Archive of SID

چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۲۵ ـ بهار ۱۳۹۶
ص‌ص ۱۹۶ – ۱۷۳

طراحی مدل ریاضی متنوع‌سازی سبد سهام و حل آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک

مسلم خاک بیز[*]، عباس رضائی پندری[**]، محمود دهقان نیری[***]

چکیده

میزان مطلوبیت سرمایه‌گذار از انتخاب مجموعه دارایی‌های سرمایه‌گذاری به‌وسیله معیارهای ریسک و بازده مشخص می‌شود. با توجه به عدم‌اطمینان سرمایه‌گذار نسبت به آینده، یکی از روش‌های مطرح در مباحث سرمایه‌گذاری برای کاهش ریسک، متنوع‌سازی سبد سرمایه‌گذاری است. در این پژوهش علاوه بر معرفی معیار فاصله اقلیدسی به‌عنوان یک معیار اندازه‌گیری تنوع سبد سهام، مدلی چندهدفه برای انتخاب سبد سهام طراحی شده است. مدل ارائه‌شده در این پژوهش درصدد حداکثرسازی بازدهی و تنوع و حداقل‌کردن ریسک غیرسیستماتیک سبد سهام است. با توجه به اینکه مدل ارائه‌شده غیرخطی است و از نظر پیچیدگی محاسباتی جزو مسائل «حل‌نشدنی چندجمله‌ای سخت» قرار می‌گیرد؛ بنابراین پژوهش با توجه به کارایی محاسباتی الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی، برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. نتایج اجرای مدل دوهدفه (بازدهی و تنوع) و سه‌هدفه (بازدهی، تنوع و ریسک غیر-سیستماتیک) در تکرارهای متعدد نشان داد که متوسط بازدهی سبدهای سهام انتخاب شده با مدل این پژوهش بالاتر از حد مطلوب است. بررسی شاخص‌های عملکرد سبد سهام نیز نمایانگر کارایی مدل دوهدفه (بازدهی و تنوع) است.

کلیدواژه‌ها: انتخاب سبد سهام؛ شاخص تنوع؛ الگوریتم ژنتیک؛ بازدهی موردانتظار؛ ریسک غیرسیستماتیک.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۱۷، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۴.

* کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد
** دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول).
E-mail:a.rezaei.p@modares.ac.ir
*** استادیار، دانشگاه تربیت مدرس.

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

مسئله انتخاب مجموعه بهینه‌ای از دارایی‌ها، یکی از نظریه‌های بازار سرمایه است که اهمیت خاصی نیز در مباحث اقتصاد خرد و کلان دارد. تصمیم بهینه سرمایه‌گذاری میزان مطلوبیت موردانتظار سرمایه‌گذار را از مصرف آتی بیشینه می‌کند؛ بنابراین سرمایه‌گذار برای نیل به این هدف نیازمند روش‌ها، ابزارها و معیارهایی برای شناسایی و اندازه‌گیری ارزش بالقوه موجود در هر یک از فرصت‌های سرمایه‌گذاری است [۹]. این معیارها باید به‌اندازه کافی قابل‌اتکا باشند تا سرمایه‌گذاران بتوانند بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری‌های خود را اجرا کنند و سرمایه خود را در فعالیت‌های تجاری صرف کنند. ریسک و بازده معیارهایی هستند که میزان مطلوبیت سرمایه‌گذار از انتخاب مجموعه دارایی‌های سرمایه‌گذاری را مشخص می‌کنند. انتخاب یک مجموعه از سهام معمولاً با تعامل بین ریسک و بازده مطرح می‌شود. هرچه ریسک سبد سهام بیشتر باشد، احتمال دریافت بازده بالاتر بیشتر خواهد بود [۱۳]. در دنیای واقعی درجه ریسک‌پذیری افراد با یکدیگر متفاوت است و بازده دارایی‌ها نیز به‌دلیل وجود عوامل متعدد مؤثر بر آن غیرقابل‌پیش‌بینی و همراه با ریسک است. به‌دلیل اینکه سرمایه‌گذاران نمی‌توانند در مورد آینده مطمئن باشند، یکی از روش‌های مطرح در مباحث سرمایه‌گذاری برای کاهش ریسک، متنوع سازی[1] یا پر گونه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری است. تنوع، پایه و اساس انتخاب سبد سهام است؛ همچنین پیش‌نیازی برای رقابت محسوب می‌شود. تنوع یا گوناگونی باعث انتخاب گزینه‌های مطلوب می‌شود؛ بنابراین بخشی از فایده تصمیم‌گیری محسوب می‌شود [۲۶].

فلسفه متنوع‌سازی این است که سرمایه‌گذاری در مجموعه‌ای از چند دارایی باعث می‌شود که زیان‌های ناشی از سرمایه‌گذاری در یک دارایی با سودهای حاصل از سرمایه‌گذاری در سایر دارایی‌ها حداقل شود؛ به‌عبارت‌دیگر هر چه تنوع سبد سرمایه‌گذاری بیشتر باشد قدرت ایجاد زیان هر یک از دارایی‌ها برای سرمایه‌گذار کمتر می‌شود. در مدیریت سبد سهام متنوع‌سازی تا آن اندازه اهمیت دارد که می‌توان گفت نخستین قاعده مدیریت سبد سهام متنوع‌سازی است [۱۸]. متنوع‌سازی در سرمایه‌گذاری عبارت است از: فرآیند ساختن سبدی از دارایی‌ها که هدف آن کاهش ریسک مرتبط با هریک از دارایی‌ها به‌صورت مجزا. این هدف نیازمند آن است که تغییرپذیری بازده یک دارایی خاص با تغییرپذیری بازده دارایی‌های دیگر در سبد تعدیل شود که درنتیجه آن ریسک غیرسیستماتیک سبد با ایجاد تنوع مناسب به میزان مؤثری کاهش خواهد یافت [۱۲].

در نظریه نوین سرمایه‌گذاری، تنوع، هسته اصلی انتخاب سبد سهام است؛ اما تاکنون تعریفی رسمی برای این مفهوم ارائه نشده است و درنتیجه ابزار واحد و منحصربه‌فرد کمّی برای

1. Diversification

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری و تعیین درجه متنوع‌بودن یک سبد سهام وجود ندارد [۴]. سؤال قابل‌طرح این است که چگونه می‌توان میزان تنوع را با استفاده از اطلاعات پایه‌ای مطرح در سبد سهام ازجمله بازدهی، ریسک، ضریب β، نسبت شارپ و ریسک نقدشوندگی اندازه‌گیری کرد تا درجه پرگونه-بودن سبد سهام قابل‌بیان باشد؟ همچنین سرمایه‌گذاران برای انتخاب سبد سهامی متنوع، سرمایه خود را چگونه به گزینه‌های موجود سرمایه‌گذاری تخصیص بدهند؟ بنابراین این پژوهش می-کوشد تا مدلی مناسب به‌منظور انتخاب سبد سهام بهینه و ابزاری کارآمد برای تخمین درجه تنوع این انتخاب با اهداف بهینه‌سازی بازدهی، ریسک غیرسیستماتیک و تنوع سبد سهام پیشنهاد کند؛ بنابراین با توجه به ساختار مسئله در عملیات بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌کردن مدل چندهدفه غیرخطی به‌کار می‌رود و برای اعتباریابی مدل پژوهش، نتایج مدل‌های مختلف با هم مقایسه می‌شود. در بخش دوم، ضمن مروری بر مبانی نظری انتخاب و متنوع‌سازی سبد سهام پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه بیان می‌شود. در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش و مدل‌سازی مسئله ارائه می‌شود. در بخش چهارم نتایج اجرا و حل مدل درخصوص موردمطالعه پژوهش ارائه و در بخش پایانی به ارائه نتایج و پیشنهادهای پژوهش پرداخته می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

نظریه سبد سهام. سرمایه‌گذاری عبارت است از: تبدیل وجوه مالی به یک یا چند نوع دارایی که باهدف به‌دست‌آوردن سود برای مدتی در زمان آینده نگهداری خواهد شد. صرف‌نظر از هزینه‌کردن پول یا دیگر منابع مالی در زمان حاضر، منظور از سرمایه‌گذاری پذیرش ریسکی مشخص یا نامشخص برای کسب سود در آینده است [۱۳].یکی از اصول اساسی سرمایه‌گذاری در سهام شرکت ها مرور صورت های مالی برای تشخیص بازدهی آن ها است.تهیه صورت های مالی یکی از متداول ترین روش های تجزیه و تحلیل اطلاعات مالی است که به بررسی موفقیت یک کسب و کار در بورس پرداخته و شاخص های خوبی برای سنجش عملکرد و موقعیت مالی و بازدهی شرکت ها می باشد [۲۸]. از طرف دیگر مطالعه دو عامل ریسک و بازده نیز در هر تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری، اهمیت بسزایی داشته که مبنای امر سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود. از نظر مارکویتز (۱۹۵۲)، منظور از ریسک، انحراف معیار چند دوره یک متغیر است که در طول یک دوره مشخص و در یک موقعیت معین رخ دهد و به منفعت و سودی که از یک سرمایه‌گذاری حاصل می‌شود، بازده گفته می‌شود. نرخ بازده موردانتظار، سرمایه‌گذار را از متوسط پاداشی که پیش‌بینی می‌شود طی یک دوره خاص به‌دست آورد، مطلع می‌کند. این پیش‌بینی ممکن است مطابق با واقعیت نباشد و اختلاف بین پیش‌بینی و واقعیت، عدم‌اطمینان در بازده

www.SID.ir

Archive of SID

سبد سهام را می‌رساند [۱۸]. طبق تعریف فرانسیس (۲۰۱۳)، یک سرمایه‌گذاری اگر نسبت به سایر سرمایه‌گذاری‌ها، بازدهی بیشتری در سطح معینی از ریسک داشته باشد یا نسبت به سایر سرمایه‌گذاری‌ها دارای ریسک کمتری در سطح معینی از بازدهی باشد، کارآمد است [۱۰].

طبق نظریه نوین سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذار برای بهینه‌کردن هم‌زمان ریسک و بازده باید در سبدی از دارایی‌ها (سهام) سرمایه‌گذاری کند. سبد دارایی‌ها (سهام) در لغت به ترکیبی از دارایی‌ها گفته می‌شود که توسط یک سرمایه‌گذار برای سرمایه‌گذاری انتخاب شود که به آن «سبد سرمایه‌گذاری» نیز گفته می‌شود [۱۳]. فرآیند مدیریت سبد سرمایه‌گذاری، اقدامی سه‌مرحله‌ای به شرح زیر است:

ـ تجزیه‌وتحلیل اوراق بهادار که بر توزیع احتمالی بازده سرمایه‌گذاری‌های مختلف تمرکز دارد؛

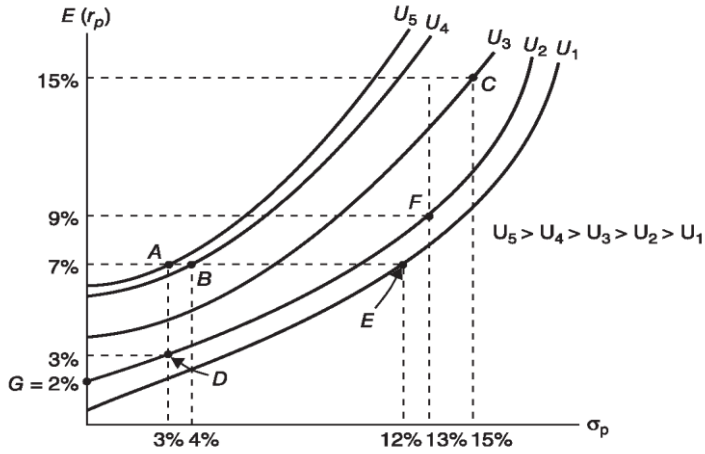
ـ تجزیه‌وتحلیل سبد سرمایه‌گذاری: مرحله‌ای از مدیریت سبد سرمایه‌گذاری است که در آن همه امکان‌های بهینه سبد سرمایه‌گذاری از فرصت‌های دردسترس سرمایه‌گذاری، شکل داده می‌شود؛

ـ انتخاب سبد سرمایه‌گذاری: در این مرحله بهترین سبد سرمایه‌گذاری از میان فهرست سرمایه‌گذاری‌های بهینه موجود برگزیده می‌شود.

سرمایه‌گذاری کارآمد بر مدل مارکویتز (۱۹۵۲)، استوار است که در آن مرز کارایی عبارت است از: مکان هندسی کلیه سبدهای سهامی که نسبت به سایر سبدهای سهام که ریسک مشابه دارند بازده بیشتری دارند و یا در مقایسه با سبدهای سهامی که بازده مشابه دارند، ریسک کمتری دارند [۱۰]. در فضای بازدهی- ریسک با فرض اینکه تابع مطلوبیت به فرم درجه دوم باشد، منحنی‌های بی‌تفاوتی (شکل ۱)، ترجیحات یک سرمایه‌گذار ریسک گریز را نمایش می‌دهد. این منحنی‌ها ترکیب‌های متفاوت یک مجموعه از ریسک و بازده موردانتظار را که سرمایه‌گذار با میزان یکسانی از درجه مطلوبیت به‌دست می‌آورد، نشان می‌دهد. منحنی بی‌تفاوتی بالاتر نشان‌دهنده سطوح بالاتری از مطلوبیت موردانتظار و درنتیجه نمایانگر رضایت بیشتر سرمایه‌گذار است؛ به‌عبارت‌دیگر سرمایه‌گذاران به بازده موردانتظار بالاتر علاقه‌مند و از ریسک گریزان هستند. شیب همه منحنی‌های بی‌تفاوتی مثبت است؛ زیرا سرمایه‌گذار به فرض ریسک بالاتر، بازده موردانتظار بالاتری را متصور است. منحنی‌های بی‌تفاوتی در سطوح ریسک بالاتر، رشد (شیب) تندتری دارند که این موضوع نشان می‌دهد تمایل سرمایه‌گذار به تقبل ریسک‌های بیشتر کاهش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. منحنی‌های بی‌تفاوتی و ترجیحات سرمایه‌گذار در فضای بازدهی- ریسک [۱۰]

سرمایه‌گذاران همواره به دنبال اندازه‌گیری ریسک برای گرفتن تصمیمات سرمایه‌گذاری بهینه هستند. آنان همواره تلاش می‌کنند بازدهی بیشتری را به ازای ریسک‌هایی که متقبل شده‌اند به‌دست آورند؛ به بیانی دیگر سرمایه‌گذاران تلاش می‌کنند بازده سرمایه‌گذاری‌ها را به ازای ریسک معین بیشینه کرده و یا ریسک آن‌ها را به ازای بازدهی مشخص کمینه کنند.

تنوع و متنوع‌سازی. تنوع مفهومی است که در رشته‌های مختلف ازجمله فیزیک، زیست، علوم اطلاعاتی، علوم اجتماعی، اقتصاد و به‌خصوص در علم و سیاست فناوری موضوعی مهم و پرکاربرد است. نکته جالب در مورد مفهوم تنوع این است که در زمینه و بسترهای کاملاً متفاوت، تنوع به مجموعه‌ای از خواص متعدد مشابه و خاص اشاره دارد. با وجود کارهای گوناگون صورت‌گرفته در این حوزه، پژوهش‌هایی که بر ویژگی‌های میان‌رشته‌ای تنوع متمرکز باشد، اندک است [۲۷]. چهار منطق قوی برای توجه و علاقه به اهمیت بالقوه تنوع در اقتصاد، به‌خصوص در حوزه فناوری، وجود دارد که عبارت‌اند از: ۱. تنوع، عامل کلیدی برای پیشبرد نوآوری و رشد است؛ ۲. ابزاری برای کاهش عدم‌قطعیت‌ها و ناآگاهی در تصمیم‌گیری برای فناوری‌های بدیل است؛ ۳. ابزاری برای کاهش عوارض جانبی شتاب و سکون و قفل‌شدگی (حرکت سازمانی) در رسیدن به اهداف درازمدت سازمانی بر مدار فناوری است و ۴. راهی برای تطبیق‌دادن منافع و ارزش‌های به‌ظاهر غیرمتجانس در جوامع جدید صنعتی است که عموماً همراه با تکثرگرایی و پیچیدگی‌های خاص خود هستند.

استرلینگ (۲۰۰۷)، به شناسایی خصوصیات عمومی مشترک تنوع در بسیاری از حوزه‌ها، حتی گاهی متضاد، پرداخته است؛ سپس یک مدل ابتکاری بدیع ارائه کرده است که تنوع را به‌صورت

www.SID.ir

Archive of SID

سیستماتیک در زمینه‌ها و علوم مختلف توصیف می‌کند. وی سه صفت تعداد اقلام، توازن میان اقلام و اختلاف مابین اقلام را در مورد شاخص تنوع معرفی می‌کند [۲۷]:

ـ تعداد اقلام در ارتباط با مقدار کل مواد یا موجوداتی است که باید به تعداد قلم‌های مختلفی تقسیم شوند. این عدد، مثبت و صحیح است. با فرض تساوی دیگر موارد، هرچقدر این عدد بزرگ‌تر باشد، تنوع بیشتر است؛

ـ توازن به الگوی تقسیم مقدار کل به قلم‌های مختلف عطف می‌شود؛ مانند سهم بازار در یک صنعت خاص و در میان چند بنگاه که جمع آن یک است. هرچه مقدار کسرها به هم نزدیک‌تر باشد، آن‌ها با هم برابرتر و درنتیجه تنوع‌سازی بزرگ‌تر است؛

ـ اختلاف میان ارقام به طبیعت و درجه تفاوت مابین اقلام داخل سیستم ارجاع داده می‌شود که به نحوه تعریف قلم‌ها ارتباط دارد. اختلاف ذاتاً یک پدیده کیفی، ذهنی و مفهومی است؛ به همین دلیل اندازه‌گیری آن سخت و گاهی ناممکن است؛ اما برای دو سیستم با تعداد اقلام برابر و اقلام متوازن، سیستمی که اختلاف بیشتری داشته باشد، تنوع بیشتری دارد [۲۶].

تنوع و متنوع‌سازی سبد سهام. در حوزه اقتصاد، نظریه‌های مالی و خِرد عمومی به ما می‌آموزد در جهانی که پر از عدم‌قطعیت است نباید همه تخم‌مرغ‌ها را در یک سبد قرار داد؛ یعنی اینکه ازلحاظ فنی، سرمایه‌گذاران برای حفظ سرمایه‌های خود باید در مجموعه متنوعی سرمایه‌گذاری کنند [۲۹]. بر اساس نظریه سبد سهام، ریسک سبد تنها متأثر از میانگین انحراف معیار اعضای مجموعه تشکیل‌دهنده آن نیست؛ بلکه تنوع در سرمایه‌گذاری و چگونگی ارتباط بازده اعضا بر یکدیگر نیز بر ریسک مجموعه تأثیر خواهد گذاشت؛ به‌بیان‌دیگر در یک مجموعه سرمایه‌گذاری هر چه تنوع بیشتر باشد، ریسک مجموعه کمتر خواهد شد [۲۲].

بر اساس نظریه نوین سرمایه‌گذاری در حالت کلی ریسک را می‌توان به دو بخش ریسک سیستماتیک[1] و ریسک غیرسیستماتیک[2] دسته‌بندی کرد. ریسک غیرسیستماتیک که به آن ریسک قابل‌کنترل و یا ریسک اجتناب‌پذیر نیز گفته می‌شود فقط منحصر به یک دارایی است؛ برای اینکه آن ریسک در ارتباط با بخشی از بازده یک دارایی مطرح است. این میزان از ریسک مختص یک شرکت یا یک صنعت و ناشی از عوامل و پدیده‌هایی مانند اعتصابات کارگری، عملکرد مدیریت، رقابت تبلیغاتی، تغییر در سلیقه مصرف‌کنندگان و غیره است. ریسک سیستماتیک که آن را ریسک غیرقابل‌کنترل و یا ریسک اجتناب‌ناپذیر نیز می‌خوانند، آن قسمت از ریسک است که به شرایط عمومی بازار مربوط است. تغییر نرخ بهره، نرخ برابری پول ملّی در

1. Systematic Risk
2. Unsystematic Risk

www.SID.ir

Archive of SID

مقابل ارزهای خارجی، نرخ تورم، سیاست‌های پولی و مالی، شرایط سیاسی و غیره از منابع ریسک سیستماتیک هستند [۲۴]. سرمایه‌گذاران برای کاهش ریسک غیرسیستماتیک اقدام به خرید سهام شرکت‌ها گوناگون (سبد سرمایه‌گذاری) با نسبت‌های مختلف می‌کنند. این تنوع‌بخشی قادر به کاهش ریسک غیرسیستماتیک سرمایه‌گذاری خواهد بود؛ ولی قادر به کاهش یا حذف ریسک سیستماتیک نیست. در دهه ۱۹۵۰ مارکوتیز اثبات کرد چگونه در شرایط عدم اطمینان بر مبنای میانگین بازدهی و ریسک می توان با سرمایه گذاری درمجموعه ای متنوع از سهام یا دارایی ها که به سبد سهام، پرتفویو یا بدره معروف است، ریسک را کاهش و بازدهی را به حداکثر رساند [۱۵]. او با این ایده که تصمیم‌گیری مالی از بده–بستان بین ریسک و بازدهی سبد سهام به‌وجود می‌آید، به دو دلیل در مدیریت سرمایه‌گذاری انقلاب ایجاد کرد: نخست اینکه فرض می‌کند، سرمایه‌گذار ارزیابی کمّی از ریسک و بازدهی سبد سهام با توجه هم‌زمان به بازدهی سبد سهام و حرکت هم‌زمان بازدهی سبدها نسبت به هم انجام می‌دهد که این ایده اصلی در تنوع‌بخشی است. دوم اینکه فرآیند تصمیم‌گیری مالی را یک مسئله بهینه‌سازی در نظر می‌گیرد؛ یعنی سرمایه‌گذار از میان انواع مختلف سبدهای دردسترس، سبدی را انتخاب می‌کند که کمترین واریانس را دارد [۲۰]. متنوع‌سازی مارکویتز (۱۹۵۲)، شیوه خاصی از متنوع‌سازی است که در تجزیه‌وتحلیل سبد سرمایه‌گذاری کاربرد دارد. این نوع از متنوع‌سازی با لحاظ‌کردن کوواریانس بین اوراق بهادار و ترکیب سرمایه‌هایی با همبستگی کمتر به‌منظور کاهش ریسک در سبد سهام بدون به‌خطرانداختن بازدهی را شامل می‌شو؛ به‌عبارت‌دیگر همبستگی کمتر سرمایه‌ها در یک سبد سرمایه‌گذاری، ریسک کمتری را متوجه آن سبد خواهد کرد [۱۰].

با مرور مبانی نظری بسیاری از مقاله‌ها، رایج‌ترین ابزارهای اندازه‌گیری تنوع، به‌طور ساده شمارش تعداد اوراق یا سهام در سبد سرمایه‌گذاری عنوان شده است. روش پیشنهادی دیگر در مقاله‌ها استفاده از ضریب همبستگی بین بازده بازار و بازده سبد سرمایه‌گذاری است. به‌طور واضح این ابزار اندازه‌گیری به داده‌های یک دوره یک یا چندساله نیاز دارد و زمانی که ترکیب سبد سرمایه‌گذاری تغییر کند، مشکلاتی را در محاسبه به همراه دارد [۲۵]. از دیگر روش‌های معرفی‌شده می‌توان به استفاده از شاخص (HHI)[1] و شاخص آنتروپی شانون اشاره کرد [۳۰]. بر اساس مطالعات قبلی، از دیدگاه عملی، درجه تنوع نقش عمده‌ای در کاربرد مدل میانگین–واریانس معرفی‌شده توسط مارکویتز دارد و ماتریس همبستگی سهام در یک سبد سرمایه‌گذاری به‌وضوح به درجه تنوع سبد سهام مرتبط است و عنصر کلیدی مدل میانگین– واریانس محسوب می‌شود [۸]. از دیدگاه تیرا (۲۰۱۵)، تنوع بهینه سبد سهام دقیقاً می‌تواند با توجه به برآورد بازده موردانتظار و ریسک مرتبط با هر یک از دارایی‌های موجود برای سرمایه‌گذاری، تعیین شود [۲۹].

1. Hirschman-Herfindhl Index

www.SID.ir

Archive of SID

قدمت نخستین فرمول ریاضی تنوع در تجزیه‌وتحلیل انتخاب سبد سهام به مدل میانگین-واریانس معرفی‌شده توسط مارکویتز (۱۹۵۲) برمی‌گردد. هرچند این مدل ایده متنوع‌سازی سبد سهام را تشریح می‌کند؛ اما ابزار خاصی را برای این منظور در اختیار قرار نمی‌دهد. از آن زمان تاکنون چندین ابزار اندازه‌گیری تنوع پیشنهاد شده که هر یک بر اساس معیارهای مختلفی بنا شده است. ازجمله می‌توان به مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای[1] (CAPM) که مبنای آن اندازه سبد سرمایه‌گذاری و یا مدل شارپ که مبنای آن ریسک ویژه سبد سرمایه‌گذاری است یا روش معرفی‌شده توسط فرنهولز و شای (۱۹۸۲) که بر اساس مازاد نرخ رشد است و به «مدل بازدهی تنوع» معروف است، اشاره داشت. از روش‌های جدید معرفی‌شده نیز می‌توان به روش بازدهی شکاف[2] (RG) استاتمن و شید (۲۰۰۵) یا شاخص متنوع‌سازی سبد سهام[3] (PDI) رودین و مورگان (۲۰۰۶) و همچنین شاخصی که توسط میوسی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی[4] (PCA) و آنتروپی شانون و تعداد سرمایه‌گذاری‌های مؤثر (ENB)[5] ارائه شده است، اشاره داشت [۴]. خلاصه‌ای از پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه بهینه‌سازی انتخاب و متنوع‌سازی سبد سهام به شرح زیر است:

اُه و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از الگوریتم ژنتیک اقدام به بهینه‌سازی سبد مبتنی بر شاخص کردند. در پژوهش آن‌ها هدف ساخت سبدی بود که عملکردی مشابه با شاخص سهام داشته باشد. الگوریتم پیشنهادی بر روی شاخص بورس کُره (KOPSI200) در بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ اعمال شد و با روش‌های سنتی ساخت سبد مبتنی بر شاخص مقایسه گردید. نتایج نشان داد که الگوریتم ژنتیک مزایای زیادی نسبت به روش‌های سنتی دارد و زمانی که نوسانات بازار در حال افزایش است کاملاً مؤثر عمل می‌کند و هنگامی که روند بازار ثابت باشد، عملکرد میانگین را نشان می‌دهد [۱۶].

اِوکوویچ و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای بازدهی مازاد سرمایه‌گذاری متمرکز را با سرمایه‌گذاری سبدی متنوع از سهام با استفاده از مـدل قیمت‌گذاری چهار عاملی (شامل صرف بازار، صرف اندازه، صرف ارزش و صـرف مومنتوم) معرفی‌شده توسط کرهارت (۱۹۹۷)، موردمقایسه قرار دادند و توانستند نتایجی بهتـر از مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای ارائه دهند [۱].

چانگ و همکاران (۲۰۰۹)، مسئله بهینه‌سازی سبد را با توجه به مقیاس‌های مختلف برای اندازه‌گیری ریسک سبد و با استفاده از الگوریتم ژنتیک بررسی کردند. در پژوهش آن‌ها الگوریتم

1. Capital Asset Pricing Model
2. Return Gaps
3. Portfolio Diversification Indices
4. Principal Component Analysis
5. Effective Number of Bets

www.SID.ir

Archive of SID

ژنتیک به‌دلیل قابلیت آن در حل مسائل پیچیده موجود در ارزیابی‌های مختلف از ریسک مورداستفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشتر مسائل بهینه‌سازی، شامل محدودیت کاردینالیتی، می‌تواند از طریق الگوریتم ژنتیک در مدت‌زمانی منطقی حل شود؛ درصورتی‌که از میانگین–واریانس، نیمه‌واریانس و واریانس همراه با چولگی به‌عنوان معیار اندازه‌گیری ریسک استفاده شود؛ همچنین مشخص شد که هر چه اندازه سبد کوچک‌تر باشد، عملکرد سبد بهتر از زمانی است که سبد بزرگ‌تری انتخاب شود [۵].

جایاچیترا و همکاران (۲۰۱۰)، کارایی سهام را با اندازه‌گیری تأثیر متنوع‌سازی در ریسک سهام در محیط دائماً متغیر تجزیه‌وتحلیل کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان‌دهنده همبستگی مثبت خطی و بالا بین بازدهی سبد سهام و ریسک و همچنین کاهش ریسک غیرسیستماتیک در اثر متنوع‌سازی بود [۱].

نتایج پژوهش گرکزو همکاران (۱۳۸۸) در مقاله‌ای باعنوان «انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر اساس تعاریف متفاوتی از ریسک» که نشان‌دهنده توانایی فوق‌العاده الگوریتم ژنتیک در به‌دست‌آوردن نقاط بهینه بود، این اطمینان خاطر را برای سرمایه‌گذار ایجاد کرد که نقطه بهینه به‌دست‌آمده، نقطه بهینه اصلی است و از سوی دیگر این پژوهش نشان داد که مسائل بهینه‌سازی سبد سهام می‌تواند به‌راحتی در زمانی نسبتاً کوتاه (کمتر از چند دقیقه) با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شود [۱۱].

رضائی پندری و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی باعنوان «به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک برای انتخاب سبد سهام بهینه‌ای با اهداف غیرخطی (بورس اوراق بهادار تهران)» نشان دادند که در مقایسه جواب حاصل از الگوریتم ژنتیک با مدل کلاسیک مارکویتز (۱۹۵۲) و مدل آرمانی با اهداف خطی و غیرخطی (درجه دوم)، اگرچه بازدهی سبد سهام حاصل از الگوریتم ژنتیک کمتر از مدل‌های دیگر است؛ اما کاهش بازدهی با کاهش ریسک جبران شده است و معیارهای تعدیل‌شده بر مبنای ریسک بر بهتربودن جواب حاصل از الگوریتم ژنتیک صحه می‌گذارد؛ همچنین سبد سهام حاصل، تنوع بیشتری نسبت به سبد سهام مدل‌های دیگر دارد [۱۸].

کارمایکل و همکاران (۲۰۱۵) به یکپارچه‌سازی شاخص‌های اندازه‌گیری تنوع سبد سهام با استفاده از آنتروپی درجه دوم رائو پرداختند؛ باوجوداین به نظر می‌رسد هیچ‌یک از اقدامات بالا کاملاً رضایت‌بخش نبوده‌اند. برای مثال، مدل ENB دارای دو نقص اصلی به شرح زیر است [۴]:

ـ بین همبستگی منفی و مثبت تمایز قائل نمی‌شود؛ بنابراین منافع حاصل از همبستگی منفی را لحاظ نمی‌کند؛

ـ زمانی می‌تواند محاسبه شود که ریسک سبد سهام توسط واریانس یا نوساناتش اندازه‌گیری شده باشد. به عبارتی زمانی که بازدهی سرمایه‌ها دارای توزیع نرمال باشند؛

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین توسعه یک ابزار ایده‌آل به‌منظور اندازه‌گیری تنوع سبد سهام، یک زمینه پژوهشی مناسب در مدیریت سرمایه‌گذاری است.

به‌طور خلاصه مهم‌ترین پژوهش‌هایی که در زمینه پرگونه‌سازی سبد سهام در سال‌های اخیر، به‌خصوص با استفاده از الگوریتم ژنتیک، صورت گرفته در جدول ۱، آورده شده است.

جدول ۱. مهم‌ترین پژوهش‌های صورت‌گرفته درخصوص پرگونه‌سازی سبد سهام

عنوان	ویژگی روش	منبع
شاخص پرگونه‌سازی سبد سهام و ریسک سیستماتیک سبک‌های صندوق سرمایه‌گذاری تأمینی	اعمال روش تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) به ماتریس همبستگی بازده دارایی‌ها به‌منظور محاسبه شاخص پرگونگی سبد سهام	[۲۳]
اندازه‌گیری تنوع و تعداد مطلوب سهام در یک سبد سرمایه‌گذاری	شناسایی ارتباط بین پرگونه‌سازی و متمرکز سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از شاخص‌های پرگونه‌سازی سهام (PDI) و پیچیدگی ماتریس همبستگی و الگوریتم ژنتیک	[۱۷]
استفاده از الگوریتم ژنتیک در حل مدل‌های تخصیص سبد سرمایه‌گذاری مبتنی بر آنتروپی نسبی و میانگین و واریانس	استفاده از شاخص واگرایی کولبک-لیبلر یا آنتروپی نسبی به‌عنوان معیار اندازه‌گیری دو توزیع و به‌کارگیری آن به همراه میانگین و واریانس با الگوریتم ژنتیک به‌منظور تخصیص بهینه سبد سهام و بیشینه‌سازی پرگونگی	[۳]
شاخص بیشینه پرگونه‌سازی	برآورد پرگونه‌سازی ریسک مجموعه‌ای سرمایه‌گذاری با استفاده از ماتریس کوواریانس بازدهی و توسعه شاخص بیشینه پرگونه سازی رودین و مورگان (MDI) با الگوریتم ژنتیک	[۶]
پرگونه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری جهانی با استفاده از الگوریتم رابطه ژنتیک	استفاده از ضریب بتا به‌عنوان ابزار پرگونه‌سازی ریسک سرمایه‌گذاری در سهام،اوراق قرضه و ارز به‌عنوان سبد دارایی	[۱۹]
یکپارچه‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری پرگونگی سبد سهام با استفاده از آنتروپی درجه دوم رائو	تعریف آنتروپی درجه دوم رائو در خصوص سبد سهام به‌عنوان شاخص پر گونگی با استفاده از توزیع احتمالی و تفاوت زوجی بین جمعیت سهام.	[۴]
اندازه‌گیری پرگونگی سبد سهام	استفاده از آنتروپی اطلاعات توزیع احتمالی ارزش نهایی یک سبد سرمایه‌گذاری به‌عنوان معیار پرگونگی	[۱۴]

۳. روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور انجام این پژوهش، داده‌های شرکت‌های فعال در «بورس اوراق بهادار تهران» برای ۷۲ ماه منتهی به اسفندماه سال ۱۳۹۳ انتخاب شد و با درنظرگرفتن مفروضات زیر مدلی چندهدفه با اهداف بیشترین تنوع، بیشترین بازدهی و کمترین ریسک غیرسیستماتیک برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری از میان ۵۰ شرکت برتر «بورس اوراق بهادار تهران» طراحی و سپس مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک با به‌کارگیری منوی Optimization بسته نرم‌افزاری متلب (MATLAB 2014a) و همچنین نرم‌افزار لینگو برای حل این مسئله استفاده شد:

www.SID.ir

Archive of SID

۱. با توجه به ترجیحات یک سرمایه‌گذار ریسک‌گریز در منحنی‌های بی‌تفاوتی، در حد معینی از مطلوبیت، سرمایه‌گذاران به بازده موردانتظار بالاتر به ازای ریسک کمتر علاقه دارند و با بده – بستان بین ریسک و بازده به دنبال متعادل‌سازی هستند؛
۲. سبد سهام بر اساس حداقل‌کردن مقدار تابع برازندگی انتخاب می‌شود؛
۳. سرمایه‌گذار تمایل به سرمایه‌گذاری جزئی و خُرد ندارد؛
۴. محدودیت هزینه مبادلاتی و مالیات وجود ندارد؛
۵. هیچ محدودیت بازاری و فروش استقراضی وجود ندارد.

متغیرهای تصمیم: مجموعه متغیرهایی که باید برای مقدار آن‌ها تصمیم‌گیری شود یا مجموعه متغیرهایی که بیان‌کننده انتخاب تصمیم‌گیر است. در این پژوهش متغیرهای تصمیم مدل ریاضی x_i و x_j که نمایانگر سهم گزینه j, i در سبد سرمایه‌گذاری است.

پارامترهای مدل: مجموعه متغیرهایی که مقدار آن‌ها از قبل تعیین شده است و تصمیم‌گیری باید با فرض‌کردن آن‌ها انجام شود. در این پژوهش مقادیر ثابتی که پیش از حل مدل باید از اسناد، مدارک و تجزیه‌وتحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده تعیین شوند، مطابق جدول ۲، است.

جدول ۲- پارامترهای مدل

پارامتر	شرح	پارامتر	شرح
r_j	متوسط بازدهی سهام j ام	β_j	ریسک سیستماتیک سهام j ام.
δ_{ij} , δ_j^2	واریانس سهام j ام و کوواریانس بین سهام i ام و j ام.	s_j	شاخص شارپ برای سهام j ام.
e_j	ریسک نقد شوندگی سهام j ام.	Z_k^*	مقدار برازندگی برای هدف برای هدفkام.
n	تعداد کل سهام در سبد	s_{ik}	مقدار مشخصه kام از سهم i
k	تعداد مشخصه مرتبط که هر سهم دارا است		

اهداف مدل

حداکثرسازی تنوع. استرلینگ به نقل از ویتزمن (۱۹۹۲)، بیان می‌کند که درک مفهوم اساسی فاصله در اندازه‌گیری اختلاف بین عناصر مهم است و این معیار باید نقشی اساسی در نظریه‌های تنوع‌بخشی یا طبقه‌بندی بازی کند [۲۶]. مطابق با تعریف استرلینگ می‌توان تنوع را با استفاده از اختلاف میان اقلام محاسبه کرد؛ بر این اساس سبدی از سهام را در نظر بگیرید:

$$N = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$$

www.SID.ir

Archive of SID

فاصله اقلیدسی بین دو سهام انتخابی i و j به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^{k}(s_{ik} - s_{jk})^2}$$
$$d_{ij} = d_{ji}$$
$$i = j\ ; \quad d_{ij} = 0$$
$$i \neq j\ ; \quad d_{ij} > 0$$

رابطه (۱)

استرلینگ بر این اساس شاخص تنوع چندمعیاره یکپارچه[1] (IMDI) را بر اساس فاصله اقلیدسی بین هر جفت از گزینه‌ها به‌صورت زیر معرفی کرد:

$$D = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} d_{ij}x_i x_j \qquad i \neq j$$

رابطه (۲)

در این رابطه، بالابودن مقدار D به معنای بالابودن تنوع بین گزینه‌ها است؛ بنابراین تنوع عناصر انتخابی، به‌صورت مجموع فواصل اقلیدسی بین هر جفت از عناصر تخمین زده شده و مسئله بیشترین تنوع به‌صورت زیر فرموله می‌شود:

$$Maximize\ Z_1 = \quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} d_{ij}x_i x_j \qquad i \neq j$$

رابطه (۳)

حداکثرسازی بازدهی سبد سهام. بازده موردانتظار هر سبد سهام از طریق میانگین وزنی بازده موردانتظار هر یک از اوراق بهادار به‌دست می‌آید. وزن‌هایی که برای میانگین مورداستفاده قرار می‌گیرد نسبتی از وجوه سرمایه‌گذاری‌شده در آن دارایی است و بازده کل سبد سهام به‌صورت زیر محاسبه می‌شود [۲۲]:

$$r_p = \sum_{j=1}^{n} x_j r_j$$

رابطه (۴)

بنابراین مسئله حداکثرسازی بازدهی سبد سهام به‌صورت زیر فرموله می‌شود:

$$Maximize\ Z_2 = \sum_{j=1}^{n} x_j r_j$$

رابطه (۵)

1. Integrated Multicriteria Diversity Index

www.SID.ir

Archive of SID

حداقل ریسک غیرسیستماتیک. شاخص‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری ریسک سبد سهام ارائه شده است که ازجمله می‌توان به شاخص انحراف از معیار[1] معرفی‌شده توسط مارکویتز (۱۹۵۹) اشاره داشت [۲۲].

به‌منظور محاسبه واریانس سبد سهام ضروری است که وزن هر سهم در سبد سهام (x_j) مشخص شود. واریانس سبد سهام به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta_p^2 = \sum_{j=1}^{n} x_j^2 \delta_j^2 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} x_i x_j \delta_{ij} \qquad i \neq j$$ رابطه (۶)

بنابراین هدف حداقل‌سازی ریسک غیرسیستماتیک به‌صورت زیر فرموله‌سازی می‌شود:

$$Minimize\ Z_۳ = \sum_{j=1}^{n} x_j^2 \delta_j^2 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} x_i x_j \delta_{ij} \qquad i \neq j$$ رابطه (۷)

محدودیت‌های مدل

محدودیت میزان سرمایه. سهم خریداری‌شده باید دقیقاً برابر با کل منابع موجود باشد.

$$\sum_{j=1}^{n} x_j = \ ۱$$ رابطه (۸)

محدودیت حداکثر سرمایه‌گذاری در سهام. با تعیین یک حد بالا برای متغیر تصمیم می‌توان تنوع سهام تشکیل‌دهنده سبد سهام را افزایش داد و یک سبد سهام با تنوع بیشتر حاصل کرد. در تعیین حد بالا برای متغیرهای تصمیم نظر سرمایه‌گذار تعیین‌کننده است و با توجه به حداقل تعداد سهامی که سرمایه‌گذار تمایل به سرمایه‌گذاری در آن دارد، تعیین می‌شود.

$$x_j \leq U \ \ ; j = 1,2, \dots n$$ رابطه (۹)

محدودیت فروش استقراضی. در بازارهای سرمایه پیشرفته، سرمایه‌گذار می‌تواند پیشنهاد فروش سهامی را دهد که مالک آن نیست. این عمل را «فروش استقراضی» می‌نامند. درصورتی‌که فروش استقراضی منع شده باشد، به‌صورت محدودیت زیر در مدل نشان داده می‌شود [۱۸]:

$$0 \leq x_j \quad ; j = 1,2, \dots n$$ رابطه (۱۰)

1. Portfolio Standard Deviation

www.SID.ir

Archive of SID

این محدودیت حداقل وزن هر سهم را در سبد سهام برابر صفر در نظر می‌گیرد و اعداد منفی را رد می‌کند.

روش حل مدل(الگوریتم ژنتیک). الگوریتم ژنتیک ازجمله روش‌های بهینه‌سازی تصادفی و فراابتکاری بسیار مؤثر و کارا می باشد که درحل بسیاری از مسائل پیچیده به خصوص مسائلی که ماهیت ترکیبی دارند مورد استفاده قرار گرفته است [۲].در این الگوریتم‌های در مرحله نخست، متغیرهای مسئله به‌شکل تصادفی انتخاب می‌شوند؛ ولی بعد از مدتی به‌وسیله مدلی که از طبیعت الهام گرفته شده است، با یکدیگر ترکیب می‌شوند و نقاط دیگری را به‌وجود می‌آورند. ایده اصلی الگوریتم‌های تکاملی در سال ۱۹۶۰ از سوی ریچنبرگ مطرح شد. الگوریتم ژنتیک که منشعب از این الگوریتم‌ها است، روش جست‌وجوی رایانه‌ای بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی و بر اساس ساختار ژن و کروموزوم است که به‌وسیله «پرفسور هولند[1]» در «دانشگاه میشیگان» مطرح و پس از وی توسط جمعی از دانشجویان، مانند گلدبرگ در سال ۱۹۸۹ توسعه یافت. الگوریتم ژنتیک با الهام از نظریه داروین و بر اساس اصل ادامه حیات بهترین‌ها پی‌ریزی شده است. یکی از مزیت‌های اصلی الگوریتم ژنتیک نسبت به روش‌های قدیم بهینه‌سازی در این است که این الگوریتم با جمعیت یا مجموعه‌ای از نقاط در یک لحظه خاص کار دارد؛ درحالی‌که در روش‌های قدیم بهینه‌سازی تنها بر روی یک نقطه خاص عمل می‌شود؛ این بدان معنا است که الگوریتم ژنتیک تعداد زیادی از طرح‌ها را در یک‌زمان پردازش می‌کند.

این الگوریتم ابتدا با مجموعه‌ای از جواب‌های تصادفی (کروموزوم) که به آن جمعیت اولیه گفته می‌شود، آغاز و سپس مقدار شایستگی هر کروموزوم با توجه به تابع شایستگی (برازندگی) تعیین می‌شود. کروموزوم‌های با شایستگی بالاتر شانس بیشتری برای تولید فرزندان دارند؛ بر همین اساس عمل انتخاب والدین صورت می‌گیرد و سپس فرزند به‌وسیله عمل تقاطع روی والدین به‌وجود می‌آید. سرانجام بعضی از ژن‌های فرزند با عمل جهش تغییر می‌یابد و بعد فرزند جدید جانشین ضعیف‌ترین کروموزوم در مجموعه اولیه می‌شود [۷].

گام‌های اصلی که برای حل یک مسئله بهینه‌سازی به روش الگوریتم ژنتیک باید انجام گیرد به شرح زیر است:

گام نخست: تولید نسل اولیه به‌صورت تصادفی؛

گام دوم:

ـ محاسبه مقدار برازندگی هر یک از اعضا؛

1. Holland

www.SID.ir

Archive of SID

ـ انتخاب دو عضو از جمعیت با احتمالی متناسب با مقدار برازندگی آن‌ها؛
ـ اعمال عملگر جابه‌جایی؛
ـ اعمال عملگر جهش؛
ـ تکرار مراحل b تا d تا زمانی که عضوهای کافی برای شکل دادن نسل آینده تولید شود؛
گام سوم: تکرار گام دوم تا زمانی که معیار توقف اتفاق بیفتد.

تابع برازندگی (تابع هدف). در مواجهه با مسائل بهینه‌سازی چندهدفه، یکی از رویکردها برای حل، استفاده از روش معیار جامع است که نخستین بار توسط زیلینی و یو (۱۹۷۳)معرفی شد. این روش در زمره روش‌های برنامه‌ریزی سازشی و جزو تکنیک‌های حل مسئله بدون کسب اطلاع از تصمیم‌گیرنده است که فاصله بین برخی از نقاط مرجع و جواب احتمالی هدف (انحراف) را حداقل می‌کندن. در این روش، انتخاب نقطه مرجع و معیار برای اندازه‌گیری فاصله، موضوعی بسیار اساسی و مهم است [۲۱].

بر اساس این مدل، هریک از اهداف مسئله چندهدفه (k هدفه)، به‌صورت جداگانه حل شده و پس از نرمال‌کردن جواب‌ها به‌منظور یافتن جواب بهینه نهایی (جواب کارآمدی که نزدیک‌ترین جواب به جواب ایده‌آ است.) باهم ترکیب می‌شوند. فرم ریاضی این روش به‌صورت زیر قابل‌نمایش است:

$$Minimize\ \mathrm{Z} = \quad \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{Z_i^* - Z_i}{Z_i^*}\right)^p \qquad \text{رابطه (۱۱)}$$

$p = 1$ به وزن یکسان تمام انحرافات اشاره دارد و افزایش p به معنای وزن بیشتر انحرافات بزرگ‌تر است. حال به‌منظور تشکیل تابع برازندگی (هدف) برای استفاده در الگوریتم ژنتیک از روش معیار جامع مطابق شکل زیر استفاده می‌شود:

$$Minimize\ \mathrm{F(x)} = \frac{\left(Z_1^* - Z_1\right)}{Z_1^*} + \frac{\left(Z_2^* - Z_2\right)}{Z_2^*} + \frac{\left(Z_3^* - Z_3\right)}{Z_3^*} \qquad \text{رابطه (۱۲)}$$

که در آن Z_1 تابع هدف بیشترین تنوع (متنوع‌سازی) و Z_2 تابع هدف بازدهی و Z_3 تابع هدف ریسک غیرسیستماتیک است و Z_1^*، Z_2^* و Z_3^* به‌ترتیب مقدار بهینه هر یک از اهداف با توجه به محدودیت‌های مسئله هستند.

پارامترهای بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک. در این پژوهش به‌منظور انتخاب بهینه سبد

www.SID.ir

Archive of SID

سرمایه‌گذاری در آزمایش‌های مختلف از الگوریتم ژنتیک با اجزایی مطابق جدول ۳، در برنامه متلب استفاده شده است.

جدول ۳. پارامترهای بهینه‌سازی در الگوریتم ژنتیک

نوع جمعیت	بردار دوگانه
اندازه جمعیت	۲۰۰،۵۰۰،۱۰۰۰
دفعات اجرا	۱۵ بار
تعداد نسل‌ها	۵۰۰
نرخ عملگر ضربدری	۰/۸
شرط توقف	۱۰-۶

بررسی پیشینه پژوهش (جدول ۱) نشان می‌دهد که یکی از عوامل مؤثر بر جواب نهایی الگوریتم ژنتیک، اندازه جمعیت است؛ بنابراین اثر اندازه جمعیت بر جواب نهایی مدل (بازدهی سبد سهام) برای اندازه جمعیت ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ بررسی شد؛ ازاین‌رو مدل برای هر یک از سطوح اندازه جمعیت ۱۵ بار اجرا شد. جدول ۴، نتیجه بررسی آزمایش‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۴. تحلیل واریانس بررسی اثر تعداد جمعیت الگوریتم ژنتیک بر بازدهی سبد سهام

منابع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی dF	میانگین مجذورات	نسبت F	سطح معناداری □
آزمون	۶/۴۵۲	۲	۳/۲۲۶	۴/۱۷۵	۰/۰۴۲
خطا	۹/۲۷۲	۱۲	۰/۷۷۳		
جمع کل	۱۵/۷۲۴	۱۴			

مطابق نتایج تحلیل واریانس بالا با توجه به نسبت F محاسبه‌شده (۴/۱۷۵) در سطح ۰/۰۴۲ ($\alpha = ۰/۰۴۲ < ۰/۰۵$) رابطه بین تعداد جمعیت و میانگین بازدهی سبد سهام معنادار و نشان‌دهنده نابرابری میانگین بازدهی در جمعیت‌های مختلف است؛ همچنین تحلیل نتایج آزمون شفه در تحلیل واریانس بالا از بهتربودن میانگین بازدهی به ازای جمعیت‌های بزرگ‌تر حکایت دارد؛ بنابراین اندازه جمعیت ۱۰۰۰ در تحلیل‌های نهایی مدل استفاده شد.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

موردمطالعه. برای اجرای مدل و سنجش کارایی آن، داده‌های ۵۰ شرکت برتر در بورس به‌کار رفت و ویژگی‌هایی مانند بازدهی انتظاری، ریسک غیرسیستماتیک، ضریب β، نسبت شارپ و

www.SID.ir

Archive of SID

ریسک نقدشوندگی آن‌ها برای یک دوره ۷۲ ماهه جمع‌آوری شد که داده‌های آن طبق جدول ۵، آورده شده است. هدف، ایجاد سبد سرمایه‌گذاری است که در آن شاخص تنوع استرلینگ و اهداف تعریف‌شده در مسئله بهینه‌ترین مقدار، با ویژگی‌های فوق‌الذکر را دارا باشند.

جدول ۵. اطلاعات مربوط به شرکت‌ها و ویژگی‌های آن‌ها

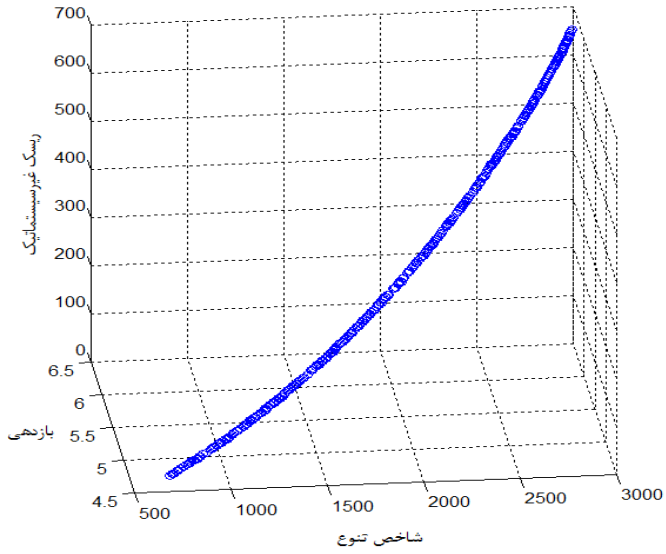
نام شرکت	بازدهی انتظاری	ریسک	ضریب β	نسبت شارپ	ریسک نقد شوندگی
ایران‌خودرو	۳/۳۵	۱۶۵/۳۸	۲/۰۴	۰/۲۶	۰/۸۹
ایران‌خودرو دیزل	۴/۰۱	۳۱۳/۲۴	۲/۷۳	۰/۲۲	۰/۸۵
بانک اقتصاد نوین	۹/۸۳	۱۲۸۸/۴	۳/۱۸	۰/۲۷	۰/۸۳
پارس‌دارو	۳/۴۳	۱۵۴/۲	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۸۵
پتروشیمی آبادان	۳/۷۴	۱۵۵/۲۱	۰/۵۱	۰/۳	۰/۸۹
...	...	...	...	...	...
نفت بهران	۳/۴۸	۸۷/۸۷	۰/۴۷	۰/۳۷	۰/۸
نفت پارس	۷	۱۱۲/۸۲	۰/۶۳	۰/۲۶	۰/۷۷

مقادیر ایده‌آل برازندگی و سطوح محدودیت‌ها. مقادیر برازندگی ایده‌آل برای استفاده در روش معیار جامع، برای اهداف حداکثر تنوع، حداکثر بازدهی سبد سهام و حداقل واریانس بازدهی سبد سهام (ریسک غیرسیستماتیک) با حل مسئله برنامه‌ریزی تک‌هدفه با استفاده از الگوریتم ژنتیک به‌ترتیب ۷۸۰۸/۸۴، ۱۱/۴۴ و ۱۳/۰۵ تعیین شد؛ همچنین با مطالعه موارد مشابه و مصاحبه از کارشناسان بورس و کارگزاران حداکثر مجاز سرمایه‌گذاری در هر سهام ۰/۱ تشخیص داده شد و در مدل اعمال گردید؛ همچنین در اجرای مدل‌ها به‌دلیل آنکه سرمایه‌گذار تمایل به سرمایه‌گذاری جزئی و خُرد ندارد میزان سهم سرمایه‌گذاری‌ها در سبد سهام بیشتر از ۱ درصد در نظر گرفته شده است؛ به‌عبارت‌دیگر سهام شرکت‌هایی برای سرمایه‌گذار مطلوب است که بیش از ۱ درصد در سبد سرمایه‌گذاری سهم داشته باشند.

حل مدل. با اجرای مدل چندهدفه ژنتیک و با توجه به مفهوم بهینه پارتو یک مجموعه از پاسخ‌ها در فضای جست‌وجو که از پاسخ‌های دیگر بهتر باشد، یافت می‌شود؛ بنابراین نمی‌توان یک نقطه بهینه را هم‌زمان برای تمامی توابع هدف به‌دست آورد (یعنی تمامی توابع، مطلوبیت را محقق کنند). شکل ۲، مرز کارای بازدهی - ریسک را با توجه به شاخص تنوع استرلینگ در فضای سه‌بُعدی بر اساس حل مدل سه‌هدفه، با استفاده از الگوریتم چندهدفه ژنتیک (MOGA) را نشان می‌دهد. محور Xها میزان تنوع ، محور yها بازدهی و محور Z ریسک را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- مرز کارای بازدهی-ریسک و شاخص تنوع با استفاده از ژنتیک چندهدفه (MOGA)

با توجه به اینکه الگوریتم بالا فقط مجموعه جواب‌های پارتو ارائه می‌دهد، به‌منظور یافتن نقطه کارآمد (جوابی که نزدیک‌ترین جواب به جواب ایده‌آل است) از روش معیار جامع استفاده شده است؛ زیرا نیاز به اطلاعات اضافی از تصمیم‌گیرنده ندارد

جواب‌های حاصل از اجرای مدل‌ها با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک و روش معیار جامع نشان‌دهنده نسبتی از بودجه است که در سهام هر شرکت باید سرمایه‌گذاری شود. برای مثال، مطابق جدول ۶، سرمایه‌گذار در خصوص متغیر x_9 (شرکت تراکتورسازی) با استفاده از مدل مارکویتز، ۶/۶۷ درصد و با استفاده از مدل دوهدفه تنوع - بازدهی، ۳/۱۱ درصد و با استفاده از مدل سه‌هدفه بازدهی- تنوع -ریسک غیرسیستماتیک؛ ۷/۰۷درصد از کل سرمایه خود را به آن تخصیص خواهد داد. در این جدول میزان بازدهی، شاخص تنوع استرلینگ و میزان ریسک غیر سیستماتیک سبد سرمایه‌گذاری در هر یک از مدل‌ها محاسبه شده است.

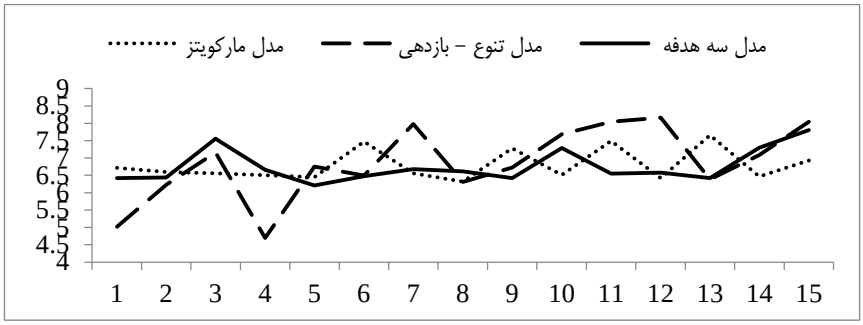
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. جواب حاصل از اجرا مدل‌ها با الگوریتم ژنتیک (برای مثال، سهم شرکت تراکتورسازی در سبد سرمایه‌گذاری)

متغیر تصمیم ٪	مدل مارکویتز	مدل تنوع- بازدهی	مدل سه هدفه با روش معیار جامع
x(…)	…	…	…
x(9)	۶/۶۷۴۶	۳/۱۱۷۴	۷/۰۷۳۸
x(…)	…	…	…
بازدهی	۱۰/۳۵۰۹	۱۰/۹۶۹۴	۱۰/۵۲۶۶
شاخص تنوع	۷۱۶۸/۳۲۲۷	۷۷۸۰/۷۳۵۳	۶۹۸۷/۰۴۷۸
ریسک غیر سیستماتیک	۹۳۶/۱۱۵۵	۷۶۳/۷۶۸۶	۹۶۷/۵۰۷۳

اعتبارسنجی مدل. به‌منظور اعتبار سنجی، مدل ۱۵ بار با اندازه جمعیت مختلف اجرا شد که شکل ۳، نشان‌دهنده متوسط بازدهی سبد سهام حاصل از حل مدل‌ها است.



شکل ۳. نمودار متوسط بازدهی سبد سهام، در تکرارهای مختلف

ازآنجاکه مقدار بازدهی مطلوب در مصاحبه با کارشناسان برای سرمایه‌گذار به‌صورت بازه‌ای بین ۶ تا ۸/۵ تعریف شده است، مطابق شکل ۳، مشاهده می‌شود که فقط در مدل تنوع – بازدهی دو بار متوسط بازدهی پایین‌تر از حد مطلوب به‌دست آمده است و در سایر مدل‌ها متوسط بازدهی سبد سهام بالاتر از حد مطلوب است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با مدل‌های طراحی‌شده می‌توان سبدهای سهام مناسب انتخاب کرد.

مطابق جدول ۷، معیارهای موردسنجش انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سه مدل بالا مقایسه شده است. در این جدول نرخ بازده بدون ریسک برای محاسبه نسبت شارپ، ۱۵/۵ درصد (متوسط نرخ بازده اوراق تجاری) در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. مقایسه جواب مدل‌های مختلف انتخاب سبد سرمایه‌گذاری

معیار	مدل مارکویتز	مدل تنوع - بازدهی	مدل سه هدفه (تنوع-بازدهی-ریسک غیر سیستماتیک)
متوسط بازده سبد سهام	۷/۶۵۸۷	۸/۱۶۱۵	۷/۸۰۸
ریسک غیرسیستماتیک	۹۳۶/۱۱۵۵	۷۶۳/۷۶۸۶	۹۶۷/۵۰۷۳
معیار ترینر	۱/۸۷۶۸	۲/۳۵۲	۱/۹۱۷۵
معیار شارپ	۰/۲۵۲	۰/۲۹۶۳	۰/۲۵۴۵
شاخص تنوع استرلینگ	۷۱۶۸/۳۲۲۷	۷۷۸۰/۷۳۵۳	۶۹۸۷/۰۴۷۸

مطابق جدول ۸، معیارهای مرتبط با سبد سهام در جایی که شاخص تنوع استرلینگ بیشترین مقدار را دارد با روش‌های مختلف محاسبه شده و مورد محابه قرار گرفته است.

جدول ۸. مقایسه معیارهای مرتبط مدل ماکزیمم سازی شاخص تنوع در سه روش

معیار	نرم‌افزار لینگو	الگوریتم ژنتیک چندهدفه (MOGA)	الگوریتم ژنتیک با معیار جامع
بیشترین میزان شاخص تنوع استرلینگ	۷۸۶۸	۶۰۶۹	۷۸۰۸/۸۴۸
تعداد سهام در سبد	۱۱	۳۴	۱۹
بازده سبد سهام	۸/۸۸	۶/۵۰۰۸	۸/۶۰۷
ریسک غیر سیستماتیک	۶۴۶/۴۶	۳۹۲/۶۱۲۹	۶۵۶/۳۰۰۲
معیار ترینر	۲/۱۹۲۱	۱/۹۵۷۶	۱/۹۱۶۹
معیار شارپ	۰/۲۵۱	۰/۲۲۳۶	۰/۲۴۷۳
ضریب تعیین	۰/۲۶	۰/۲۵۹	۰/۳۳۰۳

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش با معرفی شاخص تنوع استرلینگ به‌عنوان یک معیار تنوع سبد سهام، بر اساس داده‌های ۵۰ شرکت فعال برتر در بازه ۷۲ ماهه منتهی به اسفند ۹۳ در «بورس اوراق بهادار تهران»، انتخاب سبد سهام مدل‌سازی شد؛ سپس سه مدل دوهدفه ریسک - بازدهی مارکویتز و دوهدفه تنوع - بازدهی و سه‌هدفه تنوع — ریسک - بازدهی با استفاده از روش معیار جامع آزمون شد و با مدل‌های ژنتیک چندهدفه و لینگو موردمقایسه قرار گرفت. نتایج اجرای مدل‌ها نشان می‌دهد که مطابق مدل مارکویتز پیامد افزایش بازدهی، افزایش ریسک است؛ همچنین با افزایش شاخص تنوع استرلینگ، بازدهی افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر با بیشینه‌سازی شاخص تنوع استرلینگ، بازدهی نیز بیشینه خواهد شد. اطلاعات جدول ۷، نشان می‌دهد در مقایسه با مدل مارکویتز، مدل تنوع - بازدهی و مدل سه‌هدفه (تنوع — بازدهی -

www.SID.ir

Archive of SID

ریسک)، متوسط بازده سبد سهام بهتری را در طی دوره ۷۲ ماهه موردنظر ارائه می‌دهند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که مدل دو هدفه تنوع – بازدهی بیشترین بازدهی را به همراه کمترین ریسک غیرسیستماتیک دارد که در مقایسه با مدل سه‌هدفه علت آن را در بده – بستان بین ریسک و بازدهی می‌توان بیان کرد.

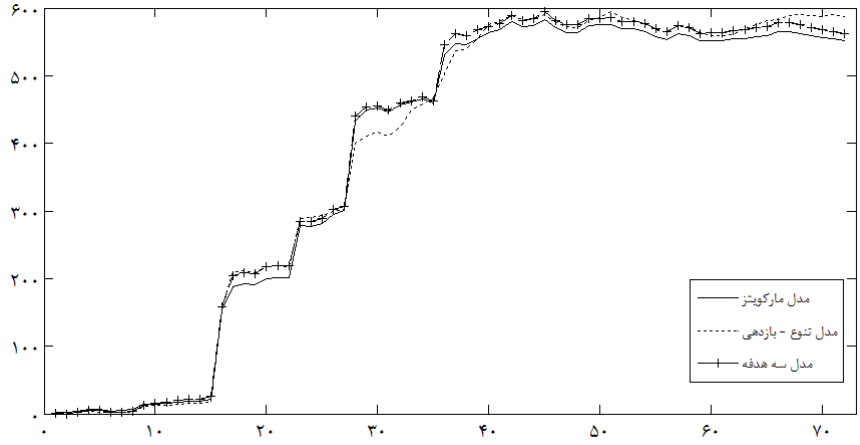
از منظر جدیدبودن و نوآوری، هرچند پژوهش‌های گوناگونی درخصوص بررسی رابطه بین بازده و ریسک در انتخاب سبد سهام صورت گرفته است؛ ولی در زمینه کمی‌سازی شاخص تنوع، در جهت متنوع سازی سبد سهام به‌منظور افزایش بازده و کاهش ریسک، رابطه ریاضی خاصی معرفی نشده است. در این پژوهش کوشیده شد معیار فاصله اقلیدسی به‌عنوان ابزار کمّی‌سازی شاخص تنوع معرفی شود.

در پژوهش حاضر ابزار سنجش تنوع برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری، شاخص تنوع استرلینگ معرفی شد که با ترکیب آن با مدل بازدهی – ریسک مارکویتز مدلی چندهدفه طراحی و با استفاده از یکی از روش‌های بهینه‌سازی مدل‌های چندهدفه به نام «روش معیار جامع» به حل و تجزیه‌وتحلیل نتایج آن پرداخته شد. مطابق جدول ۸، با توجه به بازدهی موردانتظار برای شرکت‌ها در طی دوره، در جایی که شاخص تنوع استرلینگ بیشترین مقدار را دارد؛ اگرچه مدل الگوریتم ژنتیک چندهدفه تعداد سهام بیشتری در سبد سهام ارائه داده است؛ اما بازدهی به‌مراتب کمتری حاصل شده است؛ همچنین نتایج مدل سه‌هدفه با روش معیار جامع از کاهش ریسک غیرسیستماتیک در مقایسه با مدل مارکویتز در سطح قابل‌قبولی از تعداد و میزان تنوع سهام در سبد حکایت دارد. استفاده از مدل ارائه‌شده در این پژوهش علاوه بر اینکه می‌تواند معیاری کمّی برای تنوع سبد سهام ارائه دهد، سبد سهام از عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های مشابه برخوردار است؛ بنابراین استفاده از این مدل برای انتخاب سبد سهام به شرکت‌های سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاران و سایر افراد درگیر در امر سرمایه‌گذاری پیشنهاد می‌شود.

شکل ۴، بازده تجمعی سبد سهام انتخابی در مدل‌های مختلف در بازه زمانی موردنظر را به‌صورت مقایسه‌ای نشان می‌دهد. نمودارهای این شکل نشان می‌دهند که مدل تنوع – بازدهی و مدل سه‌هدفه، نسبت به مدل مارکویتز که با استفاده از الگوریتم ژنتیک و روش معیار جامع حل‌شده است، بازده بهتری حاصل می‌کنند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. نمودار بازده تجمعی سبد سهام، در مدل‌های مختلف

مدل این پژوهش با قطعی‌فرض‌کردن پارامترهای مدل، عدم‌امکان فروش استقراضی و بدون توجه به هزینه معاملاتی طراحی شده است؛ بنابراین با توجه به محدودیت‌های بالا پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی علاوه بر غیرقطعی درنظرگرفتن پارامترهای مدل، تأثیر فروش استقراضی و هزینه مبادلاتی بر شاخص تنوع مطالعه شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Agarwal, M. (2015). *Developments in Mean-Variance Efficient Portfolio Selection*. Published by Palgrave Macmillan.

2. Akbari, M., Zandieh, M., & Dorri, B. (2012). Scheduling part-time and mixed-skilled workers using genetic algorithm approach, *Journal of Industrial Management Perspective, 7*, 87-102, (In Persian).

3. Aslan, O., Kantar, M.Y. Usta, I. (2015). Genetic Algorithms for Solving Portfolio Allocation Models based on Relative-Entropy, Mean and Variance. *Journal of Scientific Research and Development 2 (12)*, 7-12.

4. Carmichael, B., & Koumou, G. B., & Moran, K. (2015). Unifying Portfolio Diversification Measures Using Rao's Quadratic Entropy.*CIRANO (Center for Interuniversity Research and Analysis of Organizations) Working Papers*.

5. Chang, Tun J., & Yang, S. C., & Chang, K. J. (2009). Portfolio optimization Problems in Different Risk Measures Using Genetic Algorithm. *Expert Systems with Applications*, *36 (7)*, 10529-10537.

6. Diyarbakırlıoğlu, E., & Satman, M. H. (2013). The Maximum Diversification Index. *Journal of Asset Management*, *14(6)*, 400-409.

7. El hachloufi, M., & Guennoun, Z., & Hamza, F. (2012). Stocks Portfolio Optimization Using Classification and Genetic Algorithms. *Applied Mathematical Sciences*, *6*, pp. 4673-4684.

8. Eom, C., & Kim, Y. H., & Park, J., & Kaizoji, T. (2015). Effects of the Market Factor on Portfolio Diversification: The Case of Market Crashes. *Investment Analysts Journal*, *44(1)*, 71-83.

9. Farzi, S., & Shavazi, A. R., & Pandari, A. R. (2013). Using quantum-behaved particle swarm optimization for portfolio selection problem. *International Arab Journal of Information Technology, 10(2)*, 111-119.

10. Francis, J. C., Kim, D. (2013). *Modern Portfolio Theory: Foundations, Analysis, and New Developments*. John Wiley & Sons.

11. Garkaz, M., & Abasi, E. & Moghadasi, M. (2010). Selecting and Optimizing the Portfolio Using the Genetic Algorithm Based on Different Definitions of Risk Portfolio, *Journal of Industrial Management, 5(11)*, 115-136.

12. Hattingh, j.j. (2004).Portfolio management: The use of alternative investments for the purpose of diversification. Thesis. Rand Afrikaans University, Johannesburg.

13. Jones, C. P. (2008). *Investments: Analysis and management*, translation to Persian by Reza Tehrani, Asgar Noorbakhsh, Negah Danesh, Iran.

14. Kirchner, U., & Zunckel, C. (2011). Measuring Portfolio Diversification, arXiv.org *Quantitative Finance Paper*, No. 1102.4722.

15. Moutameni, A., & Sharifi, S.A. (2012). Propounding a Model for Portfolio Selection in Stock Exchange by Using of MCDM (Case Study: 50 Better Companies), *Journal of Industrial Management Perspective, 5*, 73-89, (In Persian).

16. Oh, K. J., & Kim, T. Y., & Min, S. (2005). Using Genetic Algorithm to Support Portfolio Optimization for Index Fund Management. *Expert Systems with Application, 28(2)*, 371-379.

17. Oyenubi, A. (2016). Diversification Measures and the Optimal Number of Stocks in a Portfolio: An Information Theoretic Explanation. *Computational Economics*, 1.

www.SID.ir

Archive of SID

18. Pandari, A.R., & Azar, A., & Shavazi, A.R. (2012). Genetic algorithms for portfolio selection problem with non-linear objectives. *African Journal of Business Management*, *6*, 6209-6216.

19. Parque, V., & Mabu, S., & Hirasawa, K., (2009). Global portfolio diversification by genetic relation algorithm. ICROS-SICE International Joint Conference (ICCAS-SICE 2009). 2567-2572.

20. Rahnama, R.F., & Nikoomaram, H., & Toloie, E.A., & Lotfi, H.F., & Bayat, M. (2015). Reviewing the efficiency of portfolio optimization based on a stable model with classical optimization in risk prediction and portfolio returns, *Financial engineering and securities management, 6(22)*, 29-60.

21. Ravindran, A. (2009). *Operations Research Methodologies*. CRC Press Taylor & Francis Group.

22. Reily, F.K., & Brown, K.C. 2012. *Investment analysis and portfolio management*. 10th edition. South- Western College Publication

23. Rudin, A. M., & Morgan, S. (2006). A Portfolio Diversification Index. *The Journal of Portfolio Management*, *32(2)*, 81-89.

24. Shahrabadi, A. & Bashiri, N. (2015). *Investment Management in the Stock Exchange*, Exchange Sharing Publishing. (In Persian).

25. Sharpe, William F., Gordon J. Alexander. 1990. *Investments*. Fourth Edition, Prentice-Hall.

26. Stirling, A. (2006). On the economics and analysis of diversity.*SPRU ElectronicWorking Paper*, Number 28. University of Sussex.

27. Stirling, A. (2007). A general framework for analysing diversity in science, technology and society. *Journal of the Royal Society Interface*.

28. Taghizadeh, R., & Fazli, S. (2011). Corporate Performance Measurement Method using Grey Relation Analysis and Fuzzy TOPSIS, *Journal of Industrial Management Perspective, 2*, 125-150, (In Persian).

29. Terra, C. (2015), Principles of International Finance and Open Economy Macroeconomics: Theories, *Applications, and Policies*. Elsevier Academic Press.

30. Yibing, C., & Yong, S., & Xianhua W., & Lingling, Z. (2014). How Does Credit Portfolio Diversification Affect Banks' Return and Risk? Evidence from Chinese Listed Commercial Banks. *Technological and Economic Development of Economy*, *20(2)*, 332–352.

www.SID.ir