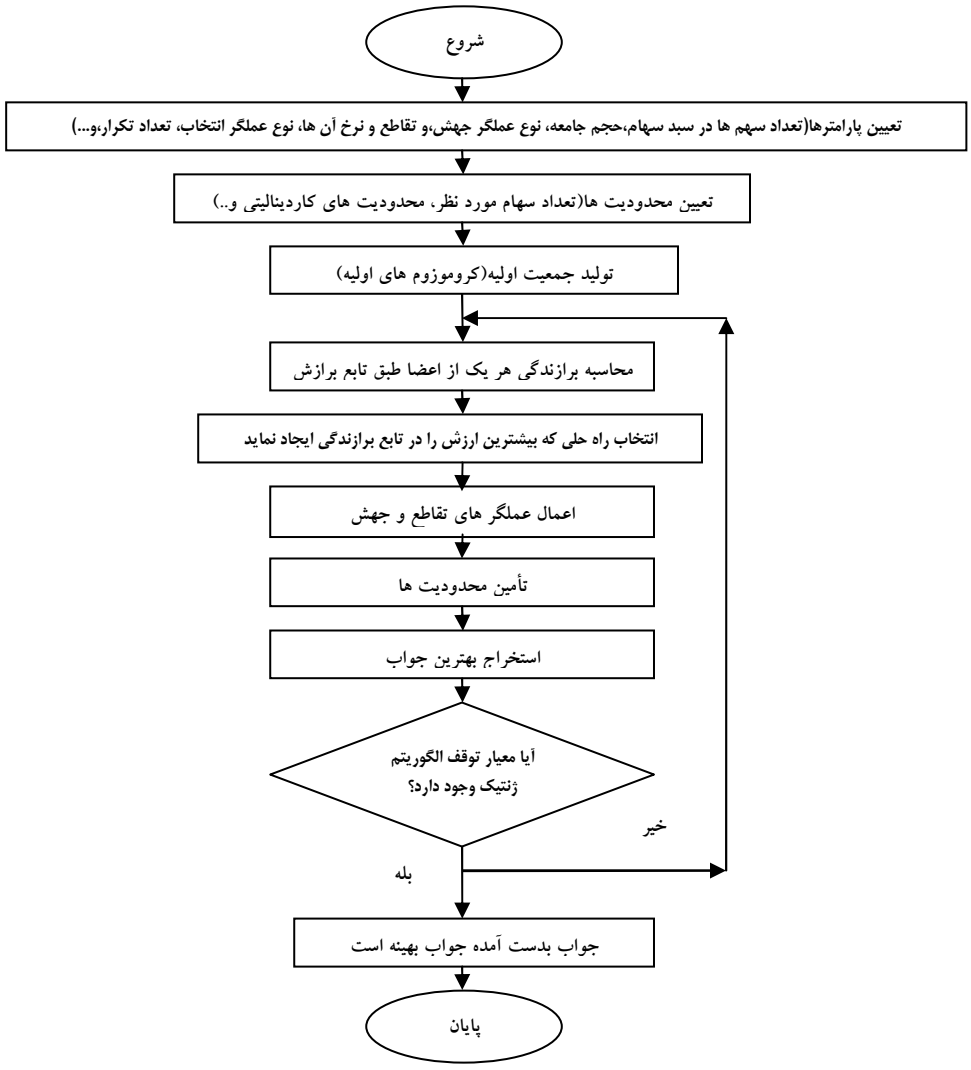
۸. استخراج بهترین جواب؛

۹. بررسی برقرار بودن یا نبودن معیار توقف الگوریتم؛

۱۰. در صورت برقراری معیار توقف، الگوریتم پایان یافته و جواب به‌دست آمده، جواب بهینه می باشد. در غیر این صورت از مرحله ۴ مجدداً تکرار می گردد؛

این مراحل را می توان به صورت روند نمایی[38] ترسیم نمود که در نگاره(۱) قابل مشاهده می باشد.

الگوریتم ژنتیک مورد استفاده در این تحقیق، الگوریتم ژنتیک تک مرحله ای می باشد. تکنیک انتخاب مورد استفاده در این الگوریتم، تکنیک انتخاب چرخ رولت



نگاره۱.مراحل الگوریتم ژنتیک به کار رفته برای انتخاب وبهینه سازی سبد سهام

[38] -Flow chart

می‌باشد. در این الگوریتم از عملگر جهش یکنواخت با نرخ ۰.۵ استفاده شده است. عملگر تقاطع مورد استفاده در این الگوریتم، عملگر تقاطع میانی با نرخ تقاطع ۱ می باشد. تعداد نسل ها ۲۰۰۰ نسل و جمعیت هر نسل ۲۰ می باشد. این الگوریتم توسط نرم افزار MATLAB7.1 نوشته شده است.

٦- پرسش های تحقیق(سؤال های تحقیق):

در پژوهش های علمی اعم از کمّی و کیفی، بیان سؤال تحقیق به علت سادگی و مستقیم بودن آن خیلی زیاد مورد استفاده قرار می گیرد. پرسش های تحقیق حاضر به صورت زیر بیان می گردد:

پرسش اول: آیا بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد؟

پرسش دوم: آیا بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبد های سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد؟

۷- روش تحقیق:

تحقیق حاضر از بعد هدف از نوع تحقیقات کاربردی می‌باشد، از بعد روش، این تحقیق در زمره تحقیقات توصیفی و یا توصیفی از نوع زمینه یابی به شمار می آید.

۷-۱- نمونه وجامعه آماری تحقیق:

جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه شرکت های پذیرفته شده در سازمان بورس اوراق بهادار تهران می باشد ونمونه آماری با توجه به اعمال محدودیت های زیر از بین جامعه آماری انتخاب گردید:

۱.کلیه شرکت هایی که تا پایان سال ۱۳۷۹ در بورس اوراق بهادار تهران پذیرفته شده باشند و تا پایان سال ۱۳۸۷ نیز هم چنان در فهرست بورس قرار داشته باشند.

۲.سال مالی آن ها منتهی به پایان اسفند هر سال باشد.

۳.شرکت هایی که ماهیت آن ها شرکت سرمایه گذاری نباشد، زیرا که ما قصد نداریم از سبد سهام، سبد سهام جدیدی تشکیل دهیم.

۴.اطلاعات مالی آن ها طی این دوره زمانی هشت ساله موجود باشد ودسترسی لازم به اطلاعات آن ها وجود داشته باشد.

بر این اساس و با توجه به محدودیت های ذکر شده، از میان کلیه شرکت هایی که درابتدای سال ۱۳۸۸ در فهرست بورس اوراق بهادار قرار داشتند، تعداد ۱۴۶ شرکت به عنوان نمونه آماری تحقیق انتخاب شدند.

۷-۲- روش گرد آوری اطلاعات:

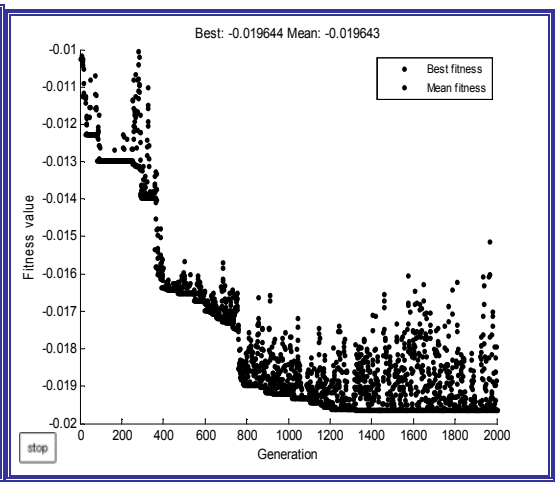
برای گردآوری آن بخش از داده های تحقیق که مربوط به مبانی نظری تحقیق می باشد از مقالات و مجلات تخصصی فارسی و لاتین استفاده شده است، و سعی بر آن بوده تا اطلاعات جدیدتری در این بخش مورد استفاده قرار گیرد تا پاسخ گوی نیاز امروز جامعه ما باشد. برای بخش دیگر تحقیق یعنی داده ها و اطلاعات مورد نیاز برای طراحی و آزمون مدل مورد نظر نیز به آرشیو معاملات موجود در سایت بورس اوراق بهادار و نرم افزار های شرکت‌های بورسی هم چون نرم افزار ره آورد نوین مراجعه شده است و اطلاعاتی هم چون قیمت های ماهانه سهام کلیه شرکت های بورسی، اطلاعات مربوط به توقف نمادهای معاملاتی، اطلاعات مربوط به دسته بندی شرکت ها بر اساس صنعت و ... استخراج گردیده است.

۷-۳- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات:

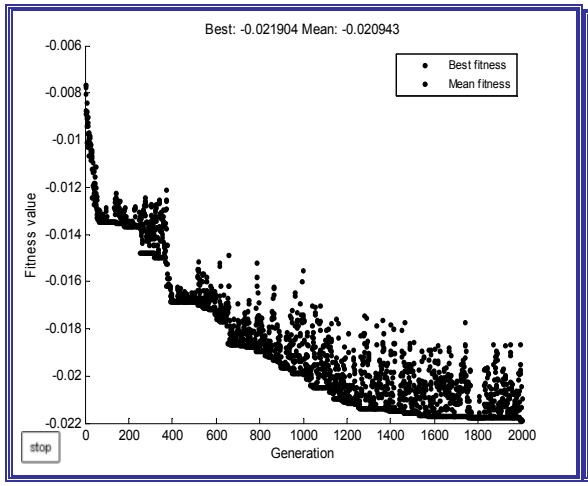
برای آزمون فرضیات تحقیق از آزمون فرض آماری برای میانگین دو جامعه،آزمون t مستقل بهره گرفته شده است.

۸- روند همگرایی الگوریتم ژنتیک:

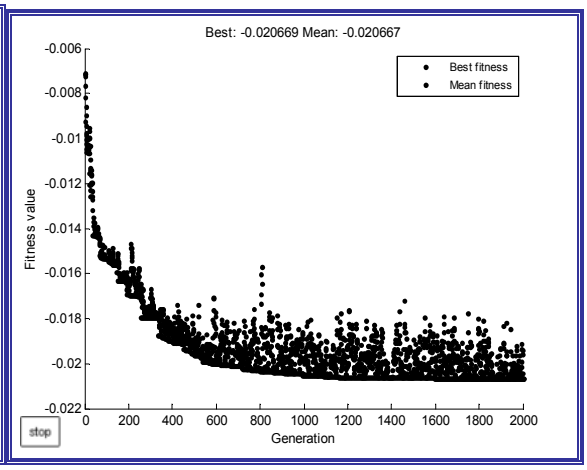
در طراحی الگوریتم ژنتیک، انتخاب صحیح برخی از پارامترها تأثیر به سزایی در روند همگرایی الگوریتم خواهند داشت. یکی از این پارامتر ها، تعداد تکرار نسل ها می باشد. در این تحقیق و برای طراحی الگوریتم مورد نظر، تعداد تکرار ۲۰۰۰ نسل در نظر گرفته شده است، هر چند هم چنان که در نتایج حاصل از اجرای الگوریتم نیز مشهود می باشد، تعداد ۱۰۰۰ تکرار نیز کافی می باشد، ولی در جهت همگرایی بیشتر و اطمینان خاطر، تعداد ۲۰۰۰ نسل در نظر گرفته شده است. این نتایج طی نگاره های ۲ تا ۷ به نمایش درآمده است.



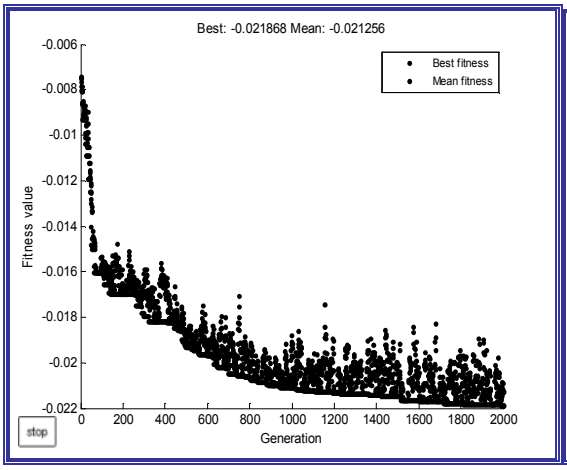
نگاره۲.روند همگرایی درسبد سهام ۱۰تایی با معیار ریسک واریانس



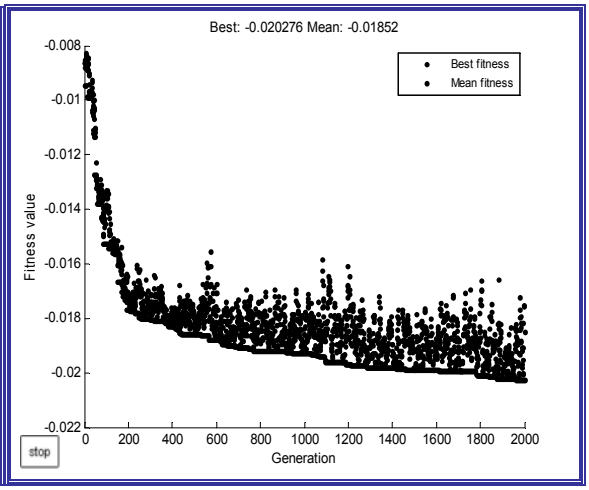
نگاره۳. روند همگرایی درسبد سهام ۱۰تایی با معیار ریسک نیمه واریانس



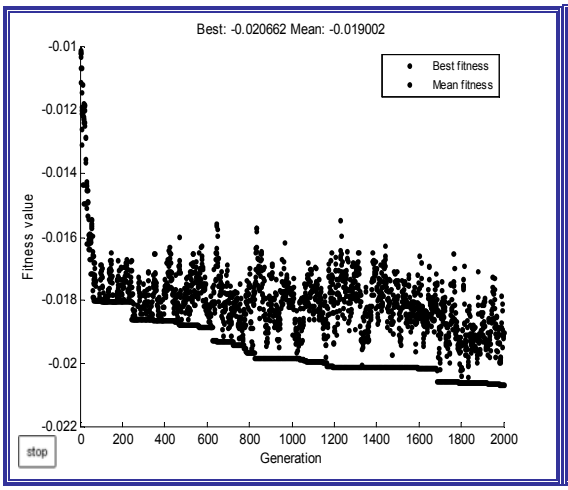
نگاره۴.روند همگرایی درسبد سهام ۲۰تایی با معیار ریسک واریانس



نگاره۵.روند همگرایی درسبد سهام ۲۰تایی با معیار ریسک نیمه واریانس



نگاره۶.روند همگرایی درسبد سهام ۳۰تایی با معیار ریسک واریانس



نگاره۷.روند همگرایی درسبد سهام ۳۰تایی با معیار ریسک نیمه واریانس

۹- بررسی میزان ثبات الگوریتم:

یکی از مهم ترین آزمون هایی که باید صورت پذیرد، بررسی میزان ثبات الگوریتم می باشد. این که آیا هر بار اجرای الگوریتم جواب تقریباً یکسانی را به دست می دهد و منحصر به فرد بودن این جواب بهینه، نکته مهمی است که باید مورد آزمون قرار گیرد. به این منظور یکی از الگوریتم‌ها به عنوان نمونه در نظر گرفته شد و چندین بار اجرا گردید. سپس جواب های حاصل از این تکرار ها با یکدیگر مقایسه شدند. سبد سهام انتخاب شده برای آزمایش سبد سهام ۱۰ سهمی با معیار ریسک نیمه واریانس در نظرگرفته شد. نتایج تکرار الگوریتم درجدول۱ و نگاره۸ قابل مشاهده می باشد.

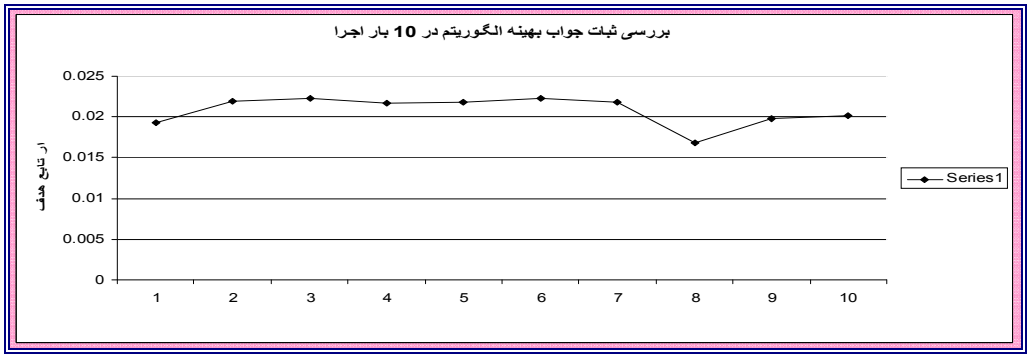
نتایج، گویای تفاوت نا چیزی میان جواب های حاصل از تکرار های مختلف می باشد. واریانس ۰.۰۰۰۰۰۳ مقدار بسیار ناچیزی می باشد که نشان دهنده ثبات بالای الگوریتم در اجراهای مختلف و برای تعداد ۲۰۰۰ تکرار می‌باشد.

۱۰- جواب های الگوریتم ژنتیک:

پس از اجرای الگوریتم ژنتیک و اطمینان از همگرایی و ثبات الگوریتم، الگوریتم مربوط به هر یک از سبدها اجرا گردید. از آن جایی که الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم کور می باشد شرکت های مختلف را بدون توجه به ماهیت آن ها انتخاب می نماید و نوع فعالیت شرکت ها تأثیری در نتایج الگوریتم ژنتیک نخواهد داشت و الگوریتم ژنتیک سبد سهام بهینه را تنها بر اساس ریسک و بازده سهم های مختلف و تأثیر آن ها در تابع هدف انتخاب می نماید که نتایج آن به صورت زیر می باشد.

جدول۱.بررسی ثبات جواب بهینه الگوریتم ژنتیک در ۱۰ بار اجرای الگوریتم

تابع هدف اجرای۱	تابع هدف اجرای۲	تابع هدف اجرای۳	تابع هدف اجرای۴	تابع هدف اجرای۵	میانگین کل
۰.۰۱۹۳	۰.۰۲۱۹	۰.۰۲۲۳	۰.۰۲۱۷	۰.۰۲۱۸	۰.۰۲۰۷۸
تابع هدف اجرای۶	تابع هدف اجرای۷	تابع هدف اجرای۸	تابع هدف اجرای۹	تابع هدف اجرای۱۰	واریانس
۰.۰۲۲۳	۰.۰۲۱۸	۰.۰۱۶۸	۰.۰۱۹۸	۰.۰۲۰۱	۰.۰۰۰۰۰۳



نگاره۸.بررسی ثبات جواب بهینه الگوریتم در ۱۰ بار اجرا

برای انتخاب سبد های سهام ۱۰تایی دو الگوریتم که یکی مربوط به سبد سهام با معیار ریسک واریانس و دیگری سبد سهام با معیار ریسک نیمه واریانس بودند، اجرا گردیدو نتایج مربوطه، به صورت شماره سهام، وزن مربوط به هر سهم در سبد، مقدار بهینه تابع هدف، بازده و واریانس سبد سهام در جداول شماره ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول۲. سبد سهام ۱۰تایی با معیار ریسک واریانس

مقدار تابع هدف	واریانس سبد	بازده سبد	۱۰	۹	۸	۷	٦	٥	٤	۳	۲	۱	شماره سهم
۰.۰۲۱۹	۰.۰۱۱۹۳۸	۰.۰۰۵٤۲	۰.۱۱۰٦	۰.۱۳۰۲	۰.۰۳۵۹	۰.۲۱۲۳	۰.۲۰۸٦	۰.۰۸٦۹	۰.۱۳٥٦	۰.۰۷۹۳	۰	۰.۰۰۰٥	وزن سهم در سبد

جدول۳. سبد سهام ۱۰تایی با معیار ریسک نیمه واریانس

مقدار تابع هدف	واریانس سبد	بازده سبد	۱۰	۹	۸	۷	٦	٥	٤	۳	۲	۱	شماره سهم
۰.۰۱۹٦	۰.۰۰۸۰۰٦	۰.۰٤۷٤۹۲	۰.۱۱٥	۰.۰٤٦۹	۰.۰٤۸۱	۰.۰٥۸۲	۰.۱۱٥۹	۰.۲۱٦۳	۰.۲۷۰٥	۰	۰.۱۲۹۷	۰	وزن سهم در سبد

برای انتخاب سبد های سهام ۲۰تایی دو الگوریتم که یکی مربوط به سبد سهام با معیار ریسک واریانس و دیگری سبد سهام با معیار ریسک نیمه واریانس بودند، اجرا گردید و نتایج مربوطه به صورت شماره سهام، وزن مربوط به هر سهم در سبد، مقدار بهینه تابع هدف، بازده و واریانس سبد سهام در جداول شماره ۴ و ۵ آورده شده است.

جدول۴. سبد سهام ۲۰تایی با معیارریسک واریانس

واریانس سبد	بازده سبد	۱۰	۹	۸	۷	٦	٥	٤	۳	۲	۱	شماره سهم
۰.۰۰۸	۰.۰۰۲٥	۰.۰۰۳۱	۰.۰۱۸٤	۰.۱۲۹۸	۰.۰۸٤۲	۰.۱۱٥۱	۰.۰۷٦۱	۰.۰۰٤۲	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۰۳	وزن سهم در سبد
مقدار تابع هدف		۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱٦	۱٥	۱٤	۱۳	۱۲	۱۱	شماره سهم
۰.۰۲۱۷		۰.۰۰٦٥	۰.۱۰٤	۰.۰٦٦۹	۰.۰۱٤۸	۰.۰۱۷	۰.۱۰۸۲	۰.۰۱۸۳	۰.۱۳۰۳	۰.۰۱۲	۰.۰۹۰۳	وزن سهم در سبد

جدول۵. سهام ۲۰ تایی با معیار ریسک نیمه واریانس

واریانس سبد	بازده سبد	۱۰	۹	۸	۷	٦	٥	٤	۳	۲	۱	شماره سهم
۰.۰۰۸۹	۰.۰۰۲٥	۰.۱٥۲	۰.۰۰۳۹	۰	۰.۰۰۱٤	۰.۰۷۷۸	۰.۱۱٦۲	۰.۰۹٦۹	۰.۰۰۰٤	۰.۰۰۰٤	۰.۰۰۰۱	وزن سهم در سبد
مقدار تابع هدف		۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱٦	۱٥	۱٤	۱۳	۱۲	۱۱	شماره سهم
۰.۰۲۰۷		۰.۰۱۳٥	۰.۰۱۲۲	۰.۰۷۹۷	۰.۰٥۲۷	۰.۰۰۰۱	۰.۰۸۸۳	۰.۱٥۲٤	۰.۱٤۷٤	۰.۰۰٤۷	۰.۰۰۰۱	وزن سهم در سبد

برای انتخاب سبد های سهام ۳۰تایی دو الگوریتم که یکی مربوط به سبد سهام با معیار ریسک واریانس و دیگری سبد سهام با معیار ریسک نیم واریانس بودند، اجرا گردید و نتایج مربوطه به صورت شماره سهام، وزن مربوط به هر سهم در سبد، مقدار بهینه تابع هدف، بازده و واریانس سبد سهام در جداول شماره۶و۷ آورده شده است.

جدول۶. سبد سهام ۳۰تایی با معیارریسک واریانس

شماره سهم	وزن سهم در سبد	شماره سهم	وزن سهم در سبد	شماره سهم	وزن سهم در سبد
۱	۰.۰۰۱	۱۱	۰.۰۷۴۹	۲۱	۰.۰۴۶۳
۲	۰	۱۲	۰.۰۷۱۱	۲۲	۰.۰۰۰۳
۳	۰.۰۳۰۷	۱۳	۰.۰۹۶۶	۲۳	۰.۰۵۷
۴	۰.۰۹۵۴	۱۴	۰.۰۰۵۸	۲۴	۰.۰۰۰۵
۵	۰.۰۹۹۱	۱۵	۰.۰۱۴۳	۲۵	۰.۰۰۲۳
۶	۰.۰۸۶۹	۱۶	۰	۲۶	۰.۰۰۰۲
۷	۰.۰۰۴۸	۱۷	۰.۰۰۰۳	۲۷	۰
۸	۰.۱۰۰۵	۱۸	۰.۰۰۱۲	۲۸	۰.۰۳
۹	۰.۰۰۰۱	۱۹	۰.۰۹۴	۲۹	۰.۰۰۳۵
۱۰	۰.۰۱۷۱	۲۰	۰.۰۱۶۲	۳۰	۰.۰۴۹۶
مقدار تابع هدف	۰.۰۲۰۷	بازده سبد	۰.۰۰۱۵	واریانس سبد	۰.۰۰۸۵

جدول۷. سبد سهام ۳۰ تایی با معیار ریسک نیمه واریانس

شماره سهم	وزن سهم در سبد	شماره سهم	وزن سهم در سبد	شماره سهم	وزن سهم در سبد
۱	۰.۰۰۰۲	۱۱	۰.۰۰۹۷	۲۱	۰.۰۱۰۷
۲	۰.۰۰۲۵	۱۲	۰.۰۰۱۸	۲۲	۰.۰۵۲۹
۳	۰.۰۸۶	۱۳	۰	۲۳	۰.۰۵۸۳
۴	۰.۱۰۱۳	۱۴	۰.۰۹۱۶	۲۴	۰.۰۱۴۶
۵	۰.۰۷۸۷	۱۵	۰.۰۰۱۲	۲۵	۰.۰۴۶۱
۶	۰.۰۷۹۳	۱۶	۰.۰۴۶۲	۲۶	۰.۰۰۱۲
۷	۰.۰۴۰۸	۱۷	۰.۰۹۸۱	۲۷	۰.۰۴۳۱
۸	۰.۰۰۰۱	۱۸	۰.۰۰۱۵	۲۸	۰.۰۰۱۹
۹	۰.۰۰۴۶	۱۹	۰.۰۲۳۹	۲۹	۰.۰۰۰۱
۱۰	۰.۰۹۸۶	۲۰	۰.۰۰۰۳	۳۰	۰.۰۰۴۹
مقدار تابع هدف	۰.۰۲۰۳	بازده سبد	۰.۰۰۱۶	واریانس سبد	۰.۰۰۶۵

۱۱- تأثیر اندازه سبد روی مقادیر تابع هدف، میانگین بازده سبد و واریانس سبد:

هم چنان که در جدول شماره ۸ نیز قابل مشاهده می باشد، الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قابلیت بهینه سازی سبد های سهام در اندازه های مختلف را دارا می باشد و با تغییر در اندازه سبد، مقدار تابع هدف تغییر چندانی نمی یابد ولی با افزایش اندازه سبد ها مقادیر ریسک و بازده به همان نسبت کاهش می یابند و با کاهش اندازه سبد ها نیز این مقادیر افزایش می یابند.

جدول۸.تأثیر اندازه سبد روی بازده، واریانس ومقدار تابع هدف

سبدهای سهام با معیار ریسک واریانس				سبدهای سهام با معیار ریسک نیمه واریانس			
اندازه سبد	۱۰تایی	۲۰تایی	۳۰تایی	اندازه سبد	۱۰تایی	۲۰تایی	۳۰تایی
مقدار تابع هدف	۰.۰۲۱۹	۰.۰۲۱۷	۰.۰۲۰۷	مقدار تابع هدف	۰.۰۱۹۶	۰.۰۲۰۷	۰.۰۲۰۳
واریانس سبد	۰.۰۱۱۹۳۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸۵	واریانس سبد	۰.۰۰۸۰۰۶	۰.۰۰۸۹	۰.۰۰۶۵
بازده سبد	۰.۰۰۵۴۲	۰.۰۰۲۵	۰.۰۰۱۵	بازده سبد	۰.۰۴۷۴۹۲	۰.۰۰۲۵	۰.۰۰۱۶

۱۲.آزمون فرضیات تحقیق:

فرضیه اول: بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد.

حال باید این آزمون در سه سطح مختلف اندازه سبد انجام شود.

ابتدا سبد های سهام ده سهمی را در نظر می گیریم.برای بررسی این فرض آزمون زیر را داریم:

$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{cases}$$

فرض صفر: بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام ده سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام ده سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرض مقابل: بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام ده سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام ده سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد.

با توجه به جدول شماره ۹ که بر اساس مقایسه میانگین بازدهی دو گروه ارائه شده است، ابتدا آزمون هم واریانسی بین دو گروه بررسی شده که آماره F و سطح معنی داری آن به ترتیب۰.۰۲۱ و۰.۸۸۶ شده است. چون سطح معنی داری از α=۰.۰۵ بزرگ تر می باشد، پس واریانس دو گروه برابر است.

حال برای آزمون مقایسه میانگین بازده دو گروه، مقدار سطح معنی داری به دست آمده sig=۰.۷۲۸ شده است که بیان گر عدم تفاوت معنی دار بین دو گروه به لحاظ میانگین بازدهی می باشد، هم چنین دو سر فاصله اطمینان ارائه شده نیز شامل صفر است که این عدم تفاوت را تأیید می نماید.

جدول۹.مقایسه میانگین بازدهی سبدهای سهام ده سهمی

آزمون مقایسه میانگین های بازده دو سبد				آزمون هم واریانسی			میانگین	تعداد	منابع	متغیر
فاصله اطمینان۹۵٪		سطح معنی داری	آماره آزمونT	سطح معنی داری	F				سبدها	
حد بالا	حد پایین									
۰.۰۰۴۶۶۰ ۱۷	۰.۰۰۳۳۱۹ -۰۳	۰.۷۲۸	۰.۳۵۳	۰.۸۸۶	۰.۰۲ ۱	تساوی واریانس	۰.۰۰۵۴ ۱۹۸	۱۰	سبد با معیارواریانس	میانگین بازدهی
						عدم تساوی واریانس	۰.۰۰۴۷ ۴۹۲	۱۰	سبد با معیار نیمه واریانس	

حال سبد های سهام بیست سهمی در نظرگرفته می شود. برای بررسی این فرض آزمون زیر را داریم:

$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{cases}$$

فرض صفر: بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام بیست سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام بیست سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرض مقابل: بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام بیست سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام بیست سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد.

با توجه به جدول شماره ۱۰ که بر اساس مقایسه میانگین بازدهی دو گروه ارائه شده است، ابتدا آزمون هم واریانسی بین دو گروه بررسی شده که آماره F و سطح معنی داری آن به ترتیب۰.۳۴۵ و۰.۵۶۱ شده است. چون سطح معنی داری از ۰.۰۵=α بزرگ تر می باشد، پس واریانس دو گروه برابر است.

حال برای آزمون مقایسه میانگین بازده دو گروه، مقدار سطح معنی داری به دست آمده ۰.۷۷۰=sig شده است که بیان گر عدم تفاوت معنی دار بین دو گروه به لحاظ میانگین بازدهی می باشد، هم چنین دو سر فاصله اطمینان ارائه شده نیز شامل صفر است که این عدم تفاوت را تأیید می نماید.

جدول۱۰. مقایسه میانگین بازدهی سبدهای سهام بیست سهمی

متغیر	منابع سبد ها	تعداد	میانگین	آزمون هم واریانسی			آزمون مقایسه میانگین های بازده دو سبد			
					F	سطح معنی داری	آماره آزمون T	سطح معنی داری	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد پایین	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا
میانگین بازدهی	سبد با معیارواریانس	۲۰	۰.۰۰۲۸۱۰۶	تساوی واریانس	۰۰.۳۴۵	۰.۵۶۱	۰.۲۹۴	۰.۷۷۰	۰.۰۰۱۳۹۴-۳۸	۰.۰۰۱۹۸۰۷۶
	سبد با معیارنیمه واریانس	۲۰	۰.۰۰۲۵۱۷۴	عدم تساوی واریانس						

در نهایت سبد های سهام سی سهمی در نظر گرفته می‌شود. برای بررسی این فرض آزمون زیر را داریم:

$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{cases}$$

فرض صفر: بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام سی سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام سی سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرض مقابل: بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام سی سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام سی سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد. با توجه به جدول شماره ۱۱ که بر اساس مقایسه میانگین بازدهی دو گروه ارائه شده است، ابتدا آزمون هم واریانسی بین دو گروه بررسی شده که آماره F و سطح معنی داری آن به ترتیب۰.۰۰۵ و۰.۹۴۲ شده است. چون سطح معنی داری از ۰.۰۵=α بزرگ تر می باشد پس واریانس دو گروه برابر است.

حال برای آزمون مقایسه میانگین بازده دو گروه، مقدار سطح معنی داری به دست آمده ۰.۸۸۱=sig شده است که بیان گر عدم تفاوت معنی دار بین دو گروه به لحاظ میانگین بازدهی می باشد، هم چنین دو سر فاصله اطمینان ارائه شده نیز شامل صفر است که این عدم تفاوت را تأیید می نماید.

جدول۱۱.مقایسه میانگین بازدهی سبدهای سهام سی سهمی

متغیر	منابع سبدها	تعداد	میانگین	آزمون هم واریانسی			آزمون مقایسه میانگین های بازده دو سبد			
					F	سطح معنی داری	آماره آزمون T	سطح معنی داری	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد پایین	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا
میانگین بازدهی	سبد با معیارواریانس	۳۰	۰.۰۰۱۵۴۳۴	تساوی واریانس	۰۰۰.۰۰۵	۰.۹۴۲	-۰.۱۵	۰.۸۸۱	۰.۰۰۱۰۲۳۰۶	۰.۰۰۰۸۵۴۵۴
	سبد با معیار نیمه واریانس	۳۰	۰.۰۰۱۶۲۷۶	عدم تساوی واریانس						

فرضیه دوم:بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبد های سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد.

حال باید این آزمون در سه سطح مختلف اندازه سبد انجام گیرد.

ابتدا سبد های سهام ده سهمی در نظر گرفته می شود.برای بررسی این فرض آزمون زیر را داریم:

$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{cases}$$

فرض صفر: بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام ده سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبد های سهام ده سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرض مقابل: بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام ده سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبد های سهام ده سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد.

با توجه به جدول شماره۱۲ که بر اساس مقایسه میانگین بازدهی دو گروه ارائه شده است، ابتدا آزمون هم واریانسی بین دو گروه بررسی شده که آماره F و سطح معنی داری آن به ترتیب۱.۲۸۴ و۰.۲۷۲ شده است. چون سطح معنی داری از α=۰.۰۵ بزرگ تر می باشد پس واریانس دو گروه برابر است.

حال برای آزمون مقایسه واریانس دو گروه، مقدار سطح معنی داری به دست آمده sig=۰.۵۰۵ شده است که بیانگر عدم تفاوت معنی دار بین دو گروه به لحاظ واریانس می‌باشد، هم چنین دو سر فاصله اطمینان ارائه شده نیز شامل صفر است که این عدم تفاوت را تأیید می نماید.

جدول۱۲.مقایسه واریانس سبدهای سهام ده سهمی

متغیر	منابع سبد ها	تعداد	میانگین	آزمون هم واریانسی			آزمون مقایسه واریانس دو سبد			
					F	سطح معنی‌داری	آماره آزمون T	سطح معنی‌داری	فاصله اطمینان ۹۵٪	
									حد پایین	حد بالا
واریانس	سبد با معیارواریانس	۱۰	۰.۰۹۸۹	تساوی واریانس	۱.۲۸٤	۰.۲۷۲	۰.٦۸۰	۰.۵۰۵	۰.٦٤٦۲ -	۰.۱۲٦۵۰
	سبد با معیارنیمه اریانس	۱۰	۰.۰٦۷۹	عدم تساوی واریانس						

حال سبد های سهام بیست سهمی در نظر گرفته می شود.برای بررسی این فرض آزمون زیر را داریم:

$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{cases}$$

فرض صفر: بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام بیست سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبد های سهام بیست سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرض مقابل: بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام بیست سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبد های سهام بیست سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد.

با توجه به جدول شماره۱۳ که بر اساس مقایسه میانگین بازدهی دو گروه ارائه شده است، ابتدا آزمون هم واریانسی بین دو گروه بررسی شده که آماره F و سطح معنی داری آن به ترتیب۰.۰۴۳ و۰.۸۳۸ شده است. چون سطح معنی داری از α=۰.۰۵ بزرگ‌تر می باشد پس واریانس دو گروه برابر است.

حال برای آزمون مقایسه واریانس دو گروه، مقدار سطح معنی داری به دست آمده sig=۰.۸۵۷ شده است که بیانگر عدم تفاوت معنی دار بین دو گروه به لحاظ واریانس می باشد، هم چنین دو سر فاصله اطمینان ارائه شده نیز شامل صفر است که این عدم تفاوت را تأیید می نماید.

جدول۱۳. مقایسه واریانس سبدهای سهام بیست سهمی

متغیر	منابع / سبدها	تعداد	میانگین	آزمون هم واریانسی			آزمون مقایسه واریانس دو سبد			
					F	سطح معنی داری	آماره آزمون T	سطح معنی داری	فاصله اطمینان۹۵٪	
									حد پایین	حد بالا
واریانس	سبد با معیارواریانس	۲۰	۰.۰۶۹۵۱۹۴	تساوی واریانس	۰۰۰.۰۴۳	۰.۸۳۸	۰.۱۸۱	۰.۸۵۷	۰.۰۴۹۸۹۸۸-۷	۰.۰۶۱۸۶۱۹۳
	سبد با معیار نیمه واریانس	۲۰	۰.۰۶۳۵۳۷۹	عدم تساوی واریانس						

در نهایت سبد های سهام سی سهمی در نظر گرفته می شود.برای بررسی این فرض آزمون زیر را داریم:

$$\begin{cases} H_0 : \mu = \mu_0 \\ H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{cases}$$

فرض صفر: بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام سی سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام سی سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرض مقابل: بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام سی سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبد های سهام سی سهمی انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس وتوسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود دارد.

با توجه به جدول شماره۱۴ که بر اساس مقایسه واریانس دو گروه ارائه شده است، ابتدا آزمون هم واریانسی بین دو گروه بررسی شده که آماره F و سطح معنی داری آن به ترتیب۰.۹۷۶ و۰.۳۲۷ شده است. چون سطح معنی داری از α=۰.۰۵ بزرگ تر می باشد پس واریانس دو گروه برابر است.

حال برای آزمون مقایسه واریانس دو گروه، مقدار سطح معنی داری به دست آمده sig=۰.۵۷۳ شده است که بیانگر عدم تفاوت معنی دار بین دو گروه به لحاظ واریانس می باشد، هم چنین دو سر فاصله اطمینان ارائه شده نیز شامل صفر است که این عدم تفاوت را تأیید می نماید.

جدول۱۴.مقایسه واریانس سبدهای سهام سی سهمی

متغیر	منابع / سبد ها	تعداد	میانگین	آزمون هم واریانسی			آزمون مقایسه واریانس دو سبد			
					F	سطح معنی داری	آماره آزمون T	سطح معنی داری	فاصله اطمینان۹۵٪	
									حد پایین	حد بالا
واریانس	سبد با معیارواریانس	۳۰	۰.۰۶۰۲۳۰۷	تساوی واریانس	۰.۹۷۶	۰.۳۲۷	۰.۵۶۷	۰.۵۷۳	-۰.۰۲۴۷۶۰۸۴	۰.۰۵۰۲۰۸۲۴
	سبد با معیار نیمه واریانس	۳۰	۰.۰۴۷۵۰۷۰	عدم تساوی واریانس						

۱۳- نتایج تحقیق:

این تحقیق در پی این بود که با استفاده از اطلاعات قیمت ماهانه شرکت های بورسی، سبد های سهام بهینه را انتخاب نماید. در این راستا ابتدا ازبین جامعه آماری که شامل کلیه شرکت های بورسی بود و با اعمال یک سری از محدودیت ها، نمونه آماری تحقیق شامل ۱۴۶ شرکت انتخاب گردید. سپس با در دست داشتن قیمت ماهانه سهام این شرکت ها، ریسک و بازده ماهانه آن ها که به عنوان ورودی های الگوریتم بودند، محاسبه شد. در این مرحله اقدام به طراحی دو مدل گردید. ابتدا با وارد کردن محدودیت های بازار واقعی و اعمال نمودن ترجیحات متفاوت سرمایه گذاران بر مدل میانگین_واریانس مارکویتز، مدل توسعه یافته میانگین_واریانس مارکویتز به عنوان مدل ۱ تحقیق حاضر ارائه شد. سپس با در نظر گرفتن نیمه واریانس به عنوان معیار ریسک، مدل میانگین_نیمه واریانس توسعه یافته به عنوان مدل ۲ تحقیق ارائه گشت. پس از طراحی مدل ها، الگوریتم های ژنتیک مربوط به هر یک از مدل ها طراحی شد و پس از چندین بار اجرای آزمایشی و تعیین پارامتر هایی از جمله عملگر انتخاب چرخ رولت، عملگر تقاطع با نرخ ۱ و عملگر جهش با نرخ۰.۵ وغیره، الگوریتم ها برای هر یک از مدل ها اجرا گردید.

الگوریتم ها برای اندازه های مختلف سبد سهام ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سهمی اجرا شد. به طور کلی شش سبد سهام حاصل گردید. سه سبد از انتخاب و بهینه سازی مدل توسعه یافته میانگین_واریانس مارکویتز با استفاده از الگوریتم ژنتیک و سه سبد ازانتخاب و بهینه سازی مدل توسعه یافته میانگین_نیمه واریانس مارکویتز با استفاده از الگوریتم ژنتیک به دست آمدند.

در راستای بررسی میزان ثبات الگوریتم و منحصر به فرد بودن جواب بهینه، یکی ازالگوریتم ها به عنوان نمونه در نظر گرفته شد و چندین بار اجراگردید. سپس جواب های حاصل از این تکرار ها با یکدیگر مقایسه شد. نتایج، گویای تفاوت ناچیزی میان جواب های حاصل از تکرار های مختلف بودکه نشان دهنده ثبات بالای الگوریتم در اجراهای مختلف و برای تعداد ۲۰۰۰ تکرار بودند.

سپس تأثیر اندازه سبد روی مقادیر تابع هدف و ریسک و بازده سبد ها مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان دهنده کارایی بالای الگوریتم در اندازه های مختلف سبد ها بودند.افزایش یا کاهش اندازه سبد ها تأثیر چندانی در مقادیر تابع هدف نداشتند ولی با افزایش اندازه سبد ها مقادیر ریسک و بازده کاهش می یافتند و با کاهش اندازه سبد، این مقادیر افزایش می یافتند.

در جهت آزمون فرضیه های تحقیق، در سطوح مختلف اندازه سبد، از آزمون t مستقل استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون فرضیه های اول و دوم، فرضیات تحقیق را تأیید ننمود، بدین معنی که بنابر فرضیه اول بین میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک و میانگین بازدهی سرمایه گذاری در سبد های سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود ندارد و بنابر فرضیه دوم، بین واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ نیمه واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک و واریانس سرمایه گذاری در سبد های سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین_ واریانس و توسط الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری وجود ندارد.

۱٤- بحث در یافته های پژوهش:

در کل، نتایج حاکی از کارایی بالای الگوریتم ژنتیک در حل مسأله بهینه سازی سبد سهام می باشد. این الگوریتم توانست در سطوح مختلفی از تعداد سهام در سبد و تعاریف متفاوتی از ریسک به طور کارایی به حل مسأله اقدام نماید. هدف این تحقیق، ارائه مدل هایی برای بهینه سازی سبد سهام و حل آن ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک به نحوی بود که گویای تغییرات بازار و ترجیحات سرمایه گذاران باشد، که تا حد مطلوبی به آن دست یافت.

از طرفی در نظر گرفتن محدودیت عدد صحیح به عنوان یکی از محدودیت های اضافه شده به مدل سنتی، کمک شایانی به سرمایه گذاران نموده و حل مدل را به تصمیمات واقعی نزدیک تر کرد. سرمایه گذاران می توانند با توجه به کارایی مدل، با مشخص نمودن تعداد سهام مورد نظر خود ،

اقدام به تشکیل سبد های سهام متعدد نمایند. وجـود لانـدا در تابع هدف، سرمایه گذاررا قـادر سـاخت تـا بـا تغییـر در ضریب لاندا، تمایلات و ترجیحات خود را نسبت به ریسک و بازده در مدل اعمال نماید. توانایی فـوق العـاده الگـوریتم ژنتیک در به دست آوردن نقاط بهینه، این اطمینان خاطر را برای سرمایه گذار ایجاد نمود که نقطه بهینه به دست آمده، نقطه بهینه اصلی مـی باشـد و مسـأله در دام نقـاط بهینـه محلی گرفتار نشده است. از سوی دیگر این تحقیـق نشـان داد که مسائل بهینه سازی سبد سهام می توانند به راحتی و در زمانی نسبتاً کوتـاه(کمتـر از چنـد دقیقـه) بـا اسـتفاده از الگوریتم ژنتیک حل شوند.

منابع:

۱- اسلامی بیدگلی، غلامرضا و فرشاد هیبتی، **"مدیریت پرتفوی با استفاده از مدل شاخصی"**، فصلنامه تحقیقات مالی، زمستان۱۳۷۴ وبهار ۱۳۷۵، شماره های ۹ و۱۰: صفحات ۲۵-۶

۲- باوی، امید و دکتر منوچهر صالحی، (۱۳۸۷)، **"الگوریتم های ژنتیک و بهینه سازی سازه های مرکب"**، تهران، انتشارات عابد

۳- تقوی فرد، محمد تقی، طاها منصوری، محسن خوش طینت، **"ارائه یک الگوریتم فرا ابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت های عدد صحیح"**، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، زمستان۱۳۸۶، شماره ۴، صفحات۶۹-۴۹

۴- خالوزاده، حمید، نسیبه امیری، **"تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس ایران بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک"**، مجله تحقیقات اقتصادی، خرداد و تیر ۱۳۸۵، شماره۷۳، صفحات ۲۳۱-۲۱۱

۵- راموز، نجمه، **"انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از مدل برنامه ریزی توافقی"**، پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه الزهرا، سال۱۳۸۴

۶- عبدالعلی زاده شهیر، سیمین، کوروش عشقی، **" کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار"**، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، زمستان ۱۳۸۲، شماره ۱۷، صفحات ۱۹۲-۱۷۵

7- Aranha, C.,& H. Iba,(2009), "The Memetic Tree-based Genetic Algorithm and its application to Portfolio Optimization", springer: Memetic Comp.(2009) 1:139–151

8- Chang, T.J., Yang, S.C., Chang, K.J. ,(2009), "Portfolio optimization problems in different risk measures using genetic algorithm", Expert Systems with Applications 36: 10529–10537

9- De Jong, K. A.,(1975), "An Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive Systems", Ph.d. Thesis, University of Michigan, USA.

10- Estrada, Javier,(2007), "Mean-Semivariance Optimization:A Heuristic Approach", Electronic copy available at: http://ssrn.com

11- Etemedi, H., A.A. Anvary Rostamy, H. Farajzadeh dehkordi, (2009), " A genetic programming model for bankruptcy prediction: Empirical evidence from iran", Journal of Expert system with Application:3199-3207

12- Fabozzi, Frank J., Petter N. Kolm, Dessislava A. Pachamanova, Sergio M. Focardi, (2007), " Robust Portfolio Optimization and Management", John Wiley & Sons, Inc

13- Goldberg, D. E., (1989), "Genetic Algorithms in search, Optimization and Machine learning", New York:Addison-Wesley

14- Hao, F.F., Liu, Y.K.,(2009), "Mean-variance models for portfolio selection with fuzzy random returns", springer: J Appl Math Comput (2009) 30: 9–38

15- Jin, H., Markowitz, H., Zhou, X. Y., (2006), "A note on semivariance", Mathematical Finance, An international journal of mathematics, statistics & financial Economics, published online:4 Jan 2006©2009New York:Wiley periodical Inc.

16- Lai, king keung, leanYu, Shouyang Wang, & Chengxiong Zhou, (2006), "A Double-Stage Genetic Optimization

Algorithm for Portfolio Selection", ICONIP 2006, part ш, LNCS 4234, pp. 928-937

17- Lin, Chang-Chun, Liu, Yi-Ting, (February 2008), "Genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lots", European Journal of Operational Research, Volume 185, Issue 1, 16, PP 393-404, available at www.elsevier.com

18- Lin, Chi-Ming, Mitsuo Gen, (2007)," An Effective Decision-Based Genetic Algorithm Approach to Multiobjective Portfolio Optimization Problem",Applied Mathematical Sciences, Vol.1, no.5, 201 – 210

19- Lohre, Harald, T. Neumann, T.Winterfeldt, (2009),"portfolio Construction with Downside Risk", Electronic copy available at: http://ssrn.com

20- Markowitz, Harry M.(1952),” portfolio selection”, Journal of finance , 7, 77-91

21- Taze,baris,yalcin karatepe,(2005),"an adaptive approach to stock portfolio optimizations with genetic algorithms"

22- yang, X., (august 2006), "Improving portfolio efficiency: a Genetic Algorithm Approach", Computational Economics. 28, 1, 1-14.